



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MULAWARMAN
PASCASARJANA**

Alamat : Jl.Sambaliung Kampus Gunung Kelua Samarinda 75119
e-mail : sekretariat@pasca.unmul.ac.id website: <http://pasca.unmul.ac.id>

**SURAT KETERANGAN
CO-PROMOTOR DAN MENGUJI DISERTASI
PRODI S3 ILMU LINGKUNGAN UNIVERSITAS MULAWARMAN**

Direktur Pascasarjan dengan ini menerangkan:

Nama : Dr. Ir. Surya Darma, M.Si
NIP : 196005031988031005
Pekerjaan : Tenaga Pengajar/Dosen
Pangkat/Jabatan : Pembina (IVa)/Lektor Kepala
Unit Kerja : Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

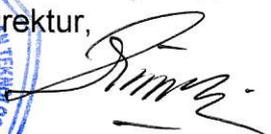
Yang bersangkutan benar melaksanakan tugas Co Promotor dan Penguji Disertasi Pada Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Mulawarman. Tugas yang telah dilaksanakan sebagai Co-Promotor dan Penguji Disertasi sebagai berikut:

Sebagai	Mahasiswa	Tahapan Pelaksanaan	Surak Keputusan
1. Co-Promotor	Bagus Susetyo NIM 1912019002	1. Seminar Proposal Disertasi Tanggal: 11-11-2021	SK Rektor Unmul No.231/UN17/HK/2021 Tanggal: 03-03- 2021
2. Penguji	Andy Lutfi NIM 1912019004	1. Seminar Proposal Disertasi Tanggal: 07-11-2021 2. Seminar Kemajuan Riset I Tanggal: 08-02-2021 3. Seminar Kemajuan Riset II Tanggal: 24-11- 2021	SK Rektor Unmul No.894/SK/2020 Tanggal: 11-01-2020
3. Penguji	Nurul Puspita Palupi NIM 2212019004	1. Seminar Proposal Disertasi Tanggal: 05-06-2023	SK Direktur Pascasarjana Unmul No.109/UN17.35/SK/2023 Tanggal: 09-03-2023

Demikian Surat Keterangan ini diberikan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Samarinda, 13 Juni 2023
Direktur,


Dr. Ir. Ndan Imang, MP
NIP. 196407151990031005

SEBAGAI CO-PROMOTOR

MAHASISWA S3 PRODI ILMU LINGKUNGAN

UNIVERSITAS MULAWARAMN

NAMA: BAGUS SUSETYO

NIM: 1912019002



KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS MULAWARMAN

NOMOR 231 / UN17/HK/2021

TENTANG

PENGANGKATAN PROMOTOR, CO-PROMOTOR DAN PENGUJI DISERTASI
MAHASISWA PADA PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA UNIVERSITAS MULAWARMAN TAHUN 2021

REKTOR UNIVERSITAS MULAWARMAN,

- Menimbang : a. bahwa untuk kelancaran dan tertib administrasi dalam kegiatan ujian disertasi mahasiswa Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Mulawarman Tahun 2021, dipandang perlu penetapan Promotor, Co-Promotor dan Penguji pada kegiatan tersebut;
- b. bahwa menindaklanjuti Surat Direktur Pascasarjana Universitas Mulawarman Nomor 018/UN17.35/TU/2021, tanggal 29 Januari 2021, perihal usulan penerbitan Surat Keputusan Rektor Universitas Mulawarman;
- c. bahwa untuk keperluan butir a dan b di atas perlu di atur dengan Surat Keputusan Rektor Universitas Mulawarman.
- Mengingat : 1. Undang-Undang RI Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional ;
2. Undang-Undang RI Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen;
3. Undang-Undang RI Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
4. Peraturan Pemerintah RI Nomor 37 Tahun 2009 tentang Dosen;
5. Peraturan Pemerintah RI Nomor 4 tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
6. Keputusan Presiden RI Nomor 65 Tahun 1963 tentang Pendirian Universitas Mulawarman;
7. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2019 tentang Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan;
8. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 9 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Mulawarman, sebagaimana diubah dengan Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 26 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 9 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Mulawarman;
9. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 57 Tahun 2018 tentang Statuta Universitas Mulawarman Tahun 2018;

10. Keputusan Menteri Keuangan RI Nomor 51/KMK.05/2009 tentang Penetapan Universitas Mulawarman Samarinda pada Depdiknas, Sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
11. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 661/MP/KPT.P/2018 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Mulawarman Periode Tahun 2018-2022;
12. Peraturan Rektor Universitas Mulawarman Nomor 06 Tahun 2018 tentang Penyelenggaraan Pendidikan dan Pengajaran, Penelitian, dan Pengabdian Kepada Masyarakat;
13. Surat Keputusan Rektor Universitas Mulawarman Nomor 961/SK/2017 tentang Pengangkatan Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Mulawarman;
14. Surat Keputusan Rektor Universitas Mulawarman Nomor 200/SK/2018 tentang Perubahan Penyebutan Program Pascasarjana Menjadi Pascasarjana Universitas Mulawarman;
15. Surat Keputusan Rektor Universitas Mulawarman Nomor 150/KP/2019 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Direktur, Wakil Direktur Bidang Akademik dan Kemahasiswaan, dan Wakil Direktur Bidang Umum dan Keuangan Pascasarjana Periode Tahun 2019-2022;

MEMUTUSKAN :

- Menetapkan :** KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS MULAWARMAN TENTANG PENGANGKATAN PROMOTOR, CO-PROMOTOR DAN PENGUJI DISERTASI MAHASISWA PADA PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN PASCASARJANA UNIVERSITAS MULAWARMAN TAHUN 2021.
- KESATU :** Pengangkatan Promotor, Co-Promotor dan Penguji Disertasi Mahasiswa Pada Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Mulawarman Tahun 2021, dengan susunan sebagaimana terdapat pada lampiran yang tidak terpisahkan dari keputusan ini.
- KEDUA :** Promotor, Co-Promotor dan Penguji Disertasi Mahasiswa diktum kesatu dalam melaksanakan tugasnya bertanggung jawab kepada Rektor Universitas Mulawarman.
- KETIGA :** Pembiayaan akibat dikeluarkannya keputusan ini dibebankan pada anggaran DIPA BLU Universitas Mulawarman Tahun 2021.
- KEEMPAT :** Keputusan ini berlaku bersamaan dengan dimulainya perkuliahan semester genap tahun akademik 2020/2021.
- KELIMA :** Apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam penetapan Keputusan ini, akan diperbaiki sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Samarinda
Pada tanggal 3 Maret 2021

Rektor,



Prof. Dr. H. Masjaya, M.Si
NIP. 196212311991031024

LAMPIRAN

KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS MULAWARMAN

NOMOR 231 / UN17/HK/2021

TANGGAL 3 MARET 2021

TENTANG

PENGANGKATAN PROMOTOR, CO-PROMOTOR DAN PENGUJI DISERTASI MAHASISWA PADA PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN PASCASARJANA UNIVERSITAS MULAWARMAN TAHUN 2021

No.	Nama	NIM	Judul	Promotor	Co-Promotor	Penguji
1	Yuli Gunawan	2012019002	Integrasi Prinsip Penghidupan Berkelanjutan dalam Resolusi Konflik Tanah antara PT Badak NGL dengan Warga Desa Berbas Tengah: Inisiatif Pihak Swasta Mendukung Pencapaian Pilar Sosial, Ekonomi dan Lingkungan dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan	Prof. Dr. Ir. Mustofa Agung Sarjono, M.Agr, IPU	Prof. Dr. Harihanto, M.S	Dr. Ibrahim, M.P
					Prof. Dr. Eny Rochaida	Prof. Dr. Ir. Marlon Ivanhoe Aipassa, M.Agr
						Dr. Ketut Gunawan
2	Mursalim	2012019003	Kajian sebaran dan manajemen penanggulangan tumpahan minyak (oil spill) di perairan tanjung santan sampai teluk Balikpapan Kalimantan Timur	Prof. Dr. Lambang Subagiyo	Prof. Dr. Ir. Krishna Purnawan Candra, M.S	Prof. Dr. Sudrajat, SU
					Dr. Sc. Mustaid Yusuf, M.Si	Prof. Dr. Aman Sentosa Panggabean, M.Si
						Dr. Henny Pagoray, S.Pi, M.Si
3	Sinta Rahayu	2012019004	Kajian aturan dan evaluasi pengelolaan limbah medis infeksius covid-19 di Kalimantan Timur	Prof. Dr. Ir. Krishna Purnawan Candra, M.S	Prof. Dr. Sudrajat, SU	Prof. Dr. Amir Masruhim, M.Kes
					Dr. dr. Swandari Paramita, M.Kes	Prof. Dr. Aman Sentosa Panggabean, M.Si
						Dr. Iwan Ramdan, M.Kes

4	Bagus Susetyo	2012019001	Analisis Perubahan Penutupan dan Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Karang Mumus sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Daya Dukung Lingkungan dan Ekowisata	Prof. Dr. Harihanto, M.S	Dr. Ir. Surya Darma, M.Si	Prof. Dr. Ir. Wawan Kustiawan, M.Agr
					Dr.Eng. Idris Mandang, M.Si	Prof. Dr. Marlon Ivanhoe Aipassa, M.Agr
5	Sahirsan	1912019002	Analisis Daya Serap dan Nilai Ekonomi Karbon pada Beberapa Model Pengelolaan Lahan Hutan Jati Sebagai Upaya Mitigasi Iklim di Kabupaten Buton Selatan	Prof. Dr. Marlon Ivanhoe Aipassa, M.Agr	Prof.Dr.Yosef Ruslim	Prof.Dr.Harihanto
					Dr.Henny Pagoray, M.Si	Dr.Ibrahim, MP
						Yohanes Budi Sulistioadi, M.Sc., M.S., Ph.D



Ditetapkan di Samarinda

Rektor,

Prof. Dr. H. Masjaya, M.Si

NIP 196212311991031024



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MULAWARMAN
PASCASARJANA
PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
Jl.Sambaliung, Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119

Nomor : 389/UN17.35/TU/2021
Lampiran : -
Perihal : Undangan Seminar

Kepada . Yth. Bapak/ Ibu Dosen Pascasarjana
Universitas Mulawarman
Samarinda

Dengan ini kami mengharapkan kehadiran Bapak / Ibu pada Seminar Proposal Disertasi mahasiswa:

N a m a / NIM : **BAGUS SUSETYO / 2012019001**
Program Studi : Doktor Ilmu Lingkungan
Judul Proposal Disertasi : **"VALUASI EKONOMI LINGKUNGAN DAMPAK BANJIR DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) KARANG MUMUS KOTA SAMARINDA"**

Susunan tim pembimbing dan penguji :

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Prof. Dr. Harihanto, MS | (Promotor) |
| 2. Dr. Ir. Surya Darma, M.Si | (Co-Promotor I) |
| 3. Dr.Eng. Idris Mandang, M.Si | Co-Promotor II) |
| 4. Prof. Dr. Ir. Wawan Kustiawan, M.Agr.,Sc | (Penguji I) |
| 5. Prof. Dr. Ir. Marlon Ivanhoe Aipassa, M.Agr | (Penguji II) |
| 6. Dr. Mislan, M.Si | (Penguji II) |

Status Seminar : Pertama / ~~Ulangan~~ (ke- 1)

Yang akan dilaksanakan pada:

Hari / Tanggal : **Kamis / 11 Nopember 2021**
Pukul : **14.00 – 16.00 Wita**
Tempat : Online via Zoom
Meeting ID : **933 9803 9299** Passcode : **978954**

Demikian, atas perhatian dan kehadirannya disampaikan ucapan terima kasih.



Samarinda, 08 Nopember 2021

Koordinator Prodi

Prof. Dr. Esti Handayani Hardi, S.Pi., M.Si

NIP. 19800104 200604 2 003



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL RISET DISERTASI

Pada hari ini, **Kamis**

Tanggal : **11 Nopember 2021**
Pukul : **14.00 – 16.00 wita**
Tempat : **Online via Zoom**

Telah dilaksanakan Seminar Proposal Riset Disertasi Mahasiswa :

N a m a : **BAGUS SUSETYO**
N I M : **2012019001**
Program Studi : **Doktor Ilmu Lingkungan**
Judul Proposal Riset Disertasi : **"VALUASI EKONOMI LINGKUNGAN DAMPAK BANJIR DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) KARANG MUMUS KOTA SAMARINDA"**

Dinyatakan*):

LULUS dengan nilai 84,49 dan dapat melanjutkan ke tahap Penelitian

TIDAK LULUS dengan nilai dan HARUS MENGULANG Seminar Proposal Riset Disertasi

NO	Tim Pembimbing / Penguji	Bobot (%)	Nilai**)	Bobot x Nilai
1	Promotor : Prof. Dr. Harihanto, M.S	30,0	86	25,8
2	Co-Promotor : Dr. Ir. Surya Dharma, M.Si	12,5	82	10,25
3	Co-Promotor : Dr.Eng. Idris Mandang, M.Si	12,5	88,25	11,03
4	Penguji : Prof. Dr. Ir. Wawan Kustiawan, M.Agr.Sc	15,0	80	12
5	Penguji : Prof. Dr. Ir. Marlon Ivanhoe Aipassa, M.Agr	15,0	86,2	12,93
6	Penguji : Dr. Mislal, M.Si	15,0	83,20	12,48
Total Nilai				84,49



Samarinda, 11 Nopember 2021
Koordinator Prodi,

Prof. Dr. Esti Handayani Hardi, S.Pi., M.Si
NIP. 19800104 200604 2 003

Keterangan:

*) Coret yang tidak perlu dan berikan nilai; Nilai Kelulusan Minimal = 75 (B+)

***) Nilai = 0-100



HASIL SEMINAR PROPOSAL RISET DISERTASI

Nama / NIM : **BAGUS SUSETYO / 2012019001**
Program Studi : Doktor Ilmu Lingkungan
Hari / tanggal Seminar : **Kamis / 11 Nopember 2021**
Judul Proposal Disertasi : **"VALUASI EKONOMI LINGKUNGAN DAMPAK BANJIR DI
SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) KARANG MUMUS KOTA SAMARINDA"**

No.	Kriteria Penilaian	Nilai	Bobot (%)	Nilai x Bobot
1	Kesesuaian Judul dengan Isi Proposal	80	5	4,0
2	Ketajaman dan Kedalaman Latar Belakang	80	10	8,0
3	Ketepatan Tujuan	80	10	8,0
4	Kedalaman dan Kemutakhiran Tinjauan Pustaka	80	15	12,0
5	Ketepatan dan Kemutakhiran Metode	80	20	16,0
6	Penguasaan materi proposal	85	40	34
Total Nilai				82

Samarinda, 11 Nopember 2021
Co Promotor,

(Dr. Ir. Surya Darma, M.Si)
NIP. 19600503 198803 1 005

Keterangan :

Promotor : 30%
Co-Promotor : 25% (masing-masing 12,5%)
Penguji : 45% (masing-masing 15%)

**VALUASI EKONOMI LINGKUNGAN DAMPAK LUAPAN
BANJIR AKIBAT KENAIKAN DEBIT AIR DAS. KARANG
MUMUS DI KOTA SAMARINDA**

PROPOSAL RISET DISERTASI

Diajukan Oleh :

BAGUS SUSETYO
NIM. 2012019001

Promotor :
Prof. Dr. Harihanto, MS.

Co-Promotor :
Idris Mandang, S.Si., MSc., PhD.
Dr. Ir. Surya Darma, M.Sc.



PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN PASCASARJANA
UNIVERSITAS MULAWARMAN SAMARINDA
JUNI 2021

Comment [WU1]:

- ✓ Luapan hanya dari kenaikan debit air DAS Sungai Karang Mumus.
- ✓ Areanya terbatas luapan dari Sungai Karangmumus
- ✓ Luapan banjir dikontrol oleh Bendungan Benanga:
 - Banjir dari bendungan ke hulu.
 - Banjir dari bendungan ke hilir.
- ✓nn

**VALUASI EKONOMI LINGKUNGAN DAMPAK LUAPAN
BANJIR AKIBAT KENAIKAN DEBIT AIR DAS. KARANG
MUMUS DI KOTA SAMARINDA**

PROPOSAL RISET DISERTASI

Diajukan

Untuk memenuhi persyaratan melakukan riset disertasi

Pada

Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan

Pascasarjana

Universitas Mulawarman

Diajukan Oleh :

BAGUS SUSETYO

NIM. 2012019001



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN PASCASARJANA
UNIVERSITAS MULAWARMAN SAMARINDA
JUNI 2021**

PERSETUJUAN RISET DISERTASI

Disertasi oleh : Bagus Susetyo
N I M. : 2012019001
Judul Riset Disertasi : Valuasi Ekonomi Lingkungan Dampak Luapan Banjir
Akibat Kenaikan Debit Air DAS. Karang Mumus di Kota
Samarinda

Telah disetujui oleh :

Promotor

Tanggal :

Prof. Dr. Harihanto, M.S
NIP. 19560603 198403 1 001

Co-Promotor

Co-Promotor

Idris Mandang, S.Si, M.Sc., PhD.
NIP. 19711008 199802 1 001

Dr. Ir. Surya Dharma, MSc.
NIP.

Mengetahui,

Koordinator Program Doktor Ilmu Lingkungan

Tanggal :

Prof. Dr. oec.troph. Ir. Krishna Purnawan Candra, M.S
NIP. 19640731 198903 1 006

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Karakteristik Sungai dan DAS Karang Mumus	5
B. Banjir dan Kenaikan Debit Air	7
C. Hidrologi dan Klimatologi	9
D. Sistem Informasi Geografis (SIG)	11
E. Pemodelan Hidrologi	14
F. Valuasi Ekonomi Lingkungan	16

BAB III. KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS

A. Kerangka Pemikiran	19
B. Hipotesis	20

BAB IV. METODE RISET

A. Waktu dan Tempat Penelitian	21
B. Bahan dan Alat	21
C. Metode <i>Sampling</i>	22
D. Pengumpulan Data	22
E. Analisis Data, Pemodelan dan Valuasi Ekonomi	24
JADWAL RISET	26
DAFTAR PUSTAKA	27

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1 : Peta Samarinda
- Gambar 2 : Siklus Hidrologi
- Gambar 3 : Analisa Overlay
- Gambar 4 : Diagram Total Valuasi Ekonomi
- Gambar 5 : Kerangka Pemikiran Penelitian Disertasi

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kota Samarinda merupakan ibukota provinsi Kalimantan Timur yang bersama dengan kota Balikpapan merupakan dua kota dengan kegiatan ekonomi tersibuk di provinsi ini. Kedua kota tersebut akan mempunyai peran yang sangat penting karena menjadi Kota Penyangga Ibukota baru NKRI pasca penetapan oleh pemerintah bahwa ibukota baru tersebut ditargetkan akan berfungsi normal menjadi Pusat Pemerintahan baru di akhir masa jabatan Presiden Joko Widodo pada tahun 2024 [1].

Ironisnya, kota Samarinda saat ini masih mempunyai permasalahan perkotaan yang mendasar seperti kebutuhan hunian bagi warganya, kemacetan lalu lintas, permasalahan penanganan sampah, dan masih rentannya akan musibah banjir di sebagian wilayah kota akibat curah hujan yang tinggi ataupun air pasang [2].

Kota Samarinda terletak antara 0021'81"-10/09'16" Lintang Selatan dan 116015'16"- 117024'16" Bujur Timur, mempunyai luas 718 km², dengan jumlah penduduk pada tahun 2020 sebanyak 827.994 jiwa [3], Kota Samarinda dibelah oleh sungai Mahakam, yaitu salah satu sungai besar di Indonesia dengan lebar rata-rata 300 m – 500 m [4]. Walaupun sungai Mahakam menjadi muara dari 26 anak sungai yang ada di kota Samarinda, tetapi keberadaan DAS dari anak-anak sungai tersebut belum berfungsi efektif sebagai pengendali banjir [4].

Dari 26 anak sungai Mahakam yang mengalir di kota Samarinda, sungai Karang Mumus (SKM) merupakan anak sungai terpanjang (37,65 km). SKM ini memiliki luas DAS terbesar, yaitu 31.622 ha [5]. Kondisi luas DAS SKM cenderung terus menurun dari tahun ke tahun karena penggunaan lahan untuk berbagai kepentingan [6]. Bagian kota Samarinda (permukiman, pertokoan, perkantoran dan jalan) yang berada dekat bantaran saat ini dulunya adalah luasan rawa yang merupakan bagian DAS SKM. Badan SKM mempunyai karakteristik kemiringan di bagian hulu sebesar >15%, sedangkan bagian tengah dan hilir sebesar <8% (relatif kecil/datar) [6].

Kota Samarinda, sepanjang tahun 2020 mempunyai suhu tertinggi 36,20° dengan kelembaban tertinggi sebesar 99% dan curah hujan tertinggi di bulan

Comment [WU2]: Apakah betul ada 26 anak sungai di Kota Smd yg bermuara di S.Mahakam ?

Agustus dan September [3]. Pada kondisi ini, pembukaan lahan di kawasan DAS Karang Mumus yang tidak terkendali seperti permukiman dan perkantoran, serta pertambangan batu bara mengakibatkan pendangkalan SKM akibat sedimentasi yang masif. Ditambah lagi dengan letak kota Samarinda yang berada di muara sungai Mahakam yang masih termasuk daerah pasang surut, membuat tingginya kerentanan akan bahaya banjir terutama ketika terjadi hujan yang relatif besar pada waktu sekitar bulan purnama. Waktu bertahan air di kawasan banjir di kawasan sekitar DAS SKM rata-rata adalah 3-10 jam dengan kedalaman mencapai 0,3 – 1,5 cm [2]. Kawasan banjir tersebut kebanyakan merupakan jalur strategis transportasi dalam kota sehingga sering mengakibatkan kelumpuhan kota, termasuk korban di permukiman yang berdampingan dengan SKM.

Dalam tiga dekade ini, kawasan DAS SKM pernah mengalami beberapa kali banjir besar dalam waktu yang lama, yaitu pada tahun 1997, 2007 dan 2019, serta banjir level rendah-sedang dengan waktu singkat (maksimal 7 hari) dengan frekuensi rata-rata 5 kali per tahun. Sampai saat ini belum ada informasi kerugian masyarakat (pendidikan, perkantoran, bisnis, dan transportasi) dan administrasi pemerintahan terkait dampak banjir tersebut [7]. Disamping itu, banjir dapat menyebabkan terganggunya ekologi kawasan sungai merupakan faktor penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem yang berkelanjutan.

Normalisasi SKM dan perbaikan drainase kota telah dicanangkan sejak tahun 1992 saat relokasi warga bantaran SKM dari jembatan 1 hingga jembatan kehewan, di kanan kiri sungai sepanjang 1,3 km oleh Gubernur HM. Ardans pada saat itu [8], tetapi pelaksanaannya terkendala oleh banyak faktor terutama masalah sosial dan pendanaan. Tarik ulur eksekusi program normalisasi ini akan memberi dampak pada ketahanan kota Samarinda dalam menghadapi masa-masa rawan banjir besar ataupun rutinitas banjir kecil karena terbengkalainya program tersebut akan membuat ketahanan terhadap bahaya banjir semakin rendah.

Mengatasi permasalahan tersebut di atas, perlu dilakukan kajian tentang valuasi ekonomi lingkungan terkait dengan nilai kerugian secara total akibat luapan banjir DAS SKM di Kota Samarinda meliputi nilai ekonomi total, nilai pemulihan dari kerusakan, nilai pencegahan dari kerusakan atau pencemaran lingkungan [9]. Hubungan antara faktor iklim (curah hujan dan pasang surut), perubahan tutupan dan tata guna lahan serta ketinggian lereng dan kontur DAS terkait elevasi luapan

banjir merupakan faktor penting yang dapat digunakan dalam menilai kerugian akibat banjir melalui simulasi pemodelan spasial untuk menentukan luasan luapan banjir berdasarkan elevasi muka air banjir [7][10].

Adanya informasi tentang valuasi ekonomi lingkungan tersebut dapat dijadikan pedoman untuk menyatakan urgensi eksekusi program normalisasi DAS SKM. Potensi akan meningkatnya kerugian valuasi ekonomi lingkungan bila terjadi penundaan dapat dijadikan pertimbangan oleh berbagai pihak terkait seperti pemerintah kota, legislatif, dan masyarakat untuk bersepakat dalam menjalankan eksekusi program normalisasi DAS SKM.

B. RUMUSAN MASALAH

1. Luapan banjir di Kota Samarinda sekitar kawasan DAS SKM masih sering terjadi. Kejadian ini disertai dengan terdeteksinya perubahan luasan banjir dan kedalaman luapan banjir yang cepat dan dinamis.
2. Penanganan luapan banjir sekitar kawasan DAS SKM melalui program normalisasi sungai dan perbaikan drainase kota belum berjalan efektif (belum terlihat hasilnya). Tidak tersedianya informasi akurat tentang nilai kerugian akibat luapan banjir (kecil dan besar) di kawasan DAS SKM diduga merupakan salah satu sebab tidak efektifnya penanganan luapan banjir.

Comment [WU3]:

1. Harus didukung dgn data dan metode yang akurat.

Comment [WU4]: Tidak ada hubungan antara efektivitas penanganan banjir dgn nilai kerugian akibat banjir.

C. TUJUAN PENELITIAN

1. Menghasilkan simulasi pemodelan spasial yang sesuai dengan luapan banjir tahun 2015 dan 2019, serta dapat digunakan untuk proyeksi luapan banjir sekitar tahun 2025.
2. Mendapatkan besaran kerugian berbasis valuasi ekonomi lingkungan akibat perubahan luapan banjir tahun 2015 dan 2019 dan proyeksi kejadian pada sekitar tahun 2025 yang diperoleh dari simulasi pemodelan spasial.

D. MANFAAT PENELITIAN

1. Pemerintah Kota Samarinda mendapatkan pemodelan spasial yang dapat digunakan untuk penanganan luapan banjir dan kedalaman muka air banjir di kawasan DAS SKM.
2. Sebagai masukan bagi Pemangku Kepentingan Pemerintah Kota

Samarinda tentang urgensi pelaksanaan penanganan banjir DAS SKM berbasis valuasi ekonomi lingkungan untuk menghindari kerugian akibat dampak banjir tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Karakteristik sungai dan Daerah Aliran Sungai (DAS) Karang Mumus

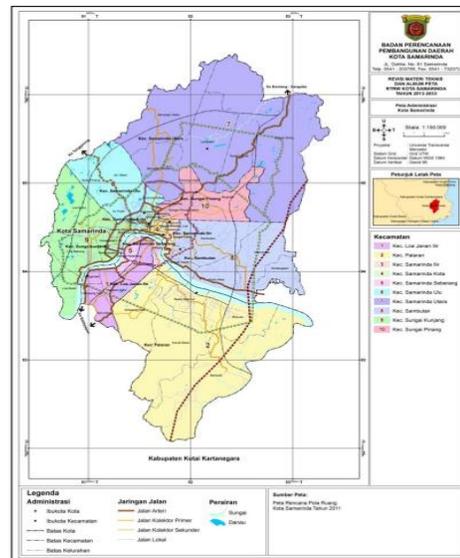
Beberapa macam aliran air di permukaan di daerah tangkapan air, selama dan setelah hujan akan masuk ke dalam parit atau selokan yang kemudian mengalir ke sungai-sungai kecil dan menjadi aliran di sungai utama. Karakteristik sungai dari daerah tangkapan air dipengaruhi oleh luas DAS, gradien sungai (bentuk, relief kemiringan lereng, panjang sungai) dan pola drainase dan penggunaan lahan [11].

Tingkatan sungai ditetapkan berdasarkan ukuran alur dan posisinya. Tingkatan yang paling rendah bertemu di bagian ujung dari bergabungnya sungai-sungai kecil menjadi sungai yang memiliki alur yang lebih besar yang berada di bagian hilir. Berdasarkan posisi dan tingkatan sungai dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu : bagian hulu, bagian tengah dan bagian hilir. Bagian hulu mempunyai kemiringan dasar sungai yang cukup besar sehingga air bergerak dengan arus yang cepat. Di bagian tengah merupakan bagian transisi memiliki kemiringan dasar sungai yang tidak terlalu besar sehingga air bergerak dengan arus yang lebih pelan dari bagian hulu. Sedangkan di bagian hilir mempunyai kemiringan dasar sungai yang relative datar sehingga arus air bergerak pelan, bagian ini batas garis sungai tidaklah jelas karena di bagian ini memiliki daerah dataran limpasan air banjir yang cukup luas, kondisi materialnya didominasi oleh lumpur akibat erosi sedimentasi di bagian hulu dan tengah [11].

Daerah yang masuk di jaringan sungai dan anak-anak sungainya yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung dan pegunungan dimana air hujan jatuh di daerah tersebut dan mengalir menuju sungai utama disebut daerah aliran sungai (DAS). DAS juga merupakan daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi dalam peta topografi dilengkapi dengan elevasi yang disebut garis-garis kontur [12]. Untuk mengukur luasan DAS dengan mengukur daerah itu pada peta topografi. Luas DAS sangat berpengaruh terhadap debit sungai, semakin besar DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula debit aliran permukaan sungai.

Karakteristik DAS yang merupakan nilai kuantitatif dari beberapa parameter, meliputi : daerah pengaliran, panjang DAS, kemiringan DAS, bentuk DAS dan kerapatan aliran. Pengelolaan DAS merupakan penanganan menyeluruh yang diarahkan dalam pengelolaan banjir dengan tujuan mengoptimalkan kepentingan ekonomi dan kesejahteraan sosial tanpa mengganggu kestabilan ekosistem [13].

Daerah aliran sungai Karang Mumus, secara administratif sebagian besar berada di wilayah Kota Samarinda dan sebagian lagi masuk wilayah Kabupaten Kutai Kartanegara terutama sekitar waduk Benanga yang melingkupi daerah $0^{\circ}19'28,93$ LS - $0^{\circ}26'54,72''$ LS dan $117^{\circ}12'06,24''$ BT - $117^{\circ}15'41,27''$ BT. Penggambaran kawasan DAS Karang Mumus meliputi a) bagian hulu DAS Karang Mumus terdapat waduk Benanga di wilayah Lempake ;b) bagian tengah DAS Karang Mumus termasuk ke dalam wilayah Kota Samarinda (Kecamatan Samarinda Utara); c) bagian hilir DAS Karang Mumus termasuk ke dalam wilayah Kota Samarinda (sebagian kecil Kecamatan Samarinda Ulu dan sebagian kecil Kecamatan Samarinda Ilir, berbatasan dengan muara Sungai Mahakam di jembatan satu [3].



Gambar 1 : Peta Samarinda (sumber : PPID Kota Samarinda)

Berdasarkan data dari Balai Wilayah Sungai III Kalimantan, kondisi topografi Sungai Karang Mumus (SKM) mulai dari landai sampai berbukit-bukit dengan tingkat kemiringan lerengnya berkisar antara 15%-25%. DAS Karang Mumus secara umum berfungsi sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*), yang luasnya mencapai 31,475 ha yang berada di wilayah kota Samarinda . Sungai Karang Mumus terutama di bagian hulu keadaan lahan di kanan kiri sungai kondisinya sudah sangat kritis karena terjadi eksploitasi lahan yang berlebihan yang dilakukan oleh *illegal logging* dan *illegal mining* , terutama di bagian hulu SKM termasuk pemanfaatan lahan yang tidak terkendali oleh masyarakat. Pola pemanfaatan sumber daya alam yang menyebabkan alih tata guna lahan, pemanfaatan kawasan hutan, erosi lahan dan berubah penurunan kualitas air menjadi permasalahan di wilayah DAS, dimana luas daerah pemukiman meningkat di daerah hilir mengakibatkan menurunnya daerah resapan air, sehingga air hujan cenderung melimpas menjadi aliran permukaan. Perubahan penggunaan dan tutupan lahan di DAS dipengaruhi oleh : curah hujan, jumlah penduduk dan jarak ke pusat kota [14]. Pemanfaatan lahan dan tutupan lahan di sekitar sungai Karang Mumus dapat dilihat dari hulu sampai hilir. Tutupan lahan di SKM didominasi oleh semak belukar dan tanaman perdu, sebagian lagi lahan pertanian pangan dan sayuran yang merupakan wilayah masyarakat transmigran dari Jawa serta di bagian tengah dan hilir banyak pemukiman dan lahan terbuka. Iklim hutan hujan tropika di SKM yang ditandai sangat basah dengan curah hujan rata-rata sepanjang tahun yang cukup tinggi sebesar 2.204,6 mm [5], sehingga mengakibatkan SKM rentan terhadap banjir, erosi dan sedimentasi.

B. BANJIR DAN KENAIKAN DEBIT AIR SUNGAI

Banjir yang terjadi setiap tahun di banyak sungai di Indonesia menyebabkan kerugian yang sangat besar, baik berupa korban jiwa maupun kerugian materiil. Beberapa variabel yang ditinjau dalam analisa banjir adalah volume banjir, debit puncak, tinggi genangan, luas genangan, lama genangan dan kecepatan aliran. Apabila debit sungai lebih besar akibat limpasan air

dari bagian hulu DAS dari kapasitas sungai untuk mengalirkan air, maka akan terjadi luapan pada tebing sungai sehingga terjadi banjir. DAS yang didominasi oleh iklim tropik basah, debit yang sangat tinggi dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi, pada musim banjir mempengaruhi jumlah sedimentasi yang terangkut yang menyebabkan pendangkalan sungai [15]. Berdasarkan penyebabnya ada dua hal yang mengakibatkan sungai menjadi banjir, yaitu sebab alami dan pengaruh perilaku kegiatan manusia. Banjir akibat kejadian alami meliputi :

1. Tinggi dan durasinya dari curah hujan akan mengakibatkan besarnya debit air sungai dan jika melebihi tebing sungai akan mengakibatkan genangan air banjir.
2. Geografi fisik sungai yang meliputi : bentuk dan kemiringan daerah aliran sungai, kemiringan sungai dan bentuk penampang material dasar sungai.
3. Adanya erosi bagian hulu yang mengakibatkan sedimentasi tanah yang larut di sungai mengakibatkan pendangkalan sehingga luas penampang sungai menjadi kecil
4. Pengaruh pasang air laut sehingga kecepatan aliran air sungai menjadi lambat untuk dialirkan ke laut

Sedangkan bencana banjir yang diakibatkan perilaku kegiatan manusia, meliputi :

1. Perubahan penggunaan/tata guna dan tutupan lahan di DAS karena berkurangnya daerah resapan air sehingga semua aliran permukaan dari daerah dan parit-parit masuk ke sungai, jika kapasitas penampang sungai lebih kecil mengakibatkan genangan banjir
2. Kawasan pemukiman yang menghuni di bantaran sungai mengakibatkan lebar sungai menjadi sempit, sehingga memperkecil penampang sungai dalam menampung debit air.
3. Pembuangan sampah yang tidak disiplin dan cenderung dibuang ke saluran dan sungai menghambat aliran air sehingga meninggikan muka air banjir.

Rendahnya tingkat kesadaran dan disiplin masyarakat sekitar sungai dan lemahnya pengawasan dari pemerintah mengakibatkan sulitnya mencegah banjir dan juga akibat pendangkalan sungai mengakibatkan limpasan air permukaan akan menjadi genangan banjir. Debit banjir yang besar juga memberikan pengaruh terhadap dinamika tumbuhnya tanaman atau vegetasi di sepanjang sungai [16]. Bencana banjir di Sub DAS Karang Mumus akhir ini meningkat disebabkan karena meningkatnya jumlah limpasan air, menurunnya daya tampung daerah area (*catchment area*) banjir dan berkurangnya kapasitas sungai dan saluran drainase [5].

C. HIDROLOGI DAN KLIMATOLOGI

Kegiatan untuk memperkirakan jumlah air yang dibutuhkan oleh suatu tanaman, memperkirakan jumlah air yang tersedia di suatu sumber air, seperti : mata air, danau, sungai dan bahkan untuk memperkirakan besarnya banjir yang ditimbulkan oleh hujan dapat dipelajari dengan ilmu hidrologi yang merupakan cabang ilmu yang sering digunakan di bidang teknik sipil dan pertanian. Penerapan dan manfaat ilmu ini selain perencanaan dan bangunan air, juga termasuk pembangkit listrik tenaga air, pengendalian erosi, pengendalian banjir, sedimentasi, drainase, dsb. Perubahan kegiatan yang dilakukan oleh manusia yaitu : perubahan tata guna lahan (*land use*) dan perubahan penutup permukaan tanah (*land covering*) mengakibatkan banyaknya parameter yang berpengaruh kepada kondisi hidrologi di suatu daerah [14], seperti :

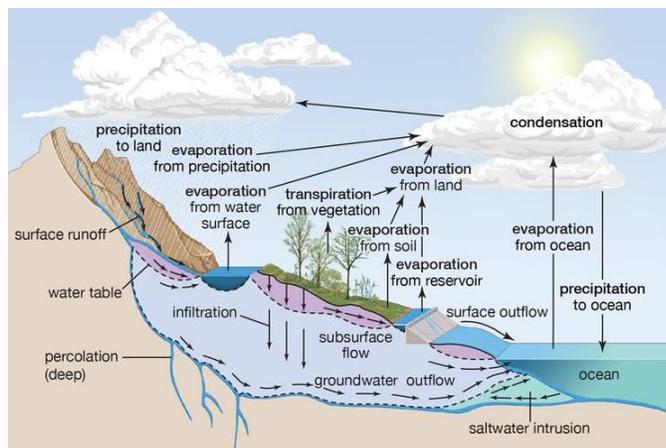
1. Kondisi klimatologi, yaitu angin, suhu udara, kelembaban udara, penyinaran matahari
2. Kondisi Lahan dalam hal ini di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu jenis tanah, tata guna lahan, kemiringan lahan, dsb.

Siklus hidrologi yang bisa dijelaskan di kehidupan sehari-hari adalah peristiwa turunnya hujan yang dimulai dari penguapan air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menjadi uap air yang bergerak dan naik ke atmosfer bumi, oleh karena mengalami kondensasi dan berubah membentuk titik-titik air yang

Comment [WU5]: Kondisi makro

Comment [WU6]: Yang banyak berubah memperbesar banjir tata guna lahan.

berupa awan. Selanjutnya titik-titik air karena perbedaan suhu udara di atas jatuh sebagai hujan di permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian ada yang tertahan oleh tumbuhan atau pepohonan dan selebihnya sampai ke permukaan. Sebagian akan meresap ke dalam tanah dan banyak juga yang mengalir di atas permukaan tanah (*surface run off*) mengisi cekungan tanah, danau dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang masuk ke dalam tanah sebagai infiltrasi sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah dan keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Proses tersebut berlangsung terus menerus, apabila terjadi perubahan tata guna lahan seperti : penggundulan hutan, penghijauan, perubahan lahan sawah menjadi pemukiman atau industri akan berpengaruh terhadap besaran limpasan air di permukaan dan yang infiltrasi ke dalam tanah.



Gambar 2 : Siklus hidrologi (sumber hidrologi terapan)

Hujan di daerah tropis seperti di negara kita Indonesia, memberikan sumbangan paling besar terkait turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi, peristiwa ini disebut presipitasi . Hujan berasal dari titik-titik air yang berubah menjadi awan dan turun ke bumi memiliki bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi, seperti : angin, temperatur dan tekanan atmosfer. Syarat penting terjadinya hujan adalah proses perubahan suhu udara di atmosfer mengalami penurunan suhu atau proses pendinginan, oleh karena massa udara

mengandung cukup uap air dan naik ke atmosfer terjadi penurunan suhu udara turun hujan di permukaan bumi . Jumlah air hujan yang turun ke permukaan bumi dapat diukur dengan menggunakan alat penakar hujan yang bisa ditempatkan di beberapa tempat, semakin rapat jarak alat tersebut semakin mudah diketahui distribusi hujan sepanjang waktu.

Hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di cekungan daratan. Jumlah dan variasi debit sungai tergantung dari pada jumlah , intensitas dan distribusi hujan. Terdapat hubungan antara debit sungai dan curah hujan yang jatuh di daerah aliran sungai. Apabila data pencatatan debit air sungai tidak ada, data pencatatan hujan dapat digunakan untuk memperkirakan debit aliran sungai. Jumlah hujan yang jatuh di permukaan bumi dinyatakan dalam kedalaman air dalam mm, karena dianggap terdistribusi secara merata pada seluruh tangkapan air. Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam satuan waktu, yang biasa dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/bulan dsb.

D. SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Perkembangan teknologi di era sekarang merupakan keniscayaan yang harus dihadapi. Kemajuan informasi dengan berbasis komputer sudah merambah berbagai disiplin ilmu, begitu juga di bidang ilmu bumi. Informasi mengenai kondisi bumi dalam sudut keruangan sudah banyak dilakukan, salah satunya dengan membuat sistem yang dapat melengkapi citra penginderaan jauh. Semua informasi mengenai kondisi permukaan bumi dalam sudut keruangan yang diproses dengan menggunakan komputer disebut sistem informasi geografis. Penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) tidak dapat dipisahkan, karena SIG merupakan sistem khusus yang mengolah data base yang berisi data referensi geografis dan memiliki informasi spasial/keruangan. Data masukan SIG banyak diperoleh dari citra penginderaan jauh. Jadi secara definisi SIG adalah merupakan sistem informasi yang berfungsi untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis dan menyajikan segala data yang berkaitan dengan kondisi geografis suatu wilayah.

SIG dibentuk oleh tiga komponen, yaitu : perangkat keras (*hard ware*), perangkat keras yang berupa komputer yang mendukung SIG beserta fungsinya, seperti : CPU, Monitor, plotter, printer, scanner, digitizer dan flask disk, kemudian komponen kedua adalah perangkat lunak (*software*) yang berupa program-program yang mendukung kerja SIG, seperti : input data, proses data dan output data, selanjutnya komponen yang ketiga adalah manusia sebagai pengguna (*user, brainware*) adalah pelaksana yang bertanggung jawab dalam pengumpulan, pemrosesan, analisis dan publikasi data geografis. Manusia lah sebagai *brainware* yang mengolah hasil data lapangan untuk selanjutnya diproses dan di-digitasi menjadi sebuah peta yang dapat digunakan untuk keperluan tertentu sesuai fungsinya.

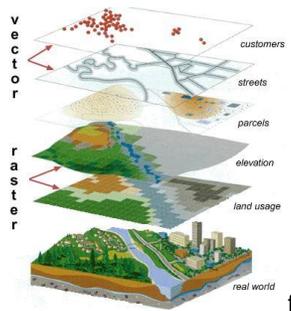
Sebagai sebuah sistem, SIG untuk bisa dijalankan dan bisa berfungsi, maka SIG harus melalui tahapan kerja sebagai berikut :

1. Tahapan kerja yang pertama adalah masukan/input data dari sumber data yang bersumber dari data penginderaan jauh, seperti : citra, data foto udara dan citra satelit, sumber yang lain seperti : data teristris, yaitu data dari lapangan yang digunakan seperti : data pH tanah, sebaran pasien covid-19 dan sebagainya, data teritris bisa disajikan dalam bentuk peta, table , grafik atau hasil perhitungan. Sumber data yang lain seperti : data peta (dalam bentuk digital), yaitu : data spasial sungai, jalan, tata guna lahan dan sebagainya
2. Tahapan kerja yang kedua adalah proses pemasukan data, yang bisa di-input dalam SIG, yaitu : Data Spasial, adalah data atau informasi yang memiliki referensi atau koordinat geografis. Data spasial dimasukkan dalam sistem SIG dengan cara digitasi dan *scanning*. Proses pemasukan data yang kedua dengan menggunakan data atribut, adalah data yang memberikan penjelasan mengenai setiap obyek, fenomena, atau informasi yang ada di permukaan bumi.
3. Tahapan kerja yang ketiga adalah pengolahan, tahap ini meliputi manipulasi, dan analisi data dengan membuat basis data baru, menghapus dan mengedit, mengisi dan menyisipkan data ke dalam tabel.

4. Tahapan kerja yang keempat adalah keluaran (*output*) adalah berupa peta rupa bumi yang bisa disajikan dalam bentuk : *hardcopy*, *softcopy* dan elektronik.

Kebutuhan Sistem Informasi Geografis untuk pengguna dapat dilakukan dengan berbagai cara dengan menganalisis data seperti :

1. Analisis Klasifikasi, adalah suatu proses mengelompokkan data keruangan (spasial), misalnya pola tata guna lahan untuk pemukiman, pertanian, perkebunan atau hutan berdasarkan analisis data.
2. Analisis *Overlay* (tumpang tindih), adalah proses untuk menganalisis dan mengintegrasikan (tumpang tindih) dua atau lebih data ke ruangan yang berbeda, misalnya analisis daerah rawan erosi dengan menggabungkan data ketinggian, jenis tanah dan kadar air. (gambar 3)
3. Analisis *Networking*, analisis ini mengacu pada jaringan yang terdiri dari garis-garis dan titik-titik yang saling terhubung, biasanya analisis ini digunakan dalam sistem jaringan telepon, kabel listrik, pipa minyak/gas, pipa air minum atau saluran pembuangan.
4. Analisis *Buffering*, analisis ini menghasilkan penyangga berbentuk lingkaran atau polygon termasuk obyek sebagai pusatnya, dengan analisis buffering bisa diketahui berapa parameter obyek dan luas wilayahnya.
5. Analisis Tiga Dimensi, analisis ini digunakan untuk memudahkan pemahaman karena data divisualisasikan dalam bentuk tiga dimensi. Penerapannya bisa digunakan untuk menganalisis daerah yang rawan terkena bencana.



Gambar 3 : Analisis *overlay*

Dalam kondisi saat sekarang baik untuk kebutuhan bisnis industri maupaun pendidikan SIG bisa dimanfaatkan untuk inventarisasi Sumber Daya Alam, untuk perencanaan Pembangunan, untuk Perencanaan Tata Ruang yang digunakan oleh Pemerintah Pusat dan Daerah dalam hal melengkapi detail wilayahnya, untuk perencanaan transportasi dan terakhir SIG digunakan juga untuk pemetaan dan rencana mitigasi daerah bencana [17], yaitu menentukan wilayah yang menjadi prioritas utama dalam penanggulangan bencana, seperti : identifikasi sumber bencana, menentukan lokasi sebagai tempat evakuasi, luas area yang terkena bencana dan lain sebagainya. Penetapan lokasi penelitian dilakukan berdasarkan ketersediaan data pada stasiun pengamatan hujan dan alat pengamatan debit yang ada. Metode penelitian dilakukan dengan metode survei di lapangan dan analisis peta DAS dan jaringan sungai memakai Sistem Informasi Geografis (SIG) . Pemetaan perubahan tata guna lahan dengan teknik penginderaan jauh SIG memberikan gambaran kuantitatif transformasi lahan yang dapat membantu mengidentifikasi laju, luas dan pola dinamika penggunaan lahan [18]. Beberapa aplikasi SIG yang sudah dipublikasikan dan dimanfaatkan untuk perencanaan maupun inventarisasi Sumber Daya Alam adalah ArcGIS, *fragstats*.

E. PEMODELAN HIDROLOGI LIMPASAN PERMUKAAN

Di penjelasan sebelumnya bahwa salah satu manfaat ilmu hidrologi adalah bisa memperkirakan besarnya banjir yang ditimbulkan oleh hujan deras sehingga dapat direncanakan bangunan pengendali banjir dan termasuk luasan limpasan banjir di daerah aliran sungai juga bisa ditentukan, karena dilengkapi dengan menggunakan sistem spasial informasi geografis. Parameter yang berpengaruh pada kondisi hidrologi di suatu daerah, selain kondisi klimatologi (angin, suhu udara, kelembaban udara, penyinaran matahari) juga kondisi lahan di sekitar DAS, seperti : jenis tanah, tata guna lahan, kemiringan lahan dsb. Banyaknya parameter mengakibatkan kondisi hidrologi sangat dinamis dan tergantung dari perubahan tata guna lahan dan perubahan tutupan lahan yang dilakukan atau akibat tindakan/perilaku manusia [14].

Siklus hidrologi yang merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Pemodelan hidrologi yang akan dijelaskan adalah fokus siklus hidrologi dari turunnya hujan yang jatuh di permukaan bumi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan-cekungan, jika penuh selanjutnya mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah [14]. Limpasan permukaan (*surface run off*) yang merupakan air hujan yang mengalir dalam bentuk permukaan tipis di atas permukaan lahan akan masuk ke parit atau saluran kemudian bergabung menjadi anak sungai dan akhirnya menjadi aliran sungai. Limpasan dinyatakan dalam volume atau debit. Satuan dari volume limpasan adalah meter kubik, sedangkan debit adalah volume per satuan waktu yang melalui suatu luasan tertentu dan dinyatakan dalam meter kubik per detik. Dalam hidrologi satuan limpasan dinyatakan dalam satuan kedalaman, yaitu membagi volume limpasan dengan luas DAS untuk memperoleh kedalaman limpasan ekuivalen yang terdistribusi pada seluruh DAS.

Beberapa variabel yang digunakan dalam analisis banjir adalah volume banjir, debit puncak, tinggi genangan, lama genangan dan kecepatan aliran. Beberapa variabel tersebut saling terkait, tinggi dan luas daerah genangan tergantung pada debit puncak dan luas tampang melintang sungai. Dengan mengetahui data debit dan data hujan di stasiun-stasiun pengamatan hujan yang berpengaruh pada DAS yang diamati, maka dapat dicari hubungan antara hujan yang jatuh dan debit aliran yang terjadi, yang tergantung pada karakteristik DAS. Oleh karena pengukuran hujan lebih banyak dibandingkan pengukuran debit di suatu DAS, maka jumlah data hujan lebih banyak daripada data debit. Untuk itu perlu dicari bentuk persamaan debit aliran sebagai fungsi curah hujan, berdasarkan kedua jenis data yang tercatat dalam waktu yang bersamaan. Pengalihragaman dari data hujan menjadi debit aliran dapat digunakan dengan membuat pemodelan hidrologi untuk menentukan besaran limpasan debit air permukaan. Ada beberapa bentuk perhitungan pengalihragaman data hujan menjadi debit aliran yang pertama kali dilakukan, yaitu dengan menggunakan metode rasional, *hydrograph*, *hydrograph* satuan sintesis (Snyder, Gama I, Nakayasu dsb), yang kedua dengan menggunakan metode regresi (Mock, Tangki, dsb). Dengan bantuan teknologi komputer untuk perhitungan debit aliran bisa menggunakan pemodelan seperti : MIKE 21, Urban Flow-Cell Model-

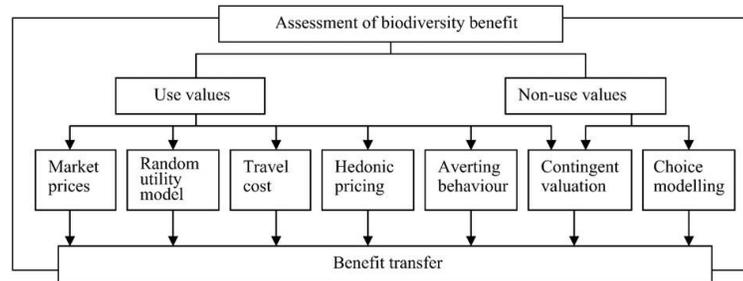
MODCEL1, yaitu model yang digunakan untuk mensimulasikan kondisi banjir , Hidrology Engineering Centre-Hidrology Modelling System (HEC-HMS), dsb. HEC-HMS merupakan model perhitungan hidrograf yang beranggapan bahwa hujan yang menghasilkan volume limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, tata guna lahan, jenis tanah serta kelembaban udara [19]

F. VALUASI EKONOMI LINGKUNGAN

Dengan diberlakukannya Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dimana pada Paragraf 8 tentang Instrument Ekonomi Lingkungan Hidup, pada pasal 42 ayat 1 dijelaskan bahwa dalam melestarikan fungsi lingkungan hidup Pemerintah dan Pemerintah Daerah wajib mengembangkan dan menerapkan instrumen ekonomi lingkungan hidup yang meliputi : a) perencanaan pembangunan dan kegiatan ekonomi, b) pendanaan lingkungan dan c) insentif dan disinsentif. Instrumen perencanaan pembangunan dan kegiatan ekonomi menilai penyusutan sumber daya alam dan kerusakan lingkungan hidup, sedangkan instrument pendanaan lingkungan lebih kepada jaminan pemulihan lingkungan hidup seperti : penanggulangan pencemaran, bantuan untuk konservasi termasuk penerapan pajak, retribusi dan subsidi lingkungan hidup.

Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup menuntut adanya suatu valuasi/nilai ekonomi sebagai ukuran finansial (nilai moneter), baik dalam mata uang asing atau domestik (rupiah). Dengan menggunakan jenis mata uang yang sama, para pengambil keputusan dapat menjumlahkan semua jenis barang dan jasa yang merupakan manfaat atau kerugian dari sebuah ekosistem atau kerusakan lingkungan dari ekosistem tertentu. Valuasi ekonomi sumber daya alam lebih mudah dihitung dengan menggunakan harga pasar, dibandingkan valuasi ekonomi jasa lingkungan yang harus didekati dengan berbagai metode yang sesuai dengan kondisi masing-masing. Aspek mendasar dari valuasi ekonomi adalah kemampuan untuk mengukur manfaat sosial yang diberikan oleh alam dan biaya degradasi saat ini atau masa depan, sehingga akan muncul sebuah pendekatan yang mampu memperhitungkan berbagai aspek yang bertujuan untuk memperkirakan nilai manfaat sebuah perencanaan.

Dalam gambar 4. Dijelaskan mengenai *Total Economic Value* (TEV) adalah hasil perhitungan dari nilai ekonomi penggunaan (*use Value*) dan nilai ekonomi bukan penggunaan (*non use Value*)



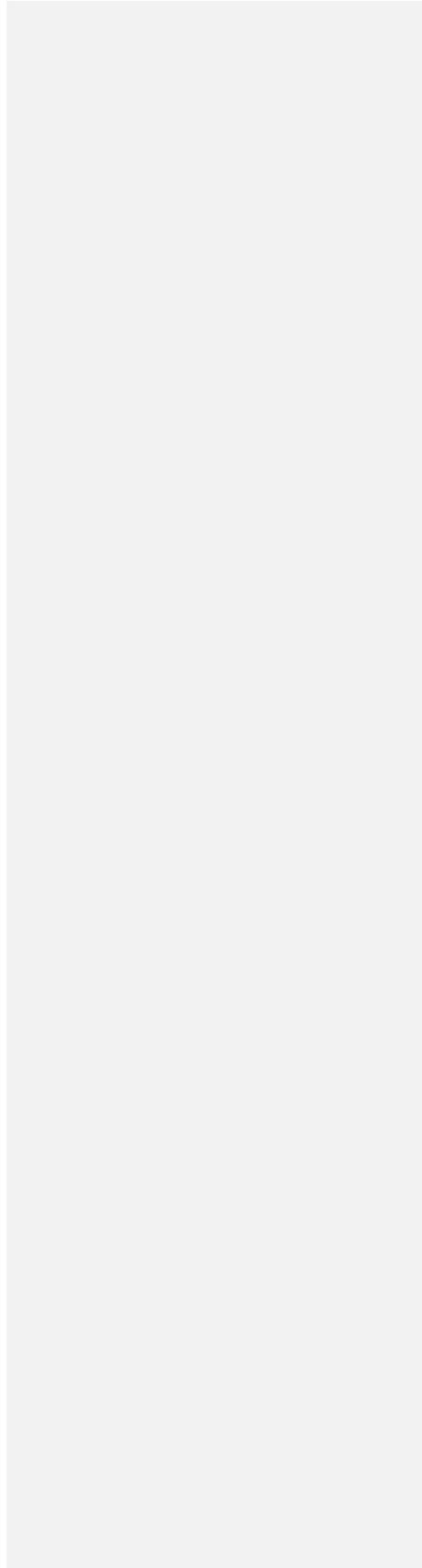
Gambar 4 : Diagram Total Valuasi Ekonomi

Nilai ekonomi penggunaan meliputi harga pasar yang bisa dinilai, model utilitas acak, biaya perjalanan, penentuan harga hedonic atau property, penghindaran perilaku, valuasi kontijensi dapat menilai ekonomi penggunaan-non penggunaan dan pilihan pemodelan [20]. Biaya perjalanan adalah metode valuasi ekonomi yang bisa digunakan dalam penilaian daerah tujuan wisata, dengan menggunakan teknik survey terhadap wisatawan dengan pertanyaan terkait biaya perjalanan dan atribut responden. Biaya perjalanan adalah total pengeluaran yang digunakan untuk biaya transportasi pulang pergi, biaya masuk kawasan wisata, biaya makan dan penginapan. Harga hedonis dihitung apabila terjadi hubungan komplemen antara permintaan pada komoditas yang dapat dipasarkan dan tidak dapat dipasarkan, misalnya pada permintaan penangkapan ikan (dapat dipasarkan) dan kualitas perairan yang merupakan fungsi lingkungan (tidak dapat dipasarkan). Hal ini apabila dilakukan besaran kuantitas kondisi perairan diukur dengan nilai produksi ikan per tahun adalah nilai agregat dari harga implisit variabel kualitas perairan, maka variabel kualitas perairan adalah bagian dari fungsi ekosistem termasuk kegiatan memancing dan rekreasi outdoor untuk menikmati lingkungan tepi sungai dapat diestimasi nilai hasil valuasi ekonominya [21]. Penggunaan transfer manfaat (*benefit transfer*) dalam aplikasi analisis harga properti hedonis bisa digunakan juga

untuk menilai ekonomi perumahan terhadap kedekatan jarak spasial terhadap lokasi sungai [20].

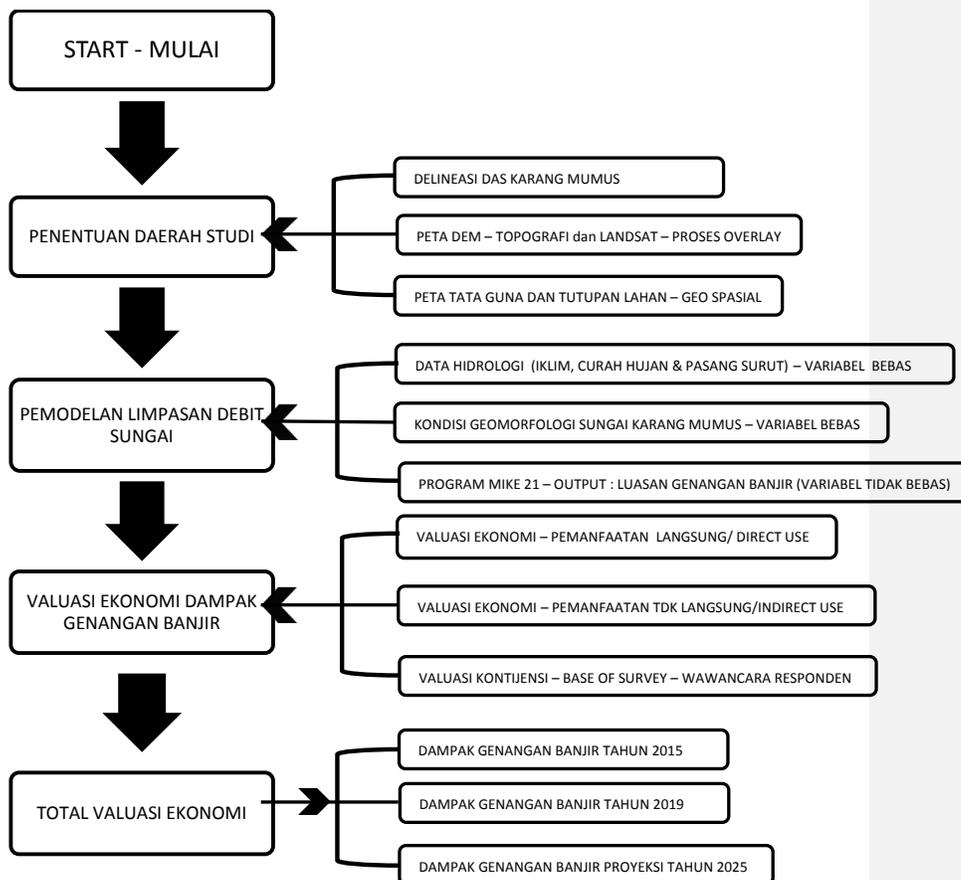
Metode berdasarkan data survey digunakan juga dalam valuasi kontijensi. Pendekatan valuasi kontijensi apabila data pasar tidak tersedia sehingga harus menggunakan teknik survey untuk mendapatkan data yang relevan dan akurat. Teknik ini dilakukan dengan melakukan pertanyaan terhadap individu dan analisa dilakukan berdasarkan pada perkiraan harga pasar. Dalam penanganan restorasi sungai, perkiraan penilaian ekonomi dengan berdasarkan harga non pasar dengan menggunakan fungsi kesediaan membayar (*willingness to pay*) [21]. Perkiraan Metode ini menanyakan juga kesediaan setiap individu untuk membayar barang dan jasa tertentu. Pengambilan keputusan konseptual untuk aliran dasar ekologis sungai adalah dengan memperhitungkan nilai ekonomi total fungsi ekologis dan fungsi layanan ekonomi sistem sungai [22].

Beberapa hal yang dapat dianalisa dengan metode kontijensi yaitu nilai ekonomi suatu ekosistem yang mengalami perubahan kualitas namun masih asli serta fungsi-fungsi sumber daya yang sulit dinilai dengan harga pasar. Dari total valuasi ekonomi tersebut akan memberikan nilai manfaat langsung dan tidak langsung dari ekosistem lingkungan [23].



BAB III.
KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS

A. Kerangka Pemikiran



Gambar 5 : Kerangka Pemikiran Penelitian Disertasi

B. Hipotesis

Perhitungan kerugian valuasi ekonomi lingkungan yang didapat dari dampak limpasan banjir akan menjadi dasar pengambil kebijakan pemerintah Kota Samarinda dan Provinsi Kalimantan Timur dalam menangani limpasan banjir sekitar kawasan DAS SKM, sehingga program restorasi dan normalisasi sungai serta perbaikan drainase kota termasuk penertiban bantaran tepi SKM harus dilaksanakan secara cepat, efektif dan terarah.

BAB IV METODE RISET PENELITIAN

A. Waktu dan tempat Penelitian

Secara administratif, DAS Karang Mumus berada di wilayah Kota Samarinda dan Kabupaten Kutai Kartanegara yang melingkupi daerah $0^{\circ}19'28,93$ LS - $0^{\circ}26'54,72$ " LS dan $117^{\circ}12'06,24$ " BT - $117^{\circ}15'41,27$ " BT. Deliniasi kawasan DAS Karang Mumus meliputi a) bagian hulu DAS Karang Mumus, termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara, yaitu mulai di waduk Benanga, Lempake; b) bagian tengah DAS Karang Mumus termasuk ke dalam wilayah Kota Samarinda (Kecamatan Samarinda Utara); c) bagian hilir DAS Karang Mumus termasuk ke dalam wilayah Kota Samarinda (sebagian kecil Kecamatan Samarinda Ulu dan sebagian kecil Kecamatan Samarinda Ilir), berbatasan dengan muara Sungai Mahakam di jembatan 1.

Waktu penelitian direncanakan 1 tahun, dimulai pada bulan Juni 2021 dengan tahapan penelitian:

- (i) Kegiatan survei pendahuluan
- (ii) Survei
- (iii) Pengumpulan data primer dan data sekunder dari beberapa instansi terkait
- (iv) Studi pustaka
- (v) Pengolahan dan analisis data
- (vi) Penyusunan laporan riset disertai

B. Bahan dan Alat

Bahan yang akan digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data Primer didapat dari hasil survei lapangan di DAS Karang Mumus, foto dokumentasi dan wawancara langsung ke masyarakat, sedangkan data sekunder didapat dari :

1. Data iklim dan curah hujan dari BMKG untuk perhitungan pemodelan hidrologi sejak tahun 2015-2019
2. Peta DEM (*Digital Elevation Model*) situasi yang terdiri dari :

- a. Peta Topografi/Rupa Bumi dari Bakosurtanal skala 1:25.000
 - b. Foto udara / *Citra Landsat TM*
 - c. Peta Tata Guna dan Tutupan Lahan Geo Spasial yang digunakan tahun 2010 -2019
3. Data Kondisi geomorfologi Sungai Karang Mumus (SKM) seperti : kemiringan lereng, kerapatan saluran, bentuk cekungan, lebar, kedalaman dan panjang sungai untuk menentukan luas penampang sungai

Alat yang akan digunakan adalah seperangkat komputer dengan *software* aplikasi yang digunakan adalah *MIKE 21* yaitu program untuk menghitung pemodelan transformasi curah hujan dan debit air pada suatu sistem daerah aliran sungai berdasarkan data yang diambil dari Badan Meterologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) kota Samarinda. Sedangkan aplikasi program Sistem Informasi Geografi (GIS) dengan ArcGIS 10.3 yang digunakan untuk menetapkan suatu kawasan rawan banjir dengan luas genangan berdasarkan peta luas genangan banjir secara geospasial.

C. Metode *Sampling*

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan yang dilakukan dengan metode survei dengan observasi dan studi pustaka, masing-masing untuk mendapatkan data primer dan data sekunder.

Sampel yang akan diambil di sepanjang DAS Karang Mumus dibagi menjadi :

1. Bagian hulu meliputi : sekitar waduk Benanga dan desa Lempake merupakan pemukiman sedang dan sebagian ladang pertanian
2. Bagian tengah mulai dari Mugirejo sampai dengan Sempaja, merupakan pemukiman dan pasar tradisional
3. Bagian hilir mulai dari Jalan Gelatik sampai Jembatan Sungai Dama, merupakan pemukiman padat, industri hotel, mall dan pemukiman bantaran sungai.

D. Pengumpulan Data

- Data luasan luapan banjir
Data primer yang akan dikumpulkan adalah dengan observasi lapangan, yaitu data tentang :

Kondisi morfologi DAS Karang Mumus yang akan dibagi menjadi beberapa segmen sepanjang sungai untuk membedakan kondisi resapan air hujan berdasarkan:

- kondisi kemiringan dasar sungai
- kemiringan lereng
- daerah tutupan lahan, terkait dengan pemukiman bantaran sungai
- tata guna lahan terutama di bagian hulu sebagian ladang, pertanian kering dan semak belukar

Data sekunder yang akan dikumpulkan adalah data iklim dan curah hujan dari BMKG kota Samarinda , peta topografi yang didapat dari Bidang Tata Ruang Dinas PUPR. Kota Samarinda, Balai Wilayah Sungai Kalimantan III, Bidang Sumber Daya Air Dinas PUPR Provinsi Kalimantan Timur dan BPDAS Mahakam Berau di Samarinda, juga data pasang surut sungai mahakam yang mendorong lambatnya arus dan berkurangnya daya tampung SKM.

- Data valuasi ekonomi lingkungan

Data valuasi ekonomi lingkungan yang dialami pada tahun 2015 dan 2019 akan diperoleh melalui wawancara dengan warga sekitar DAS Karang Mumus yang terkena banjir tentang :

- Dampak ekonomi langsung (infrastruktur listrik, jalan, saluran air yang rusak tidak berfungsi, properti rumah seperti alat rumah tangga, bangunan yang rusak, kendaraan mobil/motor yang terendam)
- Dampak ekonomi tidak langsung terkait dengan dampak lingkungan yang terjadi, seperti :
 - manfaat air sungai bagi masyarakat (rekreasi, memancing, kebutuhan air rumah tangga, transportasi sungai dsb.)
 - kerugian akibat tidak bisa bekerja, banyak industri rumahan yang berdampak

- tidak bisa sekolah atau pun aktivitas warga dan usaha yang terhambat

Dari perhitungan valuasi ekonomi didapatkan kerugian dari total valuasi ekonomi dampak akibat banjir.

E. Analisis Data, Pemodelan dan Valuasi Ekonomi

- Dinamika luasan luapan banjir

Untuk mengetahui penggambaran batas DAS Karang Mumus diperlukan peta rupa bumi topografi dan peta tata guna lahan yang didapat akan dilakukan klasifikasi tutupan lahan dan dilakukan tumpang tindih (*overlay*) untuk mengetahui perubahan tata guna dan tutupan lahan dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2019. Penetapan lokasi penelitian dilakukan berdasarkan ketersediaan data pada stasiun pengamatan hujan dan alat pengamatan debit yang ada. Metode penelitian dilakukan dengan metode survei di lapangan dan analisis peta DAS dan jaringan sungai memakai Sistem Informasi Geografis (SIG).

Luas Genangan banjir digunakan untuk memprediksi kawasan rawan banjir dan kedalaman banjir di daerah tertentu sehingga bisa diklasifikasikan kedalaman genangan dan lokasi genangan menggunakan aplikasi geospasial ArcGIS 10.3, sehingga didapat analisis data untuk mendapatkan perkembangan data geospasial luapan banjir tahun 2015 dan 2019 dan hubungannya dengan kondisi tata guna lahan saat ini. Variabel bebas adalah curah hujan, pasang surut, dan tata guna lahan saat itu. Variabel terikat luasan luapan banjir.

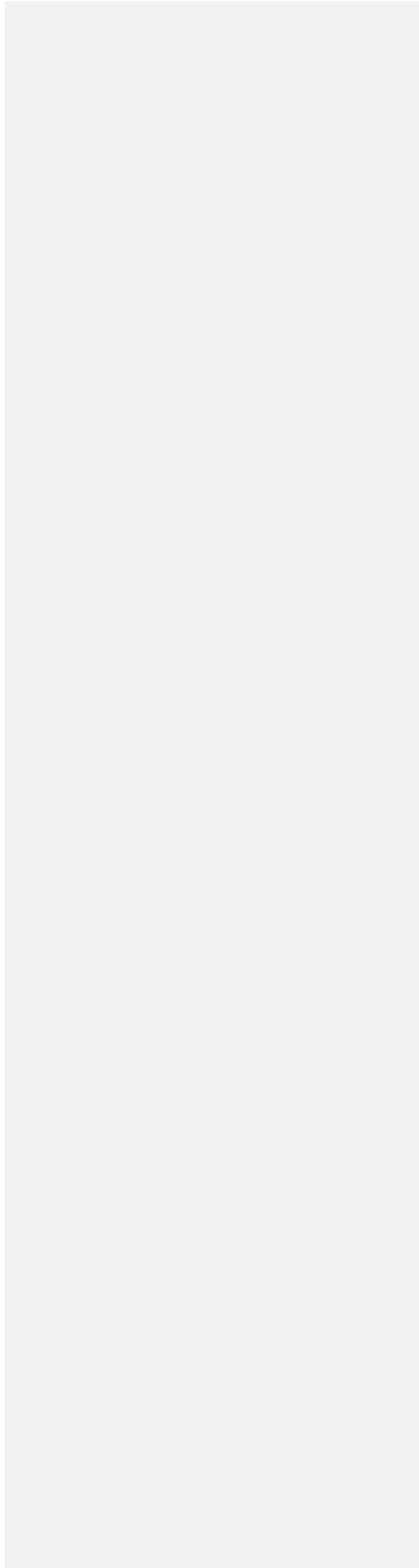
- Pemodelan

Data dinamika luasan luapan banjir akan digunakan untuk simulasi pemodelan hidrologi (data iklim dan curah hujan) dan morfologi sungai akan didapat pengalihragaman menjadi debit limpasan sungai sehingga luasan limpasan dan kedalaman banjir dapat diketahui dengan geospasial dari kawasan genangan banjir di DAS Karang Mumus dengan aplikasi ArcGIS 10.3.

Pemodelan akan dilakukan menggunakan beberapa acuan pemodelan yang sering digunakan untuk mitigasi luapan banjir, yaitu MIKE 21 *hydrodynamic*, yaitu merupakan modul aplikasi *software* yang dapat menghitung kecepatan arus serta arah arus dan perubahan elevasi dasar sungai karena pengaruh pasang surut dan debit sungai.

- Valuasi ekonomi lingkungan akibat luapan banjir tahun 2015, 2019 dan proyeksi perkiraan 2025

Perhitungan valuasi ekonomi akan dilakukan berdasarkan proyeksi dari dua pengamatan hidrologi dengan transformasi besaran debit air, yaitu tahun 2015 dan 2019 akan didapatkan proyeksi luasan genangan air banjir di tahun 2025.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fikri Hadi and Ristawati Rosa, "Pemindahan ibu kota Indonesia dan kekuasaan presiden dalam perspektif konstitusi The relocation of Indonesia ' s capital city and the presidential powers in constitutional perspective," *J. Konstitusi*, vol. 17, no. September, pp. 530–537, 2020.
- [2] A. Ghozali, R. Benny, and B. Ulfa, "A comparative study of climate change mitigation and adaptation on flood management between Ayutthaya city (Thailand) and Samarinda city (Indonesia)," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 227, no. November 2015, pp. 424–429, 2016, doi: 10.1016/j.sbspro.2016.06.096.
- [3] B. K. Samarinda, "Kota Samarinda dalam angka, Samarinda municipality figures 2021," *ISSN 0215-2398*, vol. 64720, no. februari 2021, p. 408, 2021.
- [4] R. Watiningsih, "Daerah aliran sungai Mahakam," *Online <https://staff.blog.ui.ac.id/tarsoen> ...*, no. 2009, p. 11, 2009, [Online]. Available: https://staff.blog.ui.ac.id/tarsoen.waryono/files/2009/12/punya_rya.pdf.
- [5] Mislan, Sudaryanto, S. O. Ayub, and D. S. Hadiati, "Penyusunan aksi restorasi sub das Karang Mumus dalam perspektif ketahanan air," *Pros. Semin. Nas. Geogr. UMS IX 2018 , Solo 30 Juni 2018*, vol. IX, no. 2018, pp. 1–12, 2018.
- [6] Y. S. Sundari, "Lereng di Kota Samarinda (study of inundation area in the flood prone areas on Karang Mumus sub watershed reviewed from slope map in Samarinda)," vol. 2, pp. 60–70, 2020.
- [7] L. Tierolf, H. de Moel, and J. van Vliet, "Modeling urban development and its exposure to river flood risk in Southeast Asia," *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 87, no. March, p. 101620, 2021, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2021.101620.
- [8] A. Bintoro, "Sungai Karang Mumus, dulu dan sekarang: mengembalikan sumber kehidupan Samarinda," *Kaltim.tribunews*, vol. 21, no. 24 Februari 2020, pp. 1–9, 2020.
- [9] B. Hasibuan, "Valuasi ekonomi lingkungan nilai guna langsung dan tidak

- langsung komoditas ekonomi,” *Signifikan J. Ilmu Ekon.*, vol. 3, no. 2, pp. 113–126, 2014, doi: 10.15408/sigf.v3i2.2055.
- [10] F. Yulianto and M. A. Marfai, “Model simulasi luapan banjir sungai Ciliwung di wilayah Kampung Melayu – Bukit Duri Jakarta , Indonesia,” *Penginderaan Jauh*, vol. 6, no. 2008/11/10, pp. 43–53, 2009.
- [11] P. Sumber and D. Air, “Daerah aliran sungai,” pp. 1–14, 2016.
- [12] A. S. Das, “Melindungi dan memulihkan Daerah Aliran Sungai (DAS),” *Sumber Daya Air, Kementrian Pekerj. umum*, pp. 54–73, 2017.
- [13] T. R. Saridewi, S. Hadi, A. Fauzi, and I. W. Rusastra, “PENGELOLAAN USAHATANI Land use planning of Ciliwung watershed area using an institutional approach through farm management improvement perspective,” *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 32, No 2 b, pp. 87–102, 2014.
- [14] W. U. Utami, E. Dwi Wahjunie, and S. Darma Tarigan, “Karakteristik Hidrologi dan Pengelolaannya dengan Model Hidrologi Soil and Water Assessment Tool Sub DAS Cisadane Hulu,” *J. Ilmu Pertan. Indones.*, vol. 25, no. 3, pp. 342–348, 2020, doi: 10.18343/ipi.25.3.342.
- [15] X. J. Liu, A. J. Kettner, J. Cheng, and S. B. Dai, “Sediment characteristics of the Yangtze River during major flooding,” *J. Hydrol.*, vol. 590, p. 125417, 2020, doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.125417.
- [16] T. Grodek *et al.*, “Eco-hydrology and geomorphology of the largest floods along the hyperarid Kuiseb River, Namibia,” *J. Hydrol.*, vol. 582, p. 124450, 2020, doi: 10.1016/j.jhydrol.2019.124450.
- [17] and R. H. H. Dr . Shane Parson , PE , CFM , Dr . Randel Dymond , PE, “GIS techniques for flood map modernization and hazard mitigation plans,” 2011.
- [18] M. Tadese, L. Kumar, R. Koech, and B. K. Kogo, “Mapping of land-use/land-cover changes and its dynamics in Awash River Basin using remote sensing and GIS,” *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.*, p. 100352, 2020, doi: 10.1016/j.rsase.2020.100352.

- [19] N. A. NurAzizah Affandy, "Pemodelan hujan-debit menggunakan model HEC-HMS DI DAS Sampean Baru," 2006.
- [20] L. Y. Lewis and C. E. Landry, "River restoration and hedonic property value analyses: Guidance for effective benefit transfer," *Water Resour. Econ.*, vol. 17, no. December 2016, pp. 20–31, 2017, doi: 10.1016/j.wre.2017.02.001.
- [21] J. C. Bergstrom and J. B. Loomis, "Economic valuation of river restoration: An analysis of the valuation literature and its uses in decision-making," *Water Resour. Econ.*, vol. 17, pp. 9–19, 2017, doi: 10.1016/j.wre.2016.12.001.
- [22] B. Cheng, H. Li, S. Yue, and K. Huang, "A conceptual decision-making for the ecological base flow of rivers considering the economic value of ecosystem services of rivers in water shortage area of Northwest China," *J. Hydrol.*, vol. 578, no. July, p. 124126, 2019, doi: 10.1016/j.jhydrol.2019.124126.
- [23] P. Nijkamp, G. Vindigni, and P. A. L. D. Nunes, "Economic valuation of biodiversity : A comparative study," vol. 7, pp. 217–231, 2008, doi: 10.1016/j.ecolecon.2008.03.003.

**VALUASI EKONOMI LINGKUNGAN DAMPAK BANJIR
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS.) KARANG MUMUS
KOTA SAMARINDA**

PROPOSAL RISET DISERTASI

Diajukan Oleh :

**BAGUS SUSETYO
NIM. 2012019001**

Promotor :

Prof. Dr. Harihanto, MS.

Co-Promotor :

**Idris Mandang, S.Si., MSc., PhD.
Dr. Ir. Surya Darma, M.Sc.**



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN PASCASARJANA
UNIVERSITAS MULAWARMAN SAMARINDA**

2021

**VALUASI EKONOMI LINGKUNGAN DAMPAK BANJIR
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS.) KARANG MUMUS
KOTA SAMARINDA**

PROPOSAL RISET DISERTASI

Diajukan

Untuk memenuhi persyaratan melakukan riset disertasi

Pada

Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan

Pascasarjana

Universitas Mulawarman

Diajukan Oleh :

BAGUS SUSETYO

NIM. 2012019001



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN PASCASARJANA
UNIVERSITAS MULAWARMAN SAMARINDA**

2021

PERSETUJUAN RISET DISERTASI

Disertasi oleh : Bagus Susetyo
N I M. : 2012019001
Judul Riset Disertasi : Valuasi Ekonomi Lingkungan Dampak Banjir Di Sub
Daerah Aliran Sungai (DAS.) Karang Mumus Kota
Samarinda

Telah disetujui oleh :

Promotor

Tanggal :

Prof. Dr. Harihanto, M.S
NIP. 19560603 198403 1 001

Co-Promotor

Co-Promotor

Idris Mandang, S.Si, M.Sc., PhD.
NIP. 19711008 199802 1 001

Dr. Ir. Surya Dharma, MSc.
NIP. 19600503 198803 1 005

Mengetahui,

Koordinator Program Doktor Ilmu Lingkungan

Tanggal :

Prof. Dr. Esti Handayani Hardi, S.Pi., M.Si.
NIP. 19800104 200604 2 003

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Karakteristik Sungai dan DAS Karang Mumus	5
B. Banjir dan Kenaikan Debit Air Sungai	8
C. Hidrologi dan Klimatologi	9
D. Hubungan Hujan dan Limpasan	11
E. Hidrograf	13
F. Pasang Surut	16
G. Sistem Informasi Geografis (SIG)	18
H. Pemodelan Hidrologi Limpasan Permukaan	21
I. Valuasi Ekonomi Lingkungan	24

BAB III. KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS

A. Kerangka Pemikiran	27
B. Hipotesis	28

BAB IV. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	29
B. Bahan dan Alat	29
C. Rancangan Percobaan dan Analisa Data	30
D. Prosedur Penelitian	31
E. Metode Analisis	32

JADWAL PENELITIAN	37
-------------------------	----

DAFTAR PUSTAKA	38
----------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1	: Data dan batas Kota Samarinda	1
Tabel 2	: Anak Sungai Mahakam	2
Tabel 3	: Tipe-tipe Pasang Surut	18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	: Peta Kota Samarinda	7
Gambar 2	: Siklus Hidrologi	11
Gambar 3	: Hubungan Linier Hujan Aliran	13
Gambar 4	: Komponen Hidrograf Banjir	14
Gambar 5	: Analisa Overlay	21
Gambar 6	: Diagram Total Valuasi Ekonomi	26
Gambar 7	: Kerangka Pemikiran Penelitian Disertasi	28

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kota Samarinda adalah ibukota Provinsi Kalimantan Timur, yang bersama dengan kota Balikpapan merupakan dua kota dengan kegiatan ekonomi tersibuk di provinsi ini. Selain sebagai ibukota propinsi, kota Samarinda juga merupakan salah satu kota penyangga Ibukota baru NKRI pasca penetapan oleh pemerintah bahwa ibukota baru tersebut ditargetkan akan berfungsi normal menjadi Pusat Pemerintahan baru di akhir masa jabatan Presiden Joko Widodo pada tahun 2024 [1].

Ironisnya, kota Samarinda saat ini masih mempunyai permasalahan yang mendasar selain kebutuhan hunian bagi warganya, kemacetan lalu lintas, permasalahan penanganan sampah, terutama juga masih rentannya akan musibah banjir di sebagian wilayah kota akibat curah hujan yang tinggi ataupun air pasang Sungai Mahakam. [2].

Secara Geografi kota ini terletak antara $0^{\circ}19'02''$ - $0^{\circ}42'34''$ Lintang Selatan dan $117^{\circ}03'00''$ - $117^{\circ}18'14''$ Bujur Timur, dengan memiliki luas daerah 718 km^2 dan jumlah penduduk pada tahun 2020 sebanyak 827.994 jiwa (lihat Table 1.) [3]. Terdapat sungai yang membelah kota ini adalah Sungai Mahakam, yaitu salah satu sungai besar di Indonesia dengan lebar rata-rata 300 m – 500 m [4]. Sungai ini memiliki 26 anak sungai yang membentang dari Kabupaten Kutai Barat sampai dengan muara di wilayah Kabupaten Kutai Kartanegara (lihat Tabel 2.). Keberadaan Daerah Aliran Sungai (DAS.) dari anak-anak sungai tersebut belum berfungsi efektif sebagai pengendali banjir [4].

KOTA	SAMARINDA	
BATAS-BATAS	UTARA	$0^{\circ} 19' 02''$ LS
	SELATAN	$0^{\circ} 42' 34''$ LS
	TIMUR	$117^{\circ} 03' 00''$ BT
	BARAT	$117^{\circ} 18' 14''$ BT
LUAS WILAYAH	718 KM^2	
JUMLAH PENDUDUK	827,994 jiwa	

Comment [WU1]:

- Rinci sejarah banjir di Kota SMD rantang ± 30 th dan bagaimana trendnya, serta dampaknya.
- Rinci DAS S.Karangmumus dan Sub DASnya
- Rinci apa faktor penyebab banjir Kota SMD, jika bisa pada rentang waktunya masing-masing.
- Disinggung juga secara fisiografi bagian yang mana saja yang berpotensi banjir dlm DAS SKM
- Perlu pembuatan model banjir DAS SKM untuk pendugaan kedepannya shg dpt diantisipasi dampaknya dan penaggulangannya secara komprehensif.

Comment [WU2]: Total anak-anak S.Mahakam

Tabel 1. Data dan Batas Kota Samarinda (Sumber BPS. Kota Samarinda)

Dari 26 anak sungai Mahakam yang mengalir di Kota Samarinda, Sungai Karang Mumus (SKM) merupakan anak sungai terpanjang (37,65 km). SKM ini memiliki luas DAS terbesar, yaitu 31.622 ha [5]. Luas DAS SKM cenderung terus menurun dari tahun ke tahun karena penggunaan lahan untuk berbagai kepentingan [6]. Bagian Kota Samarinda yang berada dekat bantaran saat ini dulunya adalah luasan rawa yang merupakan bagian DAS SKM. Badan SKM mempunyai kemiringan di bagian hulu sebesar >15%, sedangkan bagian tengah dan hilir sebesar <8% (relatif kecil/datar) [6].

Comment [WU3]: Bukan Kota SMD

Comment [WU4]: Bisa ±, khususnya kegiatan pada titik puncak batas DAS

26 anak Sungai Mahakam terdiri dari :					
1	Sungai Karang Mumus	10	Sungai Sambutan	19	Sungai Bukuan
2	Sungai Palaran	11	Sungai Lais	20	Sungai Ginggaang
3	Sungai Loa Bakung	12	Sungai Tas	21	Sungai Pulung
4	Sungai Loa Bahu	13	Sungai Anggana	22	Sungai Payau
5	Sungai Bayur	14	Sungai Loa Janan	23	Sungai Balik Buaya
6	Sungai Betepung ? atau Betapus	15	Sungai Handil Bhakti	24	Sungai Banyuir
7	Sungai Muang	16	Sungai Loa Hui	25	Sungai Sakatiga
8	Sungai Pampang	17	Sungai Rapak Dalam	26	Sungai Bantuas
9	Sungai Kerbau	18	Sungai Mangkupalas		

Comment [WU5]: Apakah total S.Mahakam

Comment [WU6]: Sub DAS S.Karang Mumus

Tabel 2. Anak Sungai Mahakam (Sumber : BWS Wilayah Kalimantan)

Sepanjang tahun 2020 kota Samarinda mempunyai suhu tertinggi 36,20° dengan kelembaban tertinggi sebesar 99% dan curah hujan tertinggi di bulan Agustus dan September [3]. Pada bulan-bulan ini biasanya terjadi pembukaan lahan di kawasan DAS Karang Mumus yang tidak terkendali seperti untuk permukiman dan industri, serta pertambangan batu bara mengakibatkan pendangkalan SKM akibat sedimentasi yang masif, ditambah lagi dengan letak kota yang berada di muara sungai Mahakam yang masih termasuk daerah pasang surut. Kondisi ini membuat tingginya kerentanan akan bahaya banjir, terutama ketika terjadi hujan yang relatif

Comment [WU7]:

- Tdk selalu, pembukaan lahan kapan saja bisa terjadi.
- Terkait suhu meningkat, bisa demikian tetapi dipengaruhi jarak dgn kegiatan. Lebih dipengaruhi kondisi yang lbh luas dan musim kemarau.

besar. Waktu bertahan air di kawasan banjir di kawasan sekitar DAS SKM rata-rata adalah 3-10 jam dengan kedalaman mencapai 0,3 – 1,5 cm [2]. Kawasan banjir tersebut kebanyakan merupakan jalur strategis transportasi di dalam kota sehingga sering mengakibatkan kelumpuhan kota bagi warga di permukiman yang berdampingan dengan SKM.

Selama tiga dekade terakhir, kawasan DAS SKM telah mengalami beberapa kali banjir besar di dalam waktu yang lama, yaitu pada tahun 1997, 2007 dan 2019, serta banjir level rendah-sedang dengan waktu singkat (maksimal 7 hari) dengan frekuensi rata-rata 5 kali per tahun. Sampai saat ini belum ada informasi kerugian masyarakat (pendidikan, perkantoran, bisnis, dan transportasi) dan administrasi pemerintahan terkait dampak banjir tersebut [7]. Di samping itu, banjir dapat menyebabkan terganggunya ekologi kawasan sungai merupakan faktor penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem yang berkelanjutan.

Untuk mengatasi banjir yang disebutkan seperti di atas, sejak tahun 1992 saat relokasi warga bantaran SKM dari jembatan 1 hingga jembatan kehewan, di kanan kiri sungai sepanjang 1,3 km oleh Gubernur HM. Ardans telah mencanangkan normalisasi SKM dan perbaikan drainase kota. [8]. Pelaksanaan program normalisasi ini akan memberi dampak pada ketahanan Kota Samarinda di dalam menghadapi masa-masa rawan banjir besar. Faktor sosial yang berkaitan dengan permukiman warga di bantaran SKM dan pendanaan yang terbatas mengakibatkan program saat itu menjadi terbengkalai. Hal ini yang membuat ketahanan kota terhadap bahaya banjir semakin rendah.

Musibah banjir yang setiap tahun terjadi di Samarinda sudah sangat meresahkan dan merugikan secara ekonomi. Untuk mendorong Pemerintah Daerah di dalam mengambil kebijakan terkait penanganan banjir di kota Samarinda, perlu dilakukan kajian tentang valuasi ekonomi lingkungan terkait dengan nilai kerugian secara total akibat banjir DAS SKM, yang meliputi nilai ekonomi total, nilai pemulihan dari kerusakan, nilai pencegahan dari kerusakan atau pencemaran lingkungan [9]. Hubungan antara faktor iklim (curah hujan dan pasang surut), perubahan tutupan dan tata guna lahan serta ketinggian lereng dan kontur DAS terkait elevasi luapan banjir merupakan faktor penting yang dapat digunakan dalam menilai kerugian akibat banjir melalui simulasi pemodelan spasial untuk menentukan luasan luapan banjir berdasarkan elevasi muka air banjir [7][10]. Pemetaan genangan atau luapan

banjir telah meningkat dengan pengembangan metode pemodelan hidrodinamik. Pemodelan genangan banjir ini ada dua pendekatan, yaitu : deteksi penginderaan jauh yang menganalisis kejadian banjir sebelumnya dan pemodelan hidrodinamik yang berbasis fisik yang dapat digunakan untuk mengevaluasi peta genangan dengan mempertimbangkan resolusi spasial [11]. Integrasi Sistem Informasi Geografis terkait dengan pemetaan geospasial dan pemodelan hidrodinamik adalah cara yang efisien untuk memprediksi banjir dan informasi banjir untuk respon perencanaan keadaan darurat. [12]

Adanya informasi tentang kerugian dari valuasi ekonomi lingkungan yang terkait dengan dampak genangan banjir dapat dijadikan pedoman untuk menyatakan urgensi eksekusi program normalisasi DAS SKM. Potensi meningkatnya kerugian valuasi ekonomi lingkungan bila terjadi penundaan dapat dijadikan pertimbangan oleh berbagai pihak terkait seperti pemerintah kota, legislatif, dan masyarakat untuk bersepakat dalam menjalankan eksekusi program normalisasi DAS SKM.

B. RUMUSAN MASALAH

1. Luapan banjir di Kota Samarinda sekitar kawasan DAS SKM masih sering terjadi. Kejadian ini disertai dengan terdeteksinya perubahan luasan banjir dan kedalaman luapan banjir yang cepat dan dinamis.
2. Penanganan luapan banjir sekitar kawasan DAS SKM melalui program normalisasi sungai dan perbaikan drainase kota belum berjalan efektif (belum terlihat hasilnya). Tidak tersedianya informasi akurat tentang nilai kerugian akibat luapan banjir (kecil dan besar) di kawasan DAS SKM diduga merupakan salah satu sebab tidak efektifnya penanganan luapan banjir.

C. TUJUAN PENELITIAN

1. Menghasilkan simulasi pemodelan spasial yang sesuai dengan luapan banjir tahun 2015 dan 2019, serta dapat digunakan untuk proyeksi luapan banjir sekitar tahun 2025.
2. Mendapatkan besaran kerugian berbasis valuasi ekonomi lingkungan akibat perubahan luapan banjir tahun 2015 dan 2019 dan proyeksi kejadian pada sekitar tahun 2025 yang diperoleh dari simulasi pemodelan spasial.

D. MANFAAT PENELITIAN

1. Pemodelan hidrologi dinamis dengan melengkapi sistem spasial informasi geografis dapat digunakan untuk perhitungan luasan limpasan banjir di daerah atau lingkungan dengan cepat dan akurat
2. Pemerintah Kota Samarinda mendapatkan pemodelan spasial yang dapat digunakan untuk penanganan luapan banjir dan kedalaman muka air banjir di kawasan DAS SKM.
3. Sebagai masukan bagi Pemangku Kepentingan Pemerintah Kota Samarinda tentang urgensi pelaksanaan penanganan banjir DAS SKM berbasis valuasi ekonomi lingkungan untuk menghindari kerugian akibat dampak banjir tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Karakteristik Sungai dan Daerah Aliran Sungai (DAS) Karang Mumus

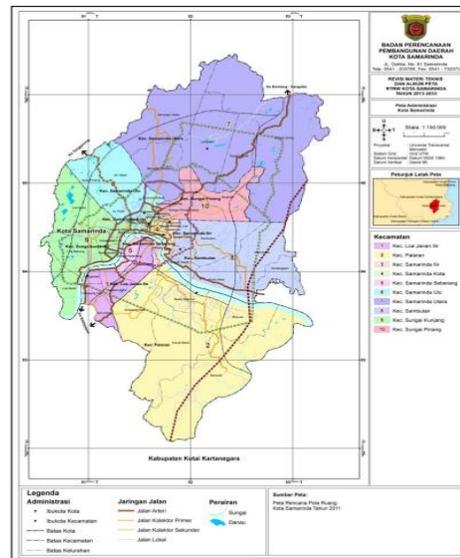
Beberapa macam aliran air di permukaan di daerah tangkapan air, selama dan setelah hujan akan masuk ke dalam parit atau selokan yang kemudian mengalir ke sungai-sungai kecil dan menjadi aliran di sungai utama. Karakteristik sungai dari daerah tangkapan air dipengaruhi oleh luas DAS, gradien sungai (bentuk, relief kemiringan lereng, panjang sungai) dan pola drainase dan penggunaan lahan [13].

Tingkatan sungai ditetapkan berdasarkan ukuran alur dan posisinya. Tingkatan yang paling rendah bertemu di bagian ujung dari bergabungnya sungai-sungai kecil menjadi sungai yang memiliki alur yang lebih besar yang berada di bagian hilir. Berdasarkan posisi dan tingkatan sungai dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu : bagian hulu, bagian tengah dan bagian hilir. Bagian hulu mempunyai kemiringan dasar sungai yang cukup besar sehingga air bergerak dengan arus yang cepat. Di bagian tengah merupakan bagian transisi memiliki kemiringan dasar sungai yang tidak terlalu besar sehingga air bergerak dengan arus yang lebih pelan dari bagian hulu. Sedangkan di bagian hilir mempunyai kemiringan dasar sungai yang relative datar sehingga arus air bergerak pelan, bagian ini batas garis sungai tidaklah jelas karena di bagian ini memiliki daerah dataran limpasan air banjir yang cukup luas, kondisi materialnya didominasi oleh lumpur akibat erosi sedimentasi di bagian hulu dan tengah [13].

Daerah yang masuk di jaringan sungai dan anak-anak sungainya yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung dan pegunungan dimana air hujan jatuh di daerah tersebut dan mengalir menuju sungai utama disebut daerah aliran sungai (DAS). DAS juga merupakan daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi dalam peta topografi dilengkapi dengan elevasi yang disebut garis-garis kontur [14]. Untuk mengukur luasan DAS dengan mengukur daerah itu pada peta topografi. Luas DAS sangat berpengaruh terhadap debit sungai, semakin besar DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula debit aliran permukaan sungai.

Karakteristik DAS yang merupakan nilai kuantitatif dari beberapa parameter, meliputi : daerah pengaliran, panjang DAS, kemiringan DAS, bentuk DAS dan kerapatan aliran. Pengelolaan DAS merupakan penanganan menyeluruh yang diarahkan dalam pengelolaan banjir dengan tujuan mengoptimalkan kepentingan ekonomi dan kesejahteraan sosial tanpa mengganggu kestabilan ekosistem [15].

Daerah aliran sungai Karang Mumus, secara administratif sebagian besar berada di wilayah Kota Samarinda dan sebagian lagi masuk wilayah Kabupaten Kutai Kartanegara terutama sekitar waduk Benanga yang melingkupi daerah $0^{\circ}19'28,93$ LS - $0^{\circ}26'54,72$ " LS dan $117^{\circ}12'06,24$ " BT - $117^{\circ}15'41,27$ " BT. Penggambaran kawasan DAS Karang Mumus meliputi a) bagian hulu DAS Karang Mumus terdapat waduk Benanga di wilayah Lempake ;b) bagian tengah DAS Karang Mumus termasuk ke dalam wilayah Kota Samarinda (Kecamatan Samarinda Utara); c) bagian hilir DAS Karang Mumus termasuk ke dalam wilayah Kota Samarinda (sebagian kecil Kecamatan Samarinda Ulu dan sebagian kecil Kecamatan Samarinda Ilir, berbatasan dengan muara Sungai Mahakam di jembatan satu [3].



Gambar 1 : Peta Kota Samarinda (sumber : PPID Kota Samarinda)

Berdasarkan data dari Balai Wilayah Sungai III Kalimantan, kondisi topografi Sungai Karang Mumus (SKM) mulai dari landai sampai berbukit-bukit dengan tingkat kemiringan lerengnya berkisar antara 15%-25%. DAS Karang Mumus secara umum berfungsi sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*), yang luasnya mencapai 31,475 ha yang berada di wilayah kota Samarinda . Sungai Karang Mumus terutama di bagian hulu keadaan lahan di kanan kiri sungai kondisinya sudah sangat kritis karena terjadi eksploitasi lahan yang berlebihan yang dilakukan oleh *illegal logging* dan *illegal mining* , terutama di bagian hulu SKM termasuk pemanfaatan lahan yang tidak terkendali oleh masyarakat. Pola pemanfaatan sumber daya alam yang menyebabkan alih tata guna lahan, pemanfaatan kawasan hutan, erosi lahan dan berubah penurunan kualitas air menjadi permasalahan di wilayah DAS, dimana luas daerah pemukiman meningkat di daerah hilir mengakibatkan menurunnya daerah resapan air, sehingga air hujan cenderung melimpas menjadi aliran permukaan. Perubahan penggunaan dan tutupan lahan di DAS dipengaruhi oleh : **curah hujan**, jumlah penduduk dan jarak ke pusat kota [16]. Pemanfaatan lahan dan tutupan lahan di sekitar sungai Karang Mumus dapat dilihat dari hulu sampai hilir. Tutupan lahan di SKM didominasi oleh semak belukar dan tanaman perdu, sebagian lagi lahan pertanian pangan dan sayuran yang merupakan wilayah masyarakat transmigran dari Jawa serta di bagian tengah dan hilir banyak pemukiman dan lahan terbuka. Iklim hutan hujan tropika di SKM yang ditandai sangat basah dengan curah hujan rata-rata sepanjang tahun yang cukup tinggi sebesar 2.204,6 mm [5], sehingga mengakibatkan SKM rentan terhadap banjir, erosi dan sedimentasi.

SKM adalah salah satu bagian dari DAS Mahakam yang merupakan sumber air dari jaringan sungai mengalir ke arah hilir menuju perairan Selat Makassar melalui Delta Mahakam. SKM dipengaruhi oleh pasang surut air laut pada musim kemarau dengan kondisi pasang tertinggi purnama dapat mencapai wilayah SKM dan terjadi intrusi air laut. Sebaliknya pada saat musim penghujan maka terjadi banjir di kawasan SKM, karena bertemunya air tawar dari hulu dan gelombang pasang surut dari hilir yang melalui Sungai Mahakam. Gelombang pasang surut di Sungai Mahakam dan masuk ke SKM

Comment [WU8]: Tdk mempengaruhi

mengalami perubahan gelombang pasang surut dari muara ke arah hulu dan tipe pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*) terdistorsi ke arah hulu. Waktu dari kondisi air surut ke pasang menjadi singkat ke arah hulu [17].

B. BANJIR DAN KENAIKAN DEBIT AIR SUNGAI

Banjir yang terjadi setiap tahun di banyak sungai di Indonesia menyebabkan kerugian yang sangat besar, baik berupa korban jiwa maupun kerugian materiil. Beberapa variabel yang ditinjau dalam analisa banjir adalah volume banjir, debit puncak, tinggi genangan, luas genangan, lama genangan dan kecepatan aliran. Apabila debit sungai lebih besar akibat limpasan air dari bagian hulu DAS dari kapasitas sungai untuk mengalirkan air, maka akan terjadi luapan pada tebing sungai sehingga terjadi banjir. DAS yang didominasi oleh iklim tropik basah, debit yang sangat tinggi dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi, pada musim banjir mempengaruhi jumlah sedimentasi yang terangkut yang menyebabkan pendangkalan sungai [18]. Berdasarkan penyebabnya ada dua hal yang mengakibatkan sungai menjadi banjir, yaitu sebab alami dan pengaruh perilaku kegiatan manusia. Banjir akibat kejadian alami meliputi :

1. Tinggi dan durasinya dari curah hujan akan mengakibatkan besarnya debit air sungai dan jika melebihi tebing sungai akan mengakibatkan genangan air banjir.
2. Geografi fisik sungai yang meliputi : bentuk dan kemiringan daerah aliran sungai, kemiringan sungai dan bentuk penampang material dasar sungai.
3. Adanya erosi bagian hulu yang mengakibatkan sedimentasi tanah yang larut di sungai mengakibatkan pendangkalan sehingga luas penampang sungai menjadi kecil
4. Pengaruh pasang air laut sehingga kecepatan aliran air sungai menjadi lambat untuk dialirkan ke laut

Sedangkan bencana banjir yang diakibatkan perilaku kegiatan manusia, meliputi :

1. Perubahan penggunaan/tata guna dan tutupan lahan di DAS karena berkurangnya daerah resapan air sehingga semua aliran

permukaan dari daerah dan parit-parit masuk ke sungai, jika kapasitas penampang sungai lebih kecil mengakibatkan genangan banjir

2. Kawasan pemukiman yang menghuni di bantaran sungai mengakibatkan lebar sungai menjadi sempit, sehingga memperkecil penampang sungai dalam menampung debit air.
3. Pembuangan sampah yang tidak disiplin dan cenderung dibuang ke saluran dan sungai menghambat aliran air sehingga meninggikan muka air banjir.

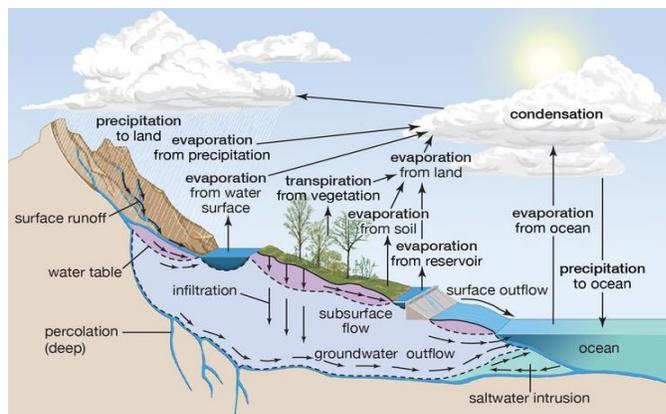
Rendahnya tingkat kesadaran dan disiplin masyarakat sekitar sungai dan lemahnya pengawasan dari pemerintah mengakibatkan sulitnya mencegah banjir dan juga akibat pendangkalan sungai mengakibatkan limpasan air permukaan akan menjadi genangan banjir. Debit banjir yang besar juga memberikan pengaruh terhadap dinamika tumbuhnya tanaman atau vegetasi di sepanjang sungai [19]. Bencana banjir di Sub DAS Karang Mumus akhir ini meningkat disebabkan karena meningkatnya jumlah limpasan air, menurunnya daya tampung daerah area (*catchment area*) banjir dan berkurangnya kapasitas sungai dan saluran drainase [5].

C. HIDROLOGI DAN KLIMATOLOGI

Kegiatan untuk memperkirakan jumlah air yang dibutuhkan oleh suatu tanaman, memperkirakan jumlah air yang tersedia di suatu sumber air, seperti : mata air, danau, sungai dan bahkan untuk memperkirakan besarnya banjir yang ditimbulkan oleh hujan dapat dipelajari dengan ilmu hidrologi yang merupakan cabang ilmu yang sering digunakan di bidang teknik sipil dan pertanian. Penerapan dan manfaat ilmu ini selain perencanaan dan bangunan air, juga termasuk pembangkit listrik tenaga air, pengendalian erosi, pengendalian banjir, sedimentasi, drainase, dsb. Perubahan kegiatan yang dilakukan oleh manusia yaitu : perubahan tata guna lahan (*land use*) dan perubahan penutup permukaan tanah (*land covering*) mengakibatkan banyaknya parameter yang berpengaruh kepada kondisi hidrologi di suatu daerah [16], seperti :

1. Kondisi klimatologi, yaitu angin, suhu udara, kelembaban udara, penyinaran matahari
2. Kondisi Lahan dalam hal ini di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu jenis tanah, tata guna lahan, kemiringan lahan, dsb.

Siklus hidrologi yang bisa dijelaskan di kehidupan sehari-hari adalah peristiwa turunnya hujan yang dimulai dari penguapan air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menjadi uap air yang bergerak dan naik ke atmosfer bumi, oleh karena mengalami kondensasi dan berubah membentuk titik-titik air yang berupa awan. Selanjutnya titik-titik air karena perbedaan suhu udara di atas jatuh sebagai hujan di permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian ada yang tertahan oleh tumbuhan atau pepohonan dan selebihnya sampai ke permukaan. Sebagian akan meresap ke dalam tanah dan banyak juga yang mengalir di atas permukaan tanah (*surface run off*) mengisi cekungan tanah, danau dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang masuk ke dalam tanah sebagai infiltrasi sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah dan keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Proses tersebut berlangsung terus menerus, apabila terjadi perubahan tata guna lahan seperti : penggundulan hutan, penghijauan, perubahan lahan sawah menjadi pemukiman atau industri akan berpengaruh terhadap besaran limpasan air di permukaan dan yang infiltrasi ke dalam tanah.



Gambar 2 : Siklus Hidrologi (sumber hidrologi terapan)

Hujan di daerah tropis seperti di negara kita Indonesia, memberikan sumbangan paling besar terkait turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi, peristiwa ini disebut presipitasi. Hujan berasal dari titik-titik air yang berubah menjadi awan dan turun ke bumi memiliki bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi, seperti : angin, temperatur dan tekanan atmosfer. Syarat penting terjadinya hujan adalah proses perubahan suhu udara di atmosfer mengalami penurunan suhu atau proses pendinginan, oleh karena massa udara mengandung cukup uap air dan naik ke atmosfer terjadi penurunan suhu udara turun hujan di permukaan bumi . Jumlah air hujan yang turun ke permukaan bumi dapat diukur dengan menggunakan alat penakar hujan yang bisa ditempatkan di beberapa tempat, semakin rapat jarak alat tersebut semakin mudah diketahui distribusi hujan sepanjang waktu.

Hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di cekungan daratan. Jumlah dan variasi debit sungai tergantung dari pada jumlah , intensitas dan distribusi hujan. Terdapat hubungan antara debit sungai dan curah hujan yang jatuh di daerah aliran sungai. Apabila data pencatatan debit air sungai tidak ada, data pencatatan hujan dapat digunakan untuk memperkirakan debit aliran sungai. Jumlah hujan yang jatuh di permukaan bumi dinyatakan dalam kedalaman air dalam mm, karena dianggap terdistribusi secara merata pada seluruh tangkapan air. Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam satuan waktu, yang biasa dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/bulan dsb.

D. Hubungan Hujan dan Limpasan

Hujan yang turun di daerah aliran sungai (DAS) yang tidak masuk di dalam tanah akan berubah menjadi aliran di sungai. Hal ini menjelaskan suatu hubungan antara hujan dengan debit aliran yang tergantung pada karakteristik DAS. Hujan dapat diamati dengan meletakkan stasiun pengukuran hujan di suatu DAS dan dilakukan dalam waktu yang panjang. Sedangkan pengukuran debit aliran sungai lebih sedikit dibandingkan stasiun pengamatan hujan, baik jumlah maupun waktu pengukuran. Berdasarkan kedua jenis data yang tercatat dalam waktu yang bersamaan, yaitu : data hujan dan data debit, sehingga dapat dicari bentuk

persamaan debit aliran sebagai fungsi curah hujan. Bentuk umum dari hubungan antara hujan dan limpasan adalah :

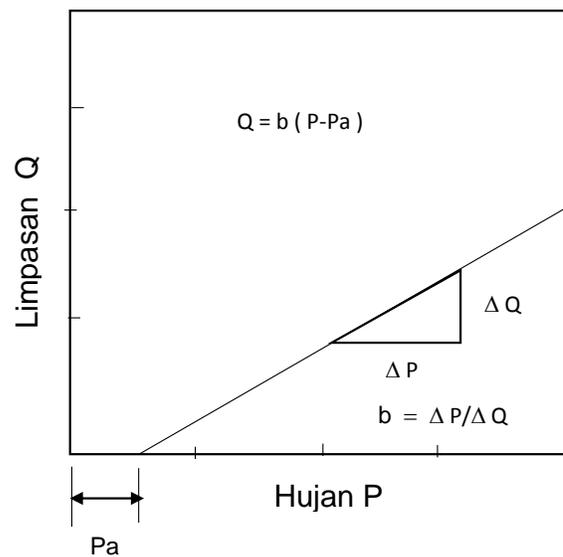
$$Q = b (P - P_a) \quad (1)$$

dengan : Q : kedalaman limpasan

P : kedalaman hujan

P_a : kedalaman hujan di bawah nilai tersebut tidak terjadi limpasan

b : kemiringan garis



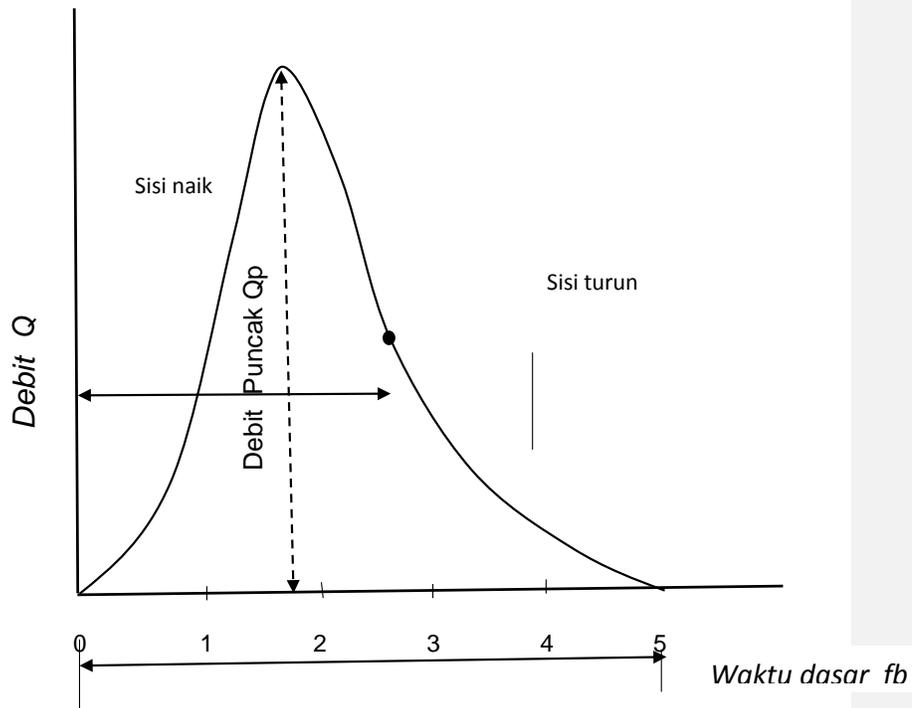
Gambar 3 : Hubungan linier hujan aliran

Apabila curah hujan P lebih kecil dari P_a berarti seluruh air hujan yang turun semua masuk ke dalam tanah berupa infiltrasi dan evapotranspirasi. Jika P lebih besar dari P_a maka tumpangan permukaan dan limpasan mulai terjadi. Dalam persamaan di atas b dan P_a dihitung dengan menggunakan analisis regresi berdasarkan data hujan dan limpasan air hujan. Pemakaian

persamaan ini mengabaikan hitungan parameter hujan-limpasan, seperti : intensitas hujan dan laju infiltrasi.. Penyebaran data hujan – limpasan cukup besar sehingga data yang terwakili sangat terbatas dan bervariasi, tetapi metode ini bisa digunakan untuk memprediksi limpasan bulanan atau tahunan yang diterapkan pada DAS yang tidak mempunyai pengukuran debit.

E. Hidrograf

Hidrograf adalah kurva yang memberi hubungan antara parameter aliran yang meliputi kedalaman aliran atau debit aliran dan waktu. Hidrograf terdiri dari hidrograf muka air dan hidrograf debit. Hidrograf muka air dapat dialihkan menjadi hidrograf debit, sehingga pengertian hidrograf selanjutnya cukup diwakili dengan hidrograf debit. Komponen hidrograf terdiri dari tiga, yaitu : aliran permukaan, aliran antara dan aliran air tanah, yang dapat digambarkan seperti dalam Gambar 4.



Gambar 4. Komponen Hidrograf banjir

Waktu nol (*zero time*) menunjukkan awal hidrograf. Puncak hidrograf adalah bagian dari hidrograf yang menggambarkan debit maksimum. Waktu capai puncak adalah waktu yang diukur dari waktu nol sampai waktu terjadinya debit puncak. Sisi naik adalah bagian dari hidrograf antara waktu nol dan waktu capai puncak. Begitu juga sebaliknya sisi turun adalah bagian dari hidrograf yang menurun antara waktu capai puncak dan waktu dasar. Waktu dasar adalah waktu yang diukur dari waktu nol sampai waktu dimana sisi turun berakhir. Akhir dari sisi turun ini ditentukan dengan perkiraan. Volume hidrograf diperoleh dengan mengintegrasikan debit aliran dari waktu nol sampai waktu dasar. Pada kurva naik dan kurva turun terdapat titik balik dimana kurva hidrograf berubah arah.

Hidrograf satuan yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Hidrograf didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu. Metode hidrograf satuan banyak digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Data yang diperlukan untuk menurunkan hidrograf satuan terukur di DAS yang ditinjau adalah data hujan otomatis dan pencatatan debit di titik control. Penggunaan hidrograf satuan yang bisa digunakan sebagai data adalah sebagai berikut :

1. Hujan yang dipilih sebagai data yang akan dianalisis adalah data hujan dengan durasi yang singkat.
2. Penggunaan pada DAS yang sangat luas dapat dilakukan dengan membagi DAS menjadi sejumlah sub DAS, setiap sub DAS tersebut harus dilakukan analisis hidrograf satuan.

Untuk pencatatan hidrograf satuan dipilih kasus banjir dan hujan penyebab banjir terjadi di seluruh DAS dengan kriteria adalah hidrograf satuan merata

yang diperoleh dari beberapa kasus banjir dengan debit puncak yang relatif cukup besar.

Karakteristik bentuk hidrograf yang merupakan dasar dari konsep Hidrograf Satuan adalah sebagai berikut [20] :

1. Hidrograf menggambarkan semua kombinasi dari karakteristik fisik DAS, seperti : bentuk, ukuran, kemiringan, sifat tanah dan karakteristik hujan, seperti : pola, intensitas dan durasi hujan.
2. Sifat DAS tidak berubah dari hujan yang satu dengan hujan yang lain, maka hidrograf yang dihasilkan oleh hujan dengan durasi dan pola yang serupa memberikan bentuk dan waktu dasar yang serupa juga.
3. Variasi sifat hujan mempunyai pengaruh yang signifikan pada bentuk hidrograf, yang meliputi : durasi hujan, intensitas, distribusi hujan pada DAS.

Di daerah dimana data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintesis yang didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS. Untuk pengenalan dan tidak dibahas secara detail, beberapa metoda yang biasa digunakan untuk menghitung hidrograf satuan sintesis, yaitu [20]:

1. Metode Snyder
Terdiri dari empat parameter yaitu : waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dihubungkan dengan geometri fisik dari DAS
2. Metode SCS (*Soil Conservation Service*)
SCS menggunakan hidrograf tak berdimensi yang dikembangkan dari analisis sejumlah besar hidrograf dari data lapangan dengan berbagai ukuran DAS dan dengan lokasi yang berbeda
3. Metode GAMA 1
Hidrograf satuan sintesis Gama 1 dikembangkan oleh Sri Harto (1993), berdasarkan perilaku hidrologis 30 DAS di Pulau Jawa. Meskipun diturunkan dari DAS di pulau Jawa ternyata hidrograf satuan sintesis ini berfungsi baik untuk berbagai daerah lain di Indonesia.
4. Metode Nakayasa

Hidrograf satuan sintesis ini dikembangkan oleh Nakayasa berdasarkan penelitian hidrologi di beberapa sungai di Jepang.

F. PASANG SURUT

Pasang surut didefinisikan sebagai proses naik turunnya permukaan air secara periodik selama interval waktu tertentu yang diakibatkan oleh gaya gravitasi benda-benda angkasa, terutama bulan dan matahari. Oleh karena besar massa matahari, bumi, dan bulan diketahui, maka besarnya gaya pembangkit pasang surut dapat dihitung dengan menguraikan tenaga pembangkit pasang surut ke dalam sejumlah konstanta harmonik pasang surut. Pasang mempunyai tinggi maksimum dikenal sebagai *spring tide* yang terjadi pada waktu bulan baru (*new moon*). Sedangkan tinggi minimum disebut *neap tide*, biasanya terjadi dua siklus lengkap setiap bulan yang berhubungan dengan fase bulan [21].

Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya yang tergantung pada tipe pasang surut. Pasang surut yang merupakan gerak naik dan turun muka air laut memiliki periode rata-rata 12,3 jam atau 24,8 jam [22]. Fenomena lain yang berhubungan dengan pasang surut adalah arus pasang surut, yaitu gerak badan air menuju dan meninggalkan pantai saat air pasang dan surut. Arus ini disebabkan oleh variasi muka air, arus pasang terjadi pada waktu periode pasang sedangkan arus surut terjadi saat periode air surut. Pada saat titik balik atau perubahan muka air pasang ke surut atau sebaliknya maka kecepatan arus pasang surut sama dengan nol.

Bentuk pasang surut di berbagai tempat tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu :

1. Pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan terjadi secara berurutan dan teratur.

Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.

2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.

3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*)

Dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)

Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi seringkali untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda [23]

Pengelompokkan pasang surut menurut perbandingan jumlah amplitudo komponen diurnal terhadap amplitudo komponen semidiurnal yang dinyatakan dengan persamaan :

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \quad (2)$$

Setelah didapatkan nilai bilangan Formzahl dari persamaan 2 kemudian untuk menentukan tipe pasang surut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 3. Tipe-tipe Pasang Surut

Nilai Bentuk	Jenis Pasang Surut	Fenomena
$0 < F \leq 0,25$	Harian Ganda	2x pasang sehari dengan tinggi yang relatif sama
$0,25 < F \leq 1,5$	Campuran Ganda	2x pasang sehari dengan perbedaan tinggi dan interval yang berbeda
$1,5 < F \leq 3$	Campuran Tunggal	1x atau 2x pasang sehari dengan interval yang berbeda
$F > 3$	Harian Tunggal	1x pasang sehari, saat pasang purnama dapat terjadi 2x pasang sehari

Sumber: Poerbondono, *Survei Hidrografi* (2005)

G. SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Perkembangan teknologi di era sekarang merupakan keniscayaan yang harus dihadapi. Kemajuan informasi dengan berbasis komputer sudah merambah berbagai disiplin ilmu, begitu juga di bidang ilmu bumi. Informasi mengenai kondisi bumi dalam sudut keruangan sudah banyak dilakukan, salah satunya dengan membuat sistem yang dapat melengkapi citra penginderaan jauh. Semua informasi mengenai kondisi permukaan bumi dalam sudut keruangan yang diproses dengan menggunakan komputer disebut sistem informasi geografis. Penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) tidak dapat dipisahkan, karena SIG merupakan sistem khusus yang mengolah data base yang berisi data referensi geografis dan memiliki informasi spasial/keruangan. Data masukan SIG banyak diperoleh dari citra penginderaan jauh. Jadi secara definisi SIG adalah merupakan sistem informasi yang berfungsi untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis dan menyajikan segala data yang berkaitan dengan kondisi geografis suatu wilayah.

SIG dibentuk oleh tiga komponen, yaitu : perangkat keras (*hard ware*), perangkat keras yang berupa komputer yang mendukung SIG beserta fungsinya, seperti : CPU, Monitor, plotter, printer, scanner, digitizer dan flask disk, kemudian komponen kedua adalah perangkat lunak (*software*) yang berupa program-program yang mendukung kerja SIG, seperti : input data, proses data dan output data, selanjutnya komponen yang ketiga adalah manusia sebagai pengguna (*user, brainware*) adalah pelaksana yang bertanggung jawab dalam pengumpulan, pemrosesan, analisis dan publikasi data geografis. Manusia lah sebagai *brainware* yang mengolah hasil data lapangan untuk selanjutnya diproses dan di-digitasi menjadi sebuah peta yang dapat digunakan untuk keperluan tertentu sesuai fungsinya.

Sebagai sebuah sistem, SIG untuk bisa dijalankan dan bisa berfungsi, maka SIG harus melalui tahapan kerja sebagai berikut:

1. Tahapan kerja yang pertama adalah masukan/input data dari sumber data yang bersumber dari data penginderaan jauh, seperti : citra, data foto udara dan citra satelit, sumber yang lain seperti : data teristris, yaitu data dari lapangan yang digunakan seperti : data pH tanah, sebaran

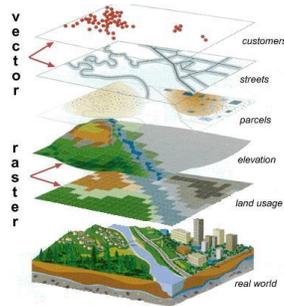
pasien covid-19 dan sebagainya, data teritris bisa disajikan dalam bentuk peta, table , grafik atau hasil perhitungan. Sumber data yang lain seperti : data peta (dalam bentuk digital), yaitu : data spasial sungai, jalan, tata guna lahan dan sebagainya

2. Tahapan kerja yang kedua adalah proses pemasukan data, yang bisa di-input dalam SIG, yaitu : Data Spasial, adalah data atau informasi yang memiliki referensi atau koordinat geografis. Data spasial dimasukkan dalam sistem SIG dengan cara digitasi dan *scanning*. Proses pemasukan data yang kedua dengan menggunakan data atribut, adalah data yang memberikan penjelasan mengenai setiap obyek, fenomena, atau informasi yang ada di permukaan bumi.
3. Tahapan kerja yang ketiga adalah pengolahan, tahap ini meliputi manipulasi, dan analisi data dengan membuat basis data baru, menghapus dan mengedit, mengisi dan menyisipkan data ke dalam tabel.
4. Tahapan kerja yang keempat adalah keluaran (*output*) adalah berupa peta rupa bumi yang bisa disajikan dalam bentuk : *hardcopy*, *softcopy* dan elektronik.

Kebutuhan Sistem Informasi Geografis untuk pengguna dapat dilakukan dengan berbagai cara dengan menganalisis data seperti :

1. Analisis Klasifikasi, adalah suatu proses mengelompokkan data keruangan (spasial), misalnya pola tata guna lahan untuk pemukiman, pertanian, perkebunan atau hutan berdasarkan analisis data.
2. Analisis *Overlay* (tumpang tindih), adalah proses untuk menganalisis dan mengintegrasikan (tumpang tindih) dua atau lebih data ke ruangan yang berbeda, misalnya analisis daerah rawan erosi dengan menggabungkan data ketinggian, jenis tanah dan kadar air. (gambar 3)
3. Analisis *Networking*, analisis ini mengacu pada jaringan yang terdiri dari garis-garis dan titik-titik yang saling terhubung, biasanya analisis ini digunakan dalam sistem jaringan telepon, kabel listrik, pipa minyak/gas, pipa air minum atau saluran pembuangan.

4. Analisis *Buffering*, analisis ini menghasilkan penyangga berbentuk lingkaran atau polygon termasuk obyek sebagai pusatnya, dengan analisis buffering bisa diketahui berapa parameter obyek dan luas wilayahnya.
5. Analisis Tiga Dimensi, analisis ini digunakan untuk memudahkan pemahaman karena data divisualisasikan dalam bentuk tiga dimensi. Penerapannya bisa digunakan untuk menganalisis daerah yang rawan terkena bencana.



Gambar 5 : Analisis *overlay*

Dalam kondisi saat sekarang baik untuk kebutuhan bisnis industri maupun pendidikan SIG bisa dimanfaatkan untuk inventarisasi Sumber Daya Alam, untuk perencanaan Pembangunan, untuk Perencanaan Tata Ruang yang digunakan oleh Pemerintah Pusat dan Daerah dalam hal melengkapi detail wilayahnya, untuk perencanaan transportasi dan terakhir SIG digunakan juga untuk pemetaan dan rencana mitigasi daerah bencana [24], yaitu menentukan wilayah yang menjadi prioritas utama dalam penanggulangan bencana, seperti : identifikasi sumber bencana, menentukan lokasi sebagai tempat evakuasi, luas area yang terkena bencana dan lain sebagainya. Penetapan lokasi penelitian dilakukan berdasarkan ketersediaan data pada stasiun pengamatan hujan dan alat pengamatan debit yang ada. Metode penelitian dilakukan dengan metode survei di lapangan dan analisis peta DAS dan jaringan sungai memakai Sistem Informasi Geografis (SIG) . Pemetaan perubahan tata guna lahan dengan teknik penginderaan jauh SIG memberikan gambaran kuantitatif transformasi lahan yang dapat membantu mengidentifikasi laju, luas dan pola dinamika penggunaan lahan [25]. Beberapa aplikasi SIG yang sudah dipublikasikan dan dimanfaatkan

untuk perencanaan maupun inventarisasi Sumber Daya Alam adalah ArcGIS, *fragstats*.

H. PEMODELAN HIDROLOGI LIMPASAN PERMUKAAN

Di penjelasan sebelumnya bahwa salah satu manfaat ilmu hidrologi adalah bisa memperkirakan besarnya banjir yang ditimbulkan oleh hujan deras sehingga dapat direncanakan bangunan pengendali banjir dan termasuk luasan limpasan banjir di daerah aliran sungai juga bisa ditentukan, karena dilengkapi dengan menggunakan sistem spasial informasi geografis. Parameter yang berpengaruh pada kondisi hidrologi di suatu daerah, selain kondisi klimatologi (angin, suhu udara, kelembaban udara, penyinaran matahari) juga kondisi lahan di sekitar DAS, seperti : jenis tanah, tata guna lahan, kemiringan lahan dsb. Banyaknya parameter mengakibatkan kondisi hidrologi sangat dinamis dan tergantung dari perubahan tata guna lahan dan perubahan tutupan lahan yang dilakukan atau akibat tindakan/perilaku manusia [16].

Siklus hidrologi yang merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Pemodelan hidrologi yang akan dijelaskan adalah fokus siklus hidrologi dari turunnya hujan yang jatuh di permukaan bumi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan-cekungan, jika penuh selanjutnya mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah [16]. Limpasan permukaan (*surface run off*) yang merupakan air hujan yang mengalir dalam bentuk permukaan tipis di atas permukaan lahan akan masuk ke parit atau saluran kemudian bergabung menjadi anak sungai dan akhirnya menjadi aliran sungai. Limpasan dinyatakan dalam volume atau debit. Satuan dari volume limpasan adalah meter kubik, sedangkan debit adalah volume per satuan waktu yang melalui suatu luasan tertentu dan dinyatakan dalam meter kubik per detik. Dalam hidrologi satuan limpasan dinyatakan dalam satuan kedalaman, yaitu membagi volume limpasan dengan luas DAS untuk memperoleh kedalaman limpasan ekuivalen yang terdistribusi pada seluruh DAS.

Beberapa variabel yang digunakan dalam analisis banjir adalah volume banjir, debit puncak, tinggi genangan, lama genangan dan kecepatan aliran. Beberapa variabel tersebut saling terkait, tinggi dan luas daerah genangan tergantung pada debit puncak dan luas tampang melintang sungai. Dengan

mengetahui data debit dan data hujan di stasiun-stasiun pengamatan hujan yang berpengaruh pada DAS yang diamati, maka dapat dicari hubungan antara hujan yang jatuh dan debit aliran yang terjadi, yang tergantung pada karakteristik DAS. Oleh karena pengukuran hujan lebih banyak dibandingkan pengukuran debit di suatu DAS, maka jumlah data hujan lebih banyak daripada data debit. Untuk itu perlu dicari bentuk persamaan debit aliran sebagai fungsi curah hujan, berdasarkan kedua jenis data yang tercatat dalam waktu yang bersamaan. Pengalihragaman dari data hujan menjadi debit aliran dapat digunakan dengan membuat pemodelan hidrologi untuk menentukan besaran limpasan debit air permukaan.

Perhitungan hidrograf satuan saat ini sudah banyak dikembangkan dengan menggunakan pemodelan variabel dari data curah hujan dengan melihat karakteristik fisik DAS sehingga didapat debit aliran wilayah DAS. Beberapa aplikasi komputer terkait pemodelan dinamik debit aliran sungai adalah :

1. *HEC-RAS Hidrologic Engineering Centre – River Analysis System*

HEC-RAS yang dikembangkan pertama kali oleh Korp Angkatan Darat Amerika Serikat digunakan untuk memprediksi genangan banjir di Sungai Severn di negara Inggris. Konsep utama dari pemodelan ini adalah menghitung penggunaan mesh, yaitu sel-sel grid dengan ukuran tertentu yang menunjukkan sifat hidrolis seperti: luas penampang, keliling basah pada setiap kedalaman aliran. HEC-RAS menggunakan metode selisih hingga dan volume hingga untuk menghitung elevasi permukaan air di tengah sel grid dengan fungsi waktu [11]. Perhitungan pemodelan ini didasarkan pada persamaan kekekalan massa atau kontinuitas sebagai berikut :

$$\frac{\delta H}{\delta t} + \frac{\delta (uh)}{\delta x} + \frac{\delta (vh)}{\delta y} + q = 0 \quad (3)$$

Dimana : H = elevasi permukaan sungai

- q = sumber pembuangan
 h = kedalaman sungai
 u, v = komponen kecepatan aliran dalam ordinat x dan y

Perkiraan gelombang difusi dari persamaan momentum mengabaikan viskositas. Persamaan momentum asli dalam bentuk vektor akan menjadi persamaan, sebagai berikut :

$$(4) \quad g \Delta H = - C_f V$$

- dimana :
- H = elevasi permukaan sungai
 - Δ = koefisien operator
 - g = percepatan gravitasi
 - C_f = koefisien kekasaran dasar sungai
 - V = vektor kecepatan

2. MIKE 21

MIKE 21 adalah alat pemodelan numerik yang digunakan untuk mensimulasikan parameter aliran sungai terutama saat banjir. Danish Hydraulic Institute, Denmark yang mengembangkan software MIKE 21 telah digunakan untuk pemodelan route banjir sungai dan pemodelan resiko banjir. MIKE 21 juga berhasil memperhitungkan aplikasi untuk fungsi aliran air seperti : presipitasi, evapotranspirasi, penggenangan dan pengeringan, tegangan geser dasar, disperse momentum. Persamaan dari modul hidrodinamik ini adalah menggabungkan persamaan keseimbangan massa dan persamaan kekekalan momentum, yang menggambarkan aliran dan variasi ketinggian air [11]. Persamaan kontinuitas ini digambarkan sebagai berikut :

$$\delta u \quad \delta v \quad \delta w$$

$$(5) \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S$$

(6)

(7)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^h \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^h \frac{\partial \rho}{\partial y} dz + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S$$

dimana : x, y dan z = koordinat Cartesian

u, v dan w = komponen kecepatan aliran

t = waktu

s = salinitas masing-masing

T = suhu atau temperature

D = koefisien difusi turbulensi vertical

S = besaran debit dari *point source*

Fu, Fv dan Fw = difusi horizontal

Dh = koefisien difusi horizontal

h = kedalaman air banjir

I. VALUASI EKONOMI LINGKUNGAN

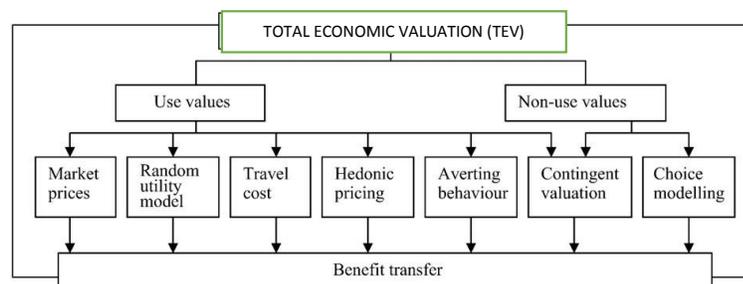
Dengan diberlakukannya [Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009](#) tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dimana pada Paragraf 8 tentang Instrument Ekonomi Lingkungan Hidup, pada pasal 42 ayat 1 dijelaskan bahwa dalam melestarikan fungsi lingkungan hidup Pemerintah dan Pemerintah Daerah wajib mengembangkan dan menerapkan instrumen ekonomi lingkungan

Comment [WU9]: Cari pada PP turunan Omnibuslaw yang terkait LH.

hidup yang meliputi : a) perencanaan pembangunan dan kegiatan ekonomi, b) pendanaan lingkungan dan c) insentif dan disinsentif. Instrumen perencanaan pembangunan dan kegiatan ekonomi menilai penyusutan sumber daya alam dan kerusakan lingkungan hidup, sedangkan instrument pendanaan lingkungan lebih kepada jaminan pemulihan lingkungan hidup seperti : penanggulangan pencemaran, bantuan untuk konservasi termasuk penerapan pajak, retribusi dan subsidi lingkungan hidup.

Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup menuntut adanya suatu valuasi/nilai ekonomi sebagai ukuran finansial (nilai moneter), baik dalam mata uang asing atau domestik (rupiah). Dengan menggunakan jenis mata uang yang sama, para pengambil keputusan dapat menjumlahkan semua jenis barang dan jasa yang merupakan manfaat atau kerugian dari sebuah ekosistem atau kerusakan lingkungan dari ekosistem tertentu. Valuasi ekonomi sumber daya alam lebih mudah dihitung dengan menggunakan harga pasar, dibandingkan valuasi ekonomi jasa lingkungan yang harus didekati dengan berbagai metode yang sesuai dengan kondisi masing-masing [26]. Aspek mendasar dari valuasi ekonomi adalah kemampuan untuk mengukur manfaat sosial yang diberikan oleh alam dan biaya degradasi saat ini atau masa depan, sehingga akan muncul sebuah pendekatan yang mampu memperhitungkan berbagai aspek yang bertujuan untuk memperkirakan nilai manfaat sebuah perencanaan.

Dalam gambar 6. Dijelaskan mengenai *Total Economic Value* (TEV) adalah hasil perhitungan dari nilai ekonomi penggunaan (*use Value*) dan nilai ekonomi bukan penggunaan (*non use Value*) [27].



Gambar 6 : Diagram Total Valuasi Ekonomi

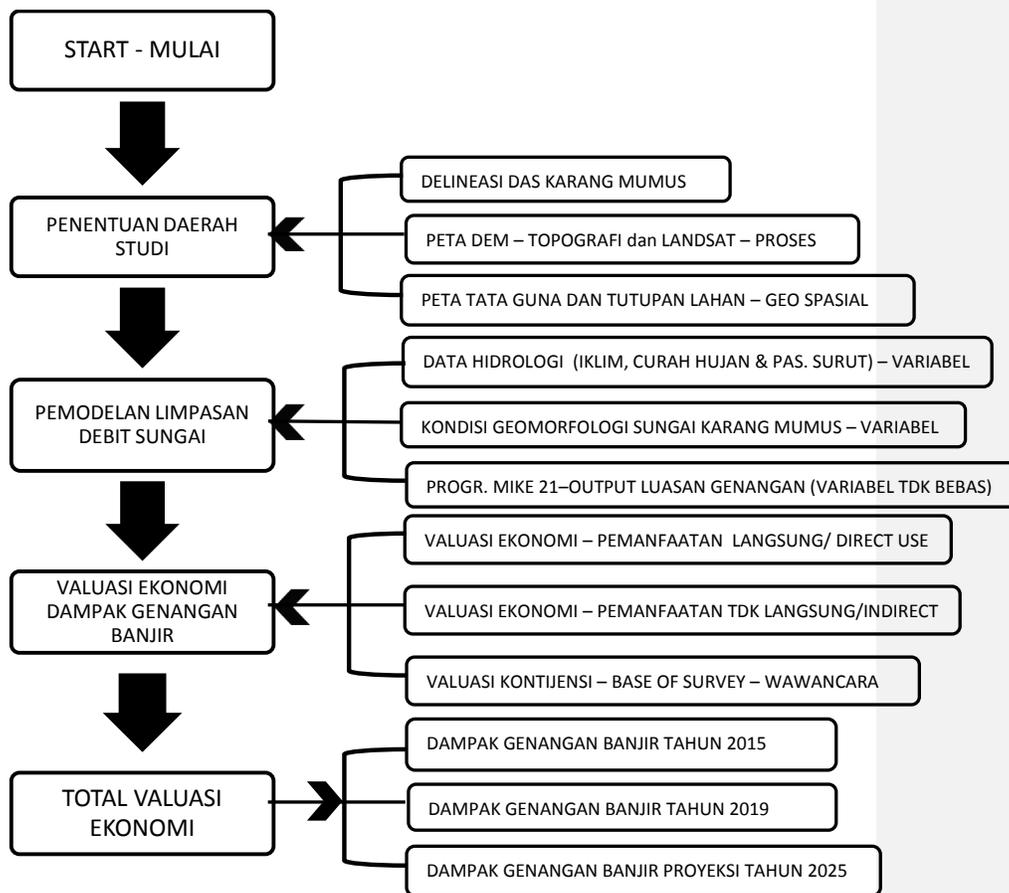
Nilai ekonomi penggunaan meliputi harga pasar yang bisa dinilai, model utilitas acak, biaya perjalanan, penentuan harga *hedonic* atau *property*, perilaku pencegahan, valuasi kontijensi dapat menilai ekonomi penggunaan-non penggunaan dan pilihan pemodelan [28]. Biaya perjalanan adalah metode valuasi ekonomi yang bisa digunakan dalam penilaian daerah tujuan wisata, dengan menggunakan teknik survei terhadap wisatawan dengan pertanyaan terkait biaya perjalanan dan atribut responden. Biaya perjalanan adalah total pengeluaran yang digunakan untuk biaya transportasi pulang pergi, biaya masuk kawasan wisata, biaya makan dan penginapan. Harga hedonis dihitung apabila terjadi hubungan komplemen antara permintaan pada komoditas yang dapat dipasarkan dan tidak dapat dipasarkan, misalnya pada permintaan penangkapan ikan (dapat dipasarkan) dan kualitas perairan yang merupakan fungsi lingkungan (tidak dapat dipasarkan). Hal ini apabila dilakukan besaran kuantitas kondisi perairan diukur dengan nilai produksi ikan per tahun adalah nilai agregat dari harga *implicit* variabel kualitas perairan, maka variabel kualitas perairan adalah bagian dari fungsi ekosistem termasuk kegiatan memancing dan rekreasi outdoor untuk menikmati lingkungan tepi sungai dapat diestimasi nilai hasil valuasi ekonominya [26]. Penggunaan transfer manfaat (*benefit transfer*) dalam aplikasi analisis harga properti hedonis bisa digunakan juga untuk menilai ekonomi perumahan terhadap kedekatan jarak spasial terhadap lokasi sungai [28].

Metode berdasarkan data survei digunakan juga dalam valuasi kontijensi. Pendekatan valuasi kontijensi apabila data pasar tidak tersedia sehingga harus menggunakan teknik survei untuk mendapatkan data yang relevan dan akurat. Teknik ini dilakukan dengan melakukan pertanyaan terhadap individu dan analisa dilakukan berdasarkan pada perkiraan harga pasar. Dalam penanganan restorasi sungai, perkiraan penilaian ekonomi dengan berdasarkan harga non pasar dengan menggunakan fungsi kesediaan membayar (*willingness to pay*) [26]. Perkiraan Metode ini menanyakan juga kesediaan setiap individu untuk membayar barang dan jasa tertentu. Pengambilan keputusan konseptual untuk aliran dasar ekologis sungai adalah dengan memperhitungkan nilai ekonomi total fungsi ekologis dan fungsi layanan ekonomi sistem sungai [29].

Beberapa hal yang dapat dianalisa dengan metode kontijensi yaitu nilai ekonomi suatu ekosistem yang mengalami perubahan kualitas namun masih asli serta fungsi-fungsi sumber daya yang sulit dinilai dengan harga pasar. Dari total valuasi ekonomi tersebut akan memberikan nilai manfaat langsung dan tidak langsung dari ekosistem lingkungan [30].

BAB III.
KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS

A. Kerangka Pemikiran



Gambar 7 : Kerangka Pemikiran Penelitian Disertasi

B. Hipotesis

Perhitungan kerugian valuasi ekonomi lingkungan yang didapat dari dampak limpasan banjir akan menjadi dasar pengambil kebijakan pemerintah Kota Samarinda dan Provinsi Kalimantan Timur dalam menangani limpasan banjir sekitar kawasan DAS SKM, sehingga program restorasi dan normalisasi sungai serta perbaikan drainase kota termasuk penertiban bantaran tepi SKM harus dilaksanakan secara cepat, efektif dan terarah.

Comment [WU10]: Biasa dlm hipotesis ada H_0 dan H_1 , yang ada H_0 .

BAB IV METODE PENELITIAN

A. Waktu dan tempat Penelitian

Secara administratif, DAS Karang Mumus berada di wilayah Kota Samarinda dan Kabupaten Kutai Kartanegara yang melingkupi daerah $0^{\circ}19'28,93$ LS - $0^{\circ}26'54,72$ " LS dan $117^{\circ}12'06,24$ " BT - $117^{\circ}15'41,27$ " BT. Deliniasi kawasan DAS Karang Mumus meliputi a) bagian hulu DAS Karang Mumus, termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara, yaitu mulai di waduk Benanga, Lempake; b) bagian tengah DAS Karang Mumus termasuk ke dalam wilayah Kota Samarinda (Kecamatan Samarinda Utara); c) bagian hilir DAS Karang Mumus termasuk ke dalam wilayah Kota Samarinda (sebagian kecil Kecamatan Samarinda Ulu dan sebagian kecil Kecamatan Samarinda Ilir), berbatasan dengan muara Sungai Mahakam di jembatan 1.

Waktu penelitian direncanakan 1 tahun, dimulai pada bulan Juni 2021 dengan tahapan penelitian:

- (i) Kegiatan survei pendahuluan
- (ii) Survei
- (iii) Pengumpulan data primer dan data sekunder dari beberapa instansi terkait
- (iv) Studi pustaka
- (v) Pengolahan dan analisis data
- (vi) Penyusunan laporan penelitian disertai

B. Bahan dan Alat

Bahan yang akan digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data Primer didapat dari hasil survei lapangan di DAS Karang Mumus, foto dokumentasi dan wawancara langsung ke masyarakat, sedangkan data sekunder didapat dari :

1. **Data iklim dan curah hujan** dari BMKG untuk perhitungan pemodelan hidrologi sejak tahun 2015-2019
2. Peta DEM (*Digital Elevation Model*) situasi yang terdiri dari :

Comment [WU11]: Data iklim digunakan rentang panjang 10-20 th.

- a. **Peta Topografi/Rupa Bumi dari Bakosurtanal skala 1:25.000**
 - b. **Foto udara / Citra Landsat TM**
 - c. Peta Tata Guna dan Tutupan Lahan Geo Spasial yang digunakan tahun 2010 -2019
3. Data Kondisi geomorfologi Sungai Karang Mumus (SKM) seperti : kemiringan lereng, kerapatan saluran, bentuk cekungan, lebar, kedalaman dan panjang sungai untuk menentukan luas penampang sungai

Alat yang akan digunakan adalah seperangkat komputer dengan *software* aplikasi yang digunakan adalah *MIKE 21* yaitu program untuk menghitung pemodelan transformasi curah hujan dan debit air pada suatu sistem daerah aliran sungai berdasarkan data yang diambil dari Badan Meterologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) kota Samarinda. Sedangkan aplikasi program Sistem Informasi Geografi (GIS) dengan ArcGIS 10.3 yang digunakan untuk menetapkan suatu kawasan rawan banjir dengan luas genangan berdasarkan peta luas genangan banjir secara geospasial.

C. Rancangan Percobaan dan Analisa Data

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan yang dilakukan dengan metode survei dengan observasi dan studi pustaka, masing-masing untuk mendapatkan data primer dan data sekunder dari instansi yang terkait.

Bahan uji yang akan diambil di sepanjang DAS Karang Mumus dibagi menjadi :

1. Bagian hulu meliputi : sekitar waduk Benanga dan desa Lempake merupakan pemukiman sedang dan sebagian ladang pertanian
2. **Bagian tengah mulai dari Mugirejo sampai dengan Sempaja**, merupakan pemukiman dan pasar tradisional
3. **Bagian hilir mulai dari Jalan Gelatik sampai dengan Jembatan Sungai Dama**, merupakan pemukiman padat, industri hotel, mal dan pemukiman bantaran sungai.

Setelah dilakukan pembatasan dan penentuan DAS Karang Mumus, dari data yang diperoleh akan dilakukan analisis data dengan menggunakan *software Arc GIS*, pemodelan *MIKE 21* untuk menentukan luasan limpasan banjir.

Comment [WU12]:

- Garis kontur beda tinggi 12,5m dpt diturunkan menjadi 6,25m.
- Beda tinggi 6,25m masih kasar jika untuk menduga sebaran banjir.
- Coba gunakan beda tinggi yg lbh kecil $\pm 1m$ atau kurang, shg sebaran area banjir lbh akurat. Ini penting terkait akurasi valuasi ekonomi yg dihasilkan.

Comment [WU13]: Data apa yg diturunkan dari Citra ini ?

Comment [WU14]: Dasar penetapan bagian tengah dan hilir hendaknya 'kerentanan banjir' yaitu luas, dalam dan lama banjir.

Selanjutnya perhitungan valuasi ekonomi dampak banjir dengan menggunakan *direct use values* dan *contingent value method*.

D. Prosedur Penelitian

1. Pengumpulan Data

a. Data luasan luapan banjir

Data primer yang akan dikumpulkan adalah dengan observasi lapangan, yaitu data tentang :

Kondisi morfologi DAS Karang Mumus yang akan dibagi menjadi beberapa segmen sepanjang sungai untuk membedakan kondisi resapan air hujan berdasarkan:

- i. Kondisi kemiringan dasar sungai
- ii. Kemiringan lereng
- iii. Daerah tutupan lahan, terkait dengan pemukiman bantaran sungai
- iv. Tata guna lahan terutama di bagian hulu sebagian ladang, pertanian kering dan semak belukar

Data sekunder yang akan dikumpulkan adalah data iklim dan curah hujan dari BMKG kota Samarinda , peta topografi yang didapat dari Bidang Tata Ruang Dinas PUPR. Kota Samarinda, Balai Wilayah Sungai Kalimantan III, Bidang Sumber Daya Air Dinas PUPR Provinsi Kalimantan Timur dan BPDAS Mahakam Berau di Samarinda, juga data pasang surut sungai mahakam yang mendorong lambatnya arus dan berkurangnya daya tampung SKM.

b. Data valuasi ekonomi lingkungan

Data valuasi ekonomi lingkungan yang dialami pada tahun 2015 dan 2019 akan diperoleh melalui wawancara dengan warga sekitar DAS Karang Mumus yang terkena banjir tentang :

- i. Dampak ekonomi langsung (infrastruktur jalan, listrik, saluran air yang rusak tidak berfungsi, properti rumah seperti alat rumah

tangga, bangunan yang rusak, kendaraan mobil/motor yang terendam)

ii. **Dampak ekonomi tidak langsung terkait dengan dampak lingkungan yang terjadi, seperti :**

- manfaat air sungai bagi masyarakat (rekreasi, memancing, kebutuhan air rumah tangga, transportasi sungai dsb.)
- kerugian akibat tidak bisa bekerja, banyak industri rumahan yang berdampak
- tidak bisa sekolah atau pun aktivitas warga dan usaha yang terhambat

Dari perhitungan valuasi ekonomi didapatkan kerugian dari total valuasi ekonomi dampak akibat banjir.

Comment [WU15]: Parameter lain tdk langsung resiko bencana thd jiwa dan kesehatan

E. Metode Analisis

1. Dinamika luasan luapan banjir

Untuk mengetahui penggambaran batas DAS Karang Mumus diperlukan **peta rupa bumi topografi** dan peta tata guna lahan yang didapat akan dilakukan klasifikasi tutupan lahan dan dilakukan tumpang tindih (*overlay*) untuk mengetahui perubahan tata guna dan tutupan lahan dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2019. Penetapan lokasi penelitian dilakukan berdasarkan ketersediaan data pada stasiun pengamatan hujan dan alat pengamatan debit yang ada. Metode penelitian dilakukan dengan metode survei di lapangan dan analisis peta DAS dan jaringan sungai memakai Sistem Informasi Geografis (SIG).

Luas Genangan banjir digunakan untuk memprediksi kawasan rawan banjir dan kedalaman banjir di daerah tertentu sehingga bisa diklasifikasikan kedalaman genangan dan lokasi genangan menggunakan aplikasi geospasial ArcGIS 10.3, sehingga didapat analisis data untuk mendapatkan perkembangan data geospasial luapan

Comment [WU16]: Faktor yg paling berpengaruh, maka diperlukan beda ketinggian yang lebih rapat seperti $\pm 1,0m$ atau lebih kecil.

banjir tahun 2015 dan 2019 dan hubungannya dengan kondisi tata guna lahan saat ini. Variabel bebas adalah curah hujan, pasang surut, dan tata guna lahan saat itu. Variabel terikat luasan luapan banjir.

2. Pemodelan Hidrodinamika

Data dinamika luasan luapan banjir akan digunakan untuk simulasi pemodelan hidrologi (data iklim dan curah hujan) dan morfologi sungai akan didapat pengalihragaman menjadi debit limpasan sungai sehingga luasan limpasan dan kedalaman banjir dapat diketahui dengan geospasial dari kawasan genangan banjir di DAS Karang Mumus dengan aplikasi *ArcGIS 10.3*.

Pemodelan akan dilakukan menggunakan beberapa acuan pemodelan yang sering digunakan untuk mitigasi luapan banjir, yaitu MIKE 21 *hydrodynamic*, yaitu merupakan modul aplikasi *software* yang dapat menghitung kecepatan arus serta arah arus dan perubahan elevasi dasar sungai karena pengaruh pasang surut dan debit sungai. Persamaan dari modul hidrodinamik ini adalah menggabungkan persamaan keseimbangan massa dan persamaan kekekalan momentum, yang menggambarkan aliran dan variasi ketinggian air [31]

3. Valuasi ekonomi lingkungan akibat luapan banjir tahun 2015, 2019 dan proyeksi perkiraan 2025

Perhitungan valuasi ekonomi akan dilakukan berdasarkan proyeksi dari dua pengamatan hidrologi dengan transformasi besaran debit air, yaitu tahun 2015 dan 2019 akan didapatkan proyeksi luasan genangan air banjir di tahun 2025.

Beberapa metode penilaian ekonomi lingkungan dampak banjir menggunakan pendekatan [27] [32], sebagai berikut :

a) Teknik berdasarkan pasar

Comment [WU17]: Akurasinya sangat dipengaruhi input data seperti peta kontur.

Comment [WU18]: Sangat dipengaruhi input data seperti garis tinggi kontur. Diperlukan yang lebih rapat atau detail.

Metode perhitungan kerugian banjir yang terjadi berdasarkan harga pasar sebenarnya yang dapat mewakili harga barang dan jasa lingkungan yang dihasilkan oleh kawasan konservasi, Pengaruh yang menjadi ukuran untuk perubahan jasa lingkungan bergantung kepada :

- i. Pengaruh terhadap produksi
Kerusakan kawasan konservasi akan berdampak pada menurunnya jumlah dan proses produksi. Nilai ekonomi dari kawasan ini sama dengan harga dari jumlah produksi yang hilang dan yang berlaku di pasar sehingga dampak ekonomi kerusakan dapat dihitung.
- ii. Pengaruh terhadap kesehatan
Kawasan konservasi memiliki peran yang besar dalam penyediaan udara dan air bersih yang dapat digunakan oleh semua makhluk hidup terutama manusia. Apabila terjadi gangguan lingkungan, seperti : banjir, kebakaran dan bencana alam, maka produktifitas dari manusia dan masyarakat sekitar akan menurun.

b) Teknik berdasarkan biaya

Metode yang digunakan untuk menghitung kerugian karena pemanfaatan konservasi yang hilang dan membayar biaya yang dikeluarkan untuk menjaga dan melestarikan barang dan jasa yang diberikan oleh ekosistem kepada masyarakat, ada beberapa yang termasuk teknik berdasarkan biaya, yaitu :

- i. Biaya oportunitas (*opportunity cost*)
Biaya penggantian dari nilai manfaat kerugian ekonomi dari suatu kawasan lingkungan yang dapat diketahui dari Nilai Bersih sekarang atau *Net Present Value* (NPV) dari alternative lahan yang digunakan.
- ii. Biaya Preventif (*Preventive cost*)

Adanya hutan atau tutupan lahan yang mencegah terjadinya erosi dan banjir akibat hujan lebat. Nilai ekonomi akibat kerusakan hutan sehingga terjadi bencana banjir sehingga Pemerintah dan masyarakat harus mengeluarkan dana untuk mengatasi kerugian tersebut.

iii. Biaya Penggantian (*Replacement cost*)

Akibat eksploitasi penggundulan hutan yang mengakibatkan banjir di daerah sekitarnya merupakan kerugian dari kualitas lahan yang menjadi rusak. Untuk melakukan penanaman kembali hutan tersebut diperlukan pengolahan tanah yang kualitas tanahnya belum bisa untuk ditanam kembali. Diperlukan pupuk dan usaha untuk mengolah lahan sehingga lebih mudah untuk menanam pohon atau vegetasi hutan kembali. Biaya untuk pembelian pupuk merupakan cerminan penggantian (*replacement*) sebagai nilai ekonomi dari kawasan lingkungan tersebut.

c) Metode Biaya Perjalanan (*Travel cost method*)

Teknik ini digunakan untuk menentukan nilai ekonomi dari suatu kawasan wisata sungai atau ekosistem sehingga warga masyarakat yang berkunjung bersedia membayar (*willing to pay*) dari kegiatan seperti :

- i. Perjalanan ke lokasi tujuan wisata sebesar biaya yang dikeluarkan sehingga mendapatkan manfaat berwisata
- ii. Nilai manfaat sunai atau ekosistem, seperti : kayu bakar dan sebagai daerah sumber air sehingga biaya perjalanan untuk mendapatkan manfaat dari hutan bisa dinilai ekonominya

iii. Informasi yang didapat dari perjalanan wisata akan mengeluarkan sejumlah uang dan waktu yang digunakan untuk membayar fasilitas wisata, seperti : memancing, naik perahu, kuliner tepi sungai

d) Metode Valuasi Kontijensi (*Contingent valuation Method*)

Apabila tidak terdapat harga pasar yang relevan untuk menentukan nilai barang dan jasa lingkungan, maka dilakukan dengan metode bertanya langsung kepada responden mengenai kemauan untuk membayar (*willingness to pay*) [26] dan kemauan untuk menerima kompensasi (*willingness to accept*) terhadap barang dan jasa lingkungan yang didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fikri Hadi and Ristawati Rosa, "Pemindahan ibu kota Indonesia dan kekuasaan presiden dalam perspektif konstitusi The relocation of Indonesia ' s capital city and the presidential powers in constitutional perspective," *J. Konstitusi*, vol. 17, no. September, pp. 530–537, 2020.
- [2] A. Ghozali, R. Benny, and B. Ulfa, "A comparative study of climate change mitigation and adaptation on flood management between Ayutthaya city (Thailand) and Samarinda city (Indonesia)," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 227, no. November 2015, pp. 424–429, 2016, doi: 10.1016/j.sbspro.2016.06.096.
- [3] B. K. Samarinda, "Kota Samarinda dalam angka, Samarinda municipality figures 2021," *ISSN 0215-2398*, vol. 64720, no. februari 2021, p. 408, 2021.
- [4] R. Watiningsih, "Daerah aliran sungai Mahakam," *Online <https://staff.blog.ui.ac.id/tarsoen> ...*, no. 2009, p. 11, 2009, [Online]. Available: https://staff.blog.ui.ac.id/tarsoen.waryono/files/2009/12/punya_rya.pdf.
- [5] Mislan, Sudaryanto, S. O. Ayub, and D. S. Hadiati, "Penyusunan aksi restorasi sub das Karang Mumus dalam perspektif ketahanan air," *Pros. Semin. Nas. Geogr. UMS IX 2018 , Solo 30 Juni 2018*, vol. IX, no. 2018, pp. 1–12, 2018.
- [6] Y. S. Sundari, "Lereng di Kota Samarinda (study of inundation area in the flood prone areas on Karang Mumus sub watershed reviewed from slope map in Samarinda)," vol. 2, pp. 60–70, 2020.
- [7] L. Tierolf, H. de Moel, and J. van Vliet, "Modeling urban development and its exposure to river flood risk in Southeast Asia," *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 87, no. March, p. 101620, 2021, doi: 10.1016/j.compenurbsys.2021.101620.
- [8] A. Bintoro, "Sungai Karang Mumus, dulu dan sekarang: mengembalikan sumber kehidupan Samarinda," *Kaltim.tribunews*, vol. 21, no. 24 Februari 2020, pp. 1–9, 2020.
- [9] B. Hasibuan, "Valuasi ekonomi lingkungan nilai guna langsung dan tidak

- langsung komoditas ekonomi,” *Signifikan J. Ilmu Ekon.*, vol. 3, no. 2, pp. 113–126, 2014, doi: 10.15408/sigf.v3i2.2055.
- [10] F. Yulianto and M. A. Marfai, “Model simulasi luapan banjir sungai Ciliwung di wilayah Kampung Melayu – Bukit Duri Jakarta , Indonesia,” *Penginderaan Jauh*, vol. 6, no. 2008/11/10, pp. 43–53, 2009.
- [11] A. Shrestha *et al.*, “Understanding suitability of MIKE 21 and HEC-RAS for 2D floodplain modeling,” *World Environ. Water Resour. Congr. 2020 Hydraul. Waterw. Water Distrib. Syst. Anal. - Sel. Pap. from Proc. World Environ. Water Resour. Congr. 2020*, no. May, pp. 237–253, 2020, doi: 10.1061/9780784482971.024.
- [12] X. Yang and B. Rystedt, “Predicting Flood Inundation and Risk Using GIS and Hydrodynamic Model : A Case Study at Eskilstuna , Sweden,” *Indian Cartogr.*, pp. 183–191, 2002.
- [13] P. Sumber and D. Air, “Daerah aliran sungai,” pp. 1–14, 2016.
- [14] A. S. Das, “Melindungi dan memulihkan Daerah Aliran Sungai (DAS),” *Sumber Daya Air, Kementrian Pekerj. umum*, pp. 54–73, 2017.
- [15] T. R. Saridewi, S. Hadi, A. Fauzi, and I. W. Rusastra, “PENGELOLAAN USAHATANI Land use planning of Ciliwung watershed area using an institutional approach through farm management improvement perspective,” *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 32, No 2 b, pp. 87–102, 2014.
- [16] W. U. Utami, E. Dwi Wahjunie, and S. Darma Tarigan, “Karakteristik Hidrologi dan Pengelolaannya dengan Model Hidrologi Soil and Water Assessment Tool Sub DAS Cisadane Hulu,” *J. Ilmu Pertan. Indones.*, vol. 25, no. 3, pp. 342–348, 2020, doi: 10.18343/ipi.25.3.342.
- [17] I. M. Andang and T. Y. Anagi, “Tide and tidal current in the Mahakam estuary , East Kalimantan , Indonesia,” vol. 32, no. 1, pp. 1–8, 2008.
- [18] X. J. Liu, A. J. Kettner, J. Cheng, and S. B. Dai, “Sediment characteristics of the Yangtze River during major flooding,” *J. Hydrol.*, vol. 590, p. 125417, 2020, doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.125417.

- [19] T. Grodek *et al.*, "Eco-hydrology and geomorphology of the largest floods along the hyperarid Kuiseb River, Namibia," *J. Hydrol.*, vol. 582, p. 124450, 2020, doi: 10.1016/j.jhydrol.2019.124450.
- [20] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2008.
- [21] E. S. Hutabarat S, *Pengantar oseanografi*. Jakarta: UI Press, 1985.
- [22] D. E. Poerbandono N, *Survei Hidrografi*. Bandung: PT Refika Aditama, 2005.
- [23] B. Triatmodjo, *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 2000.
- [24] and R. H. H. Dr . Shane Parson , PE , CFM , Dr . Randel Dymond , PE, "GIS techniques for flood map modernization and hazard mitigation plans," 2011.
- [25] M. Tadese, L. Kumar, R. Koech, and B. K. Kogo, "Mapping of land-use/land-cover changes and its dynamics in Awash River Basin using remote sensing and GIS," *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.*, p. 100352, 2020, doi: 10.1016/j.rsase.2020.100352.
- [26] J. C. Bergstrom and J. B. Loomis, "Economic valuation of river restoration: An analysis of the valuation literature and its uses in decision-making," *Water Resour. Econ.*, vol. 17, pp. 9–19, 2017, doi: 10.1016/j.wre.2016.12.001.
- [27] R. Parmawati, *Valuasi ekonomi sumber daya alam dan lingkungan menuju ekonomi hijau*. Malang: UB Press, 2018.
- [28] L. Y. Lewis and C. E. Landry, "River restoration and hedonic property value analyses: Guidance for effective benefit transfer," *Water Resour. Econ.*, vol. 17, no. December 2016, pp. 20–31, 2017, doi: 10.1016/j.wre.2017.02.001.
- [29] B. Cheng, H. Li, S. Yue, and K. Huang, "A conceptual decision-making for the ecological base flow of rivers considering the economic value of ecosystem services of rivers in water shortage area of Northwest China," *J. Hydrol.*, vol. 578, no. July, p. 124126, 2019, doi: 10.1016/j.jhydrol.2019.124126.
- [30] P. Nijkamp, G. Vindigni, and P. A. L. D. Nunes, "Economic valuation of biodiversity : A comparative study," vol. 7, pp. 217–231, 2008, doi: 10.1016/j.ecolecon.2008.03.003.

- [31] N. P. Anju B, Drissia TK, "Flood modelling of Pamba River using MIKE flood," *ICSEE - Int. Conf. Syst. energy Environ.*, vol. 148, pp. 148–162, 2021.
- [32] J. Wagemaker, J. Leenders, and J. a N. Huizinga, "Economic valuation of flood damage for decision makers in the Netherlands and the lower Mekong river basin," 2007.

SEBAGAI PENGUJI

MAHASISWA S3 PRODI ILMU LINGKUNGAN

UNIVERSITAS MULAWARAMN

NAMA: ANDY LUTFI

NIM: 1912019004



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Rektorat Kampus Gunung Kelua Jalan Kuaro, Samarinda 75119, Kotak Pos 1068
Telepon (0541) 741118 Facsimile (0541) 747479-732870
Laman : <http://www.unmul.ac.id> Surel : rektorat@unmul.ac.id

KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS MULAWARMAN

NOMOR 894 /SK/2020

TENTANG

PENGANGKATAN PROMOTOR, Co-PROMOTOR DAN PENGUJI DISERTASI PADA MAHASISWA PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN PASCASARJANA UNIVERSITAS MULAWARMAN TAHUN 2020

REKTOR UNIVERSITAS MULAWARMAN,

Menimbang : a. bahwa sesuai Surat Keputusan Direktur Pascasarjana Universitas Mulawarman Nomor 64/UN17.35/SK/2020, tanggal 27 April 2020 telah ditetapkan Promotor, Co-Promotor Dan Penguji Disertasi Pada Mahasiswa Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Mulawarman Tahun 2020;
b. bahwa menindaklanjuti surat dari Direktur Pascasarjana Universitas Mulawarman Nomor 68/UN17.35/TU/2020, tertanggal 29 April 2020 perihal permohonan penerbitan Surat Keputusan Rektor;
c. bahwa untuk menguatkan keputusan butir a dan b di atas perlu diatur dengan Surat Keputusan Rektor Universitas Mulawarman.

Mengingat : 1. Undang-Undang RI Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional ;
2. Undang-Undang RI Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen;
3. Undang-Undang RI Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
4. Peraturan Pemerintah RI Nomor 37 Tahun 2009 tentang Dosen;
5. Peraturan Pemerintah RI Nomor 4 tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
6. Keputusan Presiden RI Nomor 65 Tahun 1963 tentang Pendirian Universitas Mulawarman;
7. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2019 tentang Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan;
8. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 9 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Mulawarman, sebagaimana diubah dengan Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 26 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 9 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Mulawarman;
9. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 57 Tahun 2018 tentang Statuta Universitas Mulawarman Tahun 2018;

10. Keputusan Menteri Keuangan RI Nomor 51/KMK.05/2009 tentang Penetapan Universitas Mulawarman Samarinda pada Depdiknas, Sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
11. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 661/MP/KPT.P/2018 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Mulawarman Periode Tahun 2018-2022;
12. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 267KPT/I/2019 tentang Izin Pembukaan Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Mulawarman;
13. Peraturan Rektor Universitas Mulawarman Nomor 06 Tahun 2018 tentang Penyelenggaraan Pendidikan dan Pengajaran, Penelitian, dan Pengabdian Kepada Masyarakat;
14. Peraturan Rektor Universitas Mulawarman Nomor 06 Tahun 2018 tentang Penyelenggaraan Pendidikan dan Pengajaran, Penelitian, dan Pengabdian Kepada Masyarakat;
15. Keputusan Rektor Unmul Nomor 150/KP/2019 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Direktur , Wakil Direktur Bidang Akademik dan Kemahasiswaan, dan Wakil Direktur Bidang Umum dan Keuangan Pascasarjana Universitas Mulawarman Periode Tahun 2019 – 2022;
16. Surat Keputusan Rektor Universitas Mulawarman Nomor : 344/SK/2019 tentang Koordinator Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Mulawarman Tahun 2019-2020.

MEMUTUSKAN :

- Menetapkan : KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS MULAWARMAN TENTANG PENGANGKATAN PROMOTOR, Co-PROMOTOR DAN PENGUJI DISERTASI PADA MAHASISWA PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN PASCASARJANA UNIVERSITAS MULAWARMAN TAHUN 2020.
- KESATU : Tim Promotor, Co-Promotor Dan Penguji Disertasi Pada Mahasiswa Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Mulawarman Tahun 2020, sebagaimana terdapat dalam lampiran yang tidak dapat terpisahkan dari keputusan ini.
- KEDUA : Pembiayaan yang disebabkan dengan diterbitkannya keputusan ini dibebankan pada anggaran Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Mulawarman..
- KETIGA : Keputusan ini mulai berlaku terhitung sejak tanggal 27 April 2020.
- KEEMPAT : Apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam keputusan ini, akan diperbaiki sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Samarinda
Pada tanggal 11 Juni 2020



Rektor,
Prof. Dr. H. Masjaya, M.Si
NP196212311991031024

LAMPIRAN
 KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS MULAWARMAN
 NOMOR 894 /SK/2020
 TANGGAL 11 JUNI 2020
 TENTANG

PENGANGKATAN PROMOTOR, Co-PROMOTOR DAN PENGUJI DISERTASI PADA
 MAHASISWA PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN PASCASARJANA
 UNIVERSITAS MULAWARMAN TAHUN 2020

No	Nama	NIM	Judul	Promotor	Co-Promotor	Penguji
1	Masitah	1912019001	Evaluasi Kandungan nutrisi (Senyawa Metabolit Sekunder) Dalam Jamur Yang Dikultivasi Menggunakan Tandan Kosong Sawit	Prof.Dr.oec.troph.Ir.Krisna P.Candra, M.S.	Prof. Dr.H. Muh. Amir Masruhim,M.Kes. Dr. Pintaka Kusumaningtyas,S.Pd.,M.Si	Prof. Dr.Ir.H. Abu Bakar M. Lahjie,M.Agr Prof. Dr. Daniel Tarigan,M.Si Dr. Sudrajat,SU
2	Sahirsan	1912019002	Analisis Daya Serap dan Nilai Ekonomi Karbon pada Beberapa Model Pengelolaan Lahan Hutan Jati Sebagai Upaya Mitigasi Iklim di Kabupaten Buton Selatan	Prof. Dr.Ir.H. Abu Bakar M. Lahjie,M.Agr	Prof. Dr.Ir. Marlon Ivanhoe Aipassa,M.Agr Prof. Dr. Yosef Ruslim, M.Sc	Prof. Dr. Harihanto,MS Dr. Ir. Henny Pagoray,M.Si Dr. Ir.Ibrahim,MP
3	Suwignyo	1912019003	Strategi Pengendalian Faktor-faktor yang Berkorelasi Dengan Kejadian Infeksi Saluran Pernapasan (ISPA) di Kecamatan Samboja dan Kecamatan Sepaku Provinsi Kalimantan Timur	Prof. Dr.H. Muh. Amir Masruhim,M.Kes.	Dr. Iwan Muhamad Ramdan,S.Kp.,M.Kes Dr. Sudrajat,SU	Prof. Dr.Ir.H. Abu Bakar M. Lahjie,M.Agr Pro. Dr. H. Abdul Rachim AF, SE.,M.Si Dr. Krispinus Duma,SKM.,M.Kes
4	Andi Luthfi	1912019004	Alternatif Pemanfaatan Lahan Pasca Tambang Untuk Mewujudkan Tata Kota Samarinda Sebagai Kota Metro dan Penyangga Calon Ibukota Negara	Prof. Dr.Ir. Marlon Ivanhoe Aipassa,M.Agr	Prof. Dr.Ir.H. Wawan Kustiawan,M.Agr.Sc Dr. Ir.Ibrahim,MP	Prof. Dr. Harihanto,MS Dr. Ali Suhardiman, S.Hut.,MP Dr. Surya Darma,M.Si
5	Fitrial Noor	1912019005	Analisa Permodelan Kualitas Air Sungai Segah Di Kabupaten Berau	Prof. Dr.Ir.H.Iwan Suyatna,M.Sc.,DEA	Dr. Eng.Idris Mandang,M.Si Dr. Ir.Ibrahim,MP	Dr.sc. Mustaid Yusuf,M.Si Haviluddin,P.hD Dr. Ir. Henny Pagoray,M.Si

6	Sayudin	1912019006	Pemodelan Mitigasi Banjir Di Kota Samarinda	Prof. Dr.Ir.H. Wawan Kustiawan,M.Agr.Sc	Dr. Mislan,M.Si Dr. Eng.Idris Mandang,M.Si	Prof. Dr.Ir.H.Iwan Suyatna,M.Sc.,DEA Dr. Sudrajat,SU Dr. Ir. Henny Pagoray,M.Si
7	Fernando Kali Mau	1912019007	Aplikasi Pemodelan Kualitas Air Menggunakan Program WASP Untuk Menentukan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Karang Mumus	Prof. Dr.Ir. Marlon Ivanhoe Aipassa,M.Agr	Dr. Eng.Idris Mandang,M.Si Dr. Ir. Henny Pagoray,M.Si	Prof. Dr. Lambang Subagiyo,M.Si Dr. Sudrajat,SU Dr. Mislan,M.Si
8	Eric Mangiri	1912019008	Pengaruh Formulasi Pati Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i>) terhadap Sifat Mekanik, Hidrofobisitas dan Gugus Fungsi pada Pembuatan Bioplastik	Prof. Dr. A.Sentosa Panggabean,S.Si.,M.Si	Prof. Dr. Daniel Tarigan,M.Si Prof. Dr. Lambang Subagiyo,M.Si	Prof.Dr.oec.troph.Ir.Krisna P.Candra,M.S. Dr. Sudrajat,SU Dr. RR. Dirgarini Julia Nurlianti S.,Si.,M.Sc
9	Syamsiah	1912019009	Strategi Manajemen Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Dengan Konsep Terpadu Di Kabupaten Penajam Paser Utara	Prof. Dr. Lambang Subagiyo,M.Si	Prof. Dr.Ir.H. Wawan Kustiawan,M.Agr.Sc Dr. Ir. Henny Pagoray,M.Si	Prof. Dr. Mustofa Agung Sarjono,MP Prof.Dr.oec.troph.Ir.Krisna P.Candra,M.S. Dr. Sudrajat,SU



Ditetapkan di Samarinda

Rektor,

Prof. Dr. H. Masjaya, M.Si
NIP196212311991031024



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS MULAWARMAN

FORM E

PASCASARJANA
PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
Jl.Sambaliung, Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119

**PERSETUJUAN SEMINAR PROPOSAL / ~~LAPORAN KEMAJUAN*)~~ ~~RISET DISERTASI~~
DAN JADWAL SEMINAR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Ir. Surya Darma, M.Si

NIP : 196005031988031005

Status : Penguji

Menyatakan persetujuan permohonan Seminar Proposal / Laporan Kemajuan*) Riset
Disertasi mahasiswa,

Nama : Andi Luthfi

NIM 1912019004

Judul Proposal / Laporan Kemajuan Riset Disertasi:

.Alternatif Pemanfaatan Lahan Pasctambang pada Kegiatan Pertambangan di Kota

.Samarinda Provinsi Kalimantan Timur

Waktu yang disediakan untuk Seminar adalah**)

Waktu (Wita)	Senin	Tgl.	Selasa	Tgl.	Rabu	Tgl.	Kamis	Tgl.	Jumat	Tgl.	Sabtu	Tgl.
08.00 – 10.00												
10.00 – 12.00												
13.00 – 15.00												
14.00 – 16.00											√	6-10-020
15.00 – 17.00												

Samarinda, 27 Oktober 2020

Penguji,

Dr. Ir. Surya Darma, M.Si

NIP.196005031988031005

*) Coret yang tidak perlu

***) Beri tanda centang untuk waktu yang tersedia

**ALTERNATIF PEMANFAATAN LAHAN PASCATAMBANG
PADA KEGIATAN PERTAMBANGAN DI KOTA SAMARINDA
PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

Comment [WU1]:

Diperjelas pertambangan apa ?



Disusun oleh :
Andi Luthfi
NIM 1912019004

**PROGRAM DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS MULAWARMAN
SAMARINDA 2020**

KATA PENGANTAR

Segala puji dan puja bagi Allah SWT, yang atas Rahmat dan Taufiqnya, Kodrat dan Iradahnya sehingga penyusunan Proposal Penelitian dengan Judul “Alternatif Pemanfaatan Lahan Pascatambang dalam Mendukung Tata Kota samarinda sebagai Kota Metro dan Penyangga Ibu Kota Negara” pada Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Mulawarman Samarinda dapat di selesaikan.

Untuk itu, Kami menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan pengajarannya, semoga semuanya dapat bernilai amal jariyah. Aamiin.

Penyusun,

Andi Luthfi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Kegiatan Pertambangan.....	7
1. Eksplorasi.....	12
2. Studi Kelayakan.....	13
3. Konstruksi Penambangan.....	14
4. Penambangan	14
B. Reklamasi dan Pascatambang.....	17
1. Pengertian Reklamasi.....	17
2. Standar dan Teknik Reklamasi	22
3. Perencanaan Reklamasi.....	23
4. Pengendalian Erosi dan Sedimentasi	24
5. Faktor yang dapat Mempengaruhi Reklamasi.....	25
6. Revegetasi.....	25
7. Pascatambang.....	27
8. Reklamasi dan Pascatambang Peruntukan Lain.....	28
9. Rencana Tata Ruang Wilayah	33
10. Kerangka Pikir	34
BAB III METODE PENELITIAN.....	35
A. Strategi Dan Rancangan Penelitian.....	35
B. Rancangan Pengambilan Sampel.....	36
1. Daftar nama Perusahaan yang menjadi obyek Penelitian	36
2. Rancangan Pengambilan Sampel.....	37
C. Proses Pengumpulan Data	37
1. Metode dan Teknik Pengumpulan data.....	37

2. Pengembangan Instrumen Penelitian yang di gunakan dan Penerapannya dalam proses penelitian	41
D. Teknik Analisis Data.....	499
DAFTAR PUSTAKA.....	522

DAFTAR TABEL

Table 1. Daftar Izin Usaha Pertambangan dan Perjanjian Kerjasama.....	36
Table 2. Krireria lereng untuk Pemukiman	466
Table 3. Kriteria jenis tanah untuk Pemukiman.....	466
Table 4. Kriteria Gerakan Tanah untuk Pemukiman	477
Table 5. Kriteria Jarak lokasi rencana pemukiman dengan jalan utama.	477

DAFTAR GAMBAR

Figure 1. Foto pascatambang PT. BHP Kendilo di Petanggis	29
Figure 2. Foto Kolam bekatambang PT. Mahakam Sumber Jaya	30
Figure 3. Foto Kegiatan Pascatambang	31
Figure 4. Foto Kantor Gubernur Bangka Belitung yang dibangun	32
Figure 5. Menara Petronas di Kualalumpur yang dibangun	32
Figure 6. Kerangka Pikir	34
Figure 7. Komponen Analisis Data Model Interaktif (Interactive Model) ..	500

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kota Samarinda merupakan Ibukota Provinsi Kalimantan Timur sebagai salahsatu kota di Indonesia, dimana terdapat kegiatan usaha pertambangan yang cukup banyak. Kota Samarinda pernah memiliki Izin Usaha Pertambangan (IUP) sebanyak 63 izin dan 15 di antaranya masih aktif. Di samping itu terdapat 4 (empat) Perusahaan Perjanjian Kerjasama Perusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) yang Kontrak Kerjasamanya ditandatangani oleh Pemerintah Pusat (Dinas ESDM Prov. Kaltim, 2020).

Kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem tambang terbuka, sehingga secara teknis kemungkinan ada sisa lubang bekas tambang (*void*) yang tidak bisa ditimbun Kembali (*dibacfilling*). Ini terbukti oleh beberapa perusahaan yang beroperasi di Kota Samarinda telah menyisakan beberapa void yang dibiarkan terbuka tanpa dilakukan pengelolaan dan pengamanan.

Berdasarkan sejarah kegiatan pertambangan batubara di Kota Samarinda telah terjadi beberapa peristiwa antara lain ; (1) kasus banjir menyebabkan beberapa rumah terendam, (2) Kasus longsor mengakibatkan jalan terputus dan beberapa rumah rusak. (3) Kejadian yang paling populer sebagaimana beberapa kali menjadi berita *headline*

Comment [WU2]: Ada 4 jenis batubara, lainnya IUP jenis apa saja ?

Comment [WU3]: Pemilik IUP sisi atura harus melakukan pengelolaan thd Void yang terbentuk. Apakah pernyataan y disebutkan memang betul demikian kenyataannya ?

pada koran lokal Kaltim, media cetak nasional maupun media elektronik adalah kasus tenggelamnya beberapa anak-anak pada kolam bekas tambang. Kejadian ini terjadi berulang kali sehingga korban mencapai ±20 orang. (*komnas-ham-masih-temukan-bekas-tambang-dekat-permukiman-di-samarinda*, n.d.).

Beberapa fakta kejadian seperti disebutkan di atas disebabkan antara lain;

1. **Buruknya** sistem pengelolaan pertambangan di Kota Samarinda, **belum ada implementasi pelaksanaan reklamasi dan revegetasi yang baik serta belum adanya pemanfaatan dan pengelolaan lubang bekas tambang.**
2. **Kurangnya kegiatan pengawasan oleh Pemerintah.** Hal ini sejalan dengan pendapat (Iordache & Antsaklis, 2006) tentang pengawasan dengan sistem konkuren.
3. **Kurangnya sosialisasi kepada masyarakat** khususnya kepada anak-anak terkait bahaya memasuki areal kegiatan pertambangan, sebagaimana di atur dalam Surat Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi nomor 555.K/26/M.PE/1995 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pertambangan Umum, yang sekarang telah di ganti dengan Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral nomor, 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.

Comment [WU4]:

Perlu diperkuat dgn data dan fakta lapangan

Comment [WU5]:

Perlu diperkuat dgn data dan fakta

Comment [WU6]:

diperkuat dgn data dan fakta

Kegiatan Pascatambang yang dilakukan di Kota Samarinda belum terlihat hasilnya meskipun beberapa perusahaan yang pernah beroperasi telah mengakhiri kegiatan penambangan. Bahkan sebagian diantaranya telah meninggalkan kolam bekas tambang yang tidak direklamasi sehingga menimbulkan banyak korban jiwa. Hal ini, berimplikasi timbulnya persepsi negative masyarakat pada kegiatan pertambangan batubara.

Pemanfaatan lahan pascatambang adalah modifikasi yang dilakukan oleh manusia terhadap lingkungan hidup menjadi lingkungan yang terbangun seperti industri, pertanian, pemukiman, pariwisata dan segala aktifitas yang mendukung keberlanjutan kehidupan manusia (Munir & Setyowati, 2017a).

Implementasi pengelolaan pertambangan yang baik dan benar (*good mine practice*) berbasis pembangunan berkelanjutan, pada kegiatan pascatambang dapat merubah lahan menjadi lebih produktif dari sebelumnya. Progres pembangunan berkelanjutan dapat memberikan hasil yang optimal juga mendukung kemajuan peradaban masyarakat (Thamrin & Raden, 2018).

Menurut survey awal yang dilakukan pada awal tahun 2020, pelaksanaan dan penyusunan Dokumen Rencana Pascatambang oleh Perusahaan Pertambangan di Kota Samarinda Baik perusahaan IUP maupun Perusahaan PKP2B ditemukan antara lain : 1). adanya ketidak sinkronan dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota

Samarinda, 2). Adanya penyimpangan pelaksanaan reklamasi yang tidak sesuai dengan dokumen Rencana Pascatambang,3). Belum adanya kajian alternative pemanfaatan lahan yang disesuaikan dengan potensi wilayah dan daya dukung lingkungan, 4). Belum mempertimbangkan aspek Potensi Pengembangan wilayah di areal di mana perusahaan pertambangan beroperasi.

Dari penelitian ini diharapkan adanya paradigma baru dan arah pelaksanaan pascatambang yang jelas, sehingga terwujud pembangunan tata kota Samarinda yang lebih baik, ramah lingkungan, berkelanjutan, produktif, dan tetap mensejahterakan seluruh rakyat Indonesia khususnya rakyat Kota samarinda.

B. Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan yang diperoleh dari uraian pada latar belakang adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sinkronisasi antara dokumen Rencana Pascatambang dengan dokumen RTRW Kota Samarinda?
2. Bagaimana progres pelaksanaan reklamasi yang dilakukan saat ini dalam kaitannya dengan dokumen Rencana Pascatambang?
3. Bagaimana pengidentifikasian alternatif pemanfaatan lahan bekas tambang dari sisi potensi dan daya dukung untuk mendukung pengembangan Wilayah Kota Samarinda?
4. Bagaimana sinergitas antara Rencana Pascatambang dan rencana pembangunan Kota Samarinda?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengkaji **sinkronisasi** dokumen Rencana Pascatambang dengan dokumen **RTRW** Kota samarinda.
2. Untuk **mengkaji progress pelaksanaan reklamasi yang dilakukan saat ini dalam kaitannya dengan dokumen Rencana Pascatambang.**
3. Untuk mengkaji dan mengidentifikasi **alternatif pemanfaatan lahan bekas tambang dari sisi potensi dan daya dukung lingkungan** untuk mendukung pengembangan Wilayah Kota Samarinda.
4. Untuk **mengkaji sinergi Rencana Pascatambang dan strategi pembangunan Kota Samarinda.**

D. Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian akan bermanfaat menjadi atau sebagai:

1. Terwujudnya sinkronisasi dokumen Rencana Pascatambang dengan dokumen RTRW Kota samarinda.
2. Lebih terarahnya pelaksanaan reklamasi tambang yang dilakukan saat ini sesuai dengan dokumen Rencana Pascatambang yang telah disetujui oleh Pemerintah.
3. Adanya alternatif pemanfaatan lahan bekas tambang yang sesuai dengan potensi dan **daya dukung lingkungan** untuk mendukung pengembangan Wilayah Kota Samarinda.
4. Adanya sinergitas antara Rencana Pascatambang dan Rencana strategi pembangunan Kota Samarinda

5. Hasil penelitian dapat menjadi referensi, dalam melakukan Kegiatan Reklamasi dan finalisasi Dokumen Rencana Pascatambang sehingga ada sinkronisasi antara dokumen Rencana Reklamasi, Dokumen Rencana Pascatambang serta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Samarinda.
6. Sebagai tolak ukur perbandingan terhadap penelitian yang terdahulu tentang Reklamasi dan Pascatambang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kegiatan Pertambangan

Pertambangan merupakan suatu usaha pengelolaan sumberdaya alam berupa mineral, batubara atau batuan yang bertujuan menghasilkan bahan baku utama untuk industri dan bahan baku bangunan. Kegiatan di dalam pertambangan meliputi: penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan (*feasibility study*), operasi produksi atau penambangan (*eksploitasi*), pengelolaan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan (Sudrajat, 2018).

Kegiatan industri pertambangan mempunyai ciri khas yaitu ; bersifat *non renewable*, teknologi tinggi, beresiko tinggi dan padat modal. Oleh karena itu diperlukan pemikiran untuk melakukan suatu rencana dan perencanaan yang sistematis, baik menyangkut kebutuhan bahan galian masa depan, maupun yang menyangkut kelestarian fungsi lingkungan dan keselamatan terhadap penambangan itu sendiri (Achmad, 2015), karena kegiatan ini dianggap oleh masyarakat umum sebagai kegiatan yang memberikan gangguan terhadap lingkungan, baik lingkungan sosial (dalam hal ganti rugi tanah/tumbuhan serta benturan nilai) maupun terhadap lingkungan fisik (perubahan bentang alam).

Namun ciri khas kegiatan industry pertambangan seperti disebutkan diatas justru tidak berlaku pada kegiatan Pertambangan di

Kota Samarinda karena areal kegiatan masih berlokasi dalam wilayah Kota Samarinda dan sebagian besar dilakukan berskala kecil. Hal ini sangat mempengaruhi pola penambangan dampak lingkungannya.

Kegiatan penambangan oleh perusahaan yang beroperasi di Kota Samarinda baik IUP maupun PKP2B semua dilakukan dengan metode Tambang Terbuka (*surface mining*) dengan sistim *backfill*. Pemilihan tambang terbuka ini di sebabkan oleh kondisi cadangan dan perlapisan batubara yang relatif dangkal dan kondisi batuan penutup yang tidak kompak (*losses*) serta nilai *Break Even Stripping Ratio (BESR)* yang lebih besar dari 1 (satu) sehingga lebih ekonomis dan menguntungkan jika ditambang dengan sistem tambang terbuka.

Prinsip hukum pengelolaan pertambangan dalam Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan mineral dan batubara didasarkan pada prinsip manfaat, keadilan, dan keseimbangan; keberpihakan kepada kepentingan bangsa; partisipatif, transparansi, dan akuntabilitas; berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Namun permasalahannya ketika pertambangan mineral dan batubara berada pada tahapan reklamasi dan pascatambang (UU RI, 2009).

Agar sumber daya alam tersebut dapat membawa kesejahteraan bagi rakyat Indonesia maka diperlukan kebijakan pertambangan yang berpihak kepada kepentingan ekonomi nasional. Kegiatan pertambangan sedikit banyak mempengaruhi kualitas lingkungan, dengan melakukan pengelolaan sumber daya mineral yang bijaksana disertai penerapan

teknologi akan dapat meminimalisir dampak negatif terhadap masyarakat dan penurunan kualitas lingkungan.

Hadirnya kegiatan operasi penambangan juga dapat berimplikasi timbulnya dampak negatif berupa (Salim, 2019); (1) terjadinya perubahan bentang alam menyebabkan ketidakstabilan lereng dan hilangnya nilai estetika/keindahan alam, (2) terganggunya ekosistem flora dan fauna oleh kegiatan *land clearing*, (3) hilangnya kesuburan tanah oleh kegiatan pemindahan *top soil* dan *over burden*, (4) meningkatnya laju erosi dan sedimentasi oleh limpasan air permukaan menyebabkan kualitas air menurun, (5) potensi pencemaran air udara dan tanah oleh ceceran oli/minyak dan operasi pabrik dan alat berat, (6) gangguan social dan budaya dan lain-lain.

Zonasi Pertambangan merupakan peta digital dengan skala yang lebih rinci merujuk pada koordinat bumi (SIG/Sistem Informasi Geografis). Peta SIG ini memuat segala informasi peruntukan kawasan berikut segala atributnya (luas lahan, status lahan, masa berlaku kontrak, jumlah produksi dan upaya penyelamatan lingkungan yang sedang dan telah dilakukan). Pembuatan zonasi ini dimaksudkan untuk membagi kawasan berdasarkan sifat karakteristik masing-masing daerah sehingga nantinya akan ada klasifikasi peruntukan lahan, apakah merupakan kawasan tertutup, penambangan bersyarat atau kawasan yang terbuka untuk penambangan.

Pemerintah akan terus berupaya semaksimal mungkin dalam

melakukan pengelolaan sumber daya mineral demi pembangunan ekonomi dengan cara-cara yang bijaksana sehingga tidak menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat maupun lingkungan (Rahim, 2012). Demikian halnya kegiatan pascatambang merupakan kegiatan yang dilakukan secara terencana, sistematis dan berkelanjutan setelah akhir sebagian atau seluruh kegiatan usaha pertambangan untuk memulihkan fungsi lingkungan alam dan fungsi sosial menurut kondisi lokal di seluruh wilayah penambangan sebagaimana diatur di dalam Bab I ketentuan umum pasal 1 UU RI No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.

Pembangunan lestari yang didasarkan pada pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan hidup adalah upaya sadar dan terencana yang memadukan lingkungan hidup, termasuk sumber daya kedalam pembangunan untuk menjamin kemampuan, kesejahteraan dan mutu hidup generasi masa kini dan masa yang akan datang.

Proses pembangunan berkelanjutan dipicu oleh kondisi Sumber Daya Alam, kualitas lingkungan, dan kependudukan. Pembangunan berkelanjutan tidak akan bermakna banyak apabila dilakukan tanpa memperhatikan aspek-aspek yang berwawasan lingkungan (Kotijah, 2012). Pembangunan yang berwawasan lingkungan adalah upaya sadar dan berencana menggunakan dan mengelola sumber daya secara bijaksana dalam pembangunan yang terencana dan berkesinambungan

untuk meningkatkan mutu hidup.

Terlaksananya pembangunan berwawasan lingkungan dan terkendalinya pemanfaatan sumber daya alam secara bijaksana merupakan tujuan utama pengelolaan lingkungan hidup. Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda dan kesatuan makhluk hidup termasuk didalamnya manusia serta makhluk hidup lainnya diatur dalam UU No.32 tahun 2009 tentang Lingkungan Hidup Pemerintah menerapkan konsep optimalisasi dalam pengelolaan sumber daya mineral yaitu dengan melakukan penyusunan Neraca Sumber Daya dan Zonasi Pertambangan. Konsep tersebut akan menghitung seluruh aspek baik yang menguntungkan dan merugikan apabila kegiatan ekstraksi dilakukan, termasuk informasi terperinci tentang jenis komoditi berikut besaran, jumlah sumber daya serta dampak terhadap lingkungan dengan berbagai asumsi yang beralasan.

Berdasarkan seluruh informasi tersebut selanjutnya pemerintah akan mengambil langkah optimalisasi yang didasarkan prinsip pengelolaan sumber daya mineral yang meliputi, aspek sosial, budaya dan lingkungan hidup mikro maupun makro selaras dengan konsep pembangunan berkelanjutan (Hasanah, 2017).

Sebagaimana sifat yang melekat pada potensi sumber mineral dan batubara adalah tidak terbarukan (unrenewable resources). Dengan demikian, kegiatan pascatambang tetap terus dilakukan untuk memberi manfaat sesuai dengan peruntukannya sebagaimana diatur dalam Pasal

4 Ayat 1 Butir (d) PP No 78 tahun 2010 tentang Reklamasi dan pascatambang.

Kegiatan pertambangan sering kali diakhiri dengan permasalahan ditahapan pascatambang. Oleh karena peran pemerintah dan pemerintah daerah sangat penting sebagai pemegang tanggung jawab dalam pengelolaan pertambangan mineral dan batubara untuk tata kelola pemerintahan yang baik (Sukamto, 2019).

Secara factual, seperti disebutkan di atas kegiatan pertambangan di Kota Samarinda arealnya berada dalam kota maka resiko dan dampak yang ditimbulkan jauh lebih besar daripada tambang yang berada di daerah terpencil (remote). Hal ini disebabkan karena tambang dalam kota dekat dengan aktifitas manusia, dekat dengan pemukiman, perkantoran, sarana dan prasarana serta fasilitas umum lainnya yang kemungkinan dapat terganggu oleh aktifitas penambangan.

1. Eksplorasi

Sebelum melakukan penambangan maka terlebih dahulu melakukan penyelidikan eksplorasi. Eksplorasi adalah salah satu kegiatan penambangan yang dimaksudkan untuk menemukan, mengetahui dan menentukan posisi bahan galian/batubara dengan metode pemboran dan sumur uji (*tes pit*) (Bahri, 2015).

Dari kegiatan eksplorasi tersebut dapat diketahui jumlah sumber daya, Cadangan, kualitas batubara sehingga selanjutnya dapat ditentukan system penambangan yang dapat diterapkan. Serta dari sampel yang

diperoleh dapat dilakukan Net Acid Generating test sehingga diperoleh mana material berpotensi pembentuk Air Asam Tambang (Potentially Acid Forming) dan material yang tidak berpotensi mpembentuk Air Asam Tambang (Non Acid Forming), Dengan demikian pencegahan akan terjadinya air asam tambang dapat dihindari (Hasmawaty, 2002).

2. Studi Kelayakan

Tahap kegiatan ini merupakan tahap evaluasi atas hasil penyelidikan umum dan eksplorasi dalam kegiatan ini diperhitungkan nilai ekonomisnya dengan mempertimbangkan aspek-aspek teknis pertambangan, lingkungan, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), nilai tambah, konservasi bahan galian dan aspek pengembangan wilayah dan masyarakat serta perencanaan awal penutupan dan pascatambang (Sumardiyono, 2007).

Dokumen studi kelayakan ini merupakan rencana kegiatan pertambangan secara keseluruhan dan berfungsi sebagai panduan bagi perusahaan dalam melaksnakan kegiatan dan sekaligus panduan bagi pemerintah dalam melakukan pembinaan dan pengawasan.

Dari beberapa dokumen studi kelayakan milik perusahaan yang beroperasi di Samarinda ditemukan adanya dokumen yang di buat tidak standar, dimana tidak jelas rencana teknis kegiatan penambangan seperti pelaksanaan Inpit dan Oupit kapan dilakukan, berapa volume, dimana penempatannya dan lain-lain. Hal ini akan berpengaruh terhadap pengelolaan lingkungan, reklamasi dan kegiatan pascatambang.

3. Konstruksi Penambangan

Sebelum penambangan batubara dimulai maka dilakukan kegiatan *development* yang meliputi pembersihan lahan dan pengupasan tanah penutup (*over burden*), pembuatan *drainase* untuk mengatur tata air permukaan, dan pembuatan jalan utama (Arafat, 2008). Dari pengertian tersebut dapat dikatakan bahwa kegiatan konstruksi tersebut, adalah semua aktifitas pekerjaan persiapan sebelum penambangan dilakukan. Pekerjaan ini meliputi pembuatan jalan utama, jalan tambang, pembangunan barak-barak, drainase, dan pembangunan instalasi pengolahan (Wijoyo, 2017).

4. Penambangan

Eksplorasi atau penambangan menggunakan system tambang terbuka (*surface mining*) dengan cara penggalian berbentuk sumuran (*pit*). Diharapkan bahwa dalam melakukan penambangan diharuskan menerapkan penambangan yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*), serta dapat mengembangkan kondisi sosial masyarakat sekitarnya yang lebih baik sehingga terwujud pertambangan yang baik dan benar serta ramah lingkungan. Oleh karena itu maka sebelum kegiatan penambangan dilakukan, diperlukan suatu usaha rencana dan rancangan yang baik serta sistematis sehingga dapat menjamin fungsi lingkungan dan sumberdaya alam yang berkesinambungan serta berkelanjutan. Penambangan yang dilakukan dengan tidak melalui suatu rencana dan rancangan akan menimbulkan

Comment [WU7]: Rencana dan rancangan yang dibuat memenuhi standar yang ditetapkan.

dampak berupa penurunan produktifitas tanah, pemadatan tanah, terjadinya erosi dan sedimentasi, terganggunya flora dan fauna,

keamanan dan kesehatan penduduk, serta perubahan iklim mikro (Tim Kajian Tambang LIPI, 2010).

Pengesploitasiian bahan galian batubara dilakukan melalui pemilihan sistem penambangan yang sesuai dan tepat serta dapat memberikan keuntungan yang maksimum, sementara kualitas lingkungan tetap dapat dipertahankan. Pemilihan sistem penambangan di pengaruhi oleh faktor-faktor tertentu antara lain sifat dan karakteristik dan endapan meliputi ukuran, bentuk, posisi atau letak, kedalaman, sifat dari endapan dan batuan sampingnnya, air bawah tanah, faktor lingkungan serta faktor ekonomis dan *community development*. Sistem–sistem penambangan dapat dibagi tiga (Subowo, 2013) yaitu :

- a. Tambang Terbuka (*surface Mining*)
- b. Tambang dalam/Tambang Bawah Tanak (*under water Mining*)
- c. Tambang bawah Air (*under water Mining*)

Aktifitas penambangan batubara dilakukan dengan menggunakan alat gali jenis *backhoe* berbagai type, kemudian dimuat dalam alat angkut *dump truck* selanjutnya di angkut ke proses pengolahan *crushing plant*. Penambangan mempunyai kegiatan pembongkaran, pemuatan dan pengangkutan. Setelah penambangan batubara selesai maka terjadi perubahan bentang alam yang semula rata berubah menjadi bentuk lubang atau sumuran (*pit*).

Comment [WU8]: Dampak tambang terbuka tetap ada, mustahil nihil walaupun ada rencana dan rancangan yang baik. Rencana dan rancangan yang baik belum cukup, sangat tergantung pelaksanaan penambangan dan pengawasan pihak-pihak terkait yang bertanggung jawab terhadap penerapan rencana dan rancangan yang telah dibuat.

Kegiatan selanjutnya sesudah penambangan adalah *backfilling* dan penataan lahan., dimaksudkan untuk menata kembali lahan bekas tambang sebelum dilakukan reklamasi sehingga memberikan hasil sesuai dengan yang diharapkan. Penataan lahan meliputi aktifitas penataan lahan, pembuatan drainase dengan menggunakan *excavator* jenis *backhoe* , penimbunan lahan bekas tambang (*backfilling*) penataan lahan dilakukan dengan menggunakan alat dorong *bulldozer*, dimaksudkan untuk menata kembali lahan bekas tambang dimana lahan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga dapat mengalirkan limpasan air hujan (*run off*) yang berasal dari lahan bekas tambang baik sebelum kegiatan reklamasi maupun sesudah kegiatan reklamasi(Annisa, 2017).

Drainase adalah suatu saluran pembuangan air permukaan dengan menggunakan saluran-saluran permukaan . Sedangkan penimbunan kembali (*backfilling*) adalah kegiatan yang dilakukan untuk menimbun kembali lahan bekas tambang sampai rata atau sesuai yang diharapkan(Fertrisinanda *et al.*, 2012).

Sistem penambangan yang beroperasi di Kota Samarinda semua dengan sistem tambang terbuka (*surface mining* atau *open pit/strip mining*) yaitu penambangan yang dilakukan dimana seluruh aktifitas kerjanya berhubungan langsung dengan atmosfer/udara luar dengan bentuk penggalian menyerupai sumuran(Subowo, 2013).

B. Reklamasi dan Pascatambang

Reklamasi dan Pascatambang merupakan salah satu bentuk dari pembangunan berkelanjutan, dimana berlanjutnya diartikan bahwa setiap generasi memikul tanggung jawab terhadap generasi selanjutnya (Subowo, 2013). Pembangunan dalam bentuk eksploitasi tidak dapat dilakukan pada masa kini bila menyebabkan kerusakan lingkungan hidup atau kepunahan sumberdaya alam, dan kemanfaatannya tidak dapat dirasakan oleh generasi mendatang (Sleeter *et al.*, 2012).

1. Pengertian Reklamasi

Reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memulihkan dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosisten agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukannya (Hermawan, 2011). (Kepmen ESDM RI nomor; 1827 K/30/MEM/2018 lampiran VI Pedoman Pelaksanaan Reklamasi dan Pascatambang serta Pascaoperasi pada kegiatan usaha pertambangan Mineral dan Batubara).

Reklamasi adalah Pemulihan lahan agar aman, stabil dan tidak mudah tererosi. **Lahan yang semula digunakan untuk pertanian atau hutan dapat kembali ketingkat produksi awal** (Sarminah *et al.*, 2018). Reklamasi merupakan bagian integral dari suatu kegiatan penambangan dan dilakukan pada tahap pascatambang dengan maksud untuk mengembalikan daya fungsi lahan pada lahan bekas tambang, dilakukan dengan suatu rencana yang sistematis dalam rangka mewujudkan

penambangan yang berkelanjutan menuju ramah lingkungan. Untuk melakukan reklamasi yang baik diperlukan perencanaan yang baik dan **disesuaikan dengan tata ruang wilayah** agar dalam pelaksanaannya dapat tercapai sasaran yang diinginkan.

Reklamasi dapat pula diartikan suatu upaya yang terencana dengan maksud untuk **mengembalikan daya dukung lahan menjadi lebih baik dari sebelumnya**. Berdasarkan dari beberapa definisi diatas, maka reklamasi dapat diartikan sebagai usaha yang direncanakan sebelum penambangan. Pelaksanaan Reklamasi dapat dilakukan pada waktu operasi penambangan masih berlangsung maupun setelah operasi penambangan berakhir yaitu pada tahap pascatambang.

Sasaran reklamasi adalah untuk memperbaiki lahan bekas tambang agar kondisinya aman, stabil dan tidak mudah tererosi sehingga dapat dimanfaatkan kembali. Suatu keharusan perusahaan untuk melakukannya sesuai dengan aturan perundang-undangan dibidang pertambangan. Sebelum penambangan dilakukan maka pengusaha wajib menempatkan dana Jaminan Reklamasi pada Bank atas nama Pengusaha dalam bentuk Rekening Bersama, Deposito berjangka, Bank Garansi dan cadangan Akutansi/accounting reserve (Pemerintah, 2010).

Bahkan setiap tahun perusahaan wajib melakukan rencana reklamasi yang akan dilakukan dan besar biaya reklamasi sesuai dengan perhitungan dan tahap-tahap seperti tercantum dalam Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827

K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang baik. Jaminan tersebut dimaksudkan bahwa jika pengusaha lalai dalam melakukan reklamasi maka Pemerintah (Direktur Jenderal atas nama Menteri dan Gubernur) sesuai kewenangan menetapkan pihak ketiga untuk melaksanakan reklamasi.

Implikasi dari dampak negatif yang ditimbulkan pada kegiatan pertambangan mengharuskan kegiatan pengelolaan dan pemantauan Lingkungan pada kegiatan operasi pertambangan menjadi mutlak untuk dilakukan, termasuk didalamnya pengelolaan lingkungan, reklamasi dan pascatambang (Sanjaya, 2019).

Saat ini kegiatan pascatambang oleh perusahaan pertambangan di Kota Samarinda menjadi sorotan umum masyarakat akibat adanya beberapa perusahaan yang lalai dalam melakukan Reklamasi dan Kegiatan Pascatambang sehingga meninggalkan lahan bekas tambang sehingga terbentuk "void". Fakta ini ternyata tidak sesuai dengan janji sebagian perusahaan sebagaimana tertuang dalam dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) maupun dokumen Rencana Pascatambang yang telah disetujui oleh Pemerintah (Veldkamp & Verburg, 2004).

Pelaksanaan Reklamasi dan Pascatambang harus dilakukan secara terencana dan terarah, sesuai dengan dokumen Rencana Reklamasi dan Rencana pascatambang yang telah disetujui oleh Pemerintah sehingga terwujud pembangunan yang berkelanjutan

(sustainable development). Tentu kegiatan pascatambang yang dilakukan oleh perusahaan yang beroperasi di Kota Samarinda harus disesuaikan dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Samarinda serta potensi wilayah dimana perusahaan tersebut beroperasi (Sucy, 2019).

Kegiatan Pascatambang yang dilakukan di Kota samarinda **belum terlihat hasilnya** meskipun beberapa perusahaan yang pernah beroperasi telah mengakhiri kegiatan penambangan. Bahkan sebagian diantaranya telah meninggalkan kolam bekas tambang yang tidak direklamasi sehingga **menimbulkan banyak korban jiwa**. Hal ini, berimplikasi timbulnya persepsi negative masyarakat pada kegiatan pertambangan.

Perwujudan pengelolaan kegiatan pascatambang diharapkan berpedoman pada Bab II pasal 2 UU No 4 tahun 2009. Sebagai upaya pemerintah mewujudkan tata kelolah pemerintahan yang lebih baik. Pengelolaan pemerintahan yang senantiasa menerapkan prinsip partisipasi masyarakat dan supremasi hukum. Sebagaimana kajian reklamasi lahan pascatambang akan berhasil dilakukan jika melibatkan partisipasi masyarakat melalui pemberdayaan masyarakat yang menjadi tanggung jawab perusahaan dan Pemerintah daerah, DRPD maupun masyarakat perlu menghilangkan kebiasaan yang dapat menimbulkan KKN (Munir & Setyowati, 2017b).

Lahan pascatambang yang telah mengalami perubahan dan kerusakan dalam pengelolaannya, maka agar diprioritaskan pemulihan

kondisi biofisik atau ekologisnya, agar kegiatan pascatambang tetap berbasis pembangunan berkelanjutan (Kubangun *et al.*, 2016).

Terdapat beberapa opsi kegiatan pascatambang untuk pemanfaatan lahan bekas tambang agar tambang batubara sesuai dengan hirarki kriteria pemanfaatan dan pengelolaan lahan pascatambang (Adha *et al.*, 2013) yakni:

1. Kehutanan dan Ruang Terbuka Hijau (RTH); menjadikan lahan pascatambang sebagai hutan kembali melalui kegiatan *revegetasi* lahan dengan tanaman *fast growing* sebagai tanaman pionier dan tanaman sisipan dari tanaman lokal atau buah-buahan sesuai dengan kondisi rona awal sebelum kegiatan pertambangan dilakukan (Daria *et al.*, 2010).
2. Pertanian, dipilih jika memiliki nilai ekonomis yang tinggi serta sesuai nilai kesuburan tanah.
3. Perkebunan dan peternakan, dipilih berdasarkan nilai ekonomis yang paling tinggi.
4. Industri, pergudangan, perumahan, perkantoran, perhotelan, mall dipilih nilai ekonomis yang paling tinggi sesuai daya dukung lingkungan sekitarnya.
5. Pariwisata (taman bunga, resort, arena motor cross, lapangan golf) (Kubangun *et al.*, 2016).

Comment [WU9]:

➢Memperhatikan kesesuaian lahan untuk penggunaan komoditas tertentu dan kelakannya
➢RTRW Kota Smd

Comment [WU10]:

Tidak selalu mengutamakan nilai ekonomis yang tinggi, tetapi ada kriteria lain yang memenuhi atau tdk memenuhi untuk rencana pemanfaatan dan pengelolaannya.

6. Kolam (budidaya perikanan, irigasi, Kolam renang, Danau dan Pantai buatan, Arena Ice Skating, PDAM, pengendali banjir, dan cadangan air) dipilih yang memiliki **nilai ekonomis tinggi**.

Jika melihat beberapa contoh pascatambang yang dilakukan diluar negeri menghasilkan karya monumental, menjadi ikon kota, dan telah memberikan kontribusi yang cukup besar bagi pembangunan Negara yang berkelanjutan, antara lain sebagai berikut :

1. Menara Petronas dan Menara Kualalumpur di Malaysia, bangunan ini menjadi pusat perkantoran dan ramai dikunjungi oleh parawisatawan sehingga memberikan pemasukan keuangan bagi negara yang cukup tinggi (Luo et al., 2019).
2. Lapangan Golf, Hutan Kota dan Pemukiman elit dan taman rekreasi di Kualalumpur Malaysia.
3. Kampus Monash University di Kualalumpur Malaysia.
4. Hotel Mewah dan Tempat Kasino di Kangwong Land Korea Selatan telah memberikan pemasukan keuangan pada negara meskipun tambangnya sudah tidak ada.

2 Standar dan Teknik Reklamasi

Pelaksanaan reklamasi lahan bekas tambang yang baik harus mengikuti prinsip-prinsip atau standar teknik reklamasi (Nazaruddin, 2017), yakni :

- a. **Membuat rencana reklamasi** lahan bekas tambang sebelum kegiatan penambangan dilaksanakan.

Comment [WU11]: Tidak selalu mengutamakan nilai ekonomis yang tinggi, tetapi ada kriteria lain yang memenuhi atau tdk memenuhi untuk rencana pemanfaatan dan pengelolaannya.

- b. Kegiatan reklamasi lahan bekas tambang seharusnya dilaksanakan secara progresif sehingga laju reklamasi sebanding dengan laju penambangan.
- c. Pengelolaan **top soil** yang baik untuk dimanfaatkan kembali pada kegiatan reklamasi.
- d. Persiapan lahan berupa pengamanan lahan bekas tambang
- e. *Recounturing/landscaping* yakni; pengaturan bentuk lahan bekas tambang sehingga stabil serta dilengkapi dengan *drainase* yang memadai.
- f. Pengendalian erosi dan sedimentasi
- g. *Spreading top soil*
- h. *Revegetasi*
- i. Pemantauan dan pengelolaan lahan bekas tambang yang telah ditanami kembali (**Pedoman Teknis Reklamasi Lahan Bekas Tambang** Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral).

Comment [WU12]:

➢Top soil memberikan konotasi pada lapisan tanah dgn ketebalan tipis dan permukaan tanah ± 20cm.
 ➢Lebih baik mengacu Tanah Pucuk y ketebalannya ditetapkan dgn konsep Kedalaman Tanah Efektif. Ketebalan termasuk Top Soil + kedalaman akar rerata (non tunjang). Jadi Tanah Pucuk lebih tebal shg volume tanah yang di 'amankan' dan dikelola untuk dijadikan sebagai media tanam revegetasi bern 'lebih' dibanding top soil.

Comment [WU13]: Perlu ditambahkan tahunnya

3. Perencanaan Reklamasi

Dalam melakukan perencanaan reklamasi beberapa factor yang harus diperhatikan (Utamakno & Prasetyo, 2017) yaitu :

- a. Luas areal yang direklamasi sama dengan luas areal penambangan.
- b. Memindahkan dan menempatkan **tanah pucuk** pada tempat tertentu dan mengatur sedemikian rupa untuk keperluan

Comment [WU14]:

➢Di atas sdh ada 'membuat rencana reklamasi'Apakah ini uraian umum d rencana di atasnya ?

revegetasi pengelolaan **top soil** yang baik untuk dimanfaatkan kembali pada kegiatan reklamasi.

- c. Mengembalikan dan memperbaiki *drainase* yang rusak.
- d. Mengembalikan lahan seperti keadaan semula dan/atau sesuai dengan tujuan penggunaan.
- e. Memperkecil laju erosi selama dan setelah reklamasi
- f. **Memindahkan semua peralatan yang digunakan lagi dalam aktifitas penambangan.**
- g. Permukaan pada harus digemburkan namun bila tidak memungkinkan agar ditanami dengan tanaman *pioneer* yang akarnya mampu menembus tanah yang keras.
- j. Setelah penambangan maka pada lahan bekas tambang yang diperuntukan bagi revegetasi, segera dilakukan penanaman kembali dengan jenis tanaman yang sesuai dengan rencana rehabilitasi (Pedoman Teknis Reklamasi Lahan Bekas Tambang Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral).

Comment [WU15]:

- Apakah Top Soil = Tanah Pucuk ?
- Atau Top Soil ≠ Tanah Pucuk ?
- Atau ada kesamaan dan perbedaan antara Top Soil dan Tanah Pucuk ?

Comment [WU16]: Urut-urutan pelaksanaan kegiatan reklamasi dan revegetasi yaitu dimulai Membongkas Fasilitas Penunjang (jika pasca operasi) dan Memindahkan Semua Peralatan (jika thp operasi dan pasca operasi).

4. Pengendalian Erosi dan Sedimentasi

Pengendalian Erosi merupakan hal yang mutlak dilakukan selama kegiatan penambangan dan setelah penambangan. Erosi dapat mengakibatkan berkurangnya kesuburan tanah, terjadinya endapan lumpur dan sedimentasi dialur-alur sungai. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya erosi oleh air adalah; **curah hujan, kemiringan**

lereng (topografi), jenis tanah dan keberadaan tanaman penutup. Cara yang paling efektif dan murah untuk mengendalikan erosi adalah mengupayakan lahan bekas tambang secepat mungkin dapat tertutup oleh vegetasi (Dariah *et al.*, 2002).

5. Faktor yang dapat Mempengaruhi Reklamasi

Keberhasilan reklamasi untuk jenis revegetasi pada lahan bekas tambang diperlukan jenis tanah yang mengandung unsur hara yang berfungsi sebagai media tumbuhnya tanaman yang akan ditanam. Untuk itu maka diperlukan penambahan tanah yang mengandung unsur hara pada lapisan *top soil*. Tanah tersebut diperoleh dari hasil pengusuran pada waktu melakukan pembersihan, atau dapat pula didatangkan dari luar lokasi penambangan.

Faktor yang mempengaruhi reklamasi adalah karakteristik tanah pucuk, untuk itu diperlukan identifikasi sifat asam-basa batuan dan pemodelan penyebaran batuan pembangkit asam dan bukan pembangkit asam.

6. Revegetasi

Revegetasi yaitu suatu usaha atau kegiatan penanaman kembali pada lahan bekas tambang dengan langkah-langkah (Riswan *et al.*, 2015) antara lain :

- a. Penataan lahan bekas tambang
- b. Mengetahui sifat batuan dasar

- c. Pemberaian tanah yang mengandung humus diatas lapisan batuan sesudah penambangan
- d. Sifat kimia dari tanah pucuk
- e. Pengapuran pada batuan dasar
- f. Pemberian pupuk pada tanah pucuk

Penataan lahan, adalah upaya atau usaha untuk mengatur tanah/ lahan yang rasional dan serasi. Penataan lahan tersebut merupakan sub sistem dari penataan ruang dalam proses perencanaan. Pada kegiatan penataan lahan dilakukan kegiatan pemotongan tanah terhadap permukaan yang lebih tinggi daripada permukaan tanah disekitarnya (*recounturing*). Hasil pemotongannya ditimbun pada permukaan yang lebih rendah, sehingga lahan permukaan lahan tersebut menjadi rata atau sedikit lebih miring. Kegiatan selanjutnya adalah pembuatan saluran penirisan atau *drainase*, dimulai dari saluran kecil menuju saluran utama sehingga pohon yang akan ditanam tidak tergenang oleh limpasan air hujan sehingga tidak menimbulkan kendala sewaktu awal penanaman pohon. Pengertian drainase adalah prasarana untuk mengalirkan air permukaan ke badan air atau bangunan resapan air (Utamakno & Prasetyo, 2017).

Kegiatan revegetasi pada kegiatan pertambangan di Kota Samarinda sebagian besar telah dilaksanakan, namun dalam pelaksanaannya hanya sebatas menanam tanaman cover crop dan tanaman pioneer, hal disebabkan karena lahan yang di tambang oleh

Comment [WU17]:

- Alasan apa batuan dasar dikapur ?
- Mengapa pengapuran ditujukan pada batuan dasar ? Apa urgensinya ?
- Mengapa pengapuran bukan pada tanah sbg media tanam revegetasi ?
- DII ?

Comment [WU18]:

- Pahami apa tujuan melakukan pemupukan
- Mengapa yang dipupuk tanah ? Bukti tanaman ?
- Apa kaitan antara, pupuk-tanah-tanaman ?

perusahaan sebagian besar adalah milik masyarakat, dimana pihak perusahaan hanya mengambil batubaranya kemudian lahan tersebut direklamasi dan revegetasi kemudian diambil alih kembali oleh masyarakat pemilik lahan untuk dirubah dalam bentuk Perkebunan, kaplingan untuk perumahan atau dibiarkan tanpa ada pengelolaan atau pemantauan. Hal ini menjadi salah..... penyebab ketidak sesuaian antara dokumen Rencana Reklamasi dengan pelaksanaan reklamasi, dokumen Rencana Pascatambang pelaksanaan reklamasi.

7. Pascatambang

Pascatambang adalah kegiatan terencana, sistematis, dan berlanjut setelah akhir sebagian atau seluruh kegiatan usaha pertambangan untuk memulihkan fungsi lingkungan alam dan fungsi sosial menurut kondisi lokal di seluruh wilayah pertambangan.

Rencana pascatambang (Kementerian ESDM, 2010) meliputi :

- a. Profil wilayah meliputi ; lokasi dan kesampaian daerah, kepemilikan dan peruntukan lahan, rona lingkungan awal (morfologi, air permukaan, air tanah, biologi akuatik , social budaya, ekonomi sesuai dokumen lingkungan hidup yang telah disetujui) kegiatan lain disekitar tambang.
- b. Deskripsi kegiatan pertambangan, meliputi ; keadaan **cadangan awal, system dan metode penambangan, pengolahan, pemurnian serta fasilitas penunjang.**

Comment [WU19]:

Redaksinya menunjukkan potensi, rencana kegiatan dalam penambangan dan fasilitas pendukung, bukan setelah penambangan atau rencana pascatambang.

- c. Rona lingkungan akhir lahan Pascatambang meliputi keadaan cadangan tersisa, peruntukan lahan, morfologi, air permukaan dan air tanah, biologi akuatik, serta social budaya dan ekonomi.
- d. Program pascatambang meliputi; reklamasi pada sisa lahan bekas tambang dan lahan diluar bekas tambang pada saat pascatambang, reklamasi tahap operasi produksi untuk pemegang IUP dan IUPK Operasi Produksi komoditas bukan logam dan batuan dengan umur tambang kurang dari atau sama dengan 5 tahun, pengembangan social budaya dan ekonomi, pemeliharaan hasil reklamasi, dan pemantauan.
- e. Organisasi termasuk jadwal pelaksanaan pascatambang
- f. Kriteria keberhasilan pascatambang meliputi standar keberhasilan pada tapak bekas tambang, fasilitas pengolahan dan/atau pemurnian, fasilitas penunjang dan pemantauan.
- g. Rencana biaya pascatambang (Kepmen ESDM RI nomor; 1827 K/30/MEM/2018 lampiran VI Pedoman Pelaksanaan Reklamasi dan Pascatambang serta Pascaoperasi pada kegiatan usaha pertambangan Mineral dan Batubara).

Comment [WU20]:

Bekas, karena pasca tambang itu dibongkar. Kemudian area bekasnya direklamasi & revegetasi

8. Reklamasi dan Pascatambang Peruntukan Lain

Kegiatan ini adalah suatu peruntukan lahan pasca tambang yang sangat menguntungkan karena letaknya yang strategis, dukungan instansi terkait dan sumberdaya alam lain yang menunjang. Sehingga reklamasi pascatambang pada daerah ini dapat dikembangkan menjadi peruntukan

yang mempunyai nilai tambah tinggi bahkan sangat tinggi bagi masyarakat dan pemerintah daerah (Marmer, 2009).

Beberapa contoh reklamasi dan pascatambang untuk peruntukan lain antara lain sebagai berikut (Davidman, 2017);

- a. Tambang Batubara PT. BHP Kendilo di Petanggis Pasir Kalimantan Timur. Akibat dari kegiatan pertambangan batubara dari PT. BHP Kendilo di Petanggis dimana jumlah *material balance over burden* tidak cukup untuk *backfill*, sehingga meninggalkan beberapa kolam bekas tambang. Agar lahan bekas tambang tersebut dapat memberikan manfaat tambahan bagi masyarakat sekitar, maka penggunaan lahan sebagian dialihkan menjadi hutan, sarana pariwisata air, studi dan riset kehutanan, penangkaran Rusa serta pengembangbiakan biota air lainnya.



Figure 1. Foto pascatambang PT. BHP Kendilo di Petanggis Kabupaten Pasir Kalimantan Timur

- b. Tambang Batubara PT. Mahakam Sumber Jaya di Separi Kabupaten Kutai kartanegara, dalam kegiatan reklamasinya telah menyisakan satu satu kolam bekas tambang seluas 19,5 ha di Blok A yang saat ini dipergunakan sebagai kolam budi daya perikanan oleh 3 (tiga) kelompok Tani yakni; Kelompok Tani Kertabuana, Kelompok Tani Bugis dan Kelompok Tani Bali . Disampaing itu kolam tersebut juga dipergunakan sebagai intake PDAM dan pengendali air di persawahan disekitarnya, sehingga dapat mengurangi banjir dan menjadi cadangan air pada musim kemarau dan musim tanam. Saat ini petani padi dapat melakukan panen dua kali dalam setahun, karena adanya sumber air dari kolam tersebut (Luthfi, 2010).



Figure 2. Foto Kolam bekas tambang PT. Mahakam Sumber Jaya yang dimanfaatkan sebagai intake PDAM, budi daya perikanan dan Sumber Irigasi Pertanian

- c. Tambang Pasir Besi di Cilacap Jawa Tengah dalam kegiatan reklamasi telah menjadikan sebagian areal pascatambangnya untuk pengembangan lahan pertanian jenis palawija dan sayur-sayuran. Demikian juga reklamasi yang dilakukan pada PT, Berau Coal di Kabupaten Berau Kalimantan Timur dengan melakukan revegetasi dengan tanaman perkebunan yakni buah-buahan seperti; Rambutan, Mangga, nangka Sirsak dan lain-lain.



Figure 3. Foto kegiatan pascatambang pada bekas penambangan pasir besi di Cilacap Jawa Tengah

- d. Tambang Timah di Pulau Bangka Provinsi Bangka Belitung yang penambangannya dilakukan oleh PT. Timah TBK, telah melakukan reklamasi dengan bentuk lain yakni **Perkatoran** dan **Pemukinan**. Sebagian besar kantor Pemerintah Baik Provinsi maupun Kota khususnya di Pangkal Pinang dibangun pada lahan bekas tambang yang telah direklamasi termasuk diantanya adalah kantor Gubernur Provinsi Bangka Belitung.



Figure 4. Foto Kantor Gubernur Bangka Belitung yang dibangun pada lahan bekas tambang timah

- e. Tambang Timah di Kualalumpur Malaysia, yang reklamasiya dibangun karya monumental dan telah menjadi ikon kota Kualalumpur yakni Menara Petronas dan Menara Kualalumpur. Disamping itu pada kegiatan pascatambang lainnya telah dibangun pemukiman elit, lapangan golf dan hutan kota.



Figure 5. Menara Petronas di Kualalumpur yang dibangun pada areal bekas tambang timah

Adanya beberapa contoh pemanfaatan lahan pascatambang seperti disebutkan diatas memungkinkan kegiatan pascatambang di kota samarinda dapat diarahkan untuk melakukan hal yang sama setelah melalui kajian, sehingga terwujud kegiatan pascatambang yang lebih produktif dan berkelanjutan.

9. Rencana Tata Ruang Wilayah

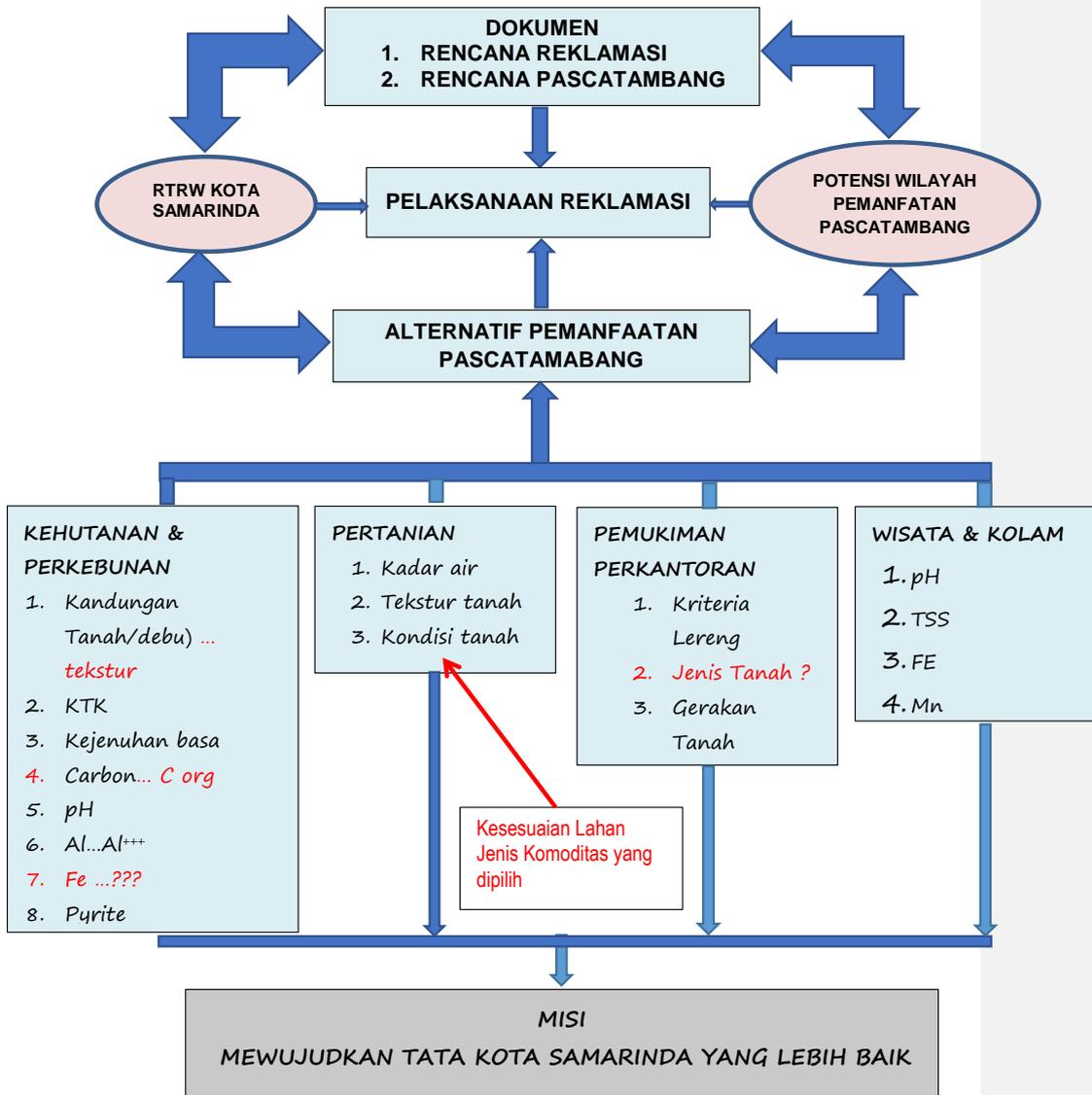
Rencana Tata Ruang Wilayah adalah arahan kebijakan dan strategi pemanfaatan ruang wilayah yang dijadikan acuan untuk perencanaan jangka panjang, penetapan lokasi dan fungsi ruang untuk investasi; penataan ruang kawasan strategis nasional; penataan ruang wilayah provinsi dan kabupaten/kota.

Penataan ruang suatu daerah perlu dikembangkan dan dilestarikan pemanfaatannya secara optimal demi mencapai kelangsungan hidup yang berkualitas berdasarkan Undang-undang nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang (Indonesia, 2007). Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk menciptakan kehidupan yang efisien, nyaman dan lestari. Penetapan lokasi yang dipilih **haruas** memberikan efisiensi dan keselarasan yang paling maksimal, dari berbagai benturan kepentingan (Hidayat *et al.*, 2015).

Pemerintah Kota Samarinda telah menerbitkan Peraturan Daerah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Samarinda tahun 2014 = 2034. Perda ini harus **acuan** Perusahaan

Pertambangan yang beroperasi di Kota samarinda dalam menyusun Rencana Pascatambang.

10. Kerangka Pikir



Gambar 6. Kerangka Pikir

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Strategi Dan Rancangan Penelitian

Strategi yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai rancangan kegiatan pelaksanaan reklamasi dan rencana pascatambang yang dilaksanakan oleh perusahaan pertambangan yang beroperasi di Kota Samarinda (Farida, 2014), dengan melakukan telaah terhadap dokumen; Rencana Reklamasi, Rencana Pascatambang, Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Samarinda, Studi Kelayakan, Dokumen AMDAL, wawancara serta melakukan evaluasi, observasi dan survei langsung di lapangan terkait pelaksanaan reklamasi dan Rencana pascatambang yaitu :

1. Penataan Lahan
 - a. Penataan permukaan lahan
 - b. Penimbunan kembali lahan bekas tambang
 - c. Pengelolaan material pembangkit air asam tambang
 - d. Sarana pengendali erosi
2. Revegetasi dan Pekerjaan Sipil
 - a. Pengelolaan media tanam (top soil)
 - b. Penebaran tanah zona pengakaran
 - c. Penanaman
 - d. Pemeliharaan
3. Penyelesaian akhir (pemenuhan standar reklamasi)

Comment [WU21]:

Sebaiknya dibatasi pada beberapa atau IUP tertentu saja, tidak terhadap semua IUP batubara di Kota Smd agar lebih fokus shg hasil penelitian ini mencapai tujuan dgn maksimal.

4. Rencana Pascatambang

- a. Kesesuaian kriteria untuk kehutanan
- b. Kesesuaian kriteria untuk Pertanian
- c. Kesesuaian kriteria untuk Perkebunan, peternakan, Pertanian, lapangan golf
- d. Kesesuaian kriteria untuk Pemukiman, perkantoran perhotelan
- e. Kesesuaian kriteria Taman rekreasi
- f. Kolam (budidaya perikanan, irigasi, PDAM, kendali banjir, dan cadangan air)

B. Rancangan Pengambilan Sampel

1. Daftar nama Perusahaan yang menjadi obyek Penelitian

Saat ini ada sekitar 15 perusahaan IUP dan 4 PKP2B yang aktif beroperasi di Kota Samarinda. Sementara ada beberapa beberapa perusahaan lain meskipun izinnya masih berlaku namun tidak ada kegiatan dengan berbagai alasan seperti ; kondisi harga, pasar, permodalan dan lain-lain. Adapun perusahaan yang menjadi obyek penelitian adalah sebagai berikut :

Table 1. Daftar Izin Usaha Pertambangan dan Perjanjian Kerjasama Perusahaan Pertambang Batubara yang menjadi obyek penelitian

No	Nama Perusahaan	Luas (Ha)	Tahapan	Lokasi
1.	CV. Mutiara Etam Coal (IUP)	546,20	OP	Palaran
2.	PT. Nuanscripta Coal Investemen (IUP)	2003,00	OP	Pararan

Comment [WU22]: Secara keseluruhan rancangan pengambilan sampel masih belum jelas. Mohon diperjelas

3.	PT. Insani Bara Perkasa (PKP2B)	946,60	OP	Palaran
4.	PT. Bukit Baiduri Energi (IUP)	3.081,00	OP	Sungai Kunjang
5.	PT. Cahaya Energi Mandiri (IUP)	1.680,35	OP	Samarinda Utara
6.	PT. Mahakam Sumber Jaya (PKP2B)	20.380,06	OP	Samarinda Utara
		28.637,21		

Comment [WU23]: Luas menapai ham, 29 ribu Ha. Apakah sdh mempertimbangkan waktu, tenaga, biaya dan lainnya ??

2. Rancangan Pengambilan Sampel

Didalam penelitian ini peneliti menggunakan teknik sampel *Non Probality Sampling*, karena peneliti dalam menetapkan sampel berdasarkan kebutuhan dari penelitian, yakni perusahaan pertambangan yang aktif memproduksi dengan luasan konsesi IUP atau PKP2B lebih dari 100 Ha. Karena perusahaan yang sudah tidak aktif ada kesulitan mengetahui lokasi serta menemui manajemen pekerjanya, sehingga hanya enam perusahaan yang dipilih dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Karena fokus penelitian terkait dengan pelaksanaan reklamasi dan pascatambang
2. Yang dijadikan sampel adalah perusahaan yang telah melakukan reklamasi dan telah menyusun Dokumen Rencana Pascatambang.
3. Memudahkan pengamatan.

Comment [WU24]: Artinya daftar perusahaan Tabel 1 memiliki dokumen dimaksud

Comment [WU25]: Tambahkan penjelasannya

C. Proses Pengumpulan Data

1. Jenis Pengumpulan data

a. Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah metode survey, dengan pendekatan deskriptif kualitatif (Prajitno, 2008) yaitu melalui eksploratif pengamatan dilapangan dan selanjutnya menganalisis data-data yang diperoleh dari lapangan untuk mendapatkan gambaran tentang pelaksanaan reklamasi lahan bekas tambang dan rencana pasca tambang yang dilakukan oleh perusahaan dengan melihat potensi yang mungkin bisa dikembangkan dalam mendukung tata kota Samarinda yang lebih baik , sesuai parameter yang harus dipenuhi masing-masing pilihan hirarki pelaksanaan reklamasi dan pascatambang.

b. Teknik Pengumpulan Data

Sesuai dengan metode yang digunakan maka teknik pengumpulan data meliputi pengambilan data primer dan data sekunder (Silalahi, 2015).

1) Data Primer

Data primer diperoleh langsung melalui pengamatan lapangan dan wawancara terhadap karyawan (Kepala Teknik Tambang) yang mengetahui langsung pelaksanaan reklamasi dan rencana pascatambang. Adapun pengamatan dilakukan di lapangan untuk mendapatkan data secara faktual mengenai keadaan reklamasi dan rencana pascatambang di setiap perusahaan yang menjadi obyek penelitian.

Comment [WU26]: Terkait Gb 1 Halaman 34 untuk kesesuaian komoditas yang dipilih dan lainnya yang memerlukan informasi data karakteristik lahan belu ada parameternya apa saja dan cara-cara mengabil data, menganalisis data dan menginterpretasi hasil analisisnya sehingga komoditas yang ditetapkan berhasil dgn baik.

Data tersebut adalah :

- a. Luas areal yang terganggu selama kegiatan pertambangan
- b. Luas areal yang telah direklamasi dan di revegetasi
- c. Jenis reklamasi yang dilakukan (kehutanan, pertanian, perkebunan, pemukiman, perkantoran, pergudangan, parawisata)
- d. Jumlah, luas dan jenis tanaman pionir yang telah ditanam
- e. Jumlah dan jenis tanaman sisipan
- f. Metode pengendali erosi dan sedimentasi yang dilakukan
- g. Rencana Pascatambang masing-masing areal bukaan

Comment [WU27]: Jelaskan bagaimana metodenya ?

Comment [WU28]: Seperti diatas

Comment [WU29]: Seperti diatas

Comment [WU30]: Seperti di atas

Comment [WU31]: Seperti di atas

2) Data Sekunder

Comment [WU32]: Dokumen ada di perusahaan atau di instansi terkait

Data sekunder diperoleh dari berbagai sumber berupa data yang dikumpulkan dari perusahaan yang menjadi obyek penelitian yakni :

- a) Dokumen Rencana Reklamasi, merupakan acuan dalam pelaksanaan reklamasi. Dokumen ini dipepergunakan oleh Peneliti untuk melihat pelaksanaan dilapangan apakah sudah sesuai rencana atau tidak.

- b) Dokumen Rencana Pascatambang, tujuan untuk melihat Rencana Pascatambang dan rencana implementasi dilapangan serta kesesuaiannya dengan potensi didaerah penambangan.
- c) Dokumen Studi Kelayakan (*Feasibility Study*) dan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL), tujuannya untuk melihat kondisi rona awal dan rencana rona akhir pada dokumen serta kesesuaiannya dengan Dokumen Rencana Reklamasi dan Rencana Pascatambang.
- d) Dokumen RTRW Kota Samarinda yang digunakan untuk melihat peruntukan lahan pada suatu areal kegiatan usaha pertambangan.
- e) Peta Rencana Reklamasi dan Rencana Pascatambang tujuannya untuk melihat Posisi/letak areal rencana Reklamasi dan Rencana Pascatambang.
- f) Peta RTRW Kota Samarinda yang akan dioverlay dengan peta rencana pascatambang untuk melihat sinkronisasi antara dokumen RPT dengan Dokumen RTRW.
- g) Hasil Analisa Kualitas Tanah Tujuan untuk melihat dan membandingkan dengan parameter yang harus

dipenuhi jika rekalamisnya dan pascatambangnya untuk peruntukan Kehutanan (RTH), Pertanian, Perkebunan.

h) Hasil Analisa Kualitas Air tujuan untuk melihat dan membandingkan dengan parameter yang harus dipenuhi jika kolam bekas tambangnya di Peruntukan Untuk Sumber Air Minum, Budi daya Perikanan, Irigasi, atau Parawisata.

i) Hasil Analisa Geoteknik, Litologi dan stratigrafi batuan, tujuannya untuk melihat dan membandingkan dengan parameter yang harus dipenuhi jika pascatambangnya di peruntukan untuk Pemukiman, perkantoran, perhotelan dan Sarana lainnya.

2. Pengembangan Instrumen Penelitian yang di gunakan dan Penerapannya dalam proses penelitian

Instrumen yang digunakan dalam pengumpulan data (Gunawan, 2016) pada penelitian ini adalah :

a. Wawancara bebas

Disini wawancara yang dilakukan berupa percakapan antara sipewawancara dengan responden. Jawaban yang disampaikan oleh responden direkam atau dicatat seperlunya.

b. Pengamatan

Comment [WU33]:

Sebutkan:

- > Instrumen yang dikembangkan oleh peneliti/kandidat Doktor
- > Instrumen mana yang mengacu ya ada

Pengumpulan data dengan cara pengamatan langsung dilapangan. Syarat pokok yang harus dipenuhi pada teknik pengamatan ini adalah **jelasnya kriteria yang akan diamati** serta konsistensi dalam menilai kriteria yang telah di tetapkan. Untuk menentukan tingkat keberhasilan pelaksanaan reklamasi dan rencana Pascatambang, maka diperlukan standar sesuai peraturan Keputusan Menteri ESDM nomor 1827 K/30/MEM/2018 lampiran VI Pedoman Pelaksanaan Reklamasi dan Pascatambang serta Pascaoperasi pada kegiatan usaha pertambangan Mineral dan Batubara dapat dilihat lampiran I.

Evaluasi penilaian keberhasilan kegiatan pascatambang belum dilakukan karena semua perusahaan yang menjadi obyek penelitian belum ada yang memasuki kegiatan pascatambang. Akan tetapi dokumen **Pascatambang yang dimiliki oleh perusahaan masing-masing di kaji oleh peneliti untuk melihat kesesuaiannya dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Samarinda** dengan melihat aspek potensi wilayah serta **daya dukung lingkungan** di areal masing-masing perusahaan, sesuai rumusan penelitian.

Sesuai dengan urutan kegiatan reklamasi lahan bekas tambang yakni ;

1) Revegetasi untuk Kehutanan

Reklamasi untuk kehutanan telah banyak dilakukan oleh perusahaan pertambangan batubara yang beroperasi di

Comment [WU34]:

Harus diketahui bahwa dokumen itu memiliki keterbatasan:

- Isinya berupa rencana dan perkiraan masih sangat mungkin terjadi perubahan
- Kajian alternatif pemanfaatan pascatambang yang mendasarkan pada dokumen rancangan pascatambang. Potensi kesalahan dan ketidaksesuaian masih besar terjadi.

Comment [WU35]: Uraikan metode menentukan daya dukung lingkungan

Kalimantan Timur, hal ini disebabkan karena sebagian perusahaan yang ada beroperasi pada Wilayah Budidaya Kehutanan (KBK) sehingga dalam pelaksanaan reklamasi harus di kembalikan pada KBK. Standar tanah yang baik untuk revegetasi Kehutanan adalah ;

- i. Kandungan tanah/debu < 65 %
- ii. Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) > 16 ?
- iii. Kejenuhan basa > 20 ?
- iv. Carbon = 1 %
- v. pH = >5
- vi. AL < 3 ml/100 gr = 60%
- vii. Fe < 700 ppm
- viii. Pyrite <15%
- ix. Ca : Mg > 3 : 1 (Setiadi Y, 2012)

2) Pertanian /lahan basah

Kelangkaan lahan pertanian secara umum menjadi permasalahan yang semakin sulit diatasi, seiring dengan laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, maka dengan pemanfaatan lahan bekas tambang untuk perluasan areal pertanian merupakan suatu peluang untuk memecahkan persoalan pangan dan lingkungan.

Dari aspek teknis, areal bekas penambangan dapat di alih fungsikan untuk peruntukan budidaya pertanian jika telah dilakukan

Comment [WU36]: Umumnya tanah Ultisols di Kota Samarinda KTK <16. Apakah usaha yg dilakukan merubah >16.

Comment [WU37]: Umumnya Ultisols, KTK <20 %. Apa usaha yang dilakukan shg >20% ?

Comment [WU38]: Umumnya Ultisols di Kalimantan pH <5. Apa usaha merubah pH ≥ 5, pengapuran ? berapa dosisnya ?

Comment [WU39]: Kriteria ini sulit terpenuhi untuk tanah Ultisols. Coba gunakan kriteria lain yg lebih cocok spt Djaenuidin, D dkk., 2011; Ritung, S dkk. (2011).

Comment [WU40]:
>Berapa potensi luasannya ?
>Mengacu RTRW Kota Smd

pemulihan kondisi lahan. Dari aspek kualitas tanah, kendala utama reklamasi lahan adalah rendahnya kandungan unsur hara dan bahan organik, toksitas unsur tertentu, kemampuan tanah dalam menyerap hara dan air, pH tanah dan sifat fisik tanah yang sangat buruk. Untuk mempercepat pemulihan tanah (fisik, kimia dan biologi), juga dapat digunakan bahan pembenah tanah atau *amelioran*, seperti bahan organik, kapur, tanah liat dan abu terbang. (Dariah, dkk, 2010).

Reklamasi lahan untuk peruntukan Pertanian secara umum kriteria adalah ;

1. Kadar air yang tinggi, bahkan biasanya harus tergenang air dan tidak boleh kering.
2. Memiliki tekstur tanah yang lunak dan berliat
3. Kondisi tanah subur

3) Perkebunan dan Peternakan

Pemanfaatan lahan bekas tambang seyogyanya mengarah kepada keberlanjutan perekonomian daerah dan masyarakat, dengan tidak mengabaikan fungsi lingkungan, diantaranya berupa polikultur perkebunan dan Kehutanan. Sebagai contoh, PT. Inco sekarang PT. Valle telah membuat plot contoh polikultur cokelat dan tanaman kehutanan lokal yang bernilai ekonomi tinggi. Dalam uji coba ini, 1 ha tanaman cover crop cukup untuk memberi pakan 10 ekor sapi pedaging dari jenis Brahman. Dalam jangka pendek dihasilkan daging sapi potong, dan kotoran sapi yang dapat dimanfaatkan sebagai

Comment [WU41]: Pada kondisi bgm ini diaplikasikan ?

Comment [WU42]: Acuan pustaka ?

Comment [WU43]: Tekstur lunak tidak ada, mungkin maksudnya struktur tanah...yang lunak

Comment [WU44]: Untuk tanah di Samarinda dan Kalimantan umumnya, tanah alami yang subur hampir tdk ada. Jadi harus ada usaha untuk menyuburkan tanah.

Comment [WU45]:

- Berapa potensi luasannya (Ha) ?
- Mengacu RTRW Kota Smd
- Meperhatikan sifat fisik dan kimia tanah
- Tanah yang sudah ditaburi tanah pucuk tahap awal ditanami dgn tanaman cepat tumbuh (LCC, Sengon Trambesi, dll). Beberapa thn kemudian baru memungkinkan tanaman pertanian dpt tumbuh.
- Peternakan harus memperhatikan kecukupan pakan dan kualitas pakan

pupuk tanaman coklat. Dalam jangka menengah yakni 3-4 tahun dari hasil tanaman coklat dapat dipanen dan dalam jangka panjang hasil dari kayu tanaman kehutanan yang bernilai ekonomi tinggi yang ditanam disela-sela tanaman coklat tadi, juga dapat dinikmati (Dariah dkk, 2010).

Standar tanah yang baik untuk revegetasi Perkebunan adalah sama dengan standar tanah untuk Kehutanan, yang membedakan adalah pemilihan jenis tanaman yang lebih cocok dengan kondisi kualitas tanah.

Comment [WU46]: Tanah sbg media tanam ditempat yang sama hanya satu Ordo atau golongan utama, yg beda adalah penggunaannya. Karenanya standar penggunaan untuk perkebunan dan kehutanan sama.

4) Pemukiman, perkantoran dan Industri pergudangan.

Pesatnya pembangunan Nasional pada hakekatnya adalah pembangunan manusia Indonesia seutuhnya yang meliputi : Pembangunan Pemukiman yang layak, sehat, aman serta teratur yang merupakan kebutuhan dasar manusia dan factor penting dalam peningkatan harkat, martabat, mutu kehidupan serta kesejahteraan. (UU Nomor 4 tahun 1992 tentang Perumahan dan Pemukiman).

Pembangunan Pemukiman merupakan kegiatan yang mendominasi penggunaan lahan baik di Kota maupun dipinggira kota. Pembangunan pemukiman yang tidak tertata rapi akan mengakibatkan kota semakin semrawut (Siagian, 2015).

Berkaitan dengan hal tersebut diatas maka pemanfaatan lahan pascatambang untuk pembangunan pemukiman sangat

memungkinkan. Terlebih lagi kegiatan operasi pertambangan di kota Samarinda memang sangat berdekatan dengan pemukiman.

Hal yang perlu diwaspadai dalam pemanfaatan lahan pascatambang untuk pemukiman adalah penentuan lokasi yang cocok pemukiman, mengingat adanya potensi lonsorana pada lereng yang tidak stabil, karena pembangunan perluasan pemukiman tidak semestinya menambah wilayah rawan bahaya bencana (Pemkot Samarinda, 2014).

Kriteria lahan untuk pemukiman meliputi beberapa variable antara lain; kemiringan lereng, jenis tanah, gerakan tanah serta jarak dengan jalan utama. Siagian dkk dalam penelitiannya telah membagi variable tersebut dengan kriteria masing-masing antara lain:

Table 2. Kriteria Lereng untuk Pemukiman

Kemiringan Lereng	Kelas	Besar Sudut (%)	Skor
Datar	Sangat Baik	< 2	5
Landai	Baik	2 - 8	4
Bergelombang	Sedang	9 - 30	3
Agak Curam	Jelek	30 - 50	2
Curam	Sangat jelek	>50%	1

Kriteria jenis tanah untuk pemanfaatan sebagai kawasan pemukiman dapat dilihat pada tabel 4.

Table 3. Kriteria jenis tanah untuk Pemukiman

Kelas	Jenis tanah	Klasifikasi	Skor
I	Aluvial, Cley, Planosol, Hidromof kelabu, laterik	Tidak Peka	75
II	Latosol	Kurang Peka	60

III	Brown forest soil, noncalitic brown, mediteran	Agak Peka	45
IV	Andosol, laterik, Grumosol, podsol, podsolic	Peka	30
V	Regosol, latosol, organosol, Renzima	Sangat Peka	15

Kriteria gerakan tanah sebagai salah satu indikator ideal atau tidaknya suatu wilayah areal lahan untuk pemanfaatan sebagai pemukiman dapat dilihat pada tabel 5.

Table 4. Kriteria Gerakan Tanah untuk Pemukiman

Kelas	Klasifikasi	Skor
Sangat Baik	Sangat Rendah	5
Baik	Rendah	4
Sedang	Menengah	3
Jelek	Tinggi	2
Sangat Jelek	Sanagat Tinggi	1

Kriteria jarak dari jalan utama dalam pemanfaatannya menjadi kawasan pemukiman dapat dilihat pada tabel 6.

Table 5. Kriteria Jarak lokasi rencana pemukiman dengan jalan utama

Kelas	Klasifikasi	Skor
0 – 1 Km	Sangat Sesuai	4
1 – 3 Km	Sesuai	3
3 – 5 Km	Kurang Sesuai	2
>5 Km	Tidak Sesuai	1

Kriteria untuk Perkantoran, industri dan pergudangan untuk kondisi tanah sama dengan kriteria pemukiman, yang membedakan adalah kriteria nilai ekonomisnya.

5) Pariwisata

Pemanfaatan lahan bekas tambang untuk pengembangan sektor pariwisata telah banyak dilakukan oleh perusahaan pertambangan termasuk perusahaan yang beroperasi di Kalimantan Timur. Menurut Sasongko dan Agung Wijaksono yang dikutip dari Jordan Adha, 2010 lahan bekas tambang bisa lebih efisien dimanfaatkan sebagai pariwisata dan juga sebagai penyeimbang karena lahan bekas tambang berada pada kawasan industri yang ada disekitarnya (Salim, 2019). Namun pertanyaannya adalah Pariwisata jenis apa cocok untuk kawasan lahan bekas tambang, mengingat jenis pariwisata cukup banyak yakni : kolam renang, taman rekreasi, danau buatan, resort, pusat perbelanjaan, arena ice skating, pantai buatan dan Museum.

6) Kolam (budidaya perikanan, bahan baku PDAM, Irigasi, dll)

Seperti disebutkan pada Bab Pendahuluan bahwa kegiatan tambang dengan sistem tambang terbuka, sangat sulit untuk tidak meninggalkan kolam bekas tambang pada akhir penambangannya. Hal ini disebabkan karena *material balance* tidak mencukupi untuk dilakukan penutupan. Apalagi lubang bekas galian tambang sering diminta oleh masyarakat lokal dengan berbagai keperluan; penampungan air, irigasi pertanian, budidaya ikan dalam keramba (*fish cage*) dan lain-lain.

Dari hasil penelitian (Maidie et al., 2016) menyimpulkan bahwa usaha budidaya ikan dapat di kembangkan pada kolam-kolam bekas

tambang batubara yang kualitas airnya telah dikelola sebelumnya, dengan jenis ikan repan (*B. schwanenfeldi*), puyau (*O. kappenii*), pepuyu (*A. testudineus*) dan udang galah (*M. rosenbergii*) ataupun ikan introduksi yaitu ikan mas (*C. Carpio*). Ikan-ikan produk dari kolam bekas tambang batubara ini cukup aman untuk dikonsumsi.

Parameter air yang harus dipenuhi untuk budidaya perikanan antara lain adalah ; suhu, TSS (*Total Suspended Solid*), Kekeruhan, pH, Ammonia (NH₃), Nitrat (NO₃), Nitrit (NO₂), Fosfat dan H₂S. Baku mutu untuk parameter ini dapat dilihat pada PERDA Kaltim No. 02 tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air (Nastiti *et al.*, 2018).

Pemanfaatan kolam bekas tambang untuk bahan baku air PDAM telah dilakukan di beberapa perusahaan pertambangan di Kalimantan Timur. Kualitas air dari kolam bekas tambang bisa saja lebih baik dari kualitas air sungai, asalkan air kolam bekas tambang sebelumnya telah dilakukan pengujian toksitas. Hal ini disebabkan karena pada air sungai sumber potensi pencemarnya lebih beragam dan cukup banyak.

D. Teknik Analisis Data

Pelaksanaan reklamasi lahan bekas tambang dan rencana pascatambang sesuai dengan dokumen yang telah disetujui pada masing-masing perusahaan yang menjadi obyek penelitian dikumpulkan untuk dianalisis melalui tiga tahapan model alir (*Interactive*

Comment [WU47]: Gunakan standar yang dikeluarkan kementerian

Comment [WU48]: Uraikan cara teknik analisis data. Hal ini sangat penting untuk menjawab tujuan-tujuan yang ditetapkan

Model of Analysis) yang dikembangkan oleh Miles dan Huberman (1992:15). Teknik tersebut menyatakan bahwa ada tiga komponen analisis data kualitatif yaitu ; data *reduction*, data *display* dan *conclusion drawing/verification*.

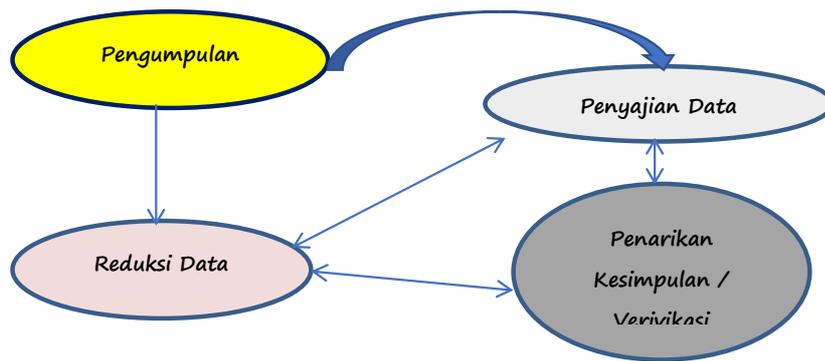


Figure 7. Komponen Analisis Data Model Interaktif (Interactive Model)

Sumber : Miles dan Huberman, (Miles & Huberman, 1992)

Pengumpulan data, dalam hal ini peneliti melakukan pengumpulan data awal atau data mentah. Analisa dalam penelitian ini dilakukan pada saat pengumpulan berlangsung.

1. Data *Reduction* adalah proses memilih, memfokuskan, menyederhanakan, membuat abstraksi, dan mengubah data mentah yang telah dikumpulkan kedalam catatan hasil lapangan yang telah diperiksa. Dalam tahap reduction ini merupakan tahap-tahap memisahkan, memusatkan, membuang dan mengorganisasikan data sedemikian rupa sehingga dapat ditarik kesimpulan dan dapat dibuktikan.

2. Data Display, (penyajian data) yaitu menyusun informasi sehingga memungkinkan penarikan kesimpulan dan pengambilan data.
3. Concluction Drawing Verification adalah meliputi pemberian makna dari data yang disederhanakan dan disajikan, yaitu dengan mencatat keteraturan pola-pola konfigurasi yang mungkin dapat dijadikan bahan pembuktian sekaligus untuk penarikan kesimpulan sehingga dapat diketahui tingkat rasional dan validitasnya.

Dengan demikian hasil penelitian ini yang peneliti maksudkan berupa uraian-uraian naratif mengenai evaluasi pelaksanaan reklamasi lahan bekas tambang dan rencana pascatambang perusahaan pertambangan yang beroperasi di Samarinda serta alternative pemanfaatannya terkait dengan Rencana Tata Ruang Wilayah dengan mempertimbangkan aspek potensi wilayah dan daya dukung lingkungan diareal masing-masing perusahaan dimana beroperasi.

Comment [WU49]: Uraikan metode untuk menentukan DDL

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, H.J. (2015 B.C.E.). Sistem pembangunan berkelanjutan terhadap tata kelola pertambangan.
- Adha, D. Jordan, Hidayati, Agustina N., & Subagyo, W. H. W. (2013). Arahan Pemanfaatan Lahan Pasca Tambang Pasir Di Desa Besuk Kecamatan Tempeh Kabupaten Lumajang. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Annisa, A. 2017. Reklamasi Lahan Pasca Tambang Di Desa Bukit Mulia Dan Sumber Jaya Pt Akbar Mitra Jaya Kecamatan Kintap Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(2), 70–81. <https://doi.org/10.20527/jukung.v3i2.4032>
- Arafat, Y. 2008. Reduksi Beban Aliran Drainase Permukaan Menggunakan Sumur Resapan. *Jurnal SMARTek*, 6(3), 145–153.
- Bahri, S. (2015). *Eksplorasi Mineral Mangan Menggunakan Metode Polarisasi Terinduksi Di Daerah*.
- Daria, Abdurachman, A. Subardja, D. (2010). Reclamation of Ex-Mining Land for Agricultural Extensification. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 4(01), 1–12. <https://doi.org/10.2017/jsdl.v4n01.2010>.
- Dariah, A., Rachman, A., & Kurnia, U. (2002). *Erosi Dan Degradasi Lahan*

Kering Di Indonesia. 1–8.

- Davidman, S. (2017). Kajian Pemanfaatan Lubang Bekas Tambang (Void) Sebagai Bentuk Resolusi Konflik Rona Akhir Tambang. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 287. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Farida Nugrahani. (2014). Metode Penelitian Kualitatif dalam Penelitian Pendidikan Bahasa. In *buku* (Vol. 1, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.758>
- Fertrisnanda, F., Hadi, A. D. P., Kawasan, A., Genuk, I., & Semarang, K. (2012). *Pengaruh Saluran Drainase Terhadap Pencemaran Lingkungan Permukiman Di Sekitar Kawasan Industri Genuk Kota Semarang.* 1(1), 56–65.
- Gunawan, I. (2016). Kualitatif Penelitian. *Pendidikan*, 27.
- Hasanah, J. (2017). Pengaruh pengungkapan biaya lingkungan sesuai Psak 33 dan peraturan pemerintah nomor 78 tahun 2010 terhadap kinerja keuangan (Studi pada Perusahaan Pertambangan yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia Periode 2013 – 2015). □, □(5), 5.
- Hasmawaty, A. (2002). *Pengetahuan lingkungan air, udar, tanah.*
- Hermawan, B. (2011). Peningkatan Kualitas Lahan Bekas Tambang melalui Revegetasi dan Kesesuaiannya Sebagai Lahan Pertanian Tanaman Pangan. *Pengendalian Alih Fungsi Lahan Pertanian.*
- Hidayat, W., Rustiadi, E., & Kartodihardjo, H. (2015). Dampak Pertambangan Terhadap Perubahan Penggunaan Lahan dan

- Kesesuaian Peruntukan Ruang (Studi Kasus Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan). *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 26(2), 130–146. <https://doi.org/10.5614/jpwk.2015.26.2.5>
- Indonesia, U.U. RI. (2007). Undang-Undang republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang. *Ятыатат, вы12у(235)*, 245.
- lordache, M. V., & Antsaklis, P. J. (2006). Supervisory control of concurrent systems: A petri net structural approach. In *Systems and Control: Foundations and Applications* (Issue 9780817643577).
- Kementerian Sekretaris Negara. (2010). *Reklamasi dan Pascatambang. komnas-ham-masih-temukan-bekas-tambang-dekat-permukiman-di-samarinda*. (n.d.).
- Kotijah, S. (2012). Pengaturan Hukum Pengelolaan Pertambangan Batubara Secara Berkelanjutan Di Kota Samarinda. *Yuridika*, 27(1), 47–60. <https://doi.org/10.20473/ydk.v27i1.287>
- Kubangun, S. H., Haridjaja, O., & Gandasasmita, K. (2016). Model Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan Untuk Identifikasi Lahan Kritis Di Kabupaten Bogor, Kabupaten Cianjur, Dan Kabupaten Sukabumi. *Majalah Ilmiah Globe*, 18(1), 21. <https://doi.org/10.24895/mig.2016.18-1.391>
- Luo, B., Zhang, J., & Li, Z. (2019). Service Risk Evaluation of the General Contract for Coal Mine Production and Operation: Case Study at Shendong Jinjie Coal Mine in China. *Mathematical Problems in*

Engineering, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/7845756>

- Maidie, A., Udayana, D., Isriansyah, I., Almady, I. F., Susanto, A., Sukarti, K., Sulistiawaty, S., Manege, I., & Tular, E. (2016). Pemanfaatan Kolam Pengendap Tambang Batubara Untuk Budidaya Ikan Lokal Dalam Keramba. *Jurnal Riset Akuakultur*, 5(3), 437. <https://doi.org/10.15578/jra.5.3.2010.437-448>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1992). Analisis Data Kualitatif. Terjemahan Tjetjep Rohendi Rohidi. *Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia*.
- Munir, M., & Setyowati, R. D. N. S. (2017a). Kajian Reklamasi Lahan Pasca Tambang di Jambi, Bangka, dan Kalimantan Selatan. *Klorofil*.
- Munir, M., & Setyowati, R. D. N. S. (2017b). Kajian Reklamasi Lahan Pasca Tambang di Jambi, Bangka, dan Kalimantan Selatan. *Klorofil*, 1(1), 11–16.
- Nastiti, A. S., Hartati, S. T., & Nugraha, B. (2018). Analisis Degradasi Lingkungan Perairan Dan Keterkaitannya Dengan Kematian Massal Ikan Budidaya Di Waduk Cirata, Jawa Barat. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 10(2), 83. <https://doi.org/10.15578/bawal.10.2.2018.83-93>
- Nazaruddin Latif. (2017). Tinjauan Yuridis tentang Kewenangan Pemerintah provinsi dalam Penerbitan Izin Usaha Pertambangan Barubara. *2076-Article Text-3734-1-10-20180111*, 2(2), 149–166.

- Pemerintah Kota Samarinda. (2014). *Peraturan Daerah Kota Samarinda Tentang Tata Ruang Wilayah Kota Samarinda*.
- Pemerintah, P. (2010). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 78 tahun 2010 tentang reklamasi dan pascatambang. *Jakarta (ID): Sekretariat Negara Republik Indonesia*.
- Prajitno, S. B. (2008). Pengetahuan, metode ilmiah, dan teori. *Jurnal Penelitian Publik*, 1–29.
- Rahim, S. E. (2012). *Pengendalian erosi tanah: Dalam rangka pelestarian lingkungan hidup*. Pt Bumi Aksara.
- Riswan, R., Harun, U., & Irsan, C. (2015). Keragaman Flora Di Lahan Reklamasi Pasca Tambang Batubara Pt Ba Sumatera Selatan(Flora Diversity at Post-Coal Mining Reclamation in the PT BA South Sumatera). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 22(2), 160. <https://doi.org/10.22146/jml.18738>
- Salim. (2019). Hukum Pertambangan di Indonesia. In *Statistical Field Theor* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Sanjaya, D. (2019). *Perusakan lingkungan hidup oleh pt. Atlasindo utama dalam kegiatan pengelolaan tambang batu andesit di kabupaten karawang dihubungkan dengan undang-undang nomor 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup*. Fakultas Hukum Universitas Pasundan.
- Sarminah, S., Kristianto, D., & Syafrudin, M. (2018). Analisis Tingkat

- Bahaya Erosi Pada Kawasan Reklamasi Tambang Batu Bara Pt Jembayan Muarabara Kalimantan Timur. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 1(2), 154–162. <https://doi.org/10.32522/u-jht.v1i2.793>
- Silalahi, U. (2015). Metode Penelitian Sosial Kuantitatif. *Journal of Visual Languages & Computing*, 11(3), 287–301.
- Sleeter, B. M., Sohl, T. L., Bouchard, M. A., Reker, R. R., Soulard, C. E., Acevedo, W., Griffith, G. E., Sleeter, R. R., Auch, R. F., Saylor, K. L., Prisley, S., & Zhu, Z. (2012). Scenarios of land use and land cover change in the conterminous United States: Utilizing the special report on emission scenarios at ecoregional scales. *Global Environmental Change*, 22(4), 896–914. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.03.008>
- Subowo, G. (2013). Penambangan Sistem Terbuka Ramah Lingkungan dan Upaya Reklamasi Pasca tambang untuk Memperbaiki Kualitas Sumber Lahan dan Hayati Tanah. *Imago Temporis - Medium Aevum*, 7, 499–537. <https://doi.org/10.21001/imagotemporis.v0i0.292993>
- Sucy, D. (2019). *Penataan Ulang Sistem Pengawasan Reklamasi Dan Pasca Tambang Menurut Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral Dan Batubara*. Universitas Andalas.
- Sudrajat, N. (2018). *Teori dan praktik pertambangan Indonesia*. Media Pressindo.

- Suharsimi, A. (2006). *Prosedur penelitian suatu pendekatan praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sukamto Satoto, B. J. N. (2019). Kewenangan Pemerintah Daerah Dalam Pengelolaan Pertambangan Mineral dan Batubara Untuk Tata Kelola Pemerintahan Yang Baik Sukamto. *Jurnal Sains Sosio Huaniora Volume 3 Nomor 1 Juni 2019 P-ISSN: 2580-1244 E-ISSN: 2580-2305, 53(9), 1689–1699*.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Sumardiyono, E. (2007). *Evaluasi pelaksanaan Community Developmwn Dalam Perolehan Prperti Hijau (Studi Kasus di PT . Pupuk Kaltim Bontang)*. 130.
- Thamrin, & Raden, I. (2018). Reklamasi Lahan Pasca Tambang Batubara Menjadi Lahan Produktif di Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Magrobis*.
- Tim Kajian Tambang LIPI. (2010). *Strategi Pengembangan Wilayah Pertambangan Rakyat di Kabupaten Bombana Sulawesi Tenggara*.
- Undang- Undang Republik Indonesia, N. 4. (2009). *Pertambangan Mineral Dan Batubara. Uu No 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Dan Batubara, 4*.
- Utamakno, L., & Prasetyo, C. D. (2017). *Perencanaan reklamasi yang baik untuk terciptanya lahan bekas tambang yang produktif*. 1–6.
- Veldkamp, A., & Verburg, P. H. (2004). Modelling land use change and environmental impact. *Journal of Environmental Management*,

72(1-2), 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.04.004>

Wijoyo, S. (2017). Tata Kelola Pertambangan dalam Kerangka Indonesia Incorporated untuk Mewujudkan Negara Kesejahteraan. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.38011/jhli.v4i1.47>

Lampiran I

Kriteria Keberhasilan Reklamasi Tahap Operasi Produksi

No	Kegiatan Reklamasi	Obyek Kegiatan	Parameter	Rencana	Realisasi/hasil penilaian	Standar Keberhasilan	Hasil Evaluasi
1	Penatagunaan lahan	Penataan Lahan	a. Luas area yang ditata	.....Ha	.....Ha	Sesuai dengan Rencana	
			b. Stabilitas timbunan			Tidak ada longsoran	
		Penimbunan Kembali lahan bekas tambang	a. Luas area yang ditimbun	.....Ha	.....Ha	Sesuai atau melebihi rencana	
			b. Stabilitas Timbunan			Tidak ada longsoran	
		Penebaran tanah zona pengakaran	a. Luas area yang ditebar	.....Ha	.....Ha	<ul style="list-style-type: none"> • Baik (>75% dari luas keseluruhan areal bekas tambang. • Sedang (50%-75%) dari luas keseluruhan areal bekas tambang 	
			b. pH Tanah			<ul style="list-style-type: none"> • Baik (5=6) • Baik (4,5=<5) 	
		Pengendalian Erosi dan Sedimentasi	a. Saluran drainase			Tidak terjadi erosi dan sedimentasi aktif pada lahan yang sudah ditata	
			b. Bangunan Pengendalian erosi			Tidak Terjadi alur-alur erosi	

No	Kegiatan Reklamasi	Obyek Kegiatan	Parameter	Rencana	Realisasi/hasil penilaian	Standar Keberhasilan	Hasil Evaluasi
2	Revegetasi	Penanaman	a. Luas area penanaman	.....Ha	.....Ha	Sesuai dengan rencana	
			b. Pertumbuhan tanaman 1. Tanaman penutup (cover crop) 2. Tanaman cepat tumbuh 3. Tanaman lokal	.....Ha	.....Ha	<ul style="list-style-type: none"> • Baik (rasio tumbuh > 80%) • Sedang (rasio tumbuh 60-80%) 	
		Pengelolaan Material Pembangkit Air Asam Tambang	a. Pengelolaan Material			Sesuai dengan rencana	
			b. Bangunan Pengendalian erosi			Tidak terjadi alur- alur erosi	
			c. Kolam Pengendapan Sedimen			Kualitas air keluaran memenuhi Baku Mutu Lingkungan	
3.	Penyelesaian Akhir	Penutupan Tajuk				≥ 80%	
		Pemeliharaan	a. Pemupukan			Sesuai dengan dosis yang dibutuhkan	
			b. Pengendalian Gulma			Pengendalian berdasarkan hasil analisis	
			c. Penyulaman			Sesuai dengan jumlah tanaman yang mati	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS MULAWARMAN

PASCASARJANA
PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
Jl.Sambaliung, Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119

HASIL SEMINAR PROPOSAL RISET DISERTASI

Nama / NIM : Andi Luthfi / 1912019004
Program Studi : Doktor Ilmu Lingkungan
Hari / tanggal Seminar : Sabtu / 07 Nopember 2020
Judul Proposal Disertasi : **Alternatif Pemanfaatan Lahan Pascatambang pada Kegiatan Pertambangan di Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur**

No.	Kriteria Penilaian	Nilai*	Bobot (%)	Nilai x Bobot
1	Kesesuaian Judul dengan Isi Proposal	80	5	4
2	Ketajaman dan Kedalaman Latar Belakang	75	10	7,5
3	Ketepatan Tujuan	80	10	8,0
4	Kedalaman dan Kemutakhiran Tinjauan Pustaka	80	15	12
5	Ketepatan dan Kemutakhiran Metode	70	20	14
6	Penguasaan materi proposal	85	40	34
Total Nilai				79.5

Samarinda, 07 Nopember 2020
Penguji III,

(Dr. Ir. Surya Darma, M.Si)
NIP. 196005031988031005

Keterangan :

Promotor : 30%
Co-Promotor : 25% (masing-masing 12,5%)
Penguji : 45% (masing-masing 15%)
(*) Nilai : 0 - 100

**PERBAIKAN /TANGGAPAN ATAS SARAN DAN KOREKSI PADA SEMINAR KEMAJUAN I YANG
DILAKSANAKAN SECARA ONLINE PADA TANGGAL, 8 FEBRUARI 2021 DI SAMARINDA**

II. Dr. Ir. Surya Darma, M.Si

No.	SARAN & KOREKSI	TANGGAPAN/PERBAIKAN	HAL
1.	Luas IUP jika dijumlahkan 26.000 ha	Total luas IUP dari 4 perusahaan adalah ; 27.010,1 ha (PT. MEC=546,20 ha PT. NCI = 2003 ha PT. BBE = 4081 ha dan PT. MSJ = 20.380 ha) Dari luas tersebut tidak semua menjadi obyek penelitian tapi hanya areal terganggu/bukaan Yakni pada PT. MEC seluas 91,15 ha, PT. NCI seluas 295,47 ha dan BBE dan MSJ hanya masuk wilayah Kota Samarinda namun data luas bukaan untuk PT. BBE dan PT. MSJ belum diperoleh)	17 - 29
2.	RTRW kota Samarinda	RTRW Kota Samarinda Nomor 2 tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Samarinda tahun 2014-2034, namun Rencana detail Tata Ruang Kota dalam bentuk peta zonasi/blok belum diperoleh karena penelitian/pengambilan data pada Pemkot Samarinda (Bappeda) belum dilakukan karena banyak pegawai yang terkonfirmasi positif covid 19 sehingga data yang diperoleh baru dari 2 perusahaan yakni PT. MEC dan PT. NCI	12
3	Lahan terganggu dan tidak terganggu	Hanya lahan terganggu yang menjadi obyek penelitian sementara lahan tidak terganggu tidak karena dalam dokumen PRT lahan tidak terganggu tidak direncanakan penggunaan dan pemanfaatannya.	19-30
3	Hasil Analisa tanah dan air pada Rona Awal	Hasil Analisa tanah dan air pada rona Awal hanya dijadikan pembanding sedangkan data yang digunakan adalah data terbaru hasil Analisa tanah dan air terakhir dari laboratorium terakreditasi (KAN) yang merupakan permintaan dari Peneliti.	35
4	Peta Kontur	Peta topografi tidak dicantumkan mengingat rumusan masalah yang cukup	31

		luas dan mencakup 4 perusahaan. Elevasi ketinggian apada masing-masing areal reklamasi akan tetap dinarasikan pada disertasi.	
5	Kriteriaa lahan untuk areal Kehutanan	<p>Kriteria lahan untuk Kehutanan masih menggunakan standar dasar seperti yang diperoleh pada diklat reklamasi tambang yang di berikan oleh Dr. Yadi setiadi (IPB), penelirtian ini belum sampai ke tingkat produktifitas seperti pada Pedoman Penilaian kesesuaian lahan untuk komoditas Pertanian Strategis.</p> <p>Revegetasi untuk Kehutanan adalah :</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Kandungan tanah/debu < 65 % ii. Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) > 16 iii. Kejenuhan basa > 20 iv. Carbon = 1 % v. pH = >5 vi. AL < 3 ml/100 gr = 60% vii. Fe < 700 ppm viii. Pyrite <15% ix. Ca : Mg > 3 : 1 (Setiadi Y, 2012) 	7



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS MULAWARMAN

PASCASARJANA
PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
Jl.Sambaliung, Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119

HASIL SEMINAR KEMAJUAN RISET DISERTASI

Nama / NIM : Andi Luthfi / 1912019004
Program Studi : Doktor Ilmu Lingkungan
Seminar Kemajuan Riset :
Hari / tanggal Seminar : Senin / 8 Februari 2021
Judul Riset Disertasi : "ALTERNATIF PEMANFAATAN LAHAN
PASCATAMBANG PADA KEGIATAN PERTAMBANGAN BATUBARA DI KOTA
SAMARINDA KALIMANTAN TIMUR"

No.	Kriteria Penilaian	Nilai	Bobot (%)	Nilai x Bobot
1	Analisis Data	70	20	14,0
2	Penyajian Data	80	10	8,0
3	Pembahasan	80	15	12,0
4	Capaian Hasil	70	15	10,5
5	Penguasaan Materi Presentasi	75	40	30,0
Total Nilai				74,5

Samarinda, 8 Februari 2021

Penguji,

(Dr. Ir. Surya Darma, M.Si)
NIP. 19600503 198803 1005

Keterangan :

Promotor : 30%
Co-Promotor : 25% (masing-masing 12,5%)
Penguji : 45% (masing-masing 15%)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS MULAWARMAN

PASCASARJANA

PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN

Jl.Sambaliung, Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119

FORM G

LAPORAN KEMAJUAN RISET DISERTASI

Laporan Kemajuan Riset Disertasi (I / II / III)

Nama : Andi Luthfi

NIM : 1912019004

Promotor : Prof. Dr. Ir. Marlon Ivanhoe Aipassa, M. Agr

Co-Promotor : Prof. Dr. Ir. H. Wawan Kustiawan, M. Agr, SC
Dr. Ir. Ibrahim, MP

Penguji : Prof. Dr. H. Harihanto, M.S
Ali Suhardiman, S.Hut, MP, Ph.D
Dr. Ir. Surya Darma, M.Si

Judul (*maksimal 30 kata*)

Alternatif Pemanfaatan Lahan Pascatambang Pada Kegiatan Pertambangan Batubara di Kota samarinda Kalimantan Timur

Pendahuluan (*berisi latar belakang, tujuan dan manfaat; maksimal 700 kata*)

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kota Samarinda merupakan Ibukota Provinsi Kalimantan Timur sebagai salah satu kota di Indonesia, di mana terdapat usaha pertambangan batubara yang cukup banyak. Di Kota ini pernah menerbitkan Izin Usaha Pertambangan (IUP) batubara sebanyak 63 izin, 38 yang dinyatakan bersih tanpa masalah (*Clear and Clean /CnC*) dan 15 di antaranya sampai saat ini masih aktif. Di samping itu terdapat 4 (empat) perusahaan pertambangan batubara dengan izin Perjanjian Kerjasama Perusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) yang Kontrak Kerjasamanya ditandatangani oleh Pemerintah Pusat (Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Kalimantan Timur, 2020)

Penambangan dilakukan dengan sistem terbuka, sehingga secara teknis kemungkinan ada sisa lubang bekas tambang (*void*) yang tidak bisa ditimbun kembali (*backfilling*). Ini terbukti oleh beberapa perusahaan yang beroperasi di Kota Samarinda telah menyisakan beberapa kolam (*void*) yang dibiarkan terbuka tanpa

Nama/NIM: _____ / _____

ditimbun kembali. Selain tidak ditimbun kembali, lubang bekas tambang tersebut juga tidak beri pengaman, sehingga membahayakan, khususnya bagi anak-anak, karena lokasinya di wilayah kota.

Akibat banyaknya usaha pertambangan batubara seperti tersebut diatas menyebabkan terjadinya kasus antara lain: (1) Banjir menyebabkan beberapa rumah terendam, (2) Longsor mengakibatkan jalan terputus dan beberapa rumah rusak. (3) Kejadian yang paling populer sebagaimana beberapa kali menjadi berita *headline* pada koran lokal Kaltim, media cetak nasional maupun media elektronik adalah kasus tenggelamnya beberapa anak-anak pada kolam bekas tambang. Kejadian ini terjadi berulang kali sehingga sampai akhir tahun 2020 korban mencapai \pm 12 orang. (Anon n.d.). Sedangkan kegiatan Pascatambang yang dilakukan di Kota Samarinda belum terlihat hasilnya meskipun beberapa perusahaan yang pernah beroperasi telah mengakhiri kegiatan penambangan. Sebagian diantaranya telah meninggalkan kolam bekas tambang yang tidak direklamasi. Hal ini, berimplikasi timbulnya persepsi negative masyarakat pada kegiatan usaha pertambangan batubara yang berlangsung di wilayah Kota Samarinda

Mengingat adanya beberapa perusahaan pertambangan batubara di wilayah Kota Samarinda yang menyisakan lubang bekas tambang seperti yang disebut diatas, maka diperlukan kajian mengenai alternative penggunaan lahan bekas tambang. Kajian tersebut dimaksudkan untuk melihat potensi dan daya dukung lingkungan yang tepat sehingga pemilihan pemanfaatan lahan pascatambang dapat bermanfaat dan produktif. Pemanfaatan lahan pascatambang adalah modifikasi yang dilakukan oleh manusia terhadap lingkungan hidup menjadi lingkungan yang terbangun seperti industri, pertanian, pemukiman, pariwisata dan segala aktivitas yang mendukung keberlanjutan kehidupan manusia (Munir and Setyowati 2017).

Didalam implementasinya pemanfaatan lahan bekas tambang tersebut dapat mengubah lahan bekas tambang menjadi lebih produktif dari sebelumnya. Progres pembangunan berkelanjutan dapat memberikan hasil yang optimal juga mendukung kemajuan peradaban masyarakat (Thamrin and Raden 2018; Asr *et al.* 2019; Moomen *et al.* 2019)

Menurut survei awal yang dilakukan pada awal tahun 2020, pelaksanaan dan penyusunan Dokumen Rencana Pascatambang oleh Perusahaan Pertambangan di Kota Samarinda baik perusahaan IUP maupun Perusahaan PKP2B ditemukan anatara lain: 1). adanya ketidak sinkronan dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Samarinda, 2). Adanya penyimpangan pelaksanaan reklamasi yang tidak sesuai dengan dokumen Rencana Pascatambang,3). Belum adanya kajian alternatif pemanfaatan lahan yang disesuaikan dengan potensi wilayah dan daya dukung lingkungan, 4). Belum mempertimbangkan aspek Potensi Pengembangan wilayah di areal di mana perusahaan pertambangan beroperasi.

Dari penelitian ini diharapkan adanya paradigma baru dan arah pelaksanaan pascatambang yang efektif, sehingga terwujud pembangunan tata kota Samarinda yang lebih baik, ramah lingkungan, berkelanjutan, produktif, dan tetap mensejahterakan seluruh rakyat Indonesia khususnya rakyat Kota samarinda.

Nama/NIM: _____ / _____

B. Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan yang diperoleh dari uraian pada latar belakang adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah sinkronisasi antara dokumen Rencana Pascatambang dengan dokumen RTRW Kota Samarinda?
2. Apakah pelaksanaan reklamasi lahan bekas tambang oleh perusahaan di Kota Samarinda saat ini sudah sesuai Rencana Pascatambang?
3. Apakah alternatif pemanfaatan lahan bekas tambang sudah sesuai dengan potensi dan daya dukung lingkungan.

C. Tujuan Penelitian

1. Mengkaji sinkronisasi dokumen Rencana Pascatambang dengan dokumen RTRW Kota samarinda.
2. Mengkaji kemajuan pelaksanaan reklamasi yang dilakukan saat ini dalam kaitannya dengan dokumen Rencana Pascatambang.
3. Untuk mengidentifikasi alternatif pemanfaatan lahan bekas tambang dari sisi potensi dan daya dukung lingkungan untuk mendukung pengembangan Wilayah Kota Samarinda.

D. Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian akan bermanfaat menjadi atau sebagai:

1. Terwujudnya singkronisasi dokumen Rencana Pascatambang dengan dokumen RTRW Kota samarinda.
2. Lebih terarahnya pelaksanaan reklamasi tambang yang dilakukan saat ini sesuai dengan dokumen Rencana Pascatambang yang telah disetujui oleh Pemerintah.
3. Adanya alternatif pemanfaatan lahan bekas tambang yang sesuai dengan potensi dan daya dukung lingkungan untuk mendukung pengembangan Wilayah Kota Samarinda.
4. Hasil penelitian dapat menjadi referensi, dalam melakukan Kegiatan Reklamasi dan finalisasi Dokumen Rencana Pascatambang sehingga ada sinkronisasi antara dokumen Rencana Reklamasi, Dokumen Rencana Pascatambang serta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Samarinda.
5. Sebagai tolak ukur perbandingan terhadap penelitian yang terdahulu tentang Reklamasi dan Pascatambang.

Tinjauan Pustaka (maksimal 1.000 kata)

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kegiatan Pertambangan

Pertambangan merupakan suatu usaha pengelolaan sumberdaya alam berupa mineral, batubara atau batuan yang bertujuan menghasilkan bahan baku utama untuk industri dan bahan baku bangunan. Kegiatan di dalam pertambangan meliputi: penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan (*feasibility study*), operasi produksi atau penambangan (*eksploitasi*), pengelolaan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan (Sudrajat 2018; Litvinenko 2020; Manhart et al. 2019)

1. Eksplorasi

Sebelum melakukan penambangan maka terlebih dahulu melakukan penyelidikan eksplorasi. Eksplorasi adalah salah satu kegiatan pertambangan yang dimaksudkan untuk menemukan, mengetahui dan menentukan posisi bahan galian/batubara dengan metode pemboran dan sumur uji (*tes pit*) (Litvinenko 2020).

2. Studi Kelayakan

Tahap kegiatan ini merupakan tahap evaluasi atas hasil penyelidikan umum dan eksplorasi dalam kegiatan ini diperhitungkan nilai ekonomisnya dengan mempertimbangkan aspek-aspek teknis pertambangan, lingkungan, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), nilai tambah, konservasi bahan galian dan aspek pengembangan wilayah dan masyarakat (Spitz and Trudinger 2019).

3. Konstruksi Penambangan

Sebelum penambangan batubara dimulai maka dilakukan kegiatan *development* yang meliputi pembersihan lahan dan pengupasan tanah penutup (*over burden*), pembuatan *drainase* untuk mengatur tata air permukaan, dan pembuatan jalan utama (Arafat 2008; Hidayat et al. 2019)

4. Penambangan

Eksplorasi atau penambangan menggunakan system tambang terbuka (surface mining) dengan cara penggalian berbentuk sumuran (pit).(Xiang et al. 2018)

B. Reklamasi dan Pascatambang

Reklamasi dan Pascatambang merupakan salah satu bentuk dari

Nama/NIM: _____ / _____

pembangunan berkelanjutan, dimana berlanjutnya diartikan bahwa setiap generasi memikul tanggung jawab terhadap generasi selanjutnya. (Subowo 2013; Rethman 2020; Richardson et al. 2019)

1. Pengertian Reklamasi

Reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memulihkan dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosisten agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukannya (Mitchell 2018).

2. Standar dan Teknik Reklamasi

Pelaksanaan reklamasi lahan bekas tambang yang baik harus mengikuti prinsip-prinsip atau standar teknik reklamasi, (Dewi et al. 2019; Yunanto 2018) yakni :

- a. Membuat rencana reklamasi.
- b. Kegiatan reklamasi lahan bekas tambang.
- c. Pengelolaan top soil.
- d. Persiapan lahan berupa pengamanan lahan bekas tambang
- e. Recounturing/landscaping.
- f. Pengendalian erosi dan sedimentasi
- g. Spreading top soil
- h. Revegetasi
- i. Pemantauan dan pengelolaan lahan bekas tambang.

3. Perencanaan Reklamasi

Dalam melakukan perencanaan reklamasi beberapa faktor yang harus diperhatikan (Utamakno and Prasetyo 2017; Yunanto 2018), yaitu:

- a. Luas areal yang direklamasi sama dengan luas areal penambangan.
- b. Memindahkan dan menempatkan tanah pucuk.
- c. Mengembalikan dan memperbaiki drainase yang rusak.
- d. Mengembalikan lahan seperti keadaan semula dan/atau sesuai dengan tujuan penggunaan.
- e. Memperkecil laju erosi selama dan setelah reklamasi
- f. Memindahkan semua peralatan yang digunakan.
- j. Permukaan padat harus digemburkan.
- k Penanaman Kembali

Nama/NIM: _____ / _____

4. Pengendalian Erosi dan Sedimentasi

Pengendalian Erosi merupakan hal yang mutlak dilakukan selama kegiatan penambangan dan setelah penambangan. Erosi dapat mengakibatkan berkurangnya kesuburan tanah, terjadinya endapan lumpur dan sedimentasi dialur-alur sungai. (Dong et al. 2019; Karan, Ghosh, and Samadder 2019)

5. Faktor yang dapat Mempengaruhi Reklamasi

Keberhasilan reklamasi untuk jenis revegetasi pada lahan bekas tambang diperlukan jenis tanah yang mengandung unsur hara yang berfungsi sebagai media tumbuhnya tanaman. (Negara et al. 2020; Nurtjahyani et al. 2020).

6. Revegetasi

Revegetasi yaitu suatu usaha atau kegiatan penanaman kembali pada lahan bekas tambang dengan langkah-langkah (Upadhyay et al. 2016), antara lain:

- a. Penataan lahan bekas tambang
- b. Mengetahui sifat batuan dasar
- c. Pemberaian tanah
- d. Sifat kimia dari tanah pucuk
- e. Pengapuran pada batuan dasar
- f. Pemberian pupuk pada tanah pucuk

7. Pascatambang

Pascatambang adalah kegiatan terencana, sistematis, dan berlanjut setelah akhir sebagian atau seluruh kegiatan usaha pertambangan untuk memulihkan fungsi lingkungan alam dan fungsi sosial menurut kondisi lokal di seluruh wilayah pertambangan. (Cehlár et al. 2019)

Sesuai dengan urutan kegiatan reklamasi lahan bekas tambang dan kriteria masing- masing dapat di lihat sebagai berikut:

1) Revegetasi untuk Kehutanan

Standar tanah yang baik untuk revegetasi Kehutanan (Gajić et al. 2018), adalah:

- i. Kandungan tanah/debu < 65 %
- ii. Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) > 16
- iii. Kejenuhan basa > 20
- iv. Carbon = 1 %
- v. pH = >5
- vi. AL < 3 ml/100 gr = 60%

Nama/NIM: _____ / _____

- vii. Fe < 700 ppm
- viii. Pyrite <15%
- ix. Ca: Mg > 3: 1 (Setiadi Y, 2012)

2) **Pertanian /lahan basah**

Kelangkaan lahan pertanian secara umum menjadi permasalahan yang semakin sulit diatasi, seiring dengan laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, maka dengan pemanfaatan lahan bekas tambang untuk perluasan areal pertanian merupakan suatu peluang untuk memecahkan persoalan pangan dan lingkungan.

Reklamasi lahan untuk peruntukan Pertanian secara umum kriteria (Osman 2018), adalah:

1. **Kadar air yang tinggi, bahkan biasanya harus tergenang air dan tidak boleh kering.**
2. **Memiliki tekstur tanah yang lunak dan berliat**
3. **Kondisi tanah subur**

3) **Perkebunan dan Peternakan**

Pemanfaatan lahan bekas tambang seyogyanya mengarah kepada keberlanjutan perekonomian daerah dan masyarakat, dengan tidak mengabaikan fungsi lingkungan, diantaranya berupa polikultur perkebunan dan Kehutanan.

Standar tanah yang baik untuk revegetasi Perkebunan adalah sama dengan standar tanah **untuk Kehutanan**, yang membedakan adalah pemilihan jenis tanaman yang lebih cocok dengan kondisi kualitas tanah. (Arce 2019)

4) **Pemukiman, perkantoran dan Industri pergudangan.**

Kriteria lahan untuk pemukiman meliputi beberapa variabel antara lain: kemiringan lereng, jenis tanah, gerakan tanah serta jarak dengan jalan utama. dalam penelitiannya telah membagi variable tersebut dengan kriteria masing-masin antara lain:

Tabel 1 Kriteria Lereng untuk Pemukiman

Kemiringan Lereng	Kelas	Besar Sudut (%)	Skor
Datar	Sangat Baik	< 2	5
Landai	Baik	2 - 8	4
Bergelombang	Sedang	9 - 30	3
Agak Curam	Jelek	30 – 50	2
Curam	Sangat jelek	>50%	1

Comment [WU1]: Khusus untuk pertanian gunakan kriteria yang tepat, kriteria yang ada tidak tepat.

Comment [WU2]: Khusus untuk pertanian gunakan kriteria yang tepat, kriteria yang ada tidak tepat.

Comment [WU3]: Coba diteliti lbh jauh apakah lbh belakang ahli pertanian/perkebunan ?

Nama/NIM: _____ / _____

Sumber: Riski Kadriansari dkk

Comment [WU4]: Tambahkan tahunnya.

Kriteria jenis tanah dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2 Kriteria jenis tanah untuk Pemukiman

Kelas	Jenis tanah	Klasifikasi	Skor
I	Aluvial, Cley, Planosol, Hidromof kelabu, laterik	Tidak Peka	75
II	Latosol	Kurang Peka	60
III	Brown forest soil, noncaltic brown, mediteran	Agak Peka	45
IV	Andosol, laterik, Grumosol, podsol, podsolic	Peka	30
V	Regosol, latosol, organosol, Renzima	Sangat Peka	15

Comment [WU5]: Klasifikasi Tdk peka – Sangat peka terhadap apa ?

Comment [WU6]: Tambahkan tahunnya.

Sumber: Riski Kadriansari dkk

Kriteria gerakan tanah dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 3 Kriteria Gerakan Tanah untuk Pemukiman

Kelas	Klasifikasi	Skor
Sangat Baik	Sangat Rendah	5
Baik	Rendah	4
Sedang	Menengah	3
Jelek	Tinggi	2
Sangat Jelek	Sanagat Tinggi	1

Comment [WU7]: Tanda-tanda dilapangan terja gerakan tanah seperti apa ? Mohon dirincikan.

Sumber: Riski Kadriansari dkk

Comment [WU8]: Tambahkan tahunnya.

Kriteria jarak dari jalan utama dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 4 Kriteria Jarak lokasi rencana pemukiman dengan

Nama/NIM: _____ / _____

jalan utama

Kelas	Klasifikasi	Skor
0 – 1 km	Sangat Sesuai	4
1 – 3 Km	Sesuai	3
3 – 5 Km	Kurang Sesuai	2
>5 Km	Tidak Sesuai	1

Sumber: Riski Kadriansari dkk

Comment [WU9]: Tambahkan tahunnya.

Kriteria untuk Perkantoran, industri dan pergudangan untuk kondisi tanah sama dengan kriteria pemukiman, yang membedakan adalah kriteria nilai ekonomisnya.

5) Pariwisata

Pemanfaatan lahan bekas tambang untuk pengembangan sektor pariwisata telah banyak dilakukan oleh perusahaan pertambangan termasuk perusahaan yang beroperasi di Kalimantan Timur. Lahan bekas tambang bisa lebih efisien dimanfaatkan sebagai pariwisata dan juga sebagai penyeimbang karena lahan bekas tambang berada pada kawasan industri yang ada disekitarnya (Salim 2019; Herdiansyah *et al* 2018)

6) Kolam (budidaya perikanan, bahan baku PDAM, Irigasi, dll)

Dari hasil penelitian (Maidie *et al.*, 2010) menyimpulkan bahwa usaha budidaya ikan dapat di kembangkan pada kolam-kolam bekas tambang batubara yang kualitas airnya telah dikelola sebelumnya, dengan jenis ikan repang (*Barbodes schwanenfeldi*), puyau (*Osteichilus kappenii*), pepuyu (*Anabas testudineus*) dan udang galah (*Macrobrachius rosenbergii*) ataupun ikan introduksi yaitu ikan mas (*Cyprinus Carpio*). Ikan-ikan produk dari kolam bekas tambang batubara ini cukup aman untuk dikonsumsi.

Disampaing hal tersebut diatas Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur melalui Dinas Lingkungan Hidup telah menerbitkan Surat Edaran nomor 01 Tahun 2020 tentang Panduan Umum Pengelolaan Void Di Dalam Dokumen Lingkungan Hidup. Dalam Surat Edaran tersebut ditetapkan Kriteria Void yang dapat direklamasi untuk peruntukan lain

8. Contoh Reklamasi dan Pascatambang

Beberapa contoh reklamasi dan pascatambang antara lain sebagai berikut:

- a. Tambang Batubara PT. BHP Kendilo di Petangis Paser Kalimantan Timur.



Sumber foto : Denny Reza Kamarullah 2018

Gambar 1 Foto pascatambang PT. BHP Kendilo di Petangis Kabupaten Paser Kalimantan Timur

- b. Tambang Batubara PT. Mahakam Sumber Jaya di Separi Kabupaten Kutai Kartanegara.



Sumber foto : Peneliti 2021

Gambar 2 Foto Kolam bekas tambang PT. Mahakam Sumber Jaya yang dimanfaatkan sebagai intake PDAM, budi daya perikanan dan Sumber Irigasi Pertanian

- c. Tambang Pasir Besi di Cilacap Jawa Tengah dan Tambang Batubara

PT. Berau Coal

Comment [WU10]: Foto Berau Coal tdk ada, m
ditambahkan.



Sumber foto: Nanopdf.com

Gambar 3 Foto kegiatan pascatambang pada bekas penambangan pasir besi di Cilacap Jawa Tengah

- d. Tambang Timah di Pulau Bangka Provinsi Bangka Belitung yang penambangannya dilakukan oleh PT. Timah TBK.



Sumber foto: Radar Bangka

Gambar 4 Foto Kantor Gubernur Bangka Belitung yang dibangun pada lahan bekas tambang timah

e. Tambang Timah di Kualalumpur Malaysia.



Sumber foto: Sunburst Adventure

Gambar 5 Menara Petronas di Kualalumpur yang dibangun pada areal bekas tambang timah

9. Rencana Tata Ruang Wilayah

Penataan ruang suatu daerah perlu dikembangkan dan dilestarikan pemanfaatannya secara optimal demi mencapai kelangsungan hidup yang berkualitas berdasarkan Undang-undang nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.

Nama/NIM: _____ / _____

Metode Penelitian (maksimal 600 kata)

III. METODE RISET

A. Waktu dan Tempat

Waktu penelitian direncanakan akan dimulai pada bulan Desember 2020 sampai dengan bulan Mei 2021 dengan Tempat Penelitian pada Kegiatan Perusahaan Pertambangan yang beroperasi di Kota Samarinda sebagai berikut:

Tabel. 5 Daftar Izin Usaha Pertambangan dan Perjanjian Kerjasama Pengusahaan Pertambangan Batubara yang menjadi Tempat/obyek penelitian

No	Nama Perusahaan	Luas wilayah Konsesi (ha)	Tahap	Lokasi Kecamatan	Keterangan
1.	CV. Mutiara Etam Coal	546,20	Operasi Produksi	Palaran	IUP
2.	PT. Nuansacipta Coal Investemen (IUP)	2.003,00	Operasi Produksi	Pararan	IUP
3.	PT. Bukit Baiduri Energi	4.081,00	Operasi Produksi	Sungai Kunjang	IUP
4.	PT. Mahakam Sumber Jaya	20.380,06	Operasi Produksi	Samarinda Utara	PKP2B
Jumlah		xxxx	-	-	-

Sumber data: Dinas ESDM Kalimantan Timur 2019

Comment [WU11]: Tambahkan lajur untuk jumlah luas

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan di dalam penelitian ini adalah:

1. Peta Perencanaan tambang yang digunakan untuk melihat rencana penambangan yang akan dilakukan perusahaan,
2. Peta Rencana Reklamasi yang digunakan untuk melihat realisasi aktual pelaksanaan reklamasi dilapangan kesesuaiannya dengan rencana,
3. Peta Rencana Pascatambang yang digunakan untuk melihat areal serta peruntukan tataguna lahan pascatambang kesesuaiannya dengan pelaksanaan reklamasi saat ini,

Nama/NIM: _____ / _____

4. GPS digunakan untuk mengambil titik kordinat batas atau posisi suatu areal/obyek,
5. pH tester dan kertas lakmus untuk mengukur pH air pada inlet dan outlet kolam Sedimen pond dan kolam bekas tambang,
6. Kompas digunakan sebagai penunjuk arah,
7. Cangkul digunakan untuk pengambilan sampel tanah,
8. Karung unruk tempat sampel tanah,
9. **Cirgen** untuk tempat sampel air, dan
10. Kamera untuk dokumentasi.

C. Metoda Pengumpulan Data

Metode mengumpulkan data dilakukan dengan dua cara memperoleh data yakni data primer dan data sekunder:

1) Data Primer

- a. Luas areal yang terganggu selama kegiatan pertambangan
- b. Luas areal yang telah direklamasi dan di revegetasi
- c. Jenis reklamasi yang dilakukan
- d. Jumlah, luas dan jenis tanaman pionir yang telah ditaman
- e. Jumlah dan jenis tanaman sisipan
- f. Metode pengendali erosi dan sedimentasi yang dilakukan
- g. Rencana Pascatambang masing-masing areal bukaan
- h. Hasil analisa kualitas air untuk parameter (pH)

2) Data Sekunder

- a. Dokumen Rencana Reklamasi, (masing-masing perusahaan)
- b. Dokumen Rencana Pascatambang, (masing-masing perusahaan)
- c. Dokumen Studi Kelayakan dan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (masing-masing perusahaan)
- d. Dokumen RTRW Kota Samarinda (Bappeda Kota Samarinda)
- e. Peta Rencana Reklamasi dan Rencana Pascatambang. (masing-masing perusahaan)
- f. Peta RTRW Kota Samarinda. (Bappeda Kota Samarinda)
- g. Hasil Analisa Kualitas Tanah (masing-masing perusahaan)
- h. Hasil Analisa Kualitas Air (masing-masing perusahaan)
- i. Hasil Analisa Geoteknik, Litologi dan stratigrafi batuan. (masing-masing

perusahaan)

D. Metode Pengambilan Sampel

Di dalam penelitian ini digunakan teknik sampel Non Probability Sampling, karena sampel ditetapkan berdasarkan kebutuhan dari penelitian, yakni perusahaan pertambangan yang aktif memproduksi dengan luasan konsesi lebih dari 100 ha, dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Karena fokus penelitian terkait dengan pelaksanaan reklamasi dan pascatambang
2. Yang dijadikan sampel adalah perusahaan yang telah melakukan reklamasi dan telah menyusun Dokumen Rencana Pascatambang.
3. Memudahkan pengamatan.

E. Definisi Variabel dan Pengukurannya

Sinkronisasi antara dokumen Rencana Pascatambang dengan dokumen RTRW Kota Samarinda dilakukan dengan melihat kedua dokumen tersebut.

Untuk melihat progres pelaksanaan reklamasi yang dilakukan oleh perusahaan ini dalam kaitannya dengan dokumen Rencana Pascatambang, harus dilakukan pengamatan langsung pada areal reklamasi yang telah dilakukan oleh perusahaan.

Alternatif pemanfaatan lahan bekas tambang sebagaimana tercantum dalam dokumen rencana pascatambang apakah sudah sesuai dengan potensi dan daya dukung lingkungan, diperoleh dengan melakukan kajian dari hasil beberapa analisa, antara lain.

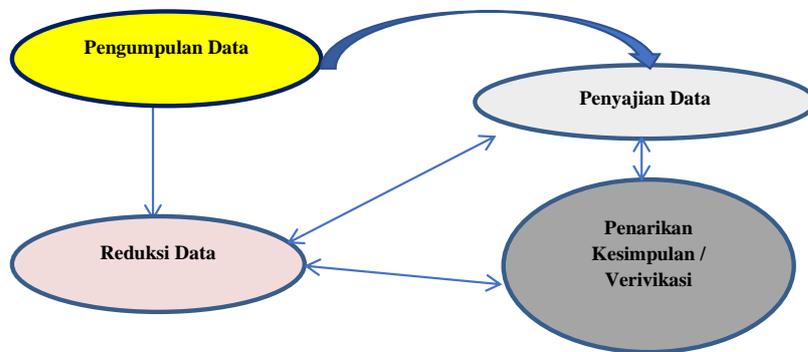
1. Analisa Kualitas Air, pH (tanpa satuan), TSS (Total Suspended Solids dalam mg/l), Fe, (kandungan besi dalam mg/l dan Mn (kandungan Mangan dalam mg/l).
2. Analisa Kualitas Tanah. kandungan tanah/debu (%), Kapasitas Tukas Kation/KTK (%), Kejenuhan basa (%), carbon (%), pH, Al (mL/100 gr), Fe (ppm), pyrite (%), Ca: Mg, dan secara fisik juga diukur, kadar air (%), tekstur tanah dan kondisi tanah (subur/tidak subur)

F. Teknik Analisis Data

Pelaksanaan reklamasi lahan bekas tambang dan rencana pascatambang

sesuai dengan dokumen yang telah disetujui pada masing-masing perusahaan yang menjadi obyek penelitian dikumpulkan dan diolah secara deskriptif untuk mendapatkan gambaran kondisi pertambangan, pengelolaannya dan kaitannya dengan perencanaan kota, potensi wilayah dan daya dukung lingkungan. Analisis SWOT digunakan untuk mendapatkan peta kekuatan, peluang dan tantangan yang digunakan untuk menyusun usulan strategi pelaksanaan kegiatan pertambangan dalam kota kaitannya dengan perencanaan Kota.

Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis melalui tiga tahapan model alir (Interactive Model of Analysis) yang dikembangkan oleh Miles dan Huberman (1992:15). Teknik tersebut menyatakan bahwa ada tiga komponen analisis data kualitatif yaitu: data reduction, data display dan conclusion drawing/verification.



Sumber : Miles dan Huberman, (Miles & Huberman, 1992)

Gambar 6 Komponen Analisis Data Model Interaktif (Interactive Model)

Hasil (termasuk gambar dan tabel, maksimal 1.500 kata)

IV. HASIL RISET DAN PEMBAHASAN

A. HASIL RISET

1. PT. Mutiara Etam Coal

PT Mutiara Etam Coal (PT. MEC) merupakan perusahaan pertambangan batubara yang beroperasi sejak tahun 2008 di Kelurahan Bentuas Kecamatan Palaran sesuai dengan surat Keputusan Walikota Samarinda nomor 545/606/HK-KS/2008 tanggal 20 November 2008.. Luas wilayah konsesi yaitu 546,2 ha

a. Rona lingkungan awal sebelum kegiatan penambangan

Nama/NIM: _____ / _____

Morfologi lahan adalah berbukit dan sebagian berupa lembah dan rawa dengan topografi lahan yang mempunyai elevasi enam sampai tujuh meter dari sungai Mahakam. Kemiringan lereng berkisar antara 30° – 50° sedang kemiringan lahan relatif landai rata-rata 2 %. Topografi perbukitan 60% digunakan sebagai area perkebunan, sedangkan topografi rendah berupa rawa digunakan sebagai pertanian lahan basa/sawah.

Tingkat Erosi dihitung dengan rumus *Universal Soil Loss Equation* (USLE), dengan lokasi penelitian pada beberapa lokasi penambangan yang memiliki slope 15% s/d 45% diperoleh hasil erosi potensi kelas ringan sampai sangat berat dengan tingkat bahaya erosi ringan dan tinggi.

Kualitas Air. Hasil pengukuran kualitas pada Sungai Mahakam dan Sungai Sanga- Sanga yang berada di sekitar lokasi kegiatan PT. MEC adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Kualitas air pada rona awal di sungai sekitar Kegiatan PT. MEC

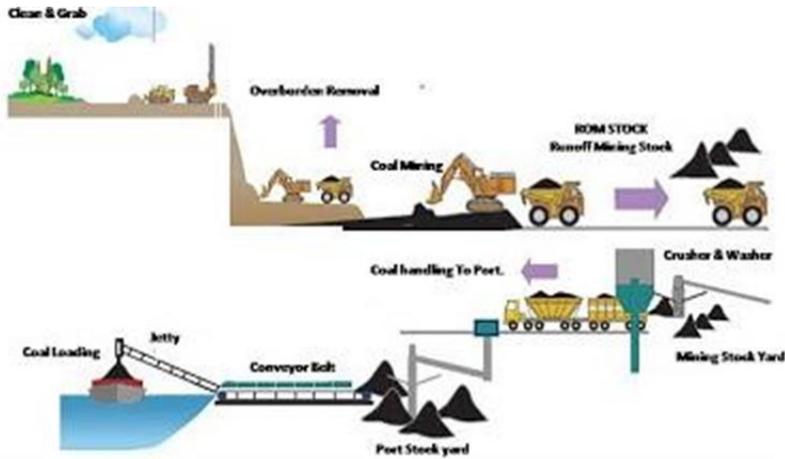
No	Parameter	Satuan	Lokasi		BML
			S sanga-Sanga	S Mahakam	
A	Fisika				
1.	Suhu	°C	30,1	30,5	Normal
2.	Kecerahan	cm	-	-	-
3.	DHL	uS	66,1	69,7	
4.	TSS	mg/l	5,1	4,6	500
B					
1.	pH		6,07	6,16	5-9
2.	DO	mg/l	4,27	5,65	-

Sumber : PT. Mutiara Etam coal

b. Penambangan

Kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem tambang Terbuka (*open pit/stripe mining*). Pemilihan sistim tambang terbuka didasarkan oleh karakteristik seam batubara, karakteristik overburden, pertimbangan geoteknik, kualitas batubara, pertimbangan ekonomi, lingkungan dan target produksi yang ingin dicapai. (Małkowski and Niedbalski 2020).

Kegiatan penambangan dimulai dari *cropline* seam batubara arah bawah secara bertahap membentuk jenjang. Secara garis besar tahapan kegiatan penambangan meliputi; Pembersihan lahan (*land clearing*), pengupasan lapisan tanah penutup (*stripping overburden*), pembongkran batubara (*coal gitting*), pemuatan (*loading*) dan pengangkutan (*hauling*). (Newman et al 2017).



Sumber gambar : PT. Mutiara Etam Coal 2020

Gambar 7 Flow chart kegiatan penambangan PT. MEC



Sumber Foto: PT. Mutiara Etam coal 2020

Gambar 8 . Foto udara kondisi pembukaan lahan pada kegiatan penambangan PT. MEC

Nama/NIM: _____ / _____

Pada kegiatan penambangan PT. MEC telah membuka lahan untuk tambang (pit) seluas 67,7 hektar, disposal 17 hektar dan Sarana penunjang 6,45 hektar

c. Hasil Analisa Kesuburan Tanah

Hasila analisa kimia dan fisik kualitas tanah serta hasil analisa kualitas air pada kolam bekas tambang di PT. MEC ditunjukkan pada tabel 7, table 8, tabel dan tabel 9 sebagai berikut :

Tabel 7: Hasil Analisa kimia kualitas tanah

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa	
				Pit 5	Pit 8
				0-30	0-30
1	pH H ₂ OCl (1-2,5)	electrode	-	4,92	3,97
2	pH Kcl (1-2,5)	-	-	3,57	3,06
3	Kation Basa (NH ₄ -OAc) pH7				
	Ca	AAS	Meg/100gr	0,29	0,19
	Mg	AAS	Meg/100gr	0,35	0,15
	Na	AAS	Meg/100gr	0,43	0,35
	K	AAS	Meg/100gr	0,06	0,12
4	KTK	Hitung	Meg/100gr	2,71	9,66
5	Al	Titration	Meg/100gr	0,92	7,00
6	H	Titration	Meg/100gr	0,67	1,83
7	N total	Kjeldahl	%	0,10	0,07
8	C Organik	Walkley & Black	%	1,04	0,77
9	Rasio C/N	Hitung	%	10,30	11,53
10	P ₂ O ₅ Tersedia (Bray 1)	Spectronic	ppm	4,86	2,37
11	K ₂ O Tersedia (Bray 1)	AAS	ppm	53,93	48,44
12	Kejenuhan Basa	Hitung	%	41,58	8,52
13	Kejenuhan Al	Hitung	%	33,82	72,49

Nama/NIM: _____ / _____

14	Pyrite	Spectronic	%	1,48	1,25
----	--------	------------	---	------	------

Tabel 8: Hasil Analisa Fisik kualitas tanah

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa	
				Pit 5	Pit 8
				0-30	0-30
1	Silt	Pipet	%	5,70	27,40
2	Clay	Pipet	%	2,10	38,40
3	Coarse sand	Sieve	%	18,10	2,72
4	Medium Sand	Sieve	%	19,07	5,06
5	Fine Sand	Sieve	%	55,03	26,42
6	Total Sand	Hitung	%	92,20	34,20
7	Texture	Segitiga Test	%	Sand	CL

Tabel 9 Hasil Analisa kualitas air pada kolam bekas tambang PT. MEC

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil
			Kelas II	
A	Fisika			
1	Temperatur	°C	Deviasi 3	29,9
2	TSS	mg/l	50	1,0
3	TDS	mg/l	1000	993
4	Warna	Pica	180	0,81
B	Kimia Anorganik			
1	pH	-	6 - 9	2,40
2	BOD	mg/l	3	4,43
3	COD	mg/l	25	9,19
4	DO	mg/l	4	4,77
5	Fosfad (PO ₄)	mg/l	0,2	<0,003
6	Nitrat (NO ₃ N)	mg/l	10	0,089
7	Amonia (NH ₂ N)	mg/l	(-)	0,30
8	Arsenik (As)	mg/l	1	<0,0005
9	Barium (Ba)	mg/l	(-)	<0,01
10	Baron (B)	mg/l	1	<0,001
11	Selenium (Se)	mg/l	0,05	<0,0002
12	Kadmium (Cd)	mg/l	0,01	<0,001
13	Krom (Cr)	mg/l	0,05	<0,005
14	Tembaga (Cu)	mg/l	0,02	<0,006
15	Besi (Fe Total)	mg/l	(-)	<0,014
16	Timbal (Pb)	mg/l	0,3	<0,01
17	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	50	91,27
18	Kobalt (Co)	mg/l	0,2	<0,04
19	Zeng (Zn)	mg/l	0,05	<0,009
20	Mangan (Mn Total)	mg/l	(-)	7,96
21	Merkuri (Hg)	mg/l	0,002	<0,0001
22	Klorida (Cl)	mg/l	600	199,94
23	Sianida (CN)	mg/l	0,02	<0,005

Nama/NIM: _____ / _____

24	Flourida (F)	mg/l	1,3	0,120
25	Nitrit (NO ₂ N)	mg/l	0,06	0,0059
26	Sulfat (SO ₄)	mg/l	(-)	275,10
27	Klorin bebas (Cl ₂)	mg/l	0,03	0,410
28	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,002	<0,003
C	Kimia Organik			
1	Minyak dan Lemak	mg/l	1	0,006
2	Fenol	mg/l	0,001	<0,0006
3	MBAS	mg/l	0,2	0,020

Sumber data: PT. MEC 2020

2. PT. Nuansacipta Coal Investement

PT. Nuansacipta Coal Investement (PT. NCI) secara adminitrasi berada dikelurahan Handil Bakti dan Kelurahan Bentuas Kecamatan Palaran Kota Samarinda sesuai Surat SK Samarinda nomor: 545/293/HK-K5/VI/2010 tentang Pemberian Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi seluas 2.003 ha,

a. Rona lingkungan awal sebelum kegiatan penambangan

Morfologi lahan pada wilayah PT. NCI merupakan daerah perbukitan bergelombang lemah sampai sedang. Perbedaan tinggi antara lembah dan puncak bukit mencapai 95 dpl, dengan elevasi 30 - 125 dpl. Didaerah IUP merupakan areal perkebunan, pertanian dan bekas ladang Penduduk.

Tingkat Erosi tergolong tinggi karena kurang kompaknya batuan penyusun disekitar wilayah IUP PT. NCI

Kualitas Air. Hasil pengukuran kualitas pada WIUP PT. NCI adalah sebagai berikut

Tabel 10. Kualitas air pada WIUP PT. NCI

No.	Titi Pemantauan	Hasil Analisa				Ket
		pH	TSS	Mn	Fe	
1.	WMP Mawar	8.01	8	0,61	0,52	

Nama/NIM: _____ / _____

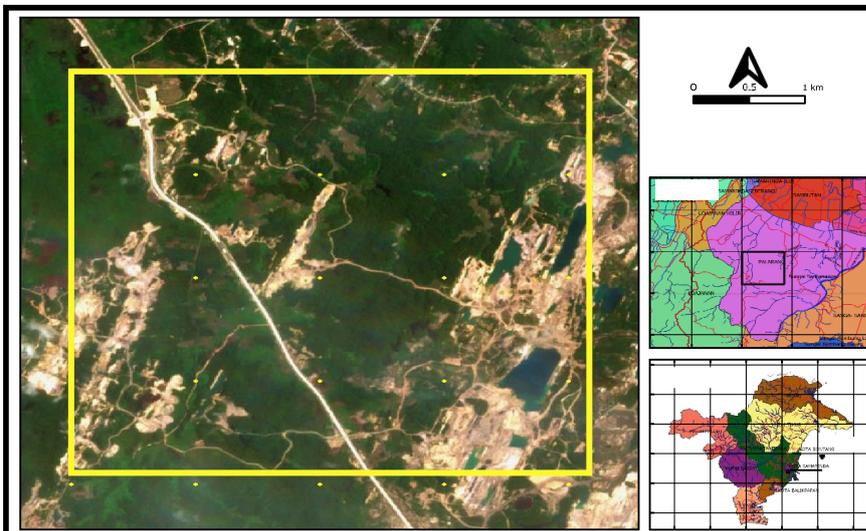
2.	WMP Anggrek	7,49	35	0,01	2,17	
3.	WMP Mangrove	0,14	20	1,83	0,18	Asam
4.	WMP Durian	5,23	14	4	7	Asam
5.	Pit Aktif	5,23	14	4	7	Asam
BML		6-9	300	4	7	

Sumber data : PT. Nuansacoal Cipta Investement , 2020

b. Penambangan

Kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem tambang Terbuka (*open pit/stripe mining*) dengan menggunakan kombinasi *Exavator* dan *Dump Truck* serta *bulldozer* dan *Crader*. Metode tambang terbuka dipilih berdasarkan pertimbangan teknis yang mencakup model geologi, kondisi lapisan batubara (*strike, dip, ketebalan*), kondisi lapisan tanah penutup (*overburden*) serta pertimbangan jumlah sumberdaya batubara.

Kumulatif pembukaan lahan pada kegiatan penambangan PT. NCI seluas 295, 47 ha yang terdiri dari bukaan tambang 228,85 ha, timbunan *overburden/disposal* 50,86 ha dan sarana penunjang 15,76 ha.



Sumber : PT. Nuansacoal Cipta Investement

Gambar 9 . Foto udara kondisi pembukaan lahan pada kegiatan penambangan

PT. NCI.

c. Hasil Analisa Kesuburan Tanah dan analisa Kualitas air

Hasila analisa kimia dan fisik kualitas tanah serta hasil analisa kualitas air pada kolam bekas tambang di PT. NCI ditunjukkan pada tabel 11, tabel 12, tabel 13, tabel dan tabel 15 sebagai berikut

Tabel 11: Hasil Analisa kimia kualitas tanah PT. NCI

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa	
				Pit Leci	
				0-30	30-60
1	pH H ₂ OCl (1-2,5)	electrode	-	4,05	4,49
2	pH KCl (1-2,5)	-	-	3,62	3,99
3	Kation Basa (NH ₄ -OAc) pH7				
	Ca	AAS	Meg/100gr	0,92	0,48
	Mg	AAS	Meg/100gr	0,74	4,16
	Na	AAS	Meg/100gr	0,28	0,24
	K	AAS	Meg/100gr	1,18	0,47
4	KTK	Hitung	Meg/100gr	26,79	18,36
5	Al	Titration	Meg/100gr	11,00	5,33
6	H	Titration	Meg/100gr	12,67	7,67
7	N total	Kjeldahl	%	0,10	0,08
8	C Organik	Walkley & Black	%	1,89	1,43
9	Rasio C/N	Hitung	%	9,32	18,35
10	P ₂ O ₅ Tersedia (Bray 1)	Spectronic	ppm	0,56	0,39
11	K ₂ O Tersedia (Bray 1)	AAS	ppm	73,52	189,05
12	Kejenuhan Basa	Hitung	%	11,65	29,19
13	Kejenuhan Al	Hitung	%	41,07	29,09
14	Pyrite	Spectronic	%	0,82	2,93

Nama/NIM: _____ / _____

Tabel 12. Hasil Analisa Fisik kualitas tanah

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa	
				Pit Leci	
				0-30	30-60
1	Silt	Pipet	%	15,60	20,00
2	Clay	Pipet	%	40,90	34,50
3	Coarse sand	Sieve	%	3,34	0,00
4	Medium Sand	Sieve	%	4,61	3,44
5	Fine Sand	Sieve	%	35,55	42,06
6	Total Sand	Hitung	%	43,50	45,50
7	Texture	Segitiga Test	%	Clay	SCL

Sumber; PT NCI 2020

Tabel 13: Hasil Analisa kimia kualitas tanah PT. NCI

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa	
				Disposal Kelapa	
				0-30	30-60
1	pH H ₂ OCl (1-2,5)	electrode	-	4,75	5,31
2	pH KCl (1-2,5)	-	-	3,84	3,86
3	Kation Basa (NH ₄ -OAc) pH7				
	Ca	AAS	Meg/100gr	0,81	0,66
	Mg	AAS	Meg/100gr	0,57	0,54
	Na	AAS	Meg/100gr	0,22	0,14
	K	AAS	Meg/100gr	1,84	0,16
4	KTK	Hitung	Meg/100gr	16,77	13,83
5	Al	Titration	Meg/100gr	10,00	4,67
6	H	Titration	Meg/100gr	3,33	7,67
7	N total	Kjeldahl	%	0,03	0,07
8	C Organik	Walkley & Black	%	0,18	0,18
9	Rasio C/N	Hitung	%	5,39	2,49
10	P2O ₅ Tersedia (Bray 1)	Spectronic	ppm	0,44	0,37
11	K ₂ O Tersedia (Bray 1)	AAS	ppm	48,30	43,25
12	Kejenuhan Basa	Hitung	%	20,52	10,81
13	Kejenuhan Al	Hitung	%	29,61	33,75
14	Pyrite	Spectronic	%	0,51	0,44

Tabel 14: Hasil Analisa Fisik kualitas tanah

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa	
				Pit 5	Pit 8
				0-30	30-60
1	Silt	Pipet	%	9,30	9,70

FORM G: Laporan Kemajuan Riset Disertasi I / II / III*)

Nama/NIM: _____ / _____

2	Clay	Pipet	%	14,57	10,70
3	Coarse sand	Sieve	%	3,57	4,74
4	Medium Sand	Sieve	%	37,76	38,67
5	Fine Sand	Sieve	%	35,27	36,19
6	Total Sand	Hitung	%	76,60	79,60
7	Texture	Segitiga Test	%	SI	SL

Sumber: PT. NCI 2020

Tabel 15 Hasil Analisa kualitas air pada kolam bekas (Void) tambang PT. NCI

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil
			Kelas II	
A	Fisika			
1	Temperatur	°C	Deviasi 3	28,00
2	TSS	mg/l	50	61,75
3	TDS	mg/l	1000	177,25
4	Warna	Pica	180	24,00
B	Kimia Anorganik			
1	pH	-	6 - 9	4,35
2	BOD	mg/l	3	8,20
3	COD	mg/l	25	22,32
4	DO	mg/l	4	4,36
5	Fosfad (PO ₄)	mg/l	0,2	<0,025
6	Nitrat (NO ₃ N)	mg/l	10	0,098
7	Amonia (NH ₂ N)	mg/l	(-)	0,06
8	Arsenik (As)	mg/l	1	<0,0005
9	Barium (Ba)	mg/l	(-)	<0,01
10	Baron (B)	mg/l	1	<0,032
11	Selenium (Se)	mg/l	0,05	<0,001
12	Kadmium (Cd)	mg/l	0,01	<0,01
13	Krom (Cr)	mg/l	0,05	<0,0065
14	Tembaga (Cu)	mg/l	0,02	<0,016
15	Besi (Fe Total)	mg/l	0,3	<0,13
16	Timbal (Pb)	mg/l	0,3	<0,02
17	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	50	-
18	Kobalt (Co)	mg/l	0,2	<0,06
19	Zeng (Zn)	mg/l	0,05	<0,063
20	Mangan (Mn Total)	mg/l	0,1	0,96
21	Merkuri (Hg)	mg/l	0,002	<0,0001
22	Klorida (Cl)	mg/l	600	13,50
23	Sianida (CN)	mg/l	0,02	<0,005
24	Flourida (F)	mg/l	1,3	0,193
25	Nitrit (NO ₂ N)	mg/l	0,06	0,010
26	Sulfat (SO ₄)	mg/l	400	173,54
27	Klorin bebas (Cl ₂)	mg/l	0,03	<0,003
28	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,002	<0,003
C	Kimia Organik			
1	Minyak dan Lemak	mg/l	1	0,014
2	Fenol	mg/l	0,001	<0,0006

Nama/NIM: _____ / _____

3	MBAS	mg/l	0,2	0,013
---	------	------	-----	-------

Sumber data: PT. NCI 2021

3. PT. Bukit Baiduri Energi

PT. Bukit Baiduri Energi (PT. BBE) KP Operasi Produksi pada KW 96PP0430 dan KW 96 PO0150 seluas 4.081 ha melalui Keputusan Gubernur Kalimantan Timur nomor 503/K.356/2010 tertanggal 25 Juli 2010 dan nomor 503/K.387/2010 tertanggal 2 Agustus 2010 yang secara administrasi berada di wilayah Kota Samarinda dan Kabupaten Kutai Kartanegara.

a. Rona lingkungan awal sebelum kegiatan penambangan

Morfologi lahan pada wilayah PT. BBE mempunyai sistem lahan dataran sungai, dataran berbukit hingga perbukitan. Wilayah penambangan batubara PT. BBE sebagian besar merupakan areal perbukitan (± 80% dari luas total IUP) dan sisanya merupakan daerah dataran dan dataran rawa. Perbukitan memanjang dari arah utara keselatan lokasi, dengan bagian sisi timurnya mempunyai kemiringan ± 40° dan bagian sisi barat ± 20°. Ketinggian lokasi penambangan batubara PT. BBE berkisar 12 – 90 meter dari dpl.

Tingkat Erosi Mekanisme erosi yang dapat terjadi pada daerah penambangan PT. BBE akan diawali erosi permukaan (sheet erosion) dilanjutkan erosi alur (rill erosion) kemudian diteruskan erosi lembah (gully erosion) . Erosi Permukaan pada umumnya terjadi pada lahan-lahan terbuka disekitar penambangan, dimana sifat materialnya lepas (losses) dan mudah terkikis bila terkena langsung air hujan.

Kualitas Air. Hasil pengukuran kualitas pada sungai di sekitar lokasi PT. BBE adalah sebagai berikut :

Nama/NIM: _____ / _____

Tabel 16 Kualitas air pada Rona awal di sungai sekitar PT. BBE

Tabel lanjutan

No	Parameter Fisik	Metode Pengukuran	Satuan	Kode Sampel						Baku Mutu *)	
				1	2	3	4	5	6	Kelas I	Kelas II
1	Suhu	SNI 06-6989.23-2005	oC	28,4	28,4	28,8	31,3	29,2	30,4	deviasi 3	deviasi 3
2	Kekeruhan	SNI 06-6989.25-2005	NTU	63,0	58,2	74,9	11,6	28,4	14,8	-	-
3	Warna Parameter Fisik (True Colour)	Metode RSNI 3 6989.80:2005	Satuan mg/l PtCo	58	84	97	109	116	120	Kelas I	Kelas II
4	TSS Suhu	SNI 06-6989.2706-2005	mg/l oC	18,2	38,5	33,0	15,9	53,9	20,0	deviasi 3	deviasi 3
5	Kekeruhan	SNI 06-6989.2706-2005	mg/l NTU	57,6	47,2	250,0	318,1	662,7	392,5	100	1000
6	Conductivity (DHL) (True)	SNI 06-2413-1991 6989.80:2	mg/l PtCo	43,2	43,0	39,0	418,7	993,0	616,2	100	180

Nama/NIM: _____ / _____

	Colour)	010									
4	TSS	SNI 06-6989.27-2005	mg/l	21,2	10,00	36,25	351,25	20,00	15,00	50	50
5	TDS	SNI 06-6989.27-2005	mg/l		368,75	491	158,75	246,25	233,15	1000	1000
6	Conductivity (DHL)	SNI 06-2413-1991	uS	31,0	527,0	631,0	205,7	364,4	220,5	-	-

b. Penambangan

Kumulatif pembukaan lahan sampai Agustus 2021 pada kegiatan penambangan PT. BBE seluas 1.746,46 ha yang terdiri dari bukaan tambang 1.458,76 ha, timbunan over burden/disposal 183,12 ha dan sarana penunjang 127,88 ha, dan telah menempatkan jaminan Penutupan Tambang sebesar Rp 7.159.930.880 (Tujuh Milyar Seratus Lima Puluh Sembilan Ratus Tiga Puluh Ribu Delapan Ratus Delapan Puluh Rupiah) dan Jaminan Reklamasi Rp. 11.785.881.027,00 (Sebelas Milyar Tujuh Ratus Delapan Puluh Lima Juta Delapan Ratus Delapan Puluh satu Ribu Dua Puluh Tujuh Rupiah).

C. Hasil Analisa Kesuburan Tanah dan analisa Kualitas air

Hasil Analisa geokimia batuan (NAG Test) dapat dilihat pada tabel 13 sebagai berikut:

Tabel 17 Hasil Analisa geokimia batuan pada areal PT. BBE

No	Kode Sampel	pH NAH	PAF	NAF
1	CB1067A NAG01	3,16		
2	CB1067A NAG02	2,98		
3	CB1067A NAG03	1,26		
4	CB1067A NAG04	2,73		
5	CB1067A NAG05	1,02		

FORM G: Laporan Kemajuan Riset Disertasi I / II / III*)

Nama/NIM: _____ / _____

6	CB1067A NAG06	1,70		
7	CB1067A NAG07	2,09		
8	CB1069A NAG03	1,62		
9	CB1069A NAG04	1,45		
10	CB1069A NAG05	1,00		
11	CB1069A NAG06	1,35		
12	CB1069A NAG07	1,55		
13	CB1069A NAG08	1,91		
14	CB1069A NAG09	1,52		
15	CB1069A NAG10	1,05		
16	CB5024A NAG01	4,29		
17	CB5024A NAG02	1,36		
18	CB5024A NAG03	1,01		
19	CB5024A NAG04	1,10		
20	CB5024A NAG05	1,27		
21	CB5024A NAG06	0,96		
22	CB5026 NAG01	1,26		
23	CB5026 NAG02	2,28		
24	CB5026 NAG03	2,40		
25	CB5026 NAG04	1,48		
26	CB5026 NAG05	1,50		
27	CB5026 NAG06	1,34		
28	CB5026 NAG07	4,33		
29	CB5026 NAG08	1,00		
30	CB1069B NAG01	1,93		
31	CB1069B NAG02	1,90		
32	CB1075B NAG02	1,13		
33	CB1075B NAG04	1,36		
34	CB5031B NAG01	3,57		
35	CB5031B NAG02	4,05		
36	CB5031B NAG03	2,46		
37	CB5031B NAG04	1,38		

FORM G: Laporan Kemajuan Riset Disertasi I / II / III*)

Nama/NIM: _____ / _____

38	CB5031B NAG05	1,93		
39	CB5031B NAG06	1,60		
40	CB5031B NAG07	2,80		
41	CB5031B NAG08	7,21		
42	CB5031B NAG09	5,12		
43	CB5031B NAG10	1,60		

	Material PAF		Material NAF
--	--------------	--	--------------

Sumber; PT. BBE 2021

Hasil Analisa kesuburan tanah pada Pinang PH 4-A16 dapat dilihat pada beberapa tabel sebagai berikut:

Tabel 18: Hasil Analisa kesuburan tanah Pinang PH 4-A16

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa
				Pinang PH 4-A16
1	pH H ₂ OCl (1-2,5)	electrode	-	5,03
2	pH KCl (1-2,5)	-	-	-
3	Kation Basa (NH ₄ -OAc) pH7			
	Ca	AAS	Meg/100gr	17,57
	Mg	AAS	Meg/100gr	7,88
	Na	AAS	Meg/100gr	1,18
	K	AAS	Meg/100gr	0,84
4	KTK	Hitung	Meg/100gr	28,88
5	Al	Titration	Meg/100gr	0,90
6	H	Titration	Meg/100gr	0,50
7	N total	Kjeldahl	%	0,04
8	C Organik	Walkley & Black	%	1,48
9	Rasio C/N	Hitung	%	37,00
10	P ₂ O ₅ Tersedia (Bray 1)	Spectronic	ppm	2,34
11	K ₂ O Tersedia (Bray 1)	AAS	ppm	154,91
12	Fe	AAS	ppm	702,80
13	Mn	AAS	ppm	255,00

Nama/NIM: _____ / _____

Tabel 19 : Hasil Analisa Fisik kualitas tanah

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa
				Pinang PH 4-A16
1	Silt	Pipet	%	72,02
2	Clay	Pipet	%	4,24
3	Sand	Sieve	%	23,72
4	Texture	Segitiga Test	%	lempung

Sumber ; PT BBE 2021

Tabel 20: Hasil Analisa kesuburan tanah pada Eks pit 6

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa
				Eks Pit 6
1	pH H2OCl (1-2,5)	electrode	-	3,13
2	pH Kcl (1-2,5)	-	-	-
3	Kation Basa (NH4-OAc) pH7			
	Ca	AAS	Meg/100gr	4,25
	Mg	AAS	Meg/100gr	4,91
	Na	AAS	Meg/100gr	0,647
	K	AAS	Meg/100gr	0,20
4	KTK	Hitung	Meg/100gr	22,23
5	Al	Titration	Meg/100gr	12,20
6	H	Titration	Meg/100gr	0,02
7	N total	Kjeldahl	%	0,04
8	C Organik	Walkley & Black	%	1,88
9	Rasio C/N	Hitung	%	47,00
10	P2O5 Tersedia (Bray 1)	Spectronic	ppm	3,48
11	K2O Tersedia (Bray 1)	AAS	ppm	6,65
12	Fe	AAS	ppm	652,60
13	Mn	AAS	ppm	119,50

Nama/NIM: _____ / _____

Tabel 21: Hasil Analisa Fisik kualitas tanah

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa
				Eks pit 6
1	Silt	Pipet	%	68,04
2	Clay	Pipet	%	4,86
3	Sand	Sieve	%	27,10
4	Texture	Segitiga Test	%	Silt

Sumber; PT BBE 2021

Tabel 22: Hasil Analisa kesuburan tanah pada areal Merandai CD-I/pit7

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa
				Merandai CD-I/pit7
1	pH H2OCl (1-2,5)	electrode	-	3,96
2	pH Kcl (1-2,5)	-	-	-
3	Kation Basa (NH4-OAc) pH7			
	Ca	AAS	Meg/100gr	3,37
	Mg	AAS	Meg/100gr	6,57
	Na	AAS	Meg/100gr	1,21
	K	AAS	Meg/100gr	0,39
4	KTK	Hitung	Meg/100gr	14,04
5	Al	Titration	Meg/100gr	0,50
6	H	Titration	Meg/100gr	0,00
7	N total	Kjeldahl	%	0,04
8	C Organik	Walkley & Black	%	0,96
9	Rasio C/N	Hitung	%	24,00
10	P2O5 Tersedia (Bray 1)	Spectronic	ppm	4,95
11	K2O Tersedia (Bray 1)	AAS	ppm	5,45

Nama/NIM: _____ / _____

12	Fe	AAS	ppm	614,70
13	Mn	AAS	ppm	206,00

Tabel 23: Hasil Analisa Fisik kualitas tanah

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa
				Merandai CD-I/pit7
1	Silt	Pipet	%	34,78
2	Clay	Pipet	%	38,65
3	Sand	Sie	%	26,57
4	Texture	Segitiga Test	%	Silt,clay loam

Sumber; PT BBE 2021

Tabel 24 Hasil analisis kualitas air pada void untuk air bersih

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil		
			Kelas II	(1)	(2)	(6)
A	Fisika					
1	Suhu	°C	Deviasi 3	-	32,6	31,3
2	TDS	mg/L	50	-	270,3	414,7
3	TSS	mg/L	1000	-	37,7	54,7
4	Warna	Pica	180	-	6,1	5,7
B	Kimia Anorganik					
1	pH	-	6 - 9	-	7,2	7,4
2	BOD	mg/L	3	-	1,3	0,8
3	COD	mg/L	25	-	11,0	15,1
4	DO	mg/L	4	-	4,9	4,5
5	Fosfat (PO ₄)	mg/L	0,2	-	00,7	0,11
6	Nitrat (NO ₃ N)	mg/L	10	-	0,11	1,13
7	Amonia (NH ₂ N)	mg/L	(-)	-	0,31	0,19
8	Arsen (As)	mg/L	1	-	-	-
9	Barium (Ba)	mg/L	(-)	-	-	-
10	Baron (B)	mg/L	1	-	-	-
11	Selenium (Se)	mg/L	0,05	-	-	-
12	Kadmium (Cd)	mg/ L	0,01	-	-	-
13	Kromium (Cr)	mg/L	0,05	-	-	-
14	Tembaga (Cu)	mg/ L	0,02	-	-	-
15	Besi (Total Fe)	mg/L	(-)	-	0,03	0,02
16	Timbal (Pb)	mg/L	0,3	-	-	-
17	Kobalt (Co)	mg/L	0,2	-	-	-

FORM G: Laporan Kemajuan Riset Disertasi I / II / III*)

Nama/NIM: _____ / _____

18	Seng (Zn)	mg/L	0,05	-	-	-
19	Mangan (Mn Total)	mg/L	(-)	-	0,5	0
20	Merkuri (Hg)	mg/L	0,002	-	-	-
21	Klorida (Cl)	mg/L	600	-	2,0	2,0
22	Sianida (CN)	mg/L	0,02	-	-	-
23	Fluori de (F)	mg/L	1,3	-	-	-
24	Nitrit (NO ₂ N)	mg/L	0,06	-	0,01	0,02
25	Sulfat (SO ₄)	mg/L	(400)	-	100,4	115,7
26	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	50	-	65,1	88
27	Klorin bebas (Cl ₂)	mg/L	0,03	0	0	0
28	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0,002	0	0	0
C	Kimia Organik					
1	Minyak dan Lemak	mg/L	1	-	-	-
2	Fenol	mg/L	0,001	-	-	-
3	MBAS	mg/L	0,2	-	-	-

Sumber: PT. Bukit Baiduri Energi

Tabel 25 Hasil analisis kualitas air pada void untuk budidaya perikanan/keramba

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas II	Hasil			
				(3)	(4)	(5)	(7)
A	Fisika						
1	Suhu	°C	Deviasi 3	31,0		31,0	
2	TDS	mg/L	1000	40,0		233,0	
3	TSS	mg/L	50	30,3		12,0	
4	Warna	Pica	180	8,9		3,6	
B	Kimia Anorganik						
1	pH	-	6 - 9	6,6		7,5	
2	BOD	Mg/L	3	1,1		1,7	
3	COD	mg/L	25	29,1		27,1	
4	DO	mg/L	4	5,0		5,2	
5	Fosfat (PO ₄)	mg/L	0,2	0,17		0,14	
6	Nitrat (NO ₃ N)	mg/L	10	0,26		0,25	
7	Amonia (NH ₂ N)	mg/L	(-)	0,18		0,18	
8	Arsen (As)	mg/L	1	-	-	-	-
9	Barium (Ba)	mg/L	(-)	-	-	-	-
10	Baron (B)	mg/L	1	-	-	-	-
11	Selenium (Se)	mg/L	0,05	-	-	-	-
12	Kadmium (Cd)	mg/ L	0,01	-	-	-	-
13	Kromium (Cr)	mg/L	0,05	-	-	-	-
14	Tembaga (Cu)	mg/ L	0,02	-	-	-	-
15	Besi (Total Fe)	mg/L	(-)	0,10		0,01	
16	Timbal (Pb)	mg/L	0,3	-	-	-	-

FORM G: Laporan Kemajuan Riset Disertasi I / II / III*)

Nama/NIM: _____ / _____

17	Kobalt (Co)	mg/L	0,2	-	-	-	-
18	Seng (Zn)	mg/L	0,05	-	-	-	-
19	Mangan (Mn Total)	mg/L	(-)	0	0	0	
20	Merkuri (Hg)	mg/L	0,002	-	-	-	-
21	Klorida (Cl)	mg/L	600	2,0		2,0	
22	Sianida (CN)	mg/L	0,02	-	-	-	-
23	Fluorida (F)	mg/L	1,3	-	-	-	-
24	Nitrit (NO ₂ N)	mg/L	0,06	0,00		0,00	
25	Sulfat (SO ₄)	mg/L	(400)	13,8		88,1	
26	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	50	65,4		21,9	
27	Klorin bebas (Cl ₂)	mg/L	0,03	-	-	-	-
28	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0,002	-	-	-	-
C	Kimia Organik						
1	Minyak dan Lemak	mg/L	1	-	-	-	-
2	Fenol	mg/L	0,001	-	-	-	-
3	MBAS	mg/L	0,2	-	-	-	-

Sumber: PT. Bukit Baiduri Energi

Tabel 26 Hasil analisis kualitas air pada void untuk Persawahan/pertanian

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil		
			Kelas II	(9)	(10)	(11)
A	Fisika					
1	Suhu	°C	Deviasi 3	32,3	32,3	30,3
2	TDS	mg/L	1000	138,7	195,7	1092,0
3	TSS	mg/L	50	3,7	5,3	28,0
4	Warna	Pica	180	2,0	6,5	8,2
B	Kimia Anorganik					
1	pH	-	6 - 9	7,6	7,7	6,3
2	BOD	mg/L	3	1,6	0,6	1,8
3	COD	mg/L	25	59,2	31,1	39,1
4	DO	mg/L	4	5,3	4,7	5,3
5	Fosfat (PO ₄)	mg/L	0,2	0,06	0,007	0,005
6	Nitrat (NO ₃ N)	mg/L	10	0,22	0,24	0,20
7	Amonia (NH ₂ N)	mg/L	(-)	0,19	0,01	0,33
8	Arsen (As)	mg/L	1	-	-	-
9	Barium (Ba)	mg/L	(-)	-	-	-
10	Baron (B)	mg/L	1	-	-	-
11	Selenium (Se)	mg/L	0,05	-	-	-
12	Kadmium (Cd)	mg/L	0,01	-	-	-

FORM G: Laporan Kemajuan Riset Disertasi I / II / III*)

Nama/NIM: _____ / _____

13	Kromium (Cr)	mg/L	0,05	-	-	-
14	Tembaga (Cu)	mg/L	0,02	-	-	-
15	Besi (Total Fe)	mg/L	(-)	0,003	0,003	0,003
16	Timbal (Pb)	mg/L	0,3	-	-	-
17	Kobalt (Co)	mg/L	0,2	-	-	-
18	Seng (Zn)	mg/L	0,05	-	-	-
19	Mangan (Mn Total)	mg/L	(-)	0	0,001	0
20	Merkuri (Hg)	mg/L	0,002	-	-	-
21	Klorida (Cl)	mg/L	600	0,0	4,7	6,0
22	Sianida (CN)	mg/L	0,02	-	-	-
23	Fluorida (F)	mg/L	1,3	-	-	-
24	Nitrit (NO ₂ N)	mg/L	0,06	0,08	0,18	0,34
25	Sulfat (SO ₄)	mg/L	(400)	51,0	22,4	59,9
26	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	50	57,0	77,2	34,3
27	Klorin bebas (Cl ₂)	mg/L	0,03	-	-	-
28	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0,002	-	-	-
C	Kimia Organik					
1	Minyak dan Lemak	mg/L	1	-	-	-
2	Fenol	mg/L	0,001	-	-	-
3	MBAS	mg/L	0,2	-	-	-

Sumber: PT. Bukit Baiduri Energi

4. PT. Mahakam Sumber Jaya

PT. Mahakam Sumber Jaya (PT. MSJ) adalah perusahaan Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) yang berlokasi di Kecamatan Tenggarong Seberang, Kecamatan Marangkayu, Kecamatan Sebulu Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kecamatan Samarinda Utara Kota Samarinda dengan Kode wilayah KW 000TB001.

Luas Wilayah PKP2B PT. MSJ adalah 20.380 Ha dimana 17.700 ha berada pada wilayah administrasi Kabupaten Kutai Kartanegara dan 2.680 Ha berada pada wilayah administrasi Kota Samarinda.

Lokasi kegiatan pertambangan PT. MSJ dapat dicapai dengan kendaraan roda empat maupun roda dua melalui jalur yaitu; Jalur 1 Jl. Pangeran Suryanata menuju Desa Kertabuana Kecamatan Tenggarong Seberang dengan waktu tempuh + 1 (satu) jam.

Nama/NIM: _____ / _____

a. Rona lingkungan awal sebelum kegiatan penambangan

Morfologi lahan pada wilayah PT. MSJ secara umum dibagi menjadi tiga bagian yakni; satuan morfologi perbukitan terjal, satuan morfologi perbukitan bergelombang dan satuan morfologi dataran rendah.

Tingkat Erosi .Pada perhitungan erosi tanah diareal PKP2B PT. MSJ menunjukkan erosi potensial berkisar 8,99 – 34,95 ton/ha/tahun. Kelas erosi ini tergolong sangat rendah. Laju erosi tanah di Blok A, B dan D tergolong sangat ringan dengan nilai erosi potensial dibawah 20 ton/ha/tahun.

Kualitas Air. Hasil analisis kualitas air dilakukan pada tahun 2004 di sungai Pampang areal Blok B Wilayah PKP2B PT MSJ masih mengacu pada Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 (Perda 02 tahun 2011 belum ada) dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 16 Kualitas air pada Rona awal di sungai sekitar PT. MSJ blok B

No	Parameter Fisik	Metode	Satuan	Hasil	Baku Mutu *)	
		Pengukuran		S Pampang	Kelas I	Air Laut
1	Suhu	SNI 06-6989.23-2005	oC	29,4	Normal	Alami
2	Kekeruhan	SNI 06-6989.25-2005	NTU	98,0	-	-
3	Warna (True Colour)	RSNI3 6989.80:2010	mg/l PtCo	198	-	-
4	TSS	SNI 06-6989.27-2005	mg/l	137	<50	<80
5	TDS	SNI 06-6989.27-2005	mg/l	123	<1000	-
6	Conductivity (DHL)	SNI 06-2413-1991	uS	84	-	-

Sumber : PT. MSJ 2021

Keterangan : *) BML masih mengacu

Pembahasan (maksimal 1.500 kata)

Sumber PT. MEC 2020

Gambar 11. Peta rencana pasca tambang PT. Mutiara Etam Coal.

Sampai saat ini pelaksanaan reklamasi untuk peruntukan perkebunan belum dilakukan sebagaimana rencana pada dokumen RPT. Tanaman sisipan berupa buah-buahan belum ada (realisasi 0%).

c. Alternatif pemanfaatan lahan Pascatambang

Pada dokumen rencana pascatambang PT, Mutiara Etam Coal yang diterbitkan pada tahun 2009 disebutkan bahwa peruntukan lahan pascatambang adalah; 1). Menjadi lahan perkebunan kembali sesuai rona awal dengan perbaikan pada tanaman- tanaman pokok perkebunan yang bernilai ekonomis, beberapa tanaman yang ada dilahan pascatambang adalah tanaman cepat tumbuh; akasia (*Acacia Mangium*), angkana , sengon (*Paraserianthes Falcata*), dan gamal (*Gliricidia SP*) kemudian disisipi tanaman bernilai ekonomis berupa Rambutan (*Nephelium SP*), Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) Durian (*Durio Zibethinus*) 2). Lahan pascatambang direncanakan menjadi lahan pergudangan atau perkantoran mengingat adanya rencana jalan peti kemas sesuai perencanaan kota Samarinda.

Sedangkan di dalam persetujuan revisi studi kelayakan tahun 2017 beberapa konsep peruntukan lahan pascatambang adalah 1). Direncanakan menjadi lahan berevegetasi kembali dengan tanaman-tanaman pokok kehutanan yang bernilai ekonomis, seperti Mahoni (*Swietenia Mahagoni*), Sungkai (*Peronema Canisceus*), Kahoi (*Shore Balangeran*), Jati Super (*Tectona orendis*), Akasia (*Acacia mangiun*), Angkana (*Ptecarpus indicus*), dan Ketapan (*Terminalia catappa*). Untuk tanaman pioneer digunakan tanaman antara lain; sengon (*albizia chinensis*) , Johar (*Senna*

Nama/NIM: _____ / _____

Siame), Dillenia (*Dillenia philippinensis* Rolfe) dan Gmelina (*Gmelina arborea*) 2). Lahan pascatambang direncanakan lahan perkebunan baik perkebunan tanaman keras maupun perkebunan tanaman semusim. Perkebunan tanaman keras dengan tanaman yang sudah teruji dapat tumbuh pada lahan pascatambang seperti, Kemiri (*Aleurites Moluccanus*), Minyak kayu putih (*Melaleuca Leucadendra*), Kakao (*Theobroma Cacao*), dan Kelapa Sawit (*Elaeis*), sedang tanaman buah-buahan seperti Sirsak (*Annona muricata*), Nangka (*Artocarpus heterophyllus*), dan Manga (*Mangifera indica*) serta tanaman semusim seperti Pisang (*Musa*), Nanas (*Ananas comosus*), Ketela (*Manihot esculenta*), dan Jagung (*Zea mays*) 3). Lahan bekas tambang berupa void direncanakan menjadi area budidaya perikanan 4). Lahan bekas tambang diatur dan diperuntukan sesuai dengan tata guna lahan Kota Samarinda

1) Alternatif Pemanfaatan lahan untuk Perkebunan

Jika melihat pelaksanaan reklamasi yang dilakukan oleh PT. Mutiara Etam Coal saat ini, maka terdapat ketidaksesuaian dengan dokumen Rencana pascatambang maupun dokumen studi kelayakan.

Di samping itu alternatif pemanfaatan lahan pascatambang untuk perkebunan perlu dipertimbangkan mengingat dari hasil Analisa kualitas tanah menunjukkan jika tanah pada areal bekas penambangan PT. Mutiara Etam Coal adalah termasuk tanah marjinal, baik dari sifat fisik maupun sifat kimia tanah.

Pada hasil analisa kualitas tanah pada tabel 8 dan 9 diatas, nilai pH untuk semua sampel <5, nilai KTK, Al, kejenuhan basa semua tidak memenuhi standar kualitas tanah untuk revegetasi yang baik. Secara umum standar tanah yang baik untuk revegetasi lahan yang baik adalah nilai pH > 5, KTK > 16, kejenuhan basa > 20 %, C (carbon) 1%, Al <3ml/100 g (Arinze et al 2019).

2) Pemanfaatan lahan untuk Budidaya perikanan

Dalam dokumen Rencana Pascatambang PT. MEC tidak disebutkan berapa jumlah dan luas lubang bekas tambang yang ditinggal diakhir penambangan, namun pada dokumen studi kelayakan tercantum 1 void dengan luas 3,15 hektar. Rencana pemanfaatan void tersebut adalah untuk budi daya perikanan karena alasan dekat dari pemukiman penduduk. Untuk melihat

Nama/NIM: _____ / _____

potensi serta daya dukung lingkungan pemanfaatan void sebagai budi daya perikanan, harus melihat terlebih dahulu hasil Analisa kualitas air yang dilakukan pada laboratorium PT. Global Environmental Laboratory.

2. PT. Nuansacipta Coal Investemet (PT. NCI)

a. Sinkronisasi RPT dengan RTRW

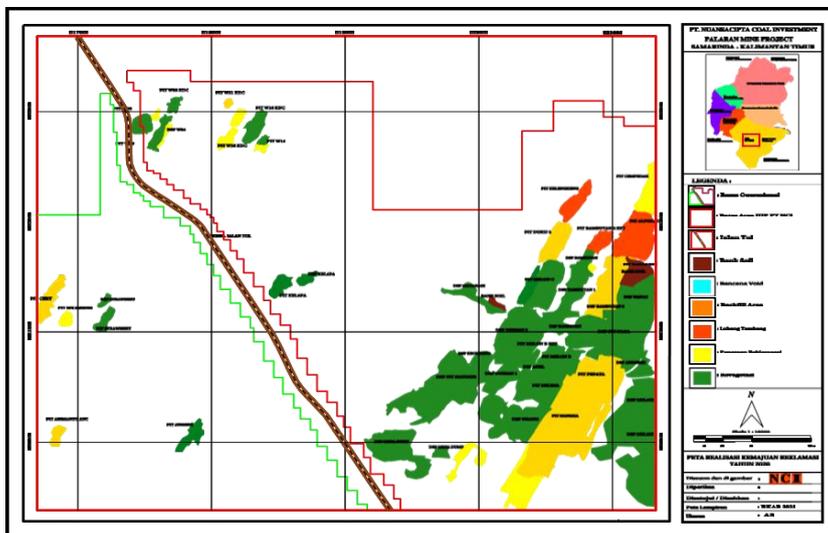
Pada dokumen Rencana Pascatambang PT. NCI yang disetujui oleh Gubernur Kalimantan Timur pada tahun 2020 dengan nomor persetujuan 503/680/RPT/DPMPSTSP/2020 yang disusun berdasarkan Kepmen ESDM nomor: 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik lampiran VI, disebutkan bahwa rencana pemanfaatan lahan pascatambang adalah sebagai berikut:

- 1) Reklamasi lahan Bekas Fasilitas Tambang seperti bekas sarana infrastruktur kantor, gudang, nursery, workshop seluas 2,37 ha. Bentuk reklamasi yang dilakukan adalah *revegetasi* dengan tanaman *fast growing species* sengon, meranti, sungkai, mahoni dan akasia dan tanaman penutup (*cover crop*) jenis *centrocema* dan *calopaganium*.
- 2) Reklamasi jalan tambang. yakni jalan tambang yang ada dilokasi penambangan (*ramp*) dan jalan angkutan batubara (*hauling road*) yang menghubungkan lokasi penambangan dengan penimbunan batubara (*stockpile*) pelabuhan. Reklamasi jalan dalam bentuk *revegetasi* akan dilakukan pada jalan tambang sedangkan jalan angkutan batubara tetap dipertahankan sebagai jalan alternatif menuju kecamatan Sanga-Sanga sepanjang 10,3 km.
- 3) Reklamasi lahan bekas tambang permukaan yang terdiri dari bekas tambang/pit (*mine out*) dan timbunan tanah penutup (*disposal area*) Pelaksanaan reklamasi lahan bekas tambang sebagian besar dilakukan dalam bentuk *revegetasi* tanaman *fast growing species* (sengon, meranti, sungkai, mahoni dan akasia) dan tanaman penutup (*cover crop*) jenis *centrocema* dan *calopaganium*.
- 4) Lubang bekas tambang (*void*) yang tidak dapat dilakukan kegiatan penimbunan (*backfill*) berjumlah 4 void dengan luas total 29,96 ha, terdiri dari void eks tambang pit 31 seluas 10,44 ha, void eks tambang pit 16 seluas 8,24 ha, void eks tambang pit 25 seluas 4,31 ha dan void eks tambang pit 42 seluas 6,97 ha. Rencana pemanfaatan void sebagai waduk

dan untuk budidaya perikanan
Sesuai RTRW kota samarinda wilayah IUP PT NCI adalah merupakan areal Kawasan tanaman pangan dan hortikultura, perkebunan dan pertanian

b. Pelaksanaan Reklamasi

Pemilihan jenis tanaman keras akan dilakukan berdasarakan masukan-masukan yang diperoleh hasil konsultasi dengan dinas terkait seperti Dinas Kehutanan Provinsi Kalimantan Timur maupun Lembaga Penelitian kehutanan lainnya.



Sumber: PT. NCI, 2020

Gambar 12. Peta Kemajuan Reklamasi PT. NCI

Progres kegiatan reklamasi PT. NCI secara kumulatif sampai saat ini seluas 218,27 Ha (73,87%) dari total bukaan lahan, sedangkan kumulatif lahan yang telah direvegetasi seluas 188,74 (63,88%) dari total bukaan lahan

Jumlah pohon tanaman *pioneer* yang telah ditanam 143.450 pohon berupa tanaman Sengon (*albizia chinensis*) dan Trembesi (*Samanea saman*), tanaman sisipan berjumlah 4.200 pohon berupa tanaman lokal Ulin

Nama/NIM: _____ / _____

(*Eusideroxylon zwageri*), Meranti (*Shorea*) dan Gaharu (*Aquilaria Malaccensis*) dan buah-buahan berjumlah 1.100 pohon seperti; Durian (*Durio Zibethinus*), dan pisang (*Musa paradisiaca*)

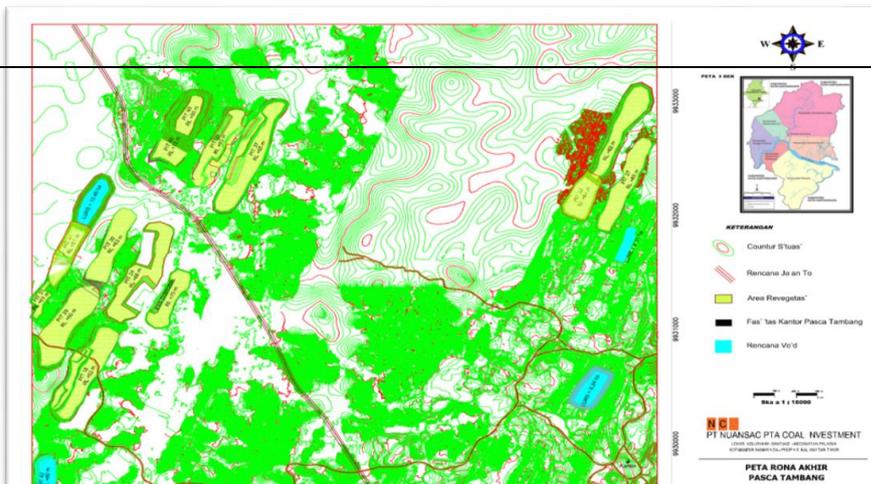
Pelaksanaan *reklamasi* dalam bentuk *revegetasi* belum mengarah pada pemanfaatan sebagai lahan perkebunan hal ini dapat dilihat dari jumlah penanaman tanaman sisipan berupa buah-buahan masih sangat kurang (durian 800 pohon dan pisang 300 pohon) sementara dilapangan juga terlihat masih kurang, dan pertumbuhannya masih kecil.

Luas areal PT. NCI yang telah direvegetasi adalah 188,74 hektar jika dalam satu hektar lahan dengan jarak penanaman 4 x 4 maka butuh 625 tanaman *pioneer* dan sekitar 30% dalah tanaman *fastgrowing/pioner* yakni 187,5 pohon perhektar. Dengan demikian pada lahan seluas 188,74 seharusnya sudah tertanam 35.388,74 pohon (untuk tanaman lokal dan buah-buahan), sementara PT. NCI baru melakukan penanaman 5.300 pohon

c. Alternatif Pemanfaatan Lahan Pascatambang

Pada dokumen rencana pascatambang PT, NCI tahun 2020 yang merupakan revisi Dokumen Pascatambang tahun 2010 disebutkan bahwa reklamasi lahan pastatambang adalah; 1). Reklamasi dalam bentuk revegetasi dengan penanaman tanaman *cover crop*, tanaman *fast growing* dan sisipan tanaman lokal dan buah-buahan. 2. Untuk jalan angkut batubara dari sepanjang 10,3 Km yang menghubungkan Desa Bentuas dan Desa Handil Bakti menuju kecamatan Sanga-Sanga akan tetap dipertahankan sebagai jalan alternatif. 3. *Void* yang tidak ditutup ada 4 dengan luas 29,96 Ha akan dimanfaatkan sebagai waduk dan budidaya perikanan.

Pada dokumen studi kelayakan PT. NCI tahun 2014 disebutkan tentang Rencana Pascatambang yakni melakukan reklamasi dan revegetasi serta pengelolaan lubang bekas tambang namun tidak menyebutkan pemanfaatan secara khusus seperti Perkebunan, waduk dan budidaya perikanan. Rencana pemanfaatan pascatambang PT. NCI dapat dilihat pada gambar



Sumber: PT. NCI, 2020

Gambar 13. Peta Rencana Rona Akhir Pascatambang PT. NCI

1) Pemanfaatan lahan untuk Perkebunan

Alternatif pemanfaatan lahan pascatambang untuk perkebunan pada eks pit Leci sudah sesuai dengan Rencana Pascatambang dari hasil analisa kualitas tanah hampir semua parameter terpenuhi kecuali nilai pH < 5. Hasil Analisa kualitas tanah pada areal bekas tambang PT. NCI yang dilakukan laboratorium lingkungan PT. Global Environment Laboratory untuk pit Leci dapat dilihat pada table 14 hal 24 diatas.:

Dari hasil analisa kualitas tanah diatas, hanya parameter pH yang tidak terpenuhi untuk syarat perkebunan yang baik, karena nilainya <5 sementara parameter lain seperti kandungan tanah liat, nilai KTK, kejenuhan basa, Carbon, Al, Fe, pyrit, Ca dan Mg semua terpenuhi untuk kondisi tanah yang baik untuk Perkebunan. Menurut Kepala Teknik Tambang PT. NCI adanya nilai pH yang rendah pada hasil analisa kualitas tanah pada eks pit Leci dapat dipenuhi dengan penambahan kapur sesuai dosis diawal sebelum dilakukan penanaman. Hal ini menyebabkan kondisi tanaman revegetasi terlihat tumbuh dengan baik.

Alternatif pemanfaatan lahan pascatambang untuk perkebunan pada disposal Kelapa sudah sesuai dengan Dokumen Rencana Pascatambang dan dari hasil analisa kualitas tanah hampir semua parameter terpenuhi kecuali nilai pH < 5. Hasil Analisa kualitas tanah pada *disposal* Kelapa.

Dari hasil analisa kualitas tanah pada tabel pit Kelapa diatas, hanya parameter pH, yang tidak terpenuhi, karena nilai pH lebih < 5 sementara

Nama/NIM: _____ / _____

parameter lain seperti kandungan tanah liat, nilai KTK, kejenuhan basa, *Carbon, Al, Fe, pyrit, Ca* dan *Mg* semua terpenuhi untuk kondisi tanah yang baik untuk Perkebunan. Menurut Kepala Teknis Tambang PT. NCI adanya nilai pH yang rendah dapat pada hasil analisa kualitas tanah pada eks pit Leci dapat dipenuhi dengan penambahan kapur sesuai diawal sebelum dilakukan penanaman. Hal menyebabkan kondisi tanaman *revegetasi* terlihat tumbuh dengan baik.

2) Pemanfaatan lahan untuk Budidaya perikanan

Reklamasi lahan bekas tambang PT. NCI terdiri dari reklamasi bekas galian tambang (*mine out pit*) dan reklamasi timbunan batuan penutup (*disposal area/out pit dump*). Reklamasi bekas galian tambang dilakukan dengan penimbunan kembali (*backfill*) sampai level tertentu yang mendekati kondisi rona awal sedangkan reklamasi timbunan batuan penutup semua dilakukan dalam bentuk revegetasi untuk perkebunan.

Didalam proses penutupan bekas galian tambang ada areal yang tidak bisa ditutup karena material timbunan (*over burden*) tidak mencukupi sehingga akan menjadi *void* diakhir kegiatan penambangan. Pada dokumen Rencana Pascatambang juga dijelaskan bahwa pada akhir tambang akan ada 4 void seluas 29,96 ha yang bisa ditutup yakni; void eks tambang pit 31 seluas 10,44 ha, void eks tambang pit 16 seluas 8,24 ha, void eks tambang pit 25 seluas 4,31 ha dan void eks tambang pit 42 seluas 6,97 ha.

Rencana pemanfaatan void pada kegiatan pascatambang adalah sebagai waduk dan untuk budidaya perikanan. Dari hasil analisa kualitas air pada tabel 15 hal 25 di atas, terlihat hanya parameter Mangan (*Mn*) yang tidak memenuhi Baku Mutu Lingkungan berdasarkan Peraturan Daerah Kalimantan Timur nomor 02 tahun 2011 tentang Pengelolaan kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lampiran V). Dengan demikian pemanfaatan kolam untuk budi daya perikanan dapat dilakukan dengan sedikit pengelolaan untuk menetralkan kandungan Mangan sampai memenuhi baku Mutu Lingkungan.

3) Pemanfaatan lahan (jalan angkut batubara) menjadi jalan akses masyarakat

Jalan angkut batubara PT. NCI yang menghubungkan antara lokasi penambangan dengan lokasi penimbunan batubara (*stockpile*) pelabuhan sepanjang 10,3 km akan dipertahankan dan dialih fungsikan pada kegiatan pascatambang sebagai jalan alternatif masyarakat

Nama/NIM: _____ / _____

Pemanfaatan jalan angkut batubara menjadi jalan akses/alternatif masyarakat sesuai dengan Dokumen Rencana Pascatambang dan menurut Kepala Teknik Tambang PT. NCI bahwa sebelum ada kegiatan pertambangan PT. NCI jalan akses masyarakat Desa Bentuas dan Desa Handil Bakti menuju kota Kecamatan Sanga-Sanga Kabupaten Kutai Kartanegara sudah ada meskipun hanya bisa dilalui oleh kendaraan roda dua jika kondisi jalan kering atau tidak hujan. Jalan tersebut kemudian terganggu fungsinya setelah ada kegiatan penambangan PT. NCI.

Kestabilan tanah untuk penggunaan sebagai jalan akses pada kegiatan pascatambang dengan melihat struktur geologi dan stratigrafi batuan disekitar IUP PT. NCI tidak ada masalah. Dari Hasil pengukuran arah jurus dan kemiringan batuan di lapangan, menunjukkan bahwa perlapisan batuan di daerah IUP PT. NCI relatif stabil dan tidak terpengaruh oleh adanya struktur patahan. Struktur di daerah penyelidikan membentuk struktur antiklinorium yaitu Antiklin Palaran, sumbu antiklin pada bagian tengah daerah penyelidikan berarah relatif Utara – Selatan. Perlapisan mempunyai arah kemiringan ke Barat dan Timur, dengan sudut kemiringan cukup terjal yaitu lebih dari 50°. Jenis material tanah tersingkap berturut-turut adalah lapisan batupasir, batulempung, batulanau serta endapan alluvium.

Pemanfaatan jalan angkut batubara menjadi jalan akses masyarakat pada pascatambang, juga sudah teruji oleh perusahaan dengan penggunaan kendaraan truk (*dump truck*) berkapasitas lebih dari 20ton pulang-pergi, sehingga jalan tersebut cukup stabil.

3. PT. Bukit Baiduri Energi

a. Sinkronisasi RPT dengan RTRW

Dokumen Rencana Pascatambang PT. BBE yang telah mendapatkan persetujuan teknis dari Dinas Energi dan Sumberdaya Mineral tanggal 3 Desember 2020 dengan nomor persetujuan 541.23/3438/II-MINERBA dan disusun berdasarkan Kepmen ESDM nomor: 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik lampiran VI, Dokumen Rencana Pascatambang ini adalah merupakan revisi Rencana Pascatambang tahun 2014.

Pada dokumen Rencana Pascatambang disebutkan bahwa rencana pemanfaatan lahan pascatambang adalah sebagai berikut:

- 1) Reklamasi lahan Bekas Fasilitas Tambang seperti bekas sarana infrastruktur kantor, *nursery*, *workshop* milik PT. BBE seluas 5 ha tidak akan dibongkar tapi diserahkan pada pihak ketiga yakni PT. Lumbung Alam Sejahtera untuk dipergunakan pada kegiatan pascatambang. Sedangkan gudang bahan peledak seluas 0,12 ha akan direklamasi dalam revegetasi tanaman pioneer dan tanaman sisipan
- 2) Reklamasi jalan tambang. yakni jalan tambang yang ada dilokasi penambangan (*ramp*) dan jalan angkutan batubara (*hauling road*) yang menghubungkan lokasi penambangan dengan penimbunan batubara (*stockpile*) pelabuhan. Reklamasi jalan dalam bentuk revegetasi akan dilakukan pada jalan tambang karena merupakan satu kesatuan dengan reklamasi bukaan lahan sedangkan jalan angkutan batubara tetap dipertahankan sebagai jalan menuju kepelabuhan karena pelabuhan juga tetap dipertahankan dan diserahkan pada pihak ketiga.
- 3) Reklamasi lahan bekas tambang permukaan PT. BBE akan disesuaikan dengan rencana penambangan pada revisi Dokumen Studi Kelayakan tahun 2020. Rencana akhir penambangan ditahun 2026 akan dilaksanakan di Pit Jongkang C4 Extend dan Pit Central West A11, masing-masing seluas 21,18 ha dan 16,20 Ha Estimasi luas lahan yang akan direklamasi pada program pascatambang di pit C4 Extend seluas 14,82 Ha dan di pit Central West A11 seluas 11,34 ha. Semua reklamasi dilakukan dalam revegetasi tanaman fast growing dan sisipan tanaman lokal dan buah-buahan.
- 4) Lubang bekas tambang (*void*) yang tidak dapat dilakukan penutupan/penimbunan (*backfill*) pada kegiatan penambangan PT. BBE berjumlah 15 void dengan luas total 256,98 ha, terdiri dari void Merandai (43 ha), Galaxy Bendang Ph 678 (47.54) UDJ (8.12 ha), Senong (16.68 ha) pit Jongkang (17.13 ha), Pinang Phase 1 South (21.20 ha), Pinang Ph 2 A6-A8 (15.30 ha), Irawan Imoek (7,55 ha), TD C9 (12,71 ha), Sky Air C4-C5 (8,24 ha), TD Noth C4-C5 (3,27 ha), North Ph 2/3 (13,61 ha) Karimata (13,53 ha), Maratua (15,57), RPU (13,53 ha). Nama void dan rencana pemanfaatan dapat dilihat pada 19 sebagai berikut;

Tabel 17. Rencana Pemanfaatan Void pascatambang PT. BBE

Nama/NIM: _____ / _____

No.	NAMA VOID	LUAS (Ha)	ARAHAN PEMANFAATAN	JARAK KE PEMUKIMAN
1	Merandai	43.00	Cadangan air tawar	± 600 meter
2	Galaxy Bendang Ph 678	47.54	Cadangan air/energy alternative (PLTS)	± 2000 meter
3	UDJ	8.12	Budidaya/keramba	± 2500 meter
4	Senong	16.68	budidaya/ keramba	2000 meter
5	Pit Jongkang	17.13	Budidaya/Keramba	±1000 meter
6	Pinang Phase 1 South	21.20	Cadangan tawar	± 700 meter
7	Pinang Ph 2 A6-A8	15.30	budidaya / Keramba	± 700 meter
8	Irawan Imoek	7.55	budidaya / parawisata	± 600 meter
9	TD C9	12.71	Pengairan/Irigasi	± 500 meter
10	Sky Air C4-C5	8.24	Pengairan/Irigasi	± 500 meter
11	TD Noth C4-C5	3.27	Pengairan/ irigasi	± 500 meter
Voit yang belum terbentuk				
12	North Ph 2/3	13.61	Budidaya/keramba	± 1000 meter
13	Karimata	13,53	Cadangan air tawar	± 1000 meter
14	Maratua	15,57	Cadangan air tawar	± 1000 meter
15	RPU	13,53	Obyek wisata	± 600 meter
Total Luas Void Awal		256,98		

Sumber: PT. BBE 2021

Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor. 1 Tahun 2016 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Kaltim Tahun 2016-2036 dan KepMen Kehutanan No. 79/KPTS-II/2001 tentang penunjukan kawasan hutan dan perairan, areal kajian PT. BBE seluas 4.081 Ha berada pada kawasan Budidaya Non Kehutanan (KBNK)/Area Penggunaan Lain (APL) sedangkan menurut Peraturan Daerah Kota Samarinda nomor 2 tahun 2014 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Samarinda tahun 2014-2034 wilayah IUP PT. BBE adalah **merupakan pertanian**

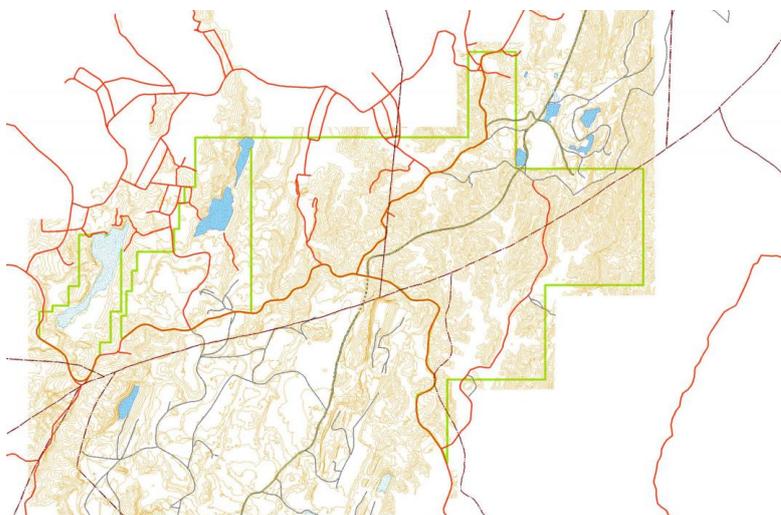
b. Pelaksanaan Reklamasi

Pelaksanaan reklamasi lahan bekas tambang PT. BBE dilaksanakan dengan cara menimbun kembali (backfilling) bekas galian tambang

Nama/NIM: _____ / _____

menggunakan material tanah penutup yang diperoleh pada penambangan *pit* terdekat, kemudian melakukan penataan lahan pada bekas galian tambang (*inpit dump*) maupun pada lahan disposal (*outpit dump*) membentuk kontur yang diupayakan menyerupai bentuk kondisi awal. Setelah itu dilakukan penaburan tanah pucuk (*spreading topsoil*) dengan ketebalan rata-rata 0,25meter sebagai media untuk pertumbuhan tanaman. Untuk meningkatkan kesuburan tanah, maka hamparan tanah pucuk (*topsoil*) diberi perlakuan pemupukan dan pengapuran sesuai dengan kondisi tanah. Tahapan selanjutnya dilakukan penanaman (*revegetasi*) tanaman penutup (*cover crop*) dan tanaman cepat tumbuh (*fast growing*) seperti Akasia (*accacia Mangium*), Sengon (*albizia chinensis*), Trembesi (*Samanea saman*) dan Gamal (*glirisidia*). Setelah kurang-lebih 1 (satu) tahun kemudian dimana tutupan tajuk sudah 70% - 80% maka dilakukan lagi penanaman tanaman lokal dan buah-buahan sesuai dengan dokumen AMDAL dan dokumen Rencana Reklamasi.

Pemilihan jenis tanaman keras akan dilakukan berdasarkan hasil analisa kualitas tanah dan rekomendasi dari Program Studi Teknologi Geomatika Politeknik Pertanian Negeri Samarinda



Sumber: PT. BBE, 2020

Gambar 14. Peta Kemajuan Reklamasi PT. BBE

Nama/NIM: _____ / _____

Luas wilayah IUP PT. BBE yang berada dikota Samarinda adalah 2.450 Ha. Dari luas wilayah yang masuk Kota Samarinda telah dilakukan pembukaan lahan seluas 1.046,48 Ha atau 42,71%. Sedangkan luas areal yang telah di reklamasi untuk wilayah Samarinda 796,48 Ha atau 76% dari luas bukaan. Luas areal yang telah direvegetasi sama dengan luas areal reklamasi yakni 796,48 Ha atau 100% dari luas areal Reklamasi. Angka pencapaian ini cukup bagus karena sudah melampaui target angka rasio antara reklamasi dan revegetasi dengan luas bukaan lahan yang ditetapkan oleh Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur minimal 40% atau kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 50%.

Jumlah pohon tanaman *pioneer* yang telah ditanam 497.800 pohon berupa tanaman Sengon (*albizia chinensis*) dan Trembesi (*Samanea saman*) dan Johar (*Senna Siamea*), tanaman sisipan berjumlah 124.250 pohon berupa tanaman Jabon (*Neolamarckia Cadamba*), Meranti (*Shorea*) Ulin (*Eusideroxylon zwageri*), Nyatoh, Laban (*Vitex Pinnata*), Mahoni (*Swietenia Mahagoni*), Pulau (*Alstonia Scholaris*), Cempedak (*Artocarpus Integer*), Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*), Rambutan (*Nephelium Lappaceum*), Durian (*Durio Zibethinus*), Jengkol (*Archidendron Pauciflorum*), Kopi (*Coffea*), Mangga (*Mangifera Indica*), Langsung () dan Rambai ()

Unuk memaksimalkan pelaksanaan reklamasi dalam bentuk revegetasi PT. BBE telah melakukan Analisa kesuburan tanah pada laboratorium Program Studi Teknologi Geomatika Politeknik Pertanian Negeri Samarinda dan UPT. Laboratorium Sumberdaya Hayati Kalimantan (LSHK/PUSREHUT) Universitas Mulawarman.

Pelaksanaan reklamasi yang dilakukan oleh PT. Bukit Baiduri Energi khusus untuk penutupan void yang dilakukan ditahun 2020 sampai bulan Agustus 2021 adalah; dari 25 void yang telah terbentuk 9 void dengan luas 24,35 ha telah dilakukan penutupan, 2 void dengan luas 46,80 ha masih dalam proses penutupan, 2 void dengan luas 20,22 ha akan dilakukan penutupan dan 11 void dengan luas 200,74 ha tidak akan ditutup sesuai dokumen Rencana Pascatambang yang telah disetujui oleh pemerintah. Disampaing itu akan terbentuk lagi void pada kegiatan penambangan dari tahun 2021 sampai dengan tahun 2024 dengan luas 56,24 ha ha dan juga tidak akan ditutup sesuai dokumen RPT. Adapun kemajuan pelaksanaan reklamasi dan penutupan void dapat dilihat pada tabel 18 sebagai berikut;

Nama/NIM: _____ / _____

Tabel 18. Kemajuan penutupan void PT. Bukit Baiduri Energi sampai Agustus 2021

No.	NAMA VOID	LUAS (Ha)	KETERANGAN
1	Merandai	43.00	Tidak ditutup sesuai RPT
2	Mess Petrosea (Pit 3)	0.66	Telah ditutup
3	Bendang	16.80	Sementara proses penutupan
4	Goldstar A6/A7	12.28	Telah ditutup
5	Panorama	30.00	Sementara proses penutupan
6	GB 2 A15	5.69	Akan ditutup dari pit Golstar
7	Galaxy Bendang Ph 678	47.54	Tidak ditutup sesuai RPT
8	UDJ	8.12	Tidak ditutup sesuai RPT
9	Senong	16.68	Tidak ditutup sesuai RPT
10	Pit Jongkang	17.13	Tidak ditutup sesuai RPT
11	Pinang Phase 1 South	21.20	Tidak ditutup sesuai RPT
12	Kalosi	6.03	Telah ditutup
13	Pinang Ph 1 A1	1.30	Telah ditutup
14	Pinang Ph 2 A4	7.17	Telah ditutup
15	Pinang Ph 2 A6-A8	15.30	Tidak ditutup sesuai RPT
16	Pinang Ph 3 A3-A5	6.34	Telah ditutup
17	Pinang Ph 3 A5 (Zainuddin)	1.05	Telah ditutup
18	Irawan Imoek	7.55	Tidak ditutup sesuai RPT
19	Pinang Ph 4 A12 (Underpass)	2.25	Akan ditutup dari pit Karimata
20	Pinang Ph 4 A15 (Underpass)	0.75	Telah ditutup
21	Pinang Ph 4 A16 (inhouse)	1.05	Telah ditutup
22	TD C9	12.71	Tidak ditutup sesuai RPT
23	Sky Air C4-C5	8.24	Tidak ditutup sesuai RPT
24	TD Noth C4-C5	3.27	Tidak ditutup sesuai RPT
25	North Ph 2/3	13.61	Tidak ditutup sesuai RPT
Total Luas Void Awal		305,72	

Nama/NIM: _____ / _____

c. Alternatif Pemanfaatan Lahan Pascatambang

Pada dokumen rencana pascatambang PT. BBE tahun 2020 yang merupakan revisi Dokumen Pascatambang tahun 2014 disebutkan bahwa reklamasi lahan pascatambang adalah; 1). Reklamasi lahan Bekas Fasilitas Tambang seperti bekas sarana infrastruktur kantor, *nursery*, *workshop* milik PT. BBE seluas 5 ha tidak akan dibongkar tapi diserahkan pada pihak ketiga yakni PT. Lumbung Alam Sejahtera untuk dipergunakan pada kegiatan pascatambang. Sedangkan gudang bahan peledak seluas 0,12 ha akan direklamasi dalam revegetasi tanaman pioneer dan tanaman sisipan 2). Reklamasi jalan tambang, yakni jalan tambang yang ada dilokasi penambangan (ramp) dan jalan angkutan batubara (hauling road) yang menghubungkan lokasi penambangan dengan penimbunan batubara (*stockpile*) pelabuhan. Reklamasi jalan dalam bentuk revegetasi akan dilakukan pada jalan tambang karena merupakan satu kesatuan dengan reklamasi bukaan lahan sedangkan jalan angkutan batubara tetap dipertahankan sebagai jalan menuju kepelabuhan karena pelabuhan juga tetap dipertahankan dan diserahkan pada pihak ketiga. 3). Reklamasi lahan bekas tambang permukaan PT. BBE akan disesuaikan dengan rencana penambangan pada revisi Dokumen Studi Kelayakan tahun 2020. Rencana akhir penambangan ditahun 2026 akan dilaksanakan di Pit Jongkang C4 Extend dan Pit Central West A11, masing-masing seluas 21,18 ha dan 16,20 Ha Estimasi luas lahan yang akan direklamasi pada program pascatambang di pit C4 Extend seluas 14,82 Ha dan di pit Central West A11 seluas 11,34 ha. Semua reklamasi dilakukan dalam revegetasi tanaman fast growing dan sisipan tanaman lokal dan buah-buahan, serta revegetasi untuk perkebunan dengan tanaman karet. 4). Lubang bekas tambang (*void*) yang tidak dapat dilakukan penutupan/penimbunan (*backfill*) pada kegiatan penambangan PT. BBE berjumlah 15 void dengan luas total **256,98** ha, terdiri dari void Merandai (43 ha), Galaxy Bendang Ph 678 (47.54) UDJ (8.12 ha), Senong (16.68 ha) pit Jongkang (17.13 ha), Pinang Phase 1 South (21.20 ha), Pinang Ph 2 A6-A8 (15.30 ha), Irawan Imoek (7,55 ha), TD C9 (12,71 ha), Sky Air C4-C5 (8,24 ha), TD Noth C4-C5 (3,27 ha), North Ph 2/3 (13,61 ha) Karimata (13,53 ha), Maratua (15,57), RPU (13,53 ha).

Dengan demikian rencana pemanfaatan lahan pascatambang pada pada wilayah IUP PT. BBE adalah reklamasi dalam bentuk revegetasi dengan tanaman pioneer dan tanaman sisipan, dan revegetasi dengan tanaman karet untuk perkebunan karet, jalan angkut batubara ke Pelabuhan akan tetap

Nama/NIM: _____ / _____

dipertahankan dan akan diserahkan pada pihak ketiga, sedangkan void yang tidak dapat dilakukan penutupan akan dimanfaatkan sebagai sumber cadangan air tawar, pengairan/irigasi, budidaya/keramba perikanan, parawisata dan pengembangan energi alternatif. Rencana pemanfaatan pascatambang PT. BBE dapat dilihat pada gambar

Sumber : PT. BBE, 2021

Gambar 12. Peta Rencana Rona Akhir Pascatambang PT. BBE

1) Pemanfaatan lahan untuk revegetasi tanaman pioneer, sisipan dan Perkebunan

Tujuan utama dari kegiatan reklamasi lahan bekas tambang adalah untuk meminimalisir dampak buruk yang berkelanjutan terhadap lingkungan sekitar. Rencana reklamasi lahan bekas tambang batubara pada wilayah IUP PT. BBE meliputi penimbunan, perapihan revegetasi lahan dan pemeliharaan.

Salah satu masalah dalam kegiatan reklamasi dan revegetasi PT. BBE adalah adanya material pembangkit Air Asam Tambang (AAT) yang ditemukan pada material batuan penutup (*over burden*) di beberapa lokasi. Dari hasil studi geokimia batuan dengan metode "*Net Acid Generation Test* (NAG Test) yang tercantum pada dokumen studi kelayakan diketahui adanya kandungan asam sulfat batuan ($\text{kg H}_2\text{SO}_4/\text{ton}$). Dari 43 sampel yang diuji 41 diantaranya menunjukkan sebagai material pembangkit air asam tambang atau *Potentially Acid Forming* (PAF) dan hanya 2 (dua) sampel yang menunjukkan sebagai material bukan pembangkit air asam tambang atau *Non Acid Forming* (NAF).

Nama/NIM: _____ / _____

Hasil Analisa geokimia batuan (NAG Test) dapat dilihat pada tabel 13 diatas

Pencegahan terjadinya air asam tambang adalah dengan mencegah proses oksidasi mineral sulfida, dengan cara menempatkan batuan penutup yang berpotensi menghasilkan air asam tambang (PAF) pada bagian terbawah didaerah penimbunan, kemudian ditutupi dengan batuan yang bersifat netral (NAF) dengan permeabilitas yang rendah untuk menghindari rembesan air masuk kebatuan yang mengandung mineral sulfida tersebut.

Jika batuan yang bersifat netral susah diperoleh maka penanganan Air Asam Tambang pada kegiatan pertambangan IUP OP PT. BBE adalah dengan pemberian kapur pada lokasi settling pond sampai air tersebut memenuhi baku mutu lingkungan sesuai Perda Kaltim nomor 02 tahun 2011 Lamp V, sehingga dapat dilepas kemedi lingkungan/perairan umum. Sedangkan tanah yang memiliki nilai pH rendah <5 maka akan dilakukan penaburan kapur dengan dosis rata-rata 3.340 kg /hektar

Pelaksanaan reklamasi yang dilakukan oleh PT. BBE untuk tanaman *pioneer* maupun *cover crop* sebagian besar pertumbuhannya cukup baik seperti pada Areal Pinang pH 4-A16, pit 6 dan Merandai CD-I/pit 7 Penanaman tanaman sisipan jenis tanaman lokal maupun buah-buahan masih kurang. Sedangkan tanaman karet untuk perkebunan juga pertumbuhan cukup bagus meskipun pada beberapa areal yang baru penanaman terlihat pertumbuhannya agak lambat.

Alternatif pemanfaatan lahan pascatambang dengan revegetasi dan perkebunan pada pada PT. BBE telah melalui melalui kajian berdasarkan hasil Analisa kesuburan tanah yang dilakukan pada laboratorium Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman Samarinda maupun pada laboratorium Program Studi Teknologi Geomatika Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Hasil Analisa kesuburan tanah pada Pinang PH 4-A16 dapat dilihat pada beberapa tabee 18 dan tabel 19 hal 30:

Dari hasil analaisa kualitas tanah diatas, Nilai KTK 28,88 me/100g termasuk katagori tinggi namun nilai P2O5 sebesar 2,336 ppm, K₂O sebesar 0,165 mc/100g, total C sebesar 1,48% dan nilai N sebesar 0,042% semua tergolong kategori rendah. Disamping itu nilai pH H₂O juga tergolong masam. Meskipun nilai KTK cukup tinggi namun unsur pendukung semua bernilai rendah serta kandungan atom Fe 702,80 ppm dan Mn 255,00 ppm tergolong tinggi dimana hal ini diduga menjadi penyebab ketidak suburan tanah. Dengan demikian status kesuburan tanah adalah rendah.

Dengan demikian pemanfaatan lahan pascatambang dengan revegetasi

Nama/NIM: _____ / _____

Tanaman pioneer, sisipan maupun perkebunan pada areal Pinang pH 4-A16 dan sekitarnya dapat dilakukan dengan pengembalian kesuburan tanah dengan pemberian kapur pertanian untuk meningkatkan nilai pH, pemberian pupuk urea, SP dan KCL untuk meningkatkan unsur N, P dan K pada tanah. Sedangkan tekstur tanah yang termasuk dalam golongan lempung (*loam*) katagori sedang dapat diatasi melakukan penggemburan tanah sebelum dilakukan penanaman baik cara manual menggunakan cangkul maupun dengan peralatan mekanis *bulldozer* dengan memakai *ripper*.

Alternatif pemanfaatan lahan bekas tambang dengan revegetasi Tanaman pioneer, sisipan maupun perkebunan pada areal pit 6 dengan hasil analisa kesuburan tanah dapat dilihat pada tabel 20 dan table 21 hal 31 dan 32.

Dari hasil analisa kualitas tanah diatas, Nilai KTK 22,23 me/100g termasuk katagori tinggi namun nilai P2O5 sebesar 3,48 ppm, K₂O sebesar 0,007 mc/100g, total C sebesar 1,88% dan nilai N sebesar 0,04% semua tergolong kategori rendah. Disamping itu nilai pH H₂O juga tergolong sangat masam serta kandungan atom Fe 652,60 ppm dan Mn 119,50 ppm tergolong tinggi dimana hal ini diduga menjadi salah satu penyebab ketidak suburan tanah. Meskipun nilai KTK cukup tinggi namun unsur pendukung semua bernilai rendah. Dengan demikian status kesuburan tanah adalah rendah

Dengan demikian pemanfaatan lahan pascatambang dengan revegetasi Tanaman pioneer, sisipan maupun perkebunan pada areal eks pit 6 dan sekitarnya dapat dilakukan dengan pengembalian kesuburan tanah dengan pemberian kapur pertanian yang banyak dibanding pada areal pit 4-A16 untuk meningkatkan nilai pH, pemberian pupuk urea, SP dan KCL untuk meningkatkan unsur N, P dan K pada tanah. Sedangkan tekstur tanah yang termasuk dalam golongan debu (*silk*) katagori sedang.

Alternatif pemanfaatan lahan bekas tambang dengan revegetasi Tanaman pioneer, sisipan maupun perkebunan pada areal Merandai CD-I/pit7 dengan hasil analisa kesuburan tanah dapat dilihat pada tabel 22 - 23 hal 32 dan hal 33 diatas.

Dari hasil analisa kualitas tanah diatas, Nilai KTK 14,04 me/100g termasuk katagori rendah sedangkan nilai P2O5 sebesar 4,95 ppm, K₂O sebesar 5,45 mc/100g, total C sebesar 0,96% dan nilai N sebesar 0,04% semua tergolong kategori rendah. Disamping itu nilai pH H₂O juga tergolong sangat masam serta kandungan atom Fe 614,70 ppm dan Mn 206,00 ppm tergolong sangat tinggi dimana hal ini diduga menjadi salah satu penyebab ketidak suburan tanah. Karena nilai KTK rendah dan unsur pendukung semua bernilai

rendah. Dengan demikian status kesuburan tanah adalah rendah

Dengan demikian pemanfaatan lahan pascatambang dengan revegetasi Tanaman pioneer, sisipan maupun perkebunan pada areal eks pit 6 dan sekitarnya dapat dilakukan dengan pengembalian kesuburan tanah dengan pemberian kapur pertanian yang lebih banyak untuk meningkatkan nilai pH, pemberian pupuk urea, SP dan KCL untuk meningkatkan unsur N, P dan K pada tanah. Sedangkan tekstur tanah yang termasuk dalam golongan debu (*Silt*), liat (*clay*) lempung (*loam*) katagori sedang agak halus.

- 2) Pemanfaatan lahan (jalan angkut batubara) dipertahankan dan akan diserahkan pada pihak ketiga.

Jalan angkut batubara PT. BBE yang menghubungkan antara lokasi penambangan dengan lokasi penimbunan batubara (*stockpile*) pelabuhan sepanjang ± 24 km akan dipertahankan untuk aksesibilitas penduduk sekitarnya dan pengelolaannya akan diserahkan pada pihak ketiga.

Pemanfaatan jalan angkut batubara menjadi jalan akses/alternatif masyarakat sesuai dengan Dokumen Rencana Pascatambang

Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Samarinda, Kalimantan Timur, skala 1 : 250.000 (S. Supriatna, Sukardi, dan E. Rustandi, 1994) yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan pengembangan Geologi (P3G) Bandung, menunjukkan bahwa geologi regional di wilayah IUP PT Bukit Baiduri Energi terdiri dari 3 formasi batuan, yaitu Formasi Balikpapan (Tmbp), Formasi Pulau Balang (Tmpb), dan Formasi Bebuluh (Tmb), dan struktur geologi yang berkembang di WIUP OP PT Bukit Baiduri Energi adalah struktur sinklin yang melewati WIUP PT Bukit Baiduri Energi. Struktur sedimen primer yang dijumpai di daerah penelitian adalah masif hingga laminasi dan gradasi normal. Dan dijumpai struktur sumbu sinklin di daerah konsesi penambangan PT Bukit Baiduri Energi, dan mempunyai kedudukan lapisan dengan kemiringan perlapisan antara 14° - 30° .

- 3) Pemanfaatan void untuk Cadangan air Tawar

Dalam dokumen Rencana Pascatambang PT. Bukit Baiduri Energi void yang akan dijadikan sebagai cadangan air tawar adalah: merandai, galaxi Bendang PH 678 dan Pinang Phase 1 Sout. Analisa kualitas air untuk void merandai belum dilakukan karena pada saat pengujian dilakukan void tersebut belum terbentuk.

Nama/NIM: _____ / _____

Kandungan Arsen, Kobalt, Barium, Boron, Selenium, Kadmiun, Khrom, Tembaga, Timbal, Mercury, Seng, Sianida, dan Flourida pada void memiliki nilai lebih kecil dari kemampuan alat pengukur yang digunakan. Hal ini yang menunjukkan bahwa semua dibawah nilai baku mutu yang dipersyaratkan Perda Kaltim nomor 02 tahun 2011 Lamp V. Demikian pula Minyak lemak, Detergen sebagai MBAS dan Fenol di seluruh perairan void memiliki nilai lebih kecil dari kemampuan alat pengukur masing-masing variabel, yaitu Minyak lemak terukur $<0.001 \mu\text{g/l}$, Detergen sebagai MBAS terukur $<0.02 \mu\text{g/l}$ dan Fenol terukur $0,001 \mu\text{g/l}$

Berdasarkan hasil analisis kualitas air pada tabel 24 hal 33 hal diatas, dimana hampir semua parameter untuk pemanfaatan sebagai air bersih terpenuhi sesuai bakumutu yang dipersyatakan pada Perda Kalimantan Timur nomor 02 tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Lampiran V, kecuali paramater TDS dan kesadahan CaCo_3 . Tingginya nilai TDS pada void galaxi Bendang PH 678 dan Pinang Phase 1 Sout lebih disebabkan oleh faktor dari luar void, hal ini dibuktikan dari hasil pengukuran pada inlet mencapai $1.148 \mu\text{g/l}$ - $2.911 \mu\text{g/l}$ cenderung menurun pada bagian outlet yakni $1.131 \mu\text{g/l}$ – $295 \mu\text{g/l}$. Sedangkan nilai CaCo_3 diatas baku mutu dianggap tidak signifikan.

Pada dokumen Rencana Pascatambang PT. Bukit Baiduri Energi yang belum ada kajiannya adalah sinkronisasi antara potensi sumberdaya air masing-masing void dengan kebutuhan bahan baku air bersih bagi masyarakat sesuai proporsi jumlah penduduk. Saat ini void yang telah dimanfaatkan sebagai bahan baku air tawar pada PT. Bukit Baiduri Energi adalah void TD C9, void Sky Air dan void TD North C4 C5.

4) Pemanfaatan Void untuk Budidaya perikanan/Keramba

Pemanfaatan void untuk budidaya perikanan/keramba sebagaimana dapat dilihat pada tabel 6 diatas adalah; void UDJ, void Senong, void Jongkang, void Pinang Ph 2 A6-A8 dan void Irawan Imoek. Paramater kualitas air untuk budidaya perikanan adalah suhu, TSS, pH, DO, Amonia, Nitrat, Nitrit, fosfat dan H_2S , (henny pagoray)

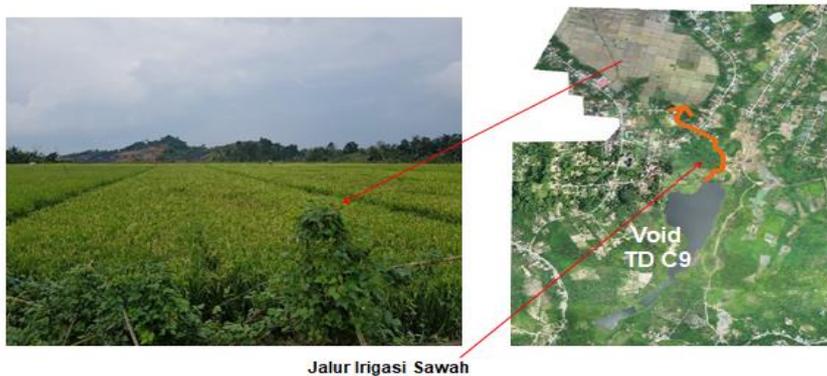
Untuk void Irawan Imoek sesuai hasil analisa diatas telah dinyatakan memenuhi syarat untuk bahan baku air tawar sehingga dapat juga dimanfaatkan untuk budidaya perikanan/keramba namun oleh pemilik lahan telah dirubah

pemanfaatannya menjadi sarana parawisata sebagaimana dapat dilihat pada gambar 4. Adapun hasil analisa kualitas air untuk pemanfaatan Budidaya perikanan/keramba dapat dilihat pada 25 hal 34:

Saat ini void yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai tempat budidaya perikanan/keramba adalah void Senong dan void pit Jongkang.

5) Pemanfaatan Void untuk Irigasi Persawahan/pertanian

Void yang dipersiapkan untuk irigasi adalah void TD C9, void Sky Air C4-C5 dan void TD North C4-C5. Saat ini ketiga void tersebut dalam proses pembangunan irigasi. Hasil analisa kualitas untuk void TD C9 (9), void Sky Air C4-C5 (10), Void TD north C4-C5 (11) dapat dilihat pada tabel 26 hal 35 diatas.



Gambar 3 Pemanfaatn void TD C9 sebagai irigasi persawahan

6) Pemanfaatan Void untuk Parawisata

Rencana pemanfaatan void untuk parawisata adalah void RPU dan Void Irawan Imoek. Hasil analisa kulitas air untuk pemanfatan sebagai parawisata untuk berapa parameter tidak dibutuhkan kecuali parameter TSS dan pH karena air untuk kepentingan parawisata harus kelihatan jernih dan nilai pH harus netral (6-9) agar tidak mencemari lingkungan sekitarnya jika void tersebut meluap. Berdasarkan hasil analisa kualitas untuk TSS dan pH kedua void Irawan Imoek adalah TSS = 27,3 µg/l dan pH = 6,7 telah memenuhi Baku Mutu sesuai Perda Kalimantan Timur nomor 02 tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Lampiran V sedangkan void RPU sampai saat ini

belum terbentuk.



Gambar 4. Void Irawan Imoek yang telah dijadikan areal pariwisata

7) Pemanfaatan Void untuk Energi Alternatif

Saat ini Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral terus menggalakkan pemakaian energi alternatif mengingat kebutuhan energi yang semakin meningkat, sementara pemakaian energi dari fosil disamping cadangan yang terus berkurang juga terkait dengan masalah lingkungan yakni efek emisi gas rumah kaca.

Adanya void dari tambang sangat berpotensi untuk pengembangan energi alternatif tersebut. PT. Bukit Baiduri Energi dalam Rencana Pascatambang akan menjadikan void Galaxy Bendang Ph 678 untuk pengembangan energi terbarukan berupa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 100 Megawatt. Dalam proses pembangunannya PT. Bukit Baiduri Energi merencanakan melakukan kerja sama dengan pihak ketiga.

Desain gambar untuk rencana penge energi PLTS dapat dilihat pada gambar 5 sebagai berikut;



Gambar 5. Desain rencana pengembangan energy PLTS PT. Bukit Baiduri Energi

Kesimpulan (maksimal 300 kata)

I. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Terdapat ketidak sesuaian antara dokumen RPT dengan RTRW Kota Samarinda
2. Pelaksanaan reklamasi PT. Mutiara Etam Coal belum sesuai dengan

Dokumen Rencana Reklamasi baik dari sisi pencapaian target luasan maupun bentuk pelaksanaan revegetasinya (penyisipan dan tanaman local).

3. Alternatif pemanfaatan lahan pasca tambang untuk perkebunan perlu dipertimbangkan mengingat, hasil dari analisa kualitas tanah menunjukkan jika tanah pada areal bekas penambangan PT. Muatiara Etam Coal adalah termasuk tanah marjinal, baik dari sifat fisik maupun sifat kimia tanah. Untuk pemanfaatan sebagai lahan perkebunan masih memerlukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan kesuburan tanah serta bagaimana pemilihan jenis tanaman yang sesuai.

Daftar Pustaka (diantaranya minimal menggunakan 6 (enam) artikel dari Jurnal Internasional Bereputasi)

DAFTAR PUSTAKA

- Anon. n.d. "Komnas-Ham-Masih-Temukan-Bekas-Tambang-Dekat-Permukiman-Di-Samarinda."
- Arafat, Yassir. 2008. "Reduksi Beban Aliran Drainase Permukaan Menggunakan Sumur Resapan." *Jurnal SMARTek* 6(3):145
- Arce, J. J. C. 2019. "Forests, Inclusive and Sustainable Economic Growth and Employment." *Forests and Sustainable Development Goals. United ...* (c).
- Arinze, Innocent J., Chidubem O. Emedo, and Charles C. Ugbor. 2019. "A Scalar-Geometric Approach for the Probable Estimation of the Reserve of Some Pb-Zn Deposits in Ameri, Southeastern Nigeria." *Journal of Sustainable Mining* 18(4):208– 25.
- Asr, Elmira Tajvidi, Reza Kakaie, Mohammad Ataei, and Mohammad Reza Tavakoli Mohammadi. 2019. "A Review of Studies on Sustainable Development in Mining Life Cycle." *Journal of Cleaner Production* 229:213–31.
- Cehlár, Michal, Juraj Janočko, Zuzana Šimková, Tomas Pavlik, Maxim Tyulenev, Sergey Zhironkin, and Magerram Gasanov. 2019. "Mine Sited after Mine Activity: The Brownfields Methodology and Kuzbass Coal Mining Case." *Resources* 8(1):1–16.

Nama/NIM: _____ / _____

- Davidman, SD. 2017. "Kajian Pemanfaatan Lubang Bekas Tambang (Void) Sebagai Bentuk Resolusi Konflik Rona Akhir Tambang." *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9):287.
- Dewi, I. K., Hardin, Ernawati, Ismail, Karim, S. Susilawati, Haedar, and Nuvida Raf. 2019. "Implementation of Environmental Management Policies on the Impact of Illegal Sand Mining." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 343(1).
- Dong, Longjun, Xiaojie Tong, Xibing Li, Jian Zhou, Shaofeng Wang, and Bing Liu. 2019. "Some Developments and New Insights of Environmental Problems and Deep Mining Strategy for Cleaner Production in Mines." *Journal of Cleaner Production* 210:1562–78.
- Gajić, Gordana, Lola Djurdjević, Olga Kostić, Snežana Jarić, Miroslava Mitrović, and Pavle Pavlović. 2018. "Ecological Potential of Plants for Phytoremediation and Ecorestoration of Fly Ash Deposits and Mine Wastes." *Frontiers in Environmental Science* 6:124.
- Herdiansyah, Herdis, Marikha Ulfah Utami, and Joko Tri Haryanto. 2018. "Sustainability of Post-Mining Land Use and Ecotourism." *Jurnal Perspektif Pembiayaan Dan Pembangunan Daerah* 6(2):167–80.
- Hidayat, Sutanto, Tiong Iskandar, Yudi Limpraptono, and Maranatha Wijayaningtyas. 2019. "Heavy Equipment Efficiency, Productivity and Compatibility of Coal Mine Overburden Work in East Kalimantan." *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)* 10(6).
- Karan, Shivesh Kishore, Somaparna Ghosh, and Sukha Ranjan Samadder. 2019. "Identification of Spatially Distributed Hotspots for Soil Loss and Erosion Potential in Mining Areas of Upper Damodar Basin–India." *Catena* 182:104144.
- Khairul Adha, A. R., Faznur Fateh Nicholas, Shabdin Mohd Long, Awangku Shahrir Naquiddin, and Yuzine Esa. 2016. "Short Communication: Fecundity of Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in Selected Rivers of Sarawak, Malaysia." *Biodiversitas* 17(2):498–502.
- Litvinenko, V. S. 2020. "Digital Economy as a Factor in the Technological Development of the Mineral Sector." *Natural Resources Research* 29(3):1521–41.
- Maidie, Asfie, Deni Udayana, Isriansyah Isriansyah, Ismail Fahmy Almady, Adi Susanto, Komsanah Sukarti, Sulistiawaty Sulistiawaty, Imanuel Manege, and Evie Tular. 2016. "Pemanfaatan Kolam Pengendap Tambang Batubara Untuk Budidaya Ikan Lokal Dalam Keramba." *Jurnal Riset Akuakultur* 5(3):437.
- Małkowski, Piotr, and Zbigniew Niedbalski. 2020. "A Comprehensive Geomechanical Method for the Assessment of Rockburst Hazards in Underground Mining." *International Journal of Mining Science and Technology* 30:345–55.
- Manhart, Andreas, Regine Vogt, Michael Priester, Günter Dehoust, Andreas Auberger, Markus Blepp, Peter Dolega, Claudia Kämper, Jürgen Giegrich, Gerhard Schmidt, and Jan Kosmol. 2019. "Correction to: The Environmental Criticality of Primary Raw Materials—a New Methodology to Assess Global Environmental

Nama/NIM: _____ / _____

Hazard Potentials of Minerals and Metals from Mining (Mineral Economics, (2019), 32, 1, (91-107), 10.1007/S13563-018-0160-0)." *Mineral Economics* 32(1):109.

Miles, Matthew B., and A. Michael Huberman. 1992. "Analisis Data Kualitatif. Terjemahan Tjetjep Rohendi Rohidi." *Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia*.

Mitchell, Bruce. 2018. *Resource and Environmental Management*. Oxford University Press.

Moomen, Abdul-Wadood, Michela Bertolotto, Pierre Lacroix, and David Jensen. 2019. "Inadequate Adaptation of Geospatial Information for Sustainable Mining towards Agenda 2030 Sustainable Development Goals." *Journal of Cleaner Production* 238:117954.

Munir, Misbakhul, and RR Diah Nugraheni Setyowati Setyowati. 2017. "Kajian Reklamasi Lahan Pasca Tambang Di Jambi, Bangka, Dan Kalimantan Selatan." *Klorofil*.

Negara, Tirta, I. Nengah Surati Jaya, Cecep Kusmana, Irdika Mansur, and Nitya Ade Santi. 2020. "Identifying The Key Variables for Assessing The Reclamation Success on Early Growth Vegetation in Ex-Exploration of Oil and Gas Mining Areas." *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 26(3):222.

Newman, Christopher, Zacharias Agioutantis, and Gabriel Boede Jimenez Leon. 2017. "Assessment of Potential Impacts to Surface and Subsurface Water Bodies Due to Longwall Mining." *International Journal of Mining Science and Technology* 27(1):57–64.

Nurtjahyani, Supiana Dian, Dwi Oktavitra, Sri Wulan, Nova Maulidina, Imas Cintamulya, and Eko Purnomo. 2020. "Ecology and Economic Study of Leaf Litter as Organic Fertilizer in Reclamation Land Used on Lime." *Advances in Tropical Biodiversity and Environmental Sciences* 4(1):21.

Osman, Khan Towhid. 2018. *Management of Soil Problems*. Springer.

Ren, Ting, and Jialin Xu. 2017. "Guest Editorial-Special Issue on Green Mining in 2016."

International Journal of Mining Science and Technology 27(5):723–24.

Rethman, N. F. G. 2020. "A Review of Causes, Symptoms, Prevention and Alleviation of Soil Compaction on Mined Land." *Coaltech*. 1–85.

Richardson, Emma, Emma Hughes, Sharon McLennan, and Litea Meo-Sewabu. 2019. "Indigenous Well-Being and Development: Connections to Large-Scale Mining and Tourism in the Pacific." *Contemporary Pacific* 31(1):1–34.

Salim. 2019. *Hukum Pertambangan Di Indonesia*. Vol. 53.

Spitz, Karlheinz, and John Trudinger. 2019. *Mining and the Environment: From Ore to Metal*. CRC Press.

Subowo, G. 2013. "Penambangan Sistem Terbuka Ramah Lingkungan Dan Upaya Reklamasi Pasca Tambang Untuk Memperbaiki Kualitas Sumber Lahan Dan Hayati Tanah." *Imago Temporis - Medium Aevum* 7:499–537.

FORM G: Laporan Kemajuan Riset Disertasi I / II / III*)

Nama/NIM: _____ / _____

Sudrajat, Nandang. 2018. *Teori Dan Praktik Pertambangan Indonesia*. Media Pressindo. Thamrin, and Ince Raden. 2018. "Reklamasi Lahan Pasca Tambang Batubara Menjadi Lahan Produktif Di Kabupaten Kutai Kartanegara." *Jurnal Magrobis*.

Upadhyay, N., S. Verma, A. Pratap Singh, S. Devi, K. Vishwakarma, N. Kumar, A. Pandey, K. Dubey, R. Mishra, D. Kumar Tripathi, R. Rani, and S. Sharma. 2016. "Soil Ecophysiological and Microbiological Indices of Soil Health: A Study of Coal Mining Site in Sonbhadra, Uttar Pradesh." *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 16(3):778–800.

Utamakno, Lakon, and Cipto Dwi Prasetyo. 2017. "Perencanaan Reklamasi Yang Baik Untuk Terciptanya Lahan Bekas Tambang Yang Produktif." 1–6.

Xiang, Jie, Jianping Chen, Giulia Sofia, Yi Tian, and Paolo Tarolli. 2018. "Open-Pit Mine Geomorphic Changes Analysis Using Multi-Temporal UAV Survey." *Environmental Earth Sciences* 77(6):220.

Yunanto, Tedi. 2018. *Site and Vegetation Development after Coal Mine Reclamation in Kalimantan , Indonesia*. Vol. 49.

Penulisan sitasi dan Daftar Pustaka diwajibkan memakai program pengelolaan pustaka (*reference manager*) seperti Mendeley, End Note atau Zotero dengan menerapkan ASA (*American Sociological Association*) style.

Samarinda, 29 Oktober 2021

(Andi Luthfi)

NIM. 1912019004

Mengetahui

Promotor

FORM G: Laporan Kemajuan Riset Disertasi I / II / III*)

Nama/NIM: _____ / _____

(Prof. Dr. Ir Marlon Ivanhoe Aipassa, M.Agr)

NIP 19580715 198102 1 008

Co-Promotor

Co-Promotor

(Prof. Dr. Ir. H. Wawan Kustiawan, M.Agr.Sc)

NIP. 19510131 197802 1 002

(Dr. Ir. I b r a h I m, MP)

NIP. 19650325 199302 1 004



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MULAWARMAN
PASCASARJANA
PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
Jl.Sambaliung, Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119

HASIL SEMINAR KEMAJUAN RISET DISERTASI II

Na ma / NIM : Andi Luthfi / 1912019004
Program Studi : Doktor Ilmu Lingkungan
Seminar Kemajuan Riset :
Hari / tanggal Seminar : Rabu / 24 November 2021
Judul Riset Disertasi : "ALTERNATIF PEMANFAATAN LAHAN
PASCATAMBANG PADA KEGIATAN PERTAMBANGAN BATUBARA DI KOTA
SAMARINDA KALIMANTAN TIMUR"

No.	Kriteria Penilaian	Nilai	Bobot (%)	Nilai x Bobot
1	Analisis Data	70	20	14,0
2	Penyajian Data	75	10	7,5
3	Pembahasan	75	15	11,25
4	Capaian Hasil	75	15	11,25
5	Penguasaan Materi Presentasi	80	40	32
Total Nilai				76,0

Samarinda, 24 November 2021
Penguji,

(Dr. Ir. Surya Darma, M.Si)
NIP.19600503 198803 1005

Keterangan:

Promotor : 30%
Co-Promotor : 25% (masing-masing 12,5%)
Penguji : 45% (masing-masing 15%)

SEBAGAI PENGUJI

MAHASISWA S3 PRODI ILMU LINGKUNGAN

UNIVERSITAS MULAWARAMN

NAMA: NURUL PUSPITA PALUPI

NIM: 2212019004



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MULAWARMAN
PASCASARJANA**

*Alamat : Gedung Pascasarjana Jl. Sambaliung, Kampus UNMUL Gungung Kelua Samarinda 75123
e-mail : Sekretariat@pasca.unmul.ac.id website: <http://pasca.unmul.ac.id>*

**SURAT KEPUTUSAN
DIREKTUR PASCASARJANA UNIVERSITAS MULAWARMAN
Nomor : 109 /UN17.35/ SK/2023**

Tentang

**PENGANGKATAN PROMOTOR, Co-PROMOTOR DAN PENGUJI DISERTASI PADA
PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN PASCASARJANA UNIVERSITAS
MULAWARMAN TAHUN 2023**

MENIMBANG

- a. Bahwa untuk kelancaran proses belajar mengajar Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, maka dipandang perlu untuk mengangkat dosen Promotor, Co-promotor dan Penguji Disertasi bagi mahasiswa Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Mulawarman.
- b. Bahwa berhubungan dengan butir a diatas perlu diatur dan ditetapkan dengan Surat Keputusan Direktur Pascasarjana Universitas Mulawarman.

MENINGAT

1. Undang-Undang RI Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang RI Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen;
3. Peraturan Pemerintah RI Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
4. Peraturan Pemerintah RI Nomor 37 Tahun 2009 tentang Dosen;
5. Keputusan Presiden RI Nomor 65 Tahun 1963, tentang Pendirian Universitas Mulawarman;
6. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor : 9 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Mulawarman;
7. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 51 Tahun 2015 tentang Tata Naskah Dinas di Lingkungan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia;
8. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 57 Tahun 2018 tentang Statuta Universitas Mulawarman Tahun 2018;
9. Keputusan Menteri Keuangan RI Nomor 51 /K.M.K.05/2009 tentang Penetapan Universitas Mulawarman Samarinda pada Depdiknas, sebagai Intansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
10. Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Nomor 65148/MPK.A/KP.06.02/2022 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Mulawarman Periode Tahun 2022-2026;
11. Keputusan Rektor Unmul Nomor 4060/UN.17/KP.12.05/2022 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Direktur dan Wakil Direktur Pascasarjana Universitas Mulawarman Periode 2022-2026;

12. Surat Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 267/KPT/I/2019 tentang Izin Pembukaan Program Studi Ilmu Lingkungan Program Doktor Pada Universitas Mulawarman di Kota Samarinda.
13. Peraturan Rektor Unmul Nomor 06 Tahun 2018, tentang Penyelenggaraan Pendidikan dan Pengajaran, Penelitian, dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Mulawarman Tahun Akademik 2018/2019;
14. Surat Keputusan Rektor Universitas Mulawarman Nomor : 731/UN17/HK/2021 tentang Pemberhentian Pejabat Sementara (PJS) Koordinator Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Mulawarman Tahun 2019- 2020 dan Pengangkatan Koordinator Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Mulawarman.

MEMUTUSKAN

Menetapkan :

- Pertama : Selanjutnya menetapkan mereka yang namanya tercantum pada lampiran Surat Keputusan ini sebagai Dosen Promotor, Co-promotor dan Penguji Disertasi pada Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Mulawarman.
- Kedua : Dosen Promotor, Co-promotor dan Penguji Disertasi bertugas memberikan Arahan, Pertimbangan Kelayakan Disertasi, Pembimbingan dan Penguji Disertasi Mahasiswa Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Mulawarman.
- Ketiga : Segala sesuatunya akan diubah dan diperbaiki sebagaimana mestinya apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam keputusan ini.
- Kelima : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan, sambil menunggu Surat Keputusan (SK) Rektor Universitas Mulawarman.

Disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Samarinda

Pada tanggal : 09 Maret 2023

Direktur Pascasarjana

Universitas Mulawarman



I. Ndan Imang, MP., Ph.D

NIP. 19640715 199003 1 005

Lampiran : Surat Keputusan Direktur Pascasarjana Universitas Mulawarman

No. 109 /UN17.35/SK/2023. Tentang Pengangkatan Promotor, Co-promotor Mahasiswa pada Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Mulawarman.

NO	NAMA	NIM	JUDUL PROPOSAL	PROMOTOR, CO PROMOTOR dan PENGUJI		
				PROMOTOR	CO PROMOTOR	PENGUJI
1	RM. NUR HARTANTO	2212019001	Permodelan Tinggi Muka Air Tanah Berdasarkan Karakteristik Hidrologi dan Data Pengindraan Jauh untuk Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan di Kalimantan Timur	<ul style="list-style-type: none"> ● Dr. Ir. Zulkarnain, M.S 	<ul style="list-style-type: none"> ● Yohanes Budi Sulistioadi, S.Hut.,M.Sc.,M.S., Ph.D ● Dr. Ir. Surya Dharma, M. Si 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dr. Ir. Makrawie, M.Agr ● Ir. Haviluddin, S.Kom.,M.Kom.,Ph.D ● Dr.Eng. Idris Mandang, S.Si., M.Si
2	SUHARNO	2212019002	Kajian Dan Pengembangan Sekolah Berwawasan Lingkungan Di SMA Negeri Di Kota Samarinda	<ul style="list-style-type: none"> ● Prof.Dr. M. Amir Masruhim, M.Kes 	<ul style="list-style-type: none"> ● Prof. Dr. Bohari Yusuf, M.Sc. ● Prof.Dr.Ir.Marlon Ivanhoe Aipassa, M.Agr 	<ul style="list-style-type: none"> ● Prof.Dr. Ir. Erwin Akkas, S.Si., M.Si ● Prof. Dr. Mukhamad Nurhadi, M.Si ● Blego Sedionoto, SKM., M.Kes., Ph.D
3	RORO KESUMANINGWATI	2212019003	Penilaian kualitas tanah bekas tambang batubara dan indeks cemaran logam berat serta pemanfaatan fermented plant juice (FPJ) dan fermented fruit juice (FFJ) untuk menghasilkan tanaman hortikultura yang bebas cemaran logam berat dalam mendukung ketahanan pangan wilayah penyangga IKN	<ul style="list-style-type: none"> ● Prof. Rudy Agung Nugroho, M.Si., Ph.D 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dr. Ir. Surya Dharma, M. Si ● Dr. Ir. Fahrurnsyah., M.P 	<ul style="list-style-type: none"> ● Prof. Dr. Esti Handayani Hardi., M.Si ● Prof.Dr.oec.troph.Ir.Krishna P Candra, M.S ● Dr. Ir. Suria Dharma Idris, M.Si
4	NURUL PUSPITA PALUPI	2212019004	Limbah Pertanian Sebagai Bioremediator Dan Penambah Kesuburan Ultisol Dalam Konsep Zero Waste	<ul style="list-style-type: none"> ● Prof.Dr.Estı Handayani Hardı, S.Pi., M.Si 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dr.Ir. Fahrurnsyah, MP ● Dr. Dwi Ermawati Rahayu, ST.,MT 	<ul style="list-style-type: none"> ● Prof. Rudy Agung Nugroho, M.Si., Ph.D ● Dr. Ir. Surya Dharma, M. Si ● Dr. Ir. Suria Dharma Idris, M.Si
5	MUHAMMAD DAHLAN BALFAS	2212019005	Lingkungan Pengendapan dan Sejarah Kontaminasi Sebagai Kerangka Untuk Merekonstruksi Evolusi Sedimen Fluvial Bendungan Benanga	<ul style="list-style-type: none"> ● Dr.Eng. Idris Mandang, S.Si., M.Si 	<ul style="list-style-type: none"> ● Prof.Dr. Ir. Erwin Akkas, S.Si., M.Si ● Prof. Dr. Ir. Tamrin Rahman, S.T., M.T 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dr. Ir. Zulkarnain, M.S ● Dr. Henny Pagoray, M.Si ● Dr. Ir. Triyono Sudarmadji, M.Agr
6	BUDI NINING WIDARTI	2212019006	Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tkks) Dan Limbah Cair Pome Sebagai Kompos	<ul style="list-style-type: none"> ● Prof.Dr.Ir.Marlon Ivanhoe Aipassa, M.Agr 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dr.Ir. Ibrahim, M.P ● Dr. Ir. Suria Dharma Idris, M. Si 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dr. Henny Pagoray, M.Si ● Prof.Dr.oec.troph.Ir.Krishna P Candra, M.S ● Prof. Dr Aman S. Panggabean, M.Si

7	MUHAMMAD ERWAN SURIAATMAJA	2212019007	Pemodelan Pemberdayaan Masyarakat dengan Pendekatan SEM Terhadap Kelestarian Lahan Gambut di Kalimantan Timur	<ul style="list-style-type: none"> ● Heru Susilo, S.Pi., M.Si., Ph.D 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dr. Ir. Zulkarnain, M.S ● Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dr. Ir. Ndan Imang, MP ● Dr. Muhammad Muhdar, S.H., M.Hum ● Prof. Dr. Muhammad Saleh M.S
8	ILHAM RAHMATULLAH	2212019008	Analisis penerapan pengelolaan sampah rumah tangga dengan menggunakan metode 3R di Kota Samarinda	<ul style="list-style-type: none"> ● Prof. Dr. Iwan M. Ramdan, M.Kes 	<ul style="list-style-type: none"> ● Blego Sedionoto, SKM., M.Kes., Ph.D ● Yohanes Budi Sulistoadi, S.Hut.,M.Sc.,M.S., Ph.D 	<ul style="list-style-type: none"> ● Prof. Dr. Esti Handayani Hardi, S.Pi., M.Si ● Dr. Krispinus Duma, SKM., M.Kes ● Dr Suria Darma Idris, M.Si
9	SULUNG ALFIANTO AKBAR	2212019009	Pendeteksi Banjir Menggunakan Smart Internet of Thing	<ul style="list-style-type: none"> ● Ir. Haviluddin, S.Kom.,M.Kom.,Ph.D 	<ul style="list-style-type: none"> ● Prof.Dr.Esti Handayani Hardi, S.Pi., M.Si ● Yohanes Budi Sulistoadi, S.Hut.,M.Sc.,M.S., Ph.D 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dr. Krispinus Duma, SKM., M.Kes ● Dr.Eng. Idris Mandang, S.Si., M.Si ● Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si

Ditetapkan di : Samarinda
Pada tanggal : 09 Maret 2023

Direktur Pascasarjana
Universitas Mulawarman



Ir. Ndan Imang, MP., Ph.D
NIP. 19640715 199003 1 005



**PERSETUJUAN SEMINAR PROPOSAL / ~~LAPORAN KEMAJUAN*~~) RISET DISERTASI
DAN JADWAL SEMINAR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Ir. Surya Darma, MSi.
NIP : 19600503 198803 1 005
Status : ~~Promotor / Co-Promotor~~ / Penguji

Menyatakan persetujuan permohonan Seminar Proposal / ~~Laporan Kemajuan*~~) Riset
Disertasi mahasiswa,

Nama : Nurul Puspita Palupi, SP.,MSi
NIM : 2212019004

Judul Proposal / ~~Laporan Kemajuan~~ Riset Disertasi:

**Microfitoabsorber Logam Berat Dan Dinamika Mikrobia Tanah Pada Lahan
Sawah Teraplikasi Limbah Pertanian**

Waktu yang disediakan untuk Seminar adalah**)

Waktu (Wita)	Senin	Tgl.	Selasa	Tgl.	Rabu	Tgl.	Kamis	Tgl.	Jumat	Tgl.	Sabtu	Tgl.
08.00 – 10.00			√ Bisa	6 Juni 2023								
10.00 – 12.00			Bisa									
13.00 – 15.00			Bisa									
14.00 – 16.00			Bisa									
15.00 – 17.00			Bisa									

Samarinda, 31 Mei 2023
~~Promotor / Co-Promotor~~ / Penguji

(Dr. Ir. Surya Darma, MSi.)

NIP. 19600503 198803 1 005

*) Coret yang tidak perlu

**) Beri tanda centang untuk waktu yang tersedia



HASIL SEMINAR PROPOSAL RISET DISERTASI

Na ma / NIM : **Nurul Puspita Palupi / 2212019004**
Program Studi : Doktor Ilmu Lingkungan
Hari / Tanggal Seminar : **Senin / 05 Juni 2023**
Judul Proposal Disertasi: **"MICROFITOABSORBER LOGAM BERAT DAN DINAMIKA
MIKROBIA TANAH PADA LAHAN SAWAH TERAPLIKASI LIMBAH PERTANIAN".**

No.	Kriteria Penilaian	Nilai	Bobot (%)	Nilai x Bobot
1	Kesesuaian Judul dengan Isi Proposal	80	5	4.0
2	Ketajaman dan Kedalaman Latar Belakang	80	10	8.0
3	Ketepatan Tujuan	78	10	7.8
4	Kedalaman dan Kemutakhiran Tinjauan Pustaka	80	15	12.0
5	Ketepatan dan Kemutakhiran Metode	75	20	15.0
6	Penguasaan materi proposal	78	40	31.2
Total Nilai				78.0

Samarinda, 05 Juni 2023
Penguji,

(Dr. Ir. Surya Darma, M. Si)
NIP. 19600503 198803 1 005

Keterangan:

Promotor : 30%
Co-Promotor : 25% (masing-masing 12,5%)
Penguji : 45% (masing-masing 15%)



USULAN PERBAIKAN SEMINAR PROPOSAL / LAPORAN KEMAJUAN I, II, III*

Nama / NIM : Nurul Puspita Palupi / 2212019004

Program Studi : Doktor Ilmu Lingkungan

Hari / Tanggal Seminar : Senin / 05 Juni 2023

Judul Disertasi : **"MICROFITOABSORBER LOGAM BERAT DAN DINAMIKA MIKROBIA TANAH PADA LAHAN SAWAH TERAPLIKASI LIMBAH PERTANIAN"**.

No.	Hal.	Usulan Perbaikan	Keterangan
1	xii	<p>Tujuan 1: Mendapatkan pola sebaran kandungan logam berat pada tanah sawah intensif dan sawah non intensif di Samarinda. Buat kriteria apa itu swh intensif dan swh non intensif.</p> <p>Tujuan 1 harus dipenuhi dulu bahwa pada tanah sawah ditemukan logam berat dimaksud pada kadar mendekati atau melebihi ambang batas, maka tahap berikutnya dapat dilaksanakan. Masalahnya bagaimana jika tujuan 1 tidak ditemukan pada lokasi penelitian ? Apa yang dilakukan. Pahami dulu karakteristik petani yang menanam padi tidak sama dengan di Jawa, ada kendala budaya, tenaga kerja, pengairan/sumber air, sawah tergenang, iklim dll.</p>	
2	34-35	<p>Kerangka operasional pada Bagan Alir:</p> <ul style="list-style-type: none">- Jenis tanah sawah Ultisol <u>harus ditelaah</u> kembali. Tanah Ultisol (tanah 'tua') untuk di Kalimantan umumnya berada di perbukitan hingga pegunungan, sangat kecil berada di area sawah didataran rendah berawa. Umumnya tanah sawah adalah <u>Ordo Inceptisols</u> yaitu tanah yang sedang berkembang ('remaja').- Fokus pada tanah sawah, tanah ladang dihilangkan.- Proses penelitian bagian D, analisis spasial dan kerentanan tanah tdk terkait dengan penelitian ini. Baiknya dihilangkan.	
3	38	<p>Penetapan tanaman uji:</p> <ul style="list-style-type: none">- Tanaman uji padi sebagai tanaman remediator tidak tepat, padi bukan sbg jenis tanaman remediator. Mengetahui serapan logam berat pada padi terutama yang tersimpan di beras yang kita konsumsi itu yang utama.- Gunakan tanaman lain yang memang remediator yang dilakukan sbg bagian penelitian ini.	
4	42	<p>Limbah padi untuk bahan kompos:</p> <ul style="list-style-type: none">-Tidak semua limbah panen padi dpt dibuat kompos, kulit bulir padi (sekam) sulit dijadikan kompos hingga matang. Bagian lain masih bisa.-Sekam padi dan limbah jangkos (janjang kosong) sawit cocok untuk bahan biochar.	
5	42	<p>Desain percobaan belum lengkap seperti yang disebutkan sebelumnya.</p>	



6	47	<p>Analisis Statistik/Analisis Data:</p> <ul style="list-style-type: none">- Uji Statistik kurang/tdk relepan dgn penelitian ini, karena ini terkait dgn serapan dan keamanan pangan. Bisa terjadi secara statistik tdk ada pengaruh atau beda nyata, tetapi secara cemaran/serapan membahayakan kesehatan manusia yang mempengaruhi metabolisme, morbiditas bahkan mortalitas manusia.- Gunakan uji yang sesuai dgn tujuan terutama serapan logam berat, dan distribusi logam berat pada tubuh tanaman uji padi lokal.- Ini sangat penting gunakan cara analisis yang tepat untuk menjawab tujuan. Diskusikan dengan Promotor dan Co-Promotor atau dengan pihak lain yang memang ahlinya. <p>Saran-saran lain lengkapnya pada catatan-catatan dalam proposal yang saya berikan.</p>	
---	----	--	--

Penguji,

(Dr. Ir. Surya Darma, M. Si)
NIP. 19600503 198803 1 005

**MICROFITOABSORBER LOGAM BERAT DAN DINAMIKA
MIKROBIA TANAH PADA LAHAN SAWAH TERAPLIKASI
LIMBAH PERTANIAN**

PROPOSAL RISET DISERTASI

Diajukan Oleh :

**NURUL PUSPITA PALUPI
NIM. 2212019004**

Promotor :

Prof. Dr. Esti Handayani Hardie, MSi

Co-Promotor :

Dr. Ir. Fahrunsyah, MP.

Dr. Dwi Ermawati Rahayu, ST.,MT



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA
UNIVERSITAS MULAWARMAN
SAMARINDA**

JUNI 2023
PROPOSAL RISET DISERTASI

**MICROFITOABSORBER LOGAM BERAT DAN DINAMIKA
MIKROBIA TANAH PADA LAHAN SAWAH TERAPLIKASI**

LIMBAH PERTANIAN

Diajukan
untuk memenuhi persyaratan melakukan riset
disertasi pada
Program Studi Doktor Ilmu
Lingkungan Pascasarjana
Universitas Mulawarman

Diajukan Oleh :

**NURUL PUSPITA PALUPI
NIM. 2212019004**



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA
UNIVERSITAS MULAWARMAN
SAMARINDA**

JUNI 2023

PERSETUJUAN PROPOSAL RISET DISERTASI

Disertasi oleh	:	Nurul Puspita Palupi
N I M	:	2212019004
Judul Riset Disertasi	:	Microfitoabsorber Logam Berat Dan Dinamika Mikrobia Tanah Pada Lahan Sawah Teraplikasi Limbah Pertanian

Telah disetujui oleh:

Promotor

Tanggal :

Prof. Dr. Esti Handayani Hardie, MSi.

NIP. 198001042006042003

Co-Promotor

Tanggal:

Co-Promotor

Tanggal:

Dr. Ir. Fahrunsyah, MP.

NIP. 19671108 199203 1 002

Dr. Dwi Ermawati Rahayu, ST.,MT.

NIP. 19760608 2005012 001

Mengetahui,

Koordinator Program Doktor Ilmu Lingkungan

Tanggal :

Prof. Dr. Esti Handayani Hardie, MSi.

NIP. 198001042006042003

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	ix
A. Latar Belakang	ix
B. Rumusan Masalah	xi
C. Tujuan Riset	xii
D. Manfaat Riset	xiii
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	xiii
A. Definisi, Sumber, Distribusi Logam Berat Dan Respon Tanaman Pertanian	xiv
B. Pangan, Sawah dan Ketersediaan Gabah	xvi
C. Limbah Pertanian, Kompos dan Biochar dan Mikrobia Tanah	26
III. KERANGKA PIKIRAN DAN HIPOTESIS	33
A. Kerangka Konsep Penelitian	33
B. Hipotesis Penelitian	33
C. Kerangka Operasional Pelaksanaan Penelitian	34
BAB III. METODE Riset.....	37
A. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Riset	37
B. Alat dan Bahan Riset	37
C. Penetapan tanah dan tanaman uji	38
D. Penyiapan kompos, biochar, dan uji kualitasnya	38
E. Pot experiment	42
F. Analisis tanah	44
G. Analisis statistik	47
DAFTAR PUSTAKA.....	49

DAFTAR TABEL

Table 1. Produksi Padi di Kalimantan Timur 2018-2022	19
Table 2. Luas Panen Padi di Kalimantan Timur 2018-2022	20
Table 3. Produktivitas Padi di Kalimantan Timur 2018-2022.....	21
Table 4. Luas panen, produktivitas, dan produksi padi, serta statistik beras di Kalimantan Timur tahun 2010-2020.	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Perkembangan defisit kebutuhan beras (ton) di Provinsi Kalimantan Timur (Sumber: Sidata BAPPEDA Kaltim, 2021).	xviii
Gambar 2. Perkembangan luas panen dan produktivitas lahan budidaya padi di Provinsi Kalimantan Timur (Sumber: BPS Kaltim, 2016; dan Sidata BAPPEDA Kaltim, 2021).	23
Gambar 3. Perkembangan produktivitas lahan padi sawah (Kw/Ha) di Provinsi Kalimantan Timur (Sumber: Sidata BAPPEDA Kaltim, 2021).	23
Gambar 4. Peta Sebaran Lahan Sawah 2019	24
Gambar 5. Mekanisme biochar untuk imobilisasi logam berat dan polutan organik.	31
Gambar 6. Kerangka Konsep Penelitian.....	35
Gambar 7. Kerangka Operasional Pelaksanaan Penelitian	36

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1.	Standar Nasional Indonesia 19-7030-2004.....	60
Lampiran 2.	Persyaratan teknik minimal pupuk organik padat	61
Lampiran 3.	Sidik ragam jumlah daun tanaman sawi pada dua minggu setelah tanam	63
Lampiran 4.	Gambar rancang bangun komposter FIFO tampak depan...	64

Comment [WU1]: Sawah = Padi, Sawi ???

ABSTRAK

NURUL PUSPITA PALUPI Microfitoabsorber Logam Berat Dan Dinamika Mikrobia Tanah Pada Lahan Sawah Teraplikasi Limbah Pertanian. Program Doktor Ilmu Lingkungan Pasca Sarjana Universitas Mulawarman. 2023. Dibawah bimbingan Esti Handayani Hardie, Fahrunsyah, Dwi Ermawati Rahayu.

Mikrofitoabsorber logam berat merupakan akronim dari kemampuan mikroorganisme dan tumbuhan dalam menyerap logam berat yang ada di dalam tanah. Efek buruk dari kontaminasi logam berat Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Cr^{6+} pada tanah sawah akibat penggunaan pestisida dan pupuk kimia berlebihan dapat mengancam keamanan pangan, metabolisme, morbiditas bahkan mortalitas manusia. Riset ini terdiri dari 3 (tiga) tahapan penelitian yang bertujuan untuk menentukan sebaran logam berat pada lahan sawah intensif dan sawah non intensif di Kalimantan Timur, menetapkan jenis bahan limbah pertanian terbaik dan jenis perlakuan limbah terbaik (kompos atau biochar) dan aplikasinya terhadap kinerja mikroorganisme tanah, penetapan laju serapan logam berat dan distribusi logam berat pada tubuh tanaman. Tahap 1, menetapkan sebaran logam berat pada lahan sawah intensif dan sawah non intensif di Samarinda dengan metode interpolasi Teknik Krigin dengan 20 titik amatan 3 ulangan. Tahap 2, menetapkan jenis perlakuan limbah pertanian dan komposisi terbaik dengan menggunakan jerami padi dengan 6 perlakuan dan 3 ulangan secara inkubasi dan analisis mikrobia tanah dengan serapan logam berat terbaik. Tahap 3, komposisi terbaik hasil dari perlakuan Tahap 2 menjadi bahan uji lapangan dengan tanaman uji padi lokal Kaltim untuk mengetahui jenis dan aktifitas mikroorganisme tanah, serapan logam berat, dan distribusi logam berat pada tubuh tanaman uji padi lokal Kaltim. Pot inkubasi diatur dalam desain rancangan acak lengkap dengan 5 (lima) ulangan. Paramater riset antara lain adalah kualitas kimia tanah, kandungan logam berat dalam tanah, kualitas bahan organik, serapan logam berat pada tanaman uji, karakter dan jenis mikrobia tanah. Plot uji lapangan ditentukan berdasarkan hasil Tahap 1. Riset serapan logam berat dalam sistem tanah-mikroba-tanaman (microfitoabsorber) ini sangat diperlukan melalui amatan aktivitas mikrobia akibat masukan bahan organik pada mekanisme translokasi fisiologis yang terlibat dalam penyerapan logam berat di daerah perakaran tanaman pangan yang pada akhirnya akan memberikan model strategi manajemen pertanian berkelanjutan berbasis lingkungan.

Kata kunci : *microfitoabsorber, jerami padi, lahan sawah, mikrobia, logam berat*

Comment [WU2]: Ikuti cara penulisan lambang kimia unsur dlm bentuk ion

Comment [WU3]:

1. Apa contoh pestisida yang mengandung logam berat ? dan banyak digunakan di lahan sawah.
2. Apa contoh pupuk kimia yang mengandung logam berat ? dan yang berlebih diberikan

Comment [WU4]: Dalam isi proposal tdk ditemukan kriteria sawah intensif dan sawah non intensif. Ini penting agar penentuan dan penetapan lokasi penelitian tepat.

Comment [WU5]:

1. Penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan bersyarat. Jika tahap 1 terpenuhi, maka dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Jika tahap tdk terpenuhi, maka tahap berikutnya tdk dapat dilanjutkan. Apa yang dilakukan jika demikian ?
2. Salah satu yg diklasifikasikan sbg logam berat adalah unsur tembaga atau Cu, padahal Cu sbg salah satu unsur hara mikro yang penting. (1) Apa kriterianya Cu sbg logam berat yang mengancam keamanan pangan ?, (2) Jika itu ditemukan di lahan sawah, pastikan itu berasal dari penggunaan pestisida dan pupuk kimia; atau dari pestisida atau pupuk kimia.
3. Kandungan logam berat pada sawah intensif lebih berpeluang besar terdapat dan sebaliknya pada non intensif. Jika kedua penggunaan sawah itu terdapat logam berat, apakah asumsi sumbernya tetap ?
4. Jika sumber logam berat yang ditemukan di lahan sawah bukan dari sumber yang disebutkan apa yang dilakukan ? (1) Pindah lokasi ?, (2) Merubah Judul ?, (3) Lainnya.....?
5. Adakah kemungkinan faktor lain (pestisida dan pupuk kimia) yang menyebabkan tercemarnya lahan sawah oleh logam berat dimaksud ?

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil 'alamin. Puji syukur kehadiran Allah SWT, proposal disertasi sebagai awal tahapan tugas akhir dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Mulawarman ini dapat diselesaikan. Penulis menyampaikan terimakasih atas dukungan para pihak yaitu kepada:

1. Orangtua penulis, Bapak Ir. Machfudz, MS dan Ibunda Ir. Siwi Sumartini, Suami dan Ananda penulis atas dukungan dan doanya hingga saat ini.
2. Program Studi Doktoral Ilmu Lingkungan (PSDIL) Universitas Mulawarman, seluruh dosen pengajar dan staf administrasi yang telah memberikan fasilitas dan pelayanan kepada penulis selama studi di PSDIL Universitas Mulawarman.
3. Seluruh dosen pengajar PSDIL Universitas Mulawarman yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan kepada penulis.
4. Prof. Dr. Esti Handayani Hardie, MSi selaku promotor, Dr. Ir. H. Fahrunsyah, MSi dan Ibu Dr. Dwi Ermawati Rahayu, ST, MT. selaku co-promotor, Prof. Rudy Agung Nugroho MS., PhD., Dr. Ir. Surya Darma., M.Si. dan Dr. Ir. Suria Darma Idris., M.Si.. berturut-turut selaku penguji, yang telah mengarahkan dan membimbing penulis.
5. Rekan-rekan mahasiswa/l semua Angkatan, terkhusus Angkatan 2022 PSDIL Universitas Mulawarman atas kebersamaannya.

Semoga Allah memberikan petunjuk, kemudahan, dan keberkahan hingga akhir nanti. Amin.

Samarinda, 1 Juni 2023

Penulis

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kontaminasi logam berat yang telah menyebar luas ke seluruh dunia memberikan efek mengganggu lingkungan dan menimbulkan bahaya kesehatan yang serius bagi manusia (Rai et al, 2019). Indonesia, sebagaimana negara-negara lain di dunia, secara intensif berfokus pada ekotoksikologi, lingkungan, dan keamanan pangan untuk mengantisipasi makin tingginya tingkat kontaminasi logam berat akibat meningkatnya populasi penduduk dan makin sempitnya lahan pertanian dampak pesatnya industrialisasi dan urbanisasi (Hosain et al. 2020). Faktor penting yang mempengaruhi mobilitas dan keberadaan logam berat dalam tanah adalah pH tanah, tekstur tanah, bahan organik tanah dan bentuknya, potensial oksidasi-reduksi, kekuatan ionik, spesiasi kimia dan sifat kontaminasi, oksida besi dan mangan dalam tanah. Tanah berpasir, dengan kapasitas penyerapan dan keasaman yang rendah, menyerap logam berat dengan lemah, yang menyebabkan mobilitas dan bioavailabilitas yang relatif tinggi untuk tanaman dibanding pada tanah liat (Oyewo et al, 2022). Tanah sebagai penyedia semua makanan dan pakan ternak yang dikonsumsi oleh manusia dan hewan, sehingga kandungan logam berat pada tanah akan juga menyebabkan peningkatan kadar logam berat dalam pangan nabati atau hewani yang berdampak pada kesehatan manusia baik secara positif maupun negatif (Singh et al, 2020). Kontaminasi logam berat menjadi masalah serius pada lahan sawah yang menjadi area tanam padi.

Data menunjukkan bahwa lebih dari 90% produsen beras dunia berasal dari Asia, di mana sering dilaporkan terjadi kontaminasi logam pada lahan sawah (Ali et al, 2020) akibat penggunaan pestisida dan pupuk kimia (Hembrom et al, 2019). Penggunaan agrokimia yang berlebihan memperburuk kualitas tanah serta air tanah akibat penambahan nitrogen, fosfor, dan pestisida secara massif ke dalam tanah (Srivastav, 2020). Selain dari masukan agrokimia, kontaminasi logam berat pada lahan sawah disebabkan oleh irigasi air limbah, aplikasi lumpur limbah, kotoran ternak, pertambangan dan fly ash (Uddin et al, 2021). Akibatnya, terjadi akumulasi logam berat dan metaloid (Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{3+} , Cr^{2+} ,

Comment [WU6]: ???

Ni²⁺, Fe²⁺, Zn²⁺, Co²⁺, Hg²⁺ dan As²⁺) pada berbagai bagian tanaman padi (akar, jerami, sekam dan gabah) pada berbagai tingkat akumulasi (Sharma et al., 2021). Butir beras mengakumulasi logam beracun paling sedikit dibandingkan dengan sekam, jerami dan akar. Akumulasinya bervariasi antar lokasi, dan akumulasi logam tertinggi ditemukan pada urutan akar > batang > daun. Hasil faktor bioakumulasi/ *Bioconcentration Factor* (BCF) menunjukkan bahwa selama tahap pengisian gabah, beras memiliki nilai BCF yang tinggi (> 1) untuk Cd dan Zn (Zhang et al., 2020). Mengingat bahwa beras merupakan jalur utama terpaparnya manusia oleh logam berat, maka perlu diambil langkah-langkah pencegahan dan perbaikan lingkungan secara tepat di lahan yang terindikasi memiliki potensi risiko kontaminasi logam berat.

Pencegahan dan perbaikan lahan sawah terkontaminasi logam berat dapat dilakukan dengan menambahkan bahan organik (Awad et al., 2021). Salah satunya adalah dalam bentuk biochar dan kompos yang telah terbukti efektif dalam mengurangi kandungan dan mengimobilisasi logam berat yang ada di dalam tanah serta pada tanaman (Wang et al., 2021). Biochar, kompos dan kombinasinya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat fisikokimia, ketersediaan logam dan aktivitas enzim di tanah yang tercemar logam berat (Tang et al., 2020). Aplikasi gabungan keduanya efektif untuk memperbaiki pH tanah, bahan organik, karbon organik, dan kalium tersedia secara signifikan menurunkan ketersediaan Cd dan Zn. Penambahan biochar dan kompos memacu ketersediaan unsur hara dalam tanah, meningkatkan kualitas kehidupan mikroorganisme dan serapan pestisida dalam tanah (Siedt et al., 2021). Penelitian Medyńska-Juraszek et al (2020) menunjukkan pengaruh kompos dan biochar pada serapan logam berat pada tubuh tanaman uji. Beberapa penelitian terkait masukan kompos dan biochar telah dilakukan dalam kaitannya serapan logam berat dalam tubuh tanaman uji baik pada lahan kering maupun pada lahan basah. Namun masih minim sekali informasi tentang pengaruh kombinasi antara biochar dan kompos asal limbah padi dengan kualitas, kuantitas dan karakter mikrobial tanah dan distribusi logam berat dalam tubuh tanaman padi sehingga penelitian ini perlu dilakukan. Pada penelitian ini juga akan terlihat pola penghambatan serapan logam berat oleh mikroorganisme tanah sehingga logam berat menjadi minimum terserap ke dalam tubuh tanaman uji.

Comment [WU7]: Perlu telaah pustaka yang lebih lengkap dan dalam dari sumber yang valid. Perlu uraian mekanismenya secara terurut dan jelas bagaimana biochar, kompos dan kombinasinya dapat menurunkan ketersediaan Cd dan Zn khususnya pada tanah sawah.

Comment [WU8]: Pastikan kompos dari limbah padi sudah memenuhi persyaratan sebagai kompos, mengingat sebagian dari jaringan padi C/N tinggi sehingga lebih lambat lapuk.

Mikroba rizosfer atau mikroba dalam lingkup perakaran tanah mampu melindungi tanaman dari tekanan logam berat serta membantu mengakumulasi logam berat dari tanah (Carasciolo dan Terenzi, 2021). Mikroba memiliki kemampuan dalam memetabolisme dan beradaptasi dengan lingkungan bahkan yang mengandung logam berat berkonsentrasi tinggi (Aziz et al, 2022). Menurut Singh and Narzary (2021) populasi bakteri di lokasi yang terkontaminasi logam berat sebagian besar terdiri dari *Firmicutes*, *Proteobacteria*, dan *Actinobacteria* dan genera yang paling banyak diwakili adalah *Bacillus*, *Pseudomonas*, dan *Arthrobacter*. Rhizobium juga merupakan mikroba pemacu pertumbuhan tanaman yang sangat penting yang ditemukan di rizosfer, terutama dalam kasus cekaman abiotik, di mana bakteri dapat mendukung kesehatan tanaman, toleran terhadap cekaman, dan/atau membantu proses remediasi polutan (Olenska et al, 2020). Serta jamur yang memiliki peran utama dalam proses dekomposisi, pemecahan zat kompleks, promosi pertumbuhan tanaman, dan biocontrol (Sattiraju et al, 2021). *Ascomycota* dan *Basidiomycota* merupakan genera yang paling sering dilaporkan pada tanah yang terkontaminasi logam berat (Sha et al, 2023). Interaksi mikroba dengan logam berat di rizosfer dalam kaitannya dengan serapan logam berat oleh tanaman atau disingkat menjadi microfitoabsorber pada tanah sawah masih memerlukan penelitian mendalam utamanya dalam melihat sifat fisiko-kimia tanah, jenis dan konsentrasi logam berat dalam tanah, aktivitas, metabolisme dan keanekaragaman mikroba yang terbentuk akibat masukan bahan organik dan kemampuannya dalam menyerap logam berat serta mencegah aliran logam berat ke dalam tubuh tanaman pangan. Secara khusus, menggabungkan teknik remediasi dan mikroba merupakan penelitian unggulan di masa depan karena ramah lingkungan (Wu et al., 2022).

Comment [WU9]: Pembuktian ini memerlukan, waktu lama (? Thn), dukungan biaya, peralatan (lapangan dan Lab yang cukup), tekad bekerja keras serta kesehatan dan kesabaran.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, dapat diidentifikasi beberapa hal sebagai berikut :

1. Padi merupakan makanan pokok sebagian besar penduduk Indonesia. Lahan sawah di Samarinda mencapai 1200 Ha dengan penggunaan agrokimia (pestisida dan pupuk kimia) intensif menjadi penyebab kontaminasi logam berat, disamping itu tanah ini mempunyai kesuburan alami rendah.

2. Penggunaan pestisida dan pupuk kimia pada beberapa lahan sawah berpotensi sebagai penyumbang logam berat dalam tanah dan hal ini menambah beban lahan sawah yang tercatat memiliki kandungan unsur hara minimum dan memungkinkan serapnya logam berat pada tanaman padi sawah
3. Potensi limbah jerami padi cukup besar dan hanya sebagian diantaranya yang sudah dimanfaatkan sedangkan sisanya dionggok pada lokasi penimbunan sehingga berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan.
4. Limbah jerami padi dapat diolah menjadi kompos dan biochar yang memiliki potensi meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah sawah dan sebagai penyerap logam berat dalam tanah.
5. Limbah padi yang diaplikasikan ke dalam tanah berpotensi meningkatkan kualitas dan kuantitas mikroorganisme dalam tanah yang memiliki peran penting dalam menghambat atau mengurangi laju serapan logam berat ke dalam tubuh tanaman.
6. Peningkatan ketersediaan unsur hara dan berkurangnya laju serapan logam berat pada tubuh tanaman padi diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi.

Dari identifikasi tersebut dapat dirumuskan permasalahan riset, antara lain :

1. Bagaimana pola sebaran kandungan logam berat pada tanah sawah intensif dan non intensif di Samarinda
2. Bagaimana komposisi dan jenis aplikasi limbah padi terbaik
3. Bagaimana pengaruh masukan limbah padi terhadap sifat kimia tanah, jenis dan aktivitas mikrobial tanah, laju dan distribusi serapan logam berat pada padi lokal, serta produktivitas padi

C. Tujuan Riset

Tujuan riset ini adalah :

1. Mendapatkan pola sebaran kandungan logam berat pada tanah sawah intensif dan sawah non intensif di Samarinda
2. Menetapkan jenis dan komposisi aplikasi limbah padi terbaik

3. Mengetahui pengaruh masukan limbah padi terhadap sifat kimia tanah, jenis dan aktivitas mikrobia tanah, laju dan distribusi serapan logam berat pada padi lokal, serta produktivitas padi

D. Manfaat Riset

Hasil riset ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Sebagai bahan informasi bagi para pihak khususnya peneliti, petani dan dinas terkait tentang pola sebaran kandungan logam berat pada lahan sawah di Samarinda sebagai landasan pengelolaan dan pemanfaatan lahan sawah yang lebih bijak.
2. Sebagai alternatif pemanfaatan limbah padi yang jumlahnya berlimpah sebagai bahan penambah hara penting tanah sawah dan penyerap logam berat melalui aktivitas mikroorganisme
3. Sebagai referensi pola sebaran logam berat pada tubuh tanaman padi setelah dilakukan proses penyerapan logam berat oleh mikroorganisme akibat masukan limbah padi untuk meningkatkan kewaspadaan akan keamanan pangan yang pro lingkungan

BAB II. KAJIAN PUSTAKA

A. Definisi, Sumber, Distribusi Logam Berat Dan Respon Tanaman Pertanian

Logam berat dianggap sebagai racun lingkungan yang luar biasa karena sifatnya yang sangat beracun, ulet, dan inkremental. Logam berat memiliki waktu paruh lebih dari dua puluh tahun dan sifatnya sangat persisten di alam (Kapoor dan Singh, 2021). Unsur logam alami dengan massa jenis $>5 \text{ g/cm}^3$ dan kerapatan >20 dikategorikan sebagai logam berat dan karenanya dianggap sebagai polutan universal (Ali dan Khan, 2017 dalam Vidican et al, 2020). Logam berat dibagi menjadi dua kategori yaitu perlu dan tdk penting. Unsur seperti kobalt (Co), tembaga (Cu), kromium (Cr), besi (Fe), nikel (Ni), mangan (Mn) dan seng (Zn) adalah logam berat dasar yang dianggap mikronutrien tetapi menjadi beracun saat dikonsumsi dalam jumlah banyak. Kadmium (Cd), merkuri (Hg) dan timbal (Pb) merupakan logam berat non-esensial yang sangat mematikan bagi organisme (Ikem et al, 2023). Pencemaran logam berat tanah menyebabkan degradasi sumber daya tanah dan kerusakan ekosistem (Wu et al., 2022) serta kesehatan manusia. Probabilitas paparan logam berat sebagai penyebab kanker mencapai lebih dari 50% sebagian besar merupakan sumbangan dari peningkatan konsentrasi logam berat di lingkungan (Li et al., 2023). Batuan alam dan aktivitas antropogenik adalah sumber utama logam berat. Logam berat ada di bagian-bagian dari bebatuan, yang setelah proses pelapukan selama masa pedogenesis menjadi bagian dari lingkungan tanah dalam konsentrasi jejak ($<1000 \text{ mg Kg}^{-1}$) (Zhang & Wang, 2020). Sumber antropogenik diantaranya adalah penggunaan pupuk kimia, kotoran ternak, limbah tambang, abu, pembongkaran puing-puing, lumpur limbah, dan partikel aerosol. Penggunaan pupuk yang masif dan pengelolaan yang tidak wajar telah mengakibatkan degradasi tanah yang serius (Wang et.al, 2022; Jia et al 2022). Menurut Wyszowski et al., (2023) aplikasi urea ke dalam tanah dapat meningkatkan kandungan kadmium, timbal, kromium, dan nikel serta menurunkan kandungan besi pada penelitian terhadap jagung pada tanah lempung berpasir dan tanah pasir. Disebutkan pula bahwa peningkatan pemupukan kalium meningkatkan kandungan kadmium sebesar 83% dan timbal sebesar 32% di dalam tanah.

Respon tanaman terhadap logam berat, keterlibatan transporter, antioksidan, regulator molekuler menjadi penting untuk diamati. Afinitas logam

berat untuk beragam elemen tanah cukup bervariasi, yang mempengaruhi ikatan logam berat dengan makromolekul lain dan, pada akhirnya, terjadi proses asosiasi kompleks (Ghuge et al, 2023). Selain itu, beberapa logam berat memiliki mobilitas yang berbeda di dalam tanah (Oyewo et al, 2020). Menariknya, keberadaan logam berat di dalam tanah bukan satu-satunya faktor penentu transportasi tanah ke akar karena proses ini diatur oleh berbagai faktor lain seperti bahan organik yang ada di dalam tanah, pH tanah dan KTK. Rhizosfer atau daerah perakaran merupakan titik kontak pertama sebagai upaya pertahanan terhadap logam berat, yang mencakup mekanisme penyerapan, efflux/penghabisan, dan pengangkutan selain jalur detoksifikasi dalam sel akar yang dimediasi oleh senyawa berbasis tiol dan sekuestrasi vakuolar (Qian et al 2022). Arsitektur akar secara signifikan menentukan sensitivitas atau toleransi terhadap tekanan logam berat. Sistem akar dalam ekosistem tanah eksternal memiliki cara pengelolaan yang unik melalui pengembangan dan perubahan akar individu, eksudat akar, dan pelepasan oksigen (Ghuge et al, 2023).

Respon tanaman terhadap logam berat merupakan bagian dari mekanisme detoksifikasi, yang meliputi imobilisasi, eksklusi, khelasi, dan kompartementalisasi ion logam ke dalam organel seluler, yang menyebabkan produksi berlebih spesies oksigen reaktif, yang menginduksi pertahanan antioksidan, dan mengubah ekspresi gen yang terlibat dalam respons stres, termasuk faktor transkripsi (Nazir et al, 2020). Pada tumbuhan, metallothionein dan fitokelatin bertindak sebagai ligan untuk memfasilitasi proses sekuestrasi dan khelasi logam berat. Proses ini penting dalam penyerapan dan akumulasi logam nonesensial dan esensial. Kompleks protein pengikat logam kaya sistein terakumulasi dalam vakuola untuk mengurangi toksisitas yang diinduksi logam (Kosakivska et al, 2020). Terdapat keterlibatan fitohormon yang berbeda dalam biosintesis phytochelatin. Beberapa spesies tumbuhan, termasuk yang berasal dari habitat perairan, dianggap sebagai hiperakumulator yang baik untuk pembersihan logam berat (Nguyen et al 2023). Sel tumbuhan memiliki berbagai sistem transportasi termasuk ATPase logam berat (Heavy Metals ATPases, HMA), Nramps (protein makrofag terkait resistensi alami), keluarga fasilitator difusi kation (Cation Diffusion Facilitator, CDF), keluarga ZIP (Zrt- dan Irt-like Protein, protein mirip IRT), ABC transporter (ATP-binding cassette, kaset

pengikat ATP), antiporter kation dan transporter logam transisi lainnya, dan protein yang toleran logam, terlibat dalam mekanisme akuisisi logam dan tekanan yang ditimbulkan oleh logam berat mengatur beberapa gen, metabolit stres atau molekul kecil, mRNA (Micro-RNA), dan fitohormon untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap keberadaan logam berat dan untuk pengaturan jalur metabolisme tanaman yang efisien untuk bertahan hidup. Anggota superfamili ABC transporter ada pada bakteri, jamur, tumbuhan, dan hewan dan memainkan peran kunci dalam penghabisan senyawa xenobiotik, substrat fisiologis, dan metabolit intraseluler beracun. (Patel et al., 2021). Bentuk respon tanaman terhadap logam berat, antara lain berupa pencoklatan akar, klorosis, pertumbuhan terhambat, dan bahkan kematian. Logam berat menghambat berbagai proses metabolisme yang penting untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhan tanaman (Ghuge et al., 2023).

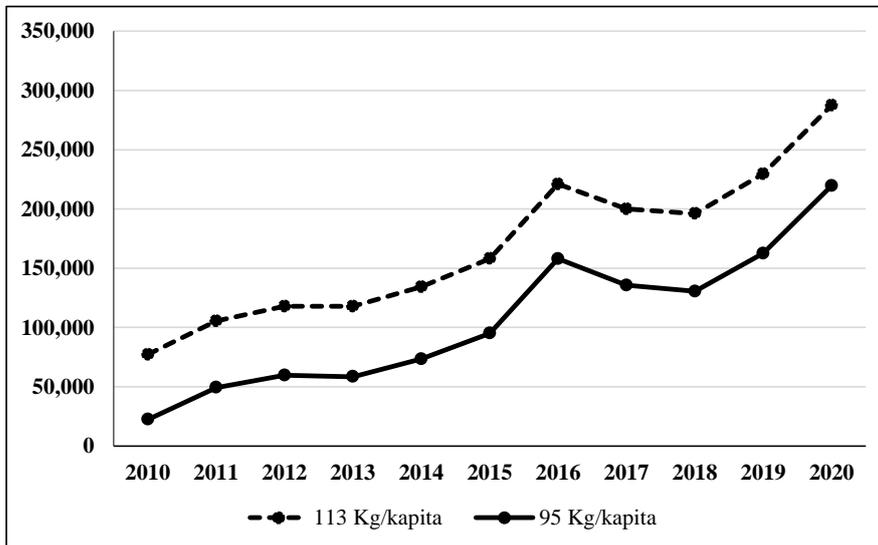
B. Pangan, Sawah dan Ketersediaan Gabah

Pangan adalah kebutuhan pokok manusia untuk mempertahankan kelangsungan hidup, agar manusia dapat hidup sehat dan produktif. Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan bahan baku pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan/atau pembuatan makanan atau minuman.

Pertumbuhan populasi yang cepat, perubahan iklim, sumber daya alam yang terbatas, dan pandemi COVID-19 berkontribusi terhadap peningkatan kelaparan global, sehingga diperlukan upaya intensif untuk memastikan ketahanan pangan dan gizi (Ammar et al., 2023). Produksi pangan untuk pemenuhan kebutuhan pangan secara swasembada di setiap wilayah pada saat ini dan untuk masa mendatang merupakan strategi yang sangat penting untuk dirancang dan direncanakan serta dilaksanakan secara konsisten. Kerawanan pangan dunia meluas dan segala bentuk kekurangan gizi di seluruh wilayah (Food and Agriculture Organization/FAO et al., 2022). Laporan Global Hunger Index (GHI) 2022 juga menunjukkan bahwa kemajuan global melawan kelaparan

baru-baru ini mengalami stagnasi, dengan demikian, mencapai target 2.1 dan 2.2 dari Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) menjadi sebuah tantangan. Bukti terbaru menunjukkan bahwa sekitar 3,1 miliar orang di seluruh dunia tidak mampu membeli makanan sehat (FAO et al., 2022). Jika upaya pemberantasan kelaparan tidak diperkuat, 8% populasi dunia akan menghadapi kelaparan pada tahun 2030. Masalah ini mengerikan di Asia, di mana kerawanan pangan akut meningkat dari 319,9 juta pada 2015 menjadi 471,1 juta pada 2020, memengaruhi 10,2% populasi. Pada tahun 2021, lebih dari setengah (425 juta) orang di dunia yang terkena dampak kelaparan tinggal di Asia, dan lebih dari sepertiga (278 juta) tinggal di Afrika (FAO et al., 2022). Selain itu, kerawanan pangan sedang atau berat tetap stabil di setiap wilayah kecuali Asia. Bahkan di kawasan Asia, bukti menunjukkan bahwa distribusi kerawanan pangan sangat bervariasi. Misalnya, kejadian orang yang kekurangan gizi pada tahun 2020 berkisar dari <2,5% di Asia Timur hingga lebih dari 15,8% di Asia Selatan (FAO et al., 2021). Hal yang sama juga terjadi di Indonesia dan Kalimantan Timur pada khususnya.

Produksi padi di Samarinda dalam 5 tahun terakhir cenderung terus menurun (Tabel 1), sementara tingkat konsumsi terus meningkat seiring dengan jumlah penduduk yang terus bertambah. Sehingga defisit kebutuhan beras terus meningkat selama 10 tahun terakhir, baik dengan simulasi konsumsi per kapita 113 Kg/tahun ataupun 95 Kg/tahun (Gambar 1). Fakta kecenderungan menurunnya produksi padi di Samarinda selama tahun 2018-2022 dipengaruhi oleh menurunnya luas panen (Tabel 2) dan juga menurunnya produktivitas (Tabel 3) dengan rekapitulasi untuk Kalimantan Timur disajikan pada Tabel 4. Ilustrasi perkembangan luas panen dan produktivitas lahan budidaya padi nya dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 untuk ilustrasi perkembangan produktivitas lahan padi sawah (Kw/Ha) di Provinsi Kalimantan Timur.



1Gambar 1. Perkembangan defisit kebutuhan beras (ton) di Provinsi Kalimantan Timur (Sumber: Sidata BAPPEDA Kaltim, 2021).

Kondisi aktual menunjukkan bahwa sentra produksi padi di Kalimantan Timur adalah lahan sawah, sedangkan produksi padi ladang hanya sebagai pendukung. Lahan sawah adalah lahan pertanian yang berpetak-petak dan dibatasi oleh pematang (galengan), saluran untuk menahan/menyalurkan air, yang biasanya ditanami padi sawah yang memerlukan penggenangan pada masa pertumbuhan padi. Tanah sawah dapat dari tanah kering yang diairi atau tanah rawa yang dikeringkan dengan membuat saluran drainase (Puslitbangtanak, 2020). Sawah dibedakan berdasarkan keberadaan dan masa penggunaannya dibedakan menjadi : lahan sawah eksisting adalah sawah yang ada saat ini, dan lahan sawah potensial adalah bagian dari luas potensial yang dapat dijadikan sawah, yang kondisinya masih berbentuk hutan semak-semak, padi ladang.

Produksi Padi Menurut Kabupaten/Kota

Table 1. Produksi Padi di Kalimantan Timur 2018-2022

KAB/KOTA	2018	2019	2020	2021	2022
Paser	32083.72	48251.88	52365.75	51972.06	48202.66
Kutai Barat	1089.61	962.88	1199.22	2021.46	1284.77
Kutai Kartanegara	144048.49	121202.53	110940.44	104441.83	105025.7
Kutai Timur	12850.97	15926.08	17078.56	13119.61	12076.25
Berau	19422.59	16739.31	23352.73	22364.87	21135.98
Penajam Paser Utara	38039.29	41622.32	47018.03	42130.12	45160.69
Mahakam Ulu	1120.42	1521.06	1081.75	932.09	489.42
Balikpapan	0	37.27	419.57	354.13	302.1
Samarinda	13933.69	7212.12	8651.61	6988.91	5492.34
Bontang	185.1	342.92	326.86	352.88	255.43
Kalimantan Timur	262773.88	253818.37	262434.52	244677.96	239425.34

Sumber : SIDATA Kalimantan Timur (2023)

Table 2. Luas Panen Padi di Kalimantan Timur 2018-2022

KAB/KOTA	2018	2019	2020	2021	2022
Paser	8415.02	13012.74	12825.6	13137.77	11663.91
Kutai Barat	395.83	292.91	510.78	527.89	477.55
Kutai Kartanegara	31084	31358.2	31952.96	27635.02	27981.31
Kutai Timur	3587.82	4541.74	4978.75	3660.48	3415.9
Berau	6401.38	4771.22	6461.68	5756.54	6229.84
Penajam Paser Utara	11084.82	13138.93	13924.41	13501.6	13531.22
Mahakam Ulu	546.64	470.25	464.44	232.22	201.45
Balikpapan	0	12.52	118.31	102.67	86.93
Samarinda	3388.65	2021.86	2250.75	1632.33	1312.78
Bontang	57	87.38	80.76	82.94	69.12
Kalimantan Timur	64961.16	69707.75	73568.44	66269.46	64970.01

Sumber : SIDATA Kalimantan Timur (2023)

Produktivitas Padi Menurut Kabupaten/Kota

Table 3. Produktivitas Padi di Kalimantan Timur 2018-2022

KAB/KOTA	2018	2019	2020	2021	2022
Paser	38.13	37.08	40.83	39.56	37.67
Kutai Barat	27.53	32.87	23.48	38.29	27.85
Kutai Kartanegara	46.34	38.65	34.72	37.79	37.86
Kutai Timur	35.82	35.07	34.3	35.84	35.69
Berau	30.34	35.08	36.14	38.85	35.07
Penajam Paser Utara	34.32	31.68	33.77	31.2	32.39
Mahakam Ulu	20.5	32.35	23.29	40.14	24.29
Balikpapan	0	29.77	35.46	34.49	34.66
Samarinda	41.12	35.67	38.44	42.82	39.5
Bontang	32.47	39.25	40.47	42.55	39.98
Kalimantan Timur	40.45	36.41	35.67	36.92	36.25

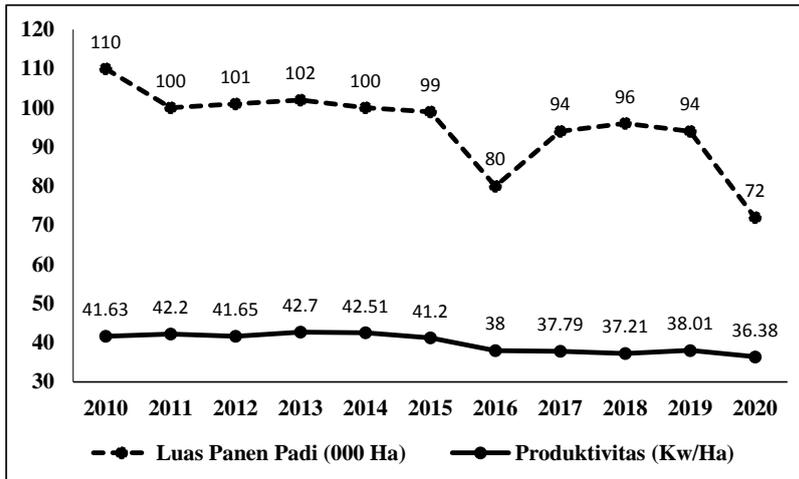
Sumber : SIDATA Kalimantan Timur (2023)

Table 4. Luas panen, produktivitas, dan produksi padi, serta statistik beras di Kalimantan Timur tahun 2010-2020.

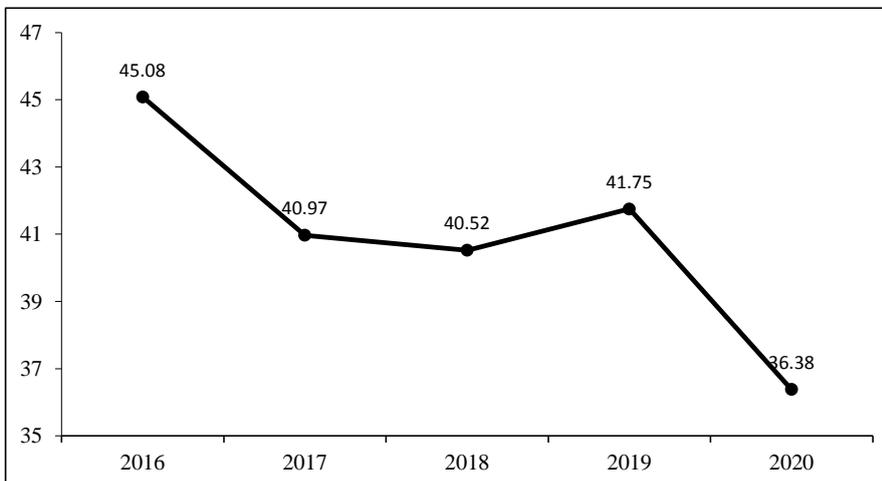
No	Indikator	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	Luas panen (Ha)	110.379	100.826	101.960	102.912	100.262	99.209	80.343	94.393	96.723	94.698	72.253
2	Produktivitas (Kw/Ha)	41,63	42,20	41,65	42,70	42,51	41,20	38,00	37,79	37,21	38,01	36,38
3	Produksi GKG (ton)	459.475	425.504	424.669	439.439	426.169	408.782	305.337	356.680	359.905	359.905	262.856
4	Produksi beras (ton) Kaltim	293.605	271.897	271.363	280.802	272.322	261.212	191.904	224.173	237.581	209.826	152.107
5	Penyusutan beras (9%)	26.424	24.471	24.423	25.272	24.509	23.509	17.271	20.176	21.382	18.884	13.690
6	Total konsumsi (ton) 113 Kg/kapita	344.368	352.944	364.766	373.441	382.060	395.814	395.639	404.026	412.318	420.517	425.905
7	Total konsumsi (ton) 95 Kg/kapita	289.513	296.723	306.662	313.955	321.201	332.764	332.617	339.668	346.639	353.532	358.062
8	Surplus/deficit (ton) 113 Kg/kapita	77.187	105.518	117.825	117.912	134.247	158.111	221.006	200.029	196.119	229.575	287.488
9	Surplus/deficit (ton) 95 Kg/kapita	22.332	49.297	59.722	58.425	73.388	95.061	157.984	135.671	130.440	162.590	219.645

Catatan: konversi GKG ke beras 63,9%, konsumsi per kapita/tahun = 113 Kg atau 95 Kg.

Sumber: BPS Kaltim, 2016; dan Sidata BAPPEDA Kaltim, 2021.



3Gambar 2. Perkembangan luas panen dan produktivitas lahan budidaya padi di Provinsi Kalimantan Timur (Sumber: BPS Kaltim, 2016; dan Sidata BAPPEDA Kaltim, 2021).



2Gambar 3. Perkembangan produktivitas lahan padi sawah (Kw/Ha) di Provinsi Kalimantan Timur (Sumber: Sidata BAPPEDA Kaltim, 2021).

Berdasarkan data yang tersedia di atas, dapat diperhitungkan kelimpahan limbah padi yang menjadi bahan baku kompos dan biochar untuk wilayah Samarinda dan Kalimantan Timur. Selanjutnya untuk melihat pola sebaran kontaminasi logam berat pada lahan sawah, digunakan peta sawah aktual (Artha, 2019) yang akan diperbaharui dengan metode yang sama. Adapun peta sawah aktual di kota Samarinda disajikan pada Gambar 4. Lahan Sawah Aktual. merupakan suatu lahan yang ada pada Tahun 2019 yang tersedia untuk ditanami padi atau jenis tanaman lainnya. di mana besaran luas lahan sawah mempengaruhi langsung terhadap besaran luas tanam dan besaran luas panen. Informasi tentang luas lahan sawah Aktual yang akurat sangat dibutuhkan

dalam mendukung kebijakan pembangunan pertanian. Dari hasil analisis dan pengolahan data citra IKONOS Tahun 2011 dan SPOT Tahun 2019 diperoleh sebaran serta luasan sawah Aktual yang berada di Samarinda yang tersebar di beberapa kecamatan yaitu di kecamatan Samarinda Utara seluas 719.06 Ha. Sungai Pinang seluas 37.38 Ha. Sungai Kunjang seluas 1.32 Ha. Samarinda Seberang seluas 5.02 Ha. Loa Janan Ilir seluas 291.37 Ha. Palaran seluas 455.15 Ha. Sambutan seluas 455.90 Ha. Pada Kecamatan Samarinda Kota, Samarinda Ilir, dan Samarinda Ulu, tidak ditemukan lahan sawah.. Total luas sawah Aktual Tahun 2019 Di Samarinda adalah seluas 1.713.26 Ha. Adanya penurunan luasan sawah pada Tahun 2011 sampai Tahun 2019 dikarenakan adanya perubahan terhadap lahan sawah menjadi lahan nonpertanian. Luas sawah aktual yang beralih fungsi di Kecamatan Samarinda Utara adalah seluas 153.05 Ha. di Kecamatan Sungai Kunjang luasan sawah yang beralih fungsi akibat alih fungsi dari lahan sawah seluas 13.69 Ha. di Kecamatan Loa Janan Ilir luasan sawah yang beralih fungsi akibat alih fungsi lahan sawah seluas 72.06 Ha. di Kecamatan Palaran lahan sawah yang mengalami alih fungsi lahan seluas 138.06 Ha. di Kecamatan Sambutan lahan sawah yang mengalami alih fungsi lahan seluas 65.39 Ha. di Kecamatan Sungai Pinang luasan sawah yang alih fungsi lahan sawah seluas 10.03 Ha.

Gambar 4. Peta Sebaran Lahan Sawah 2019

C. Limbah Pertanian, Kompos dan Biochar dan Mikrobia Tanah

Limbah pertanian diartikan sebagai bahan yang dibuang dari sektor pertanian seperti jerami padi, jerami jagung, jerami kedelai, jerami kacang tanah, kotoran ternak, sabut dan tempurung kelapa, dedak padi, dan yang sejenisnya. Limbah pertanian dapat berbentuk bahan buangan tidak terpakai dan bahan sisa dari hasil pengolahan (Sabir et al, 2020). Limbah hasil pertanian secara umum ditandai dengan tingginya kandungan protein, tingginya kandungan karbohidrat tapi rendah protein, dan tingginya kandungan pati dengan kandungan serat yang rendah. Limbah pertanian dan perkebunan dapat bersifat amba (*bulky*), berserat (*fibrous*), pencernaan rendah (*low digestibility*), dan rendahnya kandungan protein (*low protein*) (Adegbeye et al, 2020). Secara garis besar limbah pertanian dibagi ke dalam limbah pra, saat panen, dan limbah pasca panen. Lebih lanjut, limbah pasca panen dapat digolongkan ke dalam kelompok limbah sebelum diolah dan limbah setelah diolah atau limbah industri pertanian (Ciccuto et al, 2023). Pengertian limbah pertanian pra panen yaitu materi-materi biologi yang terkumpul sebelum atau pada saat hasil utamanya diambil. Sebagai contoh daun, ranting, atau batang tanaman. Limbah tersebut biasanya dikumpulkan sebagai sampah dan umumnya hanya dibakar. Media jamur dan campuran makanan ternak merupakan beberapa contoh lain dari limbah pertanian pra panen. Limbah pertanian saat panen merupakan limbah yang tersedia pada musim panen. Golongan tanaman sereal seperti padi, jagung, dan sorgum merupakan golongan limbah pertanian yang ketersediaannya cukup banyak pada musim panen (Koul et al, 2022). Sisa potongan bagian bawah jerami dan akar tanaman padi belum dimanfaatkan secara optimal. Sisa-sisa tanaman ini umumnya direndam dan akan mengalami pembusukan saat dilakukan pembajakan. Sementara jerami bagian atas tanaman padi, jagung atau sorgum sebagian ada yang difermentasikan atau dibuat silase untuk pakan ternak ruminansia, dan sebagian lainnya dibakar (Marbun et al, 2020). Di penggilingan padi, limbah bisa dikumpulkan antara lain sekam kasar, dedak, dan menir. Sekam banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengisi untuk pembuatan bata merah, dipakai sebagai bahan bakar, media tanaman hias, diarangkan untuk media hidroponik, diekstrak untuk diambil silikanya sebagai bahan empelas dan lain-lain (Meral et al, 2022).

Pengolahan limbah pertanian dibutuhkan karena pelapukan alami limbah pertanian membutuhkan waktu 3-4 bulan dan menghambat pemanfaatan limbah pada lahan-lahan pertanian (Devianti et al, 2020). Hal ini tentu tidak bisa diaplikasikan saat masa tanam yang mendesak, sehingga sering dianggap kurang ekonomis dan tidak efisien. Salah satu metode mempercepat pelapukan limbah pertanian agar segera berfungsi dalam perbaikan sifat-sifat tanah dan ketersediaan hara adalah dengan pembuatan kompos. Menurut Innocenti (2021) kompos adalah hasil penguraian

parsial/tidaklengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik atau anaerobik. Sedangkan pengomposan adalah proses dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Pada proses pembuatan kompos perlu dilakukan pengaturan dan pengawasan agar kompos dapat terbentuk lebih cepat yang meliputi pembuatan campuran bahan yang seimbang, pemberian air yang cukup, pengaturan aerasi, dan penambahan aktivator pengomposan (Greff et al., 2022). Salah satu faktor utama yang menentukan laju dekomposisi jerami padi adalah rasio karbon (C)/nitrogen (N) (semakin rendah rasionya maka semakin cepat dekomposisi). Selain itu, kandungan zat humat yang tinggi di dalam tanah akan mempercepat dekomposisi jerami padi. Jumlah selulosa dan hemiselulosa yang lebih tinggi dibandingkan dengan lignin akan memudahkan penguraian jerami padi oleh mikroba. Kultivar yang memiliki kandungan lignin lebih rendah, memiliki lebih banyak ruang pori, dan lebih sedikit memiliki alur silika, maka akan terurai lebih cepat (Bhattacharyya et al., 2020).

Kompos yang terproses dengan baik kaya akan nutrisi dan bahan humat memiliki akan mampu meningkatkan kesuburan tanah dan merangsang perakaran yang sehat karena memiliki kemampuan membantu memperbaiki struktur tanah dengan jalan meningkatkan kandungan bahan organik tanah dan akan meningkatkan kemampuan tanah untuk mempertahankan kandungan air tanah. Aplikasi kompos juga akan meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang membantu tanaman untuk menyerap unsur hara dari tanah dan menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman (Singh et al, 2020), dan sebagai amandemen tanah untuk menghilangkan polusi logam berat (Li et al, 2021). Penelitian Ayilara et al (2020) menyajikan efikasi dan mekanisme teknologi remediasi kompos untuk tanah pertanian yang terkontaminasi logam berat. Pengomposan mampu mendegradasi atau mengikat polutan ke tingkat yang tidak berbahaya bagi lingkungan (Abdellah et al, 2020). Selain dalam bentuk kompos, masukan bahan organik dalam bentuk biochar juga telah banyak menjadi bahan kajian penelitian

Secara definisi, biochar merupakan amandemen tanah yang berupa arang yang diproduksi baik secara alami sebagai akibat dari kebakaran vegetasi, atau secara sengaja oleh manusia (Schmidt et al, 2021). Biochar diproduksi melalui proses pirolisis, yaitu penguraian (lisis) suatu bahan oleh panas (piro) dan efektif untuk menyimpan dan mensekuestrasi karbon (C), pengurangan emisi metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O), pengurangan bioavailabilitas logam berat dan polutan organik dan mengendalikan pencucian nutrisi dan polutan dari tanah (Song et al., 2022). Sekuestrasi

karbon didefinisikan sebagai penyimpanan menyimpan karbon dioksida atau bentuk lain dari karbon dalam jangka panjang, yang juga merupakan salah satu cara memitigasi pemanasan global dan perubahan iklim. Sekuestrasi karbon juga telah diusulkan sebagai cara untuk memperlambat akumulasi gas rumah kaca di atmosfer dan lautan, yang dilepaskan akibat pembakaran bahan bakar (Meena and Prakasha, 2020). Berbagai bahan baku biomassa seperti sisa tanaman, bahan kayu, limbah hijau, kotoran hewan dan limbah pertanian termasuk jerami padi dapat diproduksi menjadi biochar (Velmurugan, 2022).

Hingga saat ini 40% limbah jerami dan sekam padi hanya melalui proses pembakaran dan menjadi penyumbang selama pembakaran residu melepaskan sejumlah besar polutan ke atmosfer (Grillo et al., 2020; Singh R et al., 2020). Sekam padi tidak dapat digunakan secara efisien karena sifat intrinsiknya seperti permukaan yang kaku, kandungan silikon yang tinggi, nilai makan yang buruk, dan ketahanan yang tinggi terhadap dekomposisi oleh mikroorganisme tanah (Martinez et al., 2022). Nilai pH biochar sekam padi yang dihasilkan pada suhu pirolisis dari 250 °C–300 °C hingga 600 °C–750 °C, berkisar antara 6,8 hingga 10,7 dan terlihat ada korelasi positif yang signifikan antara suhu pirolisis dan pH biochar sekam padi. Pemisahan garam alkali dan hilangnya gugus fungsi asam (Shalini et al., 2022) menjadi alasan peningkatan nilai pH biochar sekam padi. Gugus fungsi basa lebih tinggi dan gugus fungsi asam lebih rendah pada biochar sekam padi yang dihasilkan pada suhu pirolisis tinggi. Gugus fungsi dasar terutama terkait dengan kadar abu, yang biasanya meningkat dengan suhu pirolisis. Unsur utama biochar sekam padi termasuk C, hidrogen (H), oksigen (O), N, P, K dan silikon (Si) (Huang et al., 2020). Ada korelasi positif dan negatif yang signifikan antara suhu pirolisis dan kandungan C dan H dalam biochar sekam padi. Kandungan C biochar sekam padi biasanya meningkat dengan meningkatnya suhu pirolisis (Gan et al., 2022). C dalam biochar sekam padi sebagian besar dalam bentuk yang lebih stabil dibandingkan dengan sekam padi. Berbeda dengan kandungan C, kandungan H dari biochar sekam padi menurun dengan meningkatnya suhu pirolisis dan dibandingkan dengan sekam padi (Gupta and Kua, 2022).

Xu et al. (2022) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa biochar jerami padi efektif dalam mengimobilisasi kadmium tanah (Cd), signifikan meningkatkan pH tanah, bahan organik tanah, kapasitas tukar kation, dan aktivitas katalase, namun menurunkan kekayaan dan keragaman komunitas bakteri di semua tanah. Sedangkan aplikasi biochar sekam padi meningkatkan kandungan C organik tanah (*Soil Organic C*), pH tanah, Kapasitas Tukar Kation (KTK), P tersedia, K tersedia dan N total. Namun, ada beberapa ketidakkonsistenan efek aplikasi biochar sekam padi karena keragaman sifat tanah yang berbeda dan biochar sekam padi diproduksi di bawah kondisi pirolisis yang

berbeda. Tanah sawah biasanya bersifat asam dan penerapan biochar sekam padi bisa akan meningkatkan pH tanah (Ghorbani et al., 2019, Oladele, 2019). Peningkatan pH tanah yang diamati biasanya antara 1 hingga 2 unit untuk laju aplikasi biochar sekam padi 3 hingga 12 t/hm² (Oladele, 2019). Peningkatan pH tanah yang diubah dengan biochar juga telah dilaporkan dalam studi inkubasi jangka panjang lainnya (Ghorbani dan Amirahmadi, 2018a). Perbaikan pH ini memiliki efek positif yang signifikan terhadap produktivitas dan kualitas tanah pada tanah masam. Panahi et al. (2020) meneliti pengaruh biochar sekam padi pada sifat-sifat tanah sulfat masam, dan mengamati peningkatan kandungan SOC, KTK, P, K dan Ca tanah, dan penurunan Al tanah yang dapat ditukar dan Fe terlarut. Namun, kandungan Mg dan Na tetap tidak terpengaruh oleh amandemen biochar sekam padi. Ghorbani et al. (2019) dan Oladele (2019) telah melaporkan peningkatan KTK tanah yang diubah dengan biochar sekam padi. Namun, laju peningkatan ini terkait dengan jenis tanah dan laju aplikasi biochar sekam padi. Oksidasi biochar sekam padi dan perkembangan muatan negatif permukaan dari waktu ke waktu dapat meningkatkan KTK-nya (Busra and Remya., 2020). Setiap peningkatan KTK tanah memberikan potensi keseimbangan hara, pengurangan pencucian polutan dan mitigasi emisi Gas Rumah Kaca.

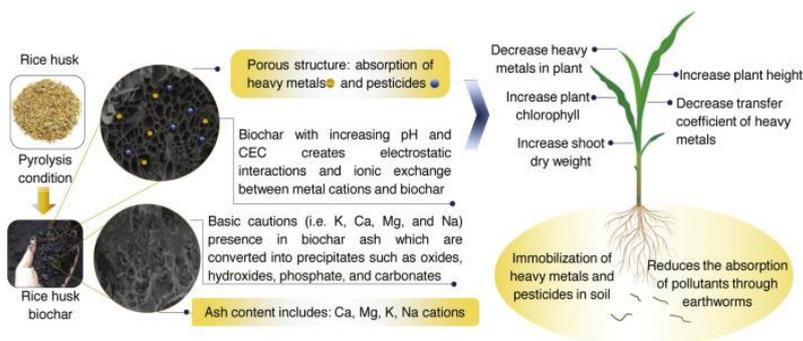
Secara umum, peningkatan produktivitas tanah telah dilaporkan dengan penerapan biochar yang berbeda. Aplikasi biochar dapat meningkatkan hasil panen dengan bertindak sebagai sumber nutrisi langsung dan/atau meningkatkan bioavailabilitas nutrisi melalui perbaikan pH tanah, KTK, interaksi permukaan, porositas tanah, dan interaksi tanah-air (Yuan et al., 2019). Penurunan hasil panen terutama dalam jangka waktu singkat setelah aplikasi biochar (Aller et al., 2018), kemungkinan karena ketidakseimbangan nutrisi dan/atau toksisitas. Umumnya, hasil tanaman ditingkatkan dengan amandemen biochar sekam padi. Namun, besarnya efek ini terkait dengan jenis tanah dan tanaman, serta karakteristik biochar sekam padi (Bolan et al., 2020). Pengaruh biochar sekam padi terhadap kesuburan tanah dan hasil gabah bersifat spesifik lokasi (Gamage et al., 2021). Wijitkosum, (2023) juga meneliti efek dari dua biochar sekam padi pada tingkat yang berbeda pada pertumbuhan lentil dan gandum dalam percobaan pot menggunakan tanah alkalin berkapur menunjukkan bahwa biochar sekam padi mampu memacu pertumbuhan akar karena pengaruhnya terhadap porositas tanah dan perpanjangan akar setelah aplikasi biochar sekam padi dapat meningkatkan biomassa di atas tanah dan memberikan kekuatan bagi tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan (Gujre et al., 2021).

Dalam kaitannya dengan pertumbuhan tanaman, Singh dkk. (2018) mengamati variabel pertumbuhan padi yang secara signifikan lebih tinggi termasuk panjang malai, jumlah anakan, hasil gabah dan jerami serta Huang dkk. (2019) yang mempelajari

pengaruh pemberian biochar sekam padi terhadap hasil padi menunjukkan bahwa hasil gabah cenderung menurun dengan aplikasi biochar sekam padi pada tiga musim pertama, sedangkan pada tiga musim terakhir percobaan meningkat secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa efek positif dari aplikasi biochar sekam padi pada hasil padi akan tergantung pada durasi dan frekuensi aplikasi biochar. Kecenderungan penurunan hasil gabah dengan aplikasi biochar, selama tiga musim pertama, terutama disebabkan oleh penurunan berat gabah. Aplikasi campuran antara biochar dengan pupuk kimia pada penelitian [Alkharabsheh et al., \(2021\)](#) mampu meningkatkan produksi tanaman, terutama di tanah dengan kesuburan rendah, baik dengan bertindak sebagai sumber nutrisi langsung atau dengan meningkatkan bioavailabilitas nutrisi ([Mehmood et al., 2020](#)). Aplikasi gabungan biochar dan pupuk N dapat meningkatkan serapan N dan produktivitas tanaman ([Peng et al., 2021](#)). Imobilisasi nitrogen juga telah diamati dengan aplikasi biochar kaya C dan pengurangan bioavailabilitas nutrisi penting melalui penyerapannya ke gugus fungsi permukaan biochar ([Bashir et al., 2020](#)). Tidak hanya terkait tanaman, secara lingkungan, biochar juga memberikan kemanfaatan utamanya dalam penyerapan polutan berbahaya dalam tanah.

Pemberian biochar dapat mengurangi bioavailabilitas polutan organik dan logam berat di tanah yang terkontaminasi ([Shakya and Agarwal, 2020](#)), pewarna, obat-obatan, pestisida/herbisida, dan fenol) dari air limbah ([Dai et al., 2019; Wang et al., 2019](#)). Efisiensi biochar yang tinggi untuk menyerap logam berat dan polutan organik terkait dengan porositasnya yang tinggi, jumlah gugus fungsi yang tinggi, dan pH yang tinggi ([Yuan et al., 2019](#)). Selain itu, komponen mineral biochar termasuk fosfat dan karbonat dapat mengendap dengan logam berat dan mengurangi bioavailabilitasnya ([Zong et al., 2021](#)). [Pescatore et al. \(2022\)](#) dan [Azaedi and Raiesi \(2021\)](#) menyatakan bahwa aplikasi biochar pada tanah secara signifikan mengurangi akumulasi kadmium (Cd), plumbum (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) dalam jaringan tanaman. [He et al \(2021\)](#) menjelaskan bahwa peningkatan yang signifikan dalam adsorpsi Pb oleh tanah yang diberi perlakuan melalui pembentukan kompleks permukaan antara gugus fungsi biochar dan Pb dan imobilisasi Cu dan Cd pada tanah masam. [Amirahmadi dkk. \(2020\)](#) melaporkan efek peningkatan yang signifikan pada tinggi bibit, diameter dan biomassa bibit oak, dan penurunan konsentrasi Cd dalam jaringan tanaman. Indeks toleransi tanaman untuk kadar Cd tertinggi 50 mg/kg meningkat sebesar 40,9%, 56,0% dan 60,6% pada laju aplikasi biochar sekam padi masing-masing 1%, 3% dan 5%. Tiga mekanisme untuk adsorpsi logam berat oleh biochar, termasuk interaksi elektrostatik, pertukaran ion dan interaksi penyerapan logam berat ([Xiao et al, 2023](#)). Elektron P- karbon yang terdelokalisasi dapat menginduksi interaksi penyerapan antara biochar dan logam berat ([Qie et al., 2023](#)). Mekanisme lain untuk adsorpsi logam berat oleh biochar terkait dengan konversi kation dasar (yaitu K, Ca, Mg dan Na), hadir dalam abu biochar,

menjadi oksida, hidroksida, fosfat dan karbonat (Ghodzsad et al., 2021) dan oleh karena itu, pembentukan endapan seperti fosfat dan karbonat dapat dianggap sebagai mekanisme keempat. Barquilha and Barga (2021) menyampaikan lima mekanisme termasuk kompleksasi, interaksi elektrostatis, pertukaran ion, adsorpsi fisik dan presipitasi, dan reduksi Gao et al (2022) untuk remediasi tanah tercemar oleh biochar dengan mekanisme yang dominan bergantung pada logam berat dan jenis biochar. Setelah aplikasi biochar ke tanah, interaksi elektrostatis lebih lanjut terjadi antara kation logam dan gugus fungsi aktif tanah yang disebabkan oleh peningkatan pH tanah (Wang et al., 2019). Dengan demikian, selain interaksi langsung dengan biochar, perubahan sifat tanah juga disebabkan oleh aplikasi biochar juga secara tidak langsung dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk mengurangi bioavailabilitas logam berat (Nkoh et al, 2022). Mekanisme imobilisasi logam berat dan polutan organik oleh biochar diilustrasikan pada Gambar 4.



5Gambar 5. Mekanisme biochar untuk imobilisasi logam berat dan polutan organik.

Biochar telah diuji secara ekstensif untuk menghilangkan polutan organik (herbisida, pestisida, pewarna dan obat-obatan) dari tanah dan air (Gupta et al., 2022). Ogura et al (2021) menyimpulkan bahwa bioavailabilitas pestisida untuk organisme tanah menurun dengan aplikasi biochar akibat meningkatnya kapasitas tanah dalam menyerap pestisida dan terjadinya perbaikan pH tanah dan KTK dan mengkonfirmasi pembatasan pergerakan pestisida di dalam tanah dan memacu pencucian pestisida dari profil tanah. Persistensi dan bioavailabilitas atrazin dan trifluralin telah diuji dengan perlakuan biochar jerami gandum. Aplikasi biochar ke tanah menurunkan efisiensi kedua herbisida (Rasool et al, 2022). Junquiera et al (2022) mengevaluasi pengaruh biochar kayu terhadap adsorpsi dan degradasi glifosat dan diuron pada dua tanah dengan tekstur yang kontras. Aplikasi biochar meningkatkan adsorpsi diuron pada kedua tanah tetapi menurunkan adsorpsi glifosat pada tanah berpasir dan laju degradasi herbisida berubah meski secara tidak konsisten. Takeshita et al (2022) mempelajari efek aplikasi

biochar sekam padi terhadap toksisitas fenoxaprop-ethyl dalam tanah dan disimpulkan bahwa penghapusan herbisida terjadi dengan sangat cepat pada tanah yang diberi perlakuan biochar sekam padi daripada perlakuan kontrol tanpa tambahan biochar. [Deolikar dan Patil \(2022\)](#) melaporkan bahwa biochar yang dihasilkan dari limbah gandum dan padi adalah 400-2500 kali lebih efektif dalam mengabsorpsi diuron herbisida. Mekanisme adsorpsi polutan organik oleh biochar bergantung pada sifat biochar dan polutan organik melalui mekanisme gaya tarik elektrostatik, ikatan hidrogen, pengisian pori dan efek hidrofobik [\(Qiu et al., 2022\)](#). Kerja absorpsi logam berat dalam tanah tentu tidak hanya karena keberadaan masukan limbah namun juga karena interaksinya dengan mikrobia tanah.

Sebagaimana telah dibahas sebelumnya bahwa pertanian dianggap sebagai sumber lain dari kontaminasi logam berat pada tanah. Misalnya, Cd, Cu, dan As yang berlebihan dapat dikaitkan dengan penggunaan pupuk kimia yang berlebihan. Cd merupakan komponen logam penting dari bijih fosfat, yang digunakan dalam pupuk fosfat, dan mungkin juga mengandung As [\(Khatun, et al. 2022\)](#). Herbisida dan pestisida juga berkontribusi terhadap pencemaran tanah pertanian. Misalnya, Defarge et al. membuktikan bahwa pestisida mengandung Cr, Co, Pb, dan Ni [\(Defarge et al. 2018\)](#). [Zhuang et al. \(2020\)](#) melaporkan bahwa kandungan Co, Zn, dan Cu pada tanah rumah kaca berkorelasi dengan waktu budidaya. Polutan ini mungkin terakumulasi karena pupuk. Mikroorganisme tanah memainkan peran penting dalam menjaga siklus nutrisi global, menjaga status kesehatan tanah dan bergantung pada struktur dan fungsi komunitas mikroba tanah. Mayoritas mikroba berasosiasi secara simbiosis dengan beragam spesies tanaman dan hewan untuk menjaga pertumbuhan tanaman dan juga pertumbuhannya sendiri, bertanggung jawab untuk mengatur metabolisme dan pensinyalan tanaman dengan memproduksi berbagai senyawa metabolik, yang memfasilitasi pertumbuhan tanaman dan juga memberikan kekebalan terhadap penyakit tanaman [\(Fuke et al. 2022\)](#). Selain itu, mikroorganisme pendegradasi polutan juga memainkan peran penting dalam proses remediasi tanah yang efektif [\(Parasuraman et al. 2022\)](#) melalui proses rhizodegradation, biotransformasi, dan volatilization [\(Gill et al. 2023\)](#).

Studi tentang akar tanaman dan keanekaragaman mikrobiota tanah, seperti bakteri, jamur dan mikrofauna yang berasosiasi dengannya menunjukkan kompleksitas ekologi antara beragam tanaman, mikroba, tanah dan iklim serta perannya dalam fitoremediasi tanah yang terkontaminasi [\(Jha and Songachan, 2022\)](#). Peran potensial mikroba tanah dalam meremediasi tanah dan air yang terkontaminasi logam berat penting untuk memahami kompleksitas ekologi dari interaksi tanaman-mikroba-tanah

dan lebih memanfaatkannya sebagai konsorsium dalam strategi remediasi yang digunakan untuk tanah yang terkontaminasi (Kumar et al, 2021).

III. KERANGKA PIKIRAN DAN HIPOTESIS

A. Kerangka Konsep Penelitian

1. Padi merupakan makanan pokok sebagian besar penduduk Indonesia. Lahan sawah di Samarinda mencapai 1200 Ha dengan penggunaan agrokimia (pestisida dan pupuk kimia) intensif menjadi penyebab kontaminasi logam berat, disamping tanah ini mempunyai kesuburan alami rendah.
2. Penggunaan pestisida dan pupuk kimia pada beberapa lahan sawah berpotensi sebagai penyumbang logam berat dalam tanah dan hal ini menambah beban lahan sawah yang tercatat memiliki kandungan unsur hara minimum dan memungkinkan serapnya logam berat pada tanaman padi sawah
3. Potensi limbah jerami padi cukup besar dan hanya sebagian diantaranya yang sudah dimanfaatkan sedangkan sisanya dionggok pada lokasi penimbunan sehingga berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan.
4. Limbah jerami padi dapat diolah menjadi kompos dan biochar yang memiliki potensi meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah sawah dan sebagai penyerap logam berat dalam tanah.
5. Limbah padi yang diaplikasikan ke dalam tanah berpotensi meningkatkan kualitas dan kuantitas mikroorganisme dalam tanah yang memiliki peran penting dalam menghambat atau mengurangi laju serapan logam berat ke dalam tubuh tanaman.
6. Peningkatan ketersediaan unsur hara dan berkurangnya laju serapan logam berat pada tubuh tanaman diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi.

Kerangka konsep penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.

B. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Lahan pertanian yang dikelola secara intensif (sawah dan ladang) diduga

Comment [WU10]: Fokus sawah, mengapa ada ladang ? Ladang pada area kering datar hingga berbukit.

terkontaminasi logam berat

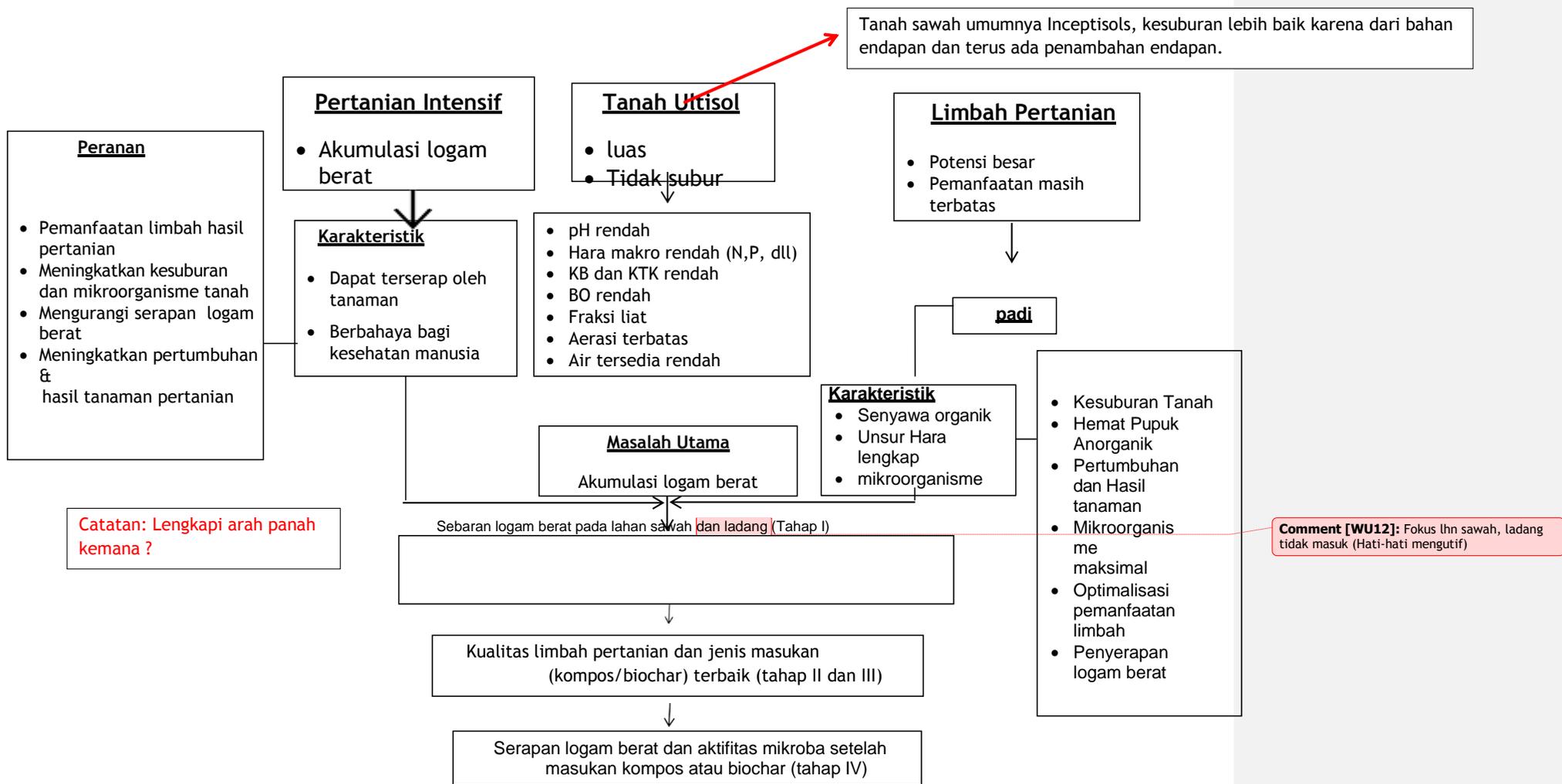
- b. Pemberian limbah tanaman padi dalam bentuk kompos dan biochar berpengaruh pada aktifitas mikrobia dan kandungan logam berat pada tanah
2. Limbah jerami padi dalam bentuk biochar dan kompos dengan perbandingan 50:50 mampu memberikan aktifitas mikrobia terbaik dalam mengurangi serapan logam berat oleh tanaman padi pada sawah intensif dan memberikan produktivitas tertinggi

Comment [WU11]:

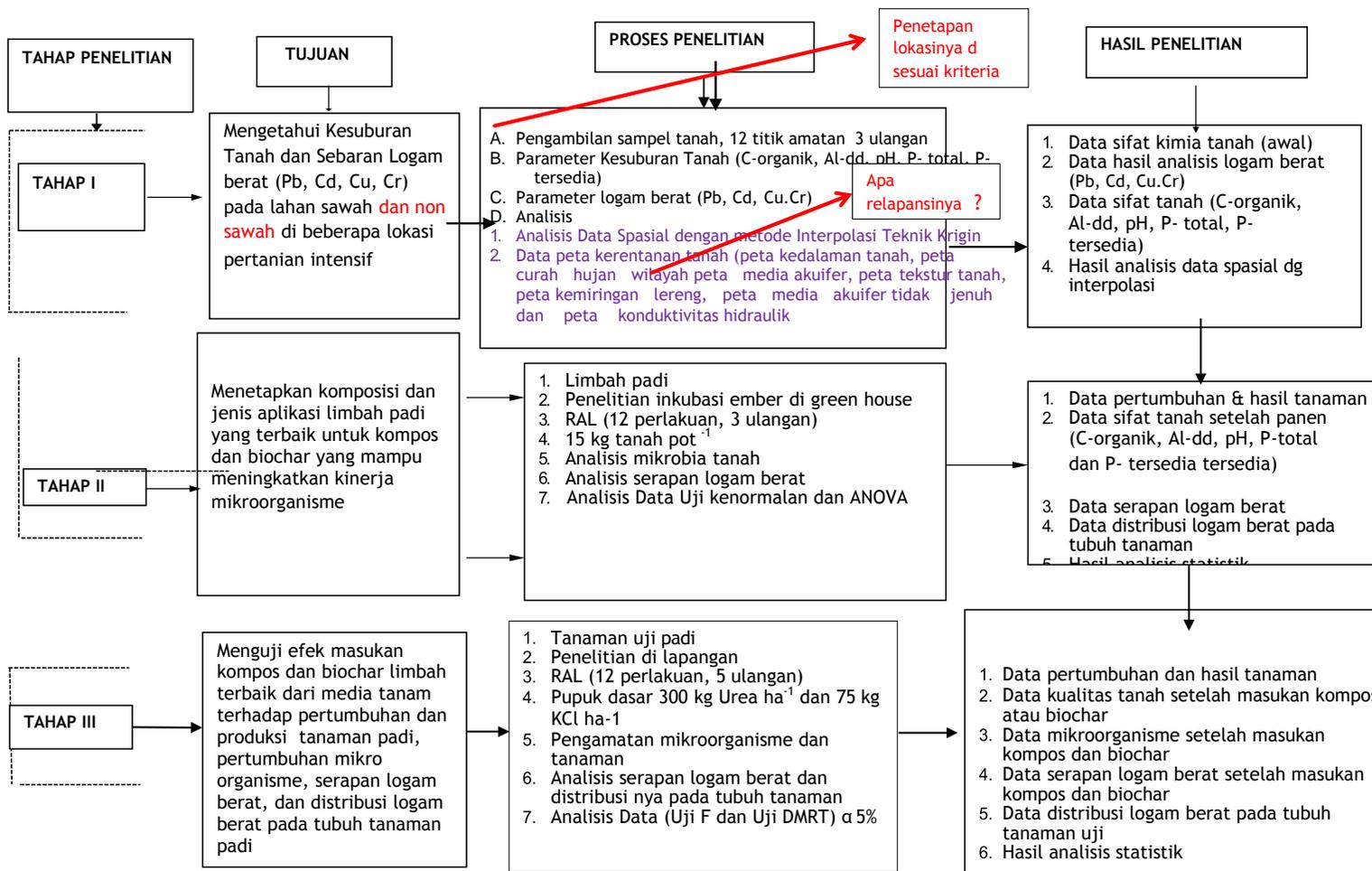
1. Sumbernya membuat sendiri atau dari pihak lain ?
2. Pastikan tdk mengandung logam berat (sertifikat mutu atau dianalisis sendiri di Lab

C. Kerangka Operasional Pelaksanaan Penelitian

Penelitian serapan logam berat tanaman padi pada lahan sawah dengan menggunakan kompos atau biochar asal limbah padi dilakukan dalam 3 (tiga) tahap penelitian. Penelitian tersebut dilakukan secara berurutan, dimulai tahap I, tahap II, dan tahap III (Gambar 7).



6Gambar 6. Kerangka Konsep Penelitian



7Gambar 7. Kerangka Operasional Pelaksanaan Penelitian

BAB III. METODE RISET

Tahapan dalam riset ini adalah :

1. Memperoleh data sebaran logam berat pada terhadap tanah sawah intensif dan sawah non intensif di Samarinda secara spasial
2. Menetapkan komposisi dan proses aplikasi (kompos atau biochar) terbaik
3. Mengetahui pengaruh masukan bahan organik terhadap jenis dan aktivitas mikrobi tanah, laju dan distribusi serapan logam berat pada tanaman pangan (padi)

A. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Riset

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada beberapa titik secara acak pada sawah intensif dan non intensif di wilayah Samarinda. Inkubasi dan penanaman padi sebagai tanaman uji dilaksanakan di para-para Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman pada bulan Juni 2023 hingga Desember 2023 dengan uji dan analisis tanah, tanaman, dan bahan organik dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Mulawarman. Analisis mikrobi dilaksanakan di Laboratorium Hama Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Analisis hubungan hara pada perakaran tanaman dilaksanakan di Laboratorium Agronomi Institut Pertanian Bogor.

B. Alat dan Bahan Riset

Bahan yang digunakan dalam riset ini antara lain adalah tanah sawah yang diambil dari wilayah Samarinda. Limbah padat tanaman padi diperoleh di Samarinda, kemudian **dikarakterisasi komposisi kimia dan fisiknya** yang selanjutnya diolah menjadi kompos dan biochar. Bahan kimia untuk analisa

Comment [WU13]: Secara umum metode harus betul-betul sesuai untuk melaksanakan penelitian menjawab tujuan. Jadi perlu diperbaiki dan disempurnakan. Jika sdh baru melangkah ke penelitian.

Comment [WU14]: Buat kriteria apa itu:
1. Tnh swh intensif:
a. Indeks panen
b. Jenis dan dosis pupuk yang digunakan
c. Jenis dan dosis pestisida yang digunakan
d. Penggunaan untuk tanaman lain
e. Penggunaan lahan sekitar yang berpotensi mencemari swh spt tambang batu bara.
f. Dll.
2. Tnh swh non intensif:
a.
b.
c. dll

tanah, tanaman dan bahan organik serta mikrobiota diperoleh dari laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman.

Alat yang digunakan adalah cangkul, alat uji logam berat (Pb, Cu, Cr, Cd) dalam tanah dengan menggunakan *Absorbtion Atomic Spectrophotometer* (AAS), alat uji analisis pH, C Organik, N total, P, K, KTK dengan menggunakan pH meter, sekop, penggaris, ring sampel tanah, wadah sampel tanah plastik, timbangan analitik, labu erlenmeyer, pipet, gelas ukur, botol sampel 50 ml, rotary shaker, centrifuge, kertas saring, dan komputer yang dilengkapi perangkat lunak Excel.

C. Penetapan tanah dan tanaman uji

- a. Tanah dikumpulkan dari wilayah Samarinda pada kedalaman 0 hingga 20 cm. Tanah dikeringkan dengan udara, dihancurkan dan diayak dengan 2 mm mesh untuk percobaan karakterisasi tanah dan penyiapan tanah pada pot. **Sifat fisik dan kimia dari tanah dianalisis** menggunakan prosedur standar yang dirivayatkan dalam Ryan et al. (2001).
- b. Tanaman uji yang digunakan sebagai **remediator** adalah tanaman pangan (padi).

D. Penyiapan kompos, biochar, dan uji kualitasnya

1. Penyiapan kompos.

Campuran sampah dikomposkan dalam tumpukan (tinggi 1,5m, 3m lebar dan panjang 80m). Tumpukan kompos dibalik secara berkala untuk mempertahankan O₂ dengan tingkat yang memadai. Tumpukan dibalik setiap minggu selama fase pematangan untuk meningkatkan tingkat O₂ di dalam tumpukan. Tumpukan kelembaban dikendalikan dengan menambahkan air yang cukup untuk menjaga kelembaban kandungan tidak kurang dari 50%.

Comment [WU15]:

1. Selain mengacu kriteria tnh swt intensif dan non intensif, perlu uji pendahuluan apakah ada atau tdk ada mengandung logam berat. Jika bgm dgn baku mutunya ?
2. Penelitian menggunakan media tanh swt terpilih yang memenuhi syarat utama yaitu mengandung logam berat yang berasal dari kegiatan pertanian. Bahkan kandungan logam berat yang mendekati ambang batas atau lebih agar ada 'pengaruh' perlakuan.
3. Jika kriteria tnh yang ingin diuji dgn perlakuan tdk ditemukan, apa langkah selanjutnya ?

Comment [WU16]:

1. Istilah remediator kurang tepat untuk tanaman padi. Disini padi digunakan untuk mengetahui terserapnya logam berat khususnya yang ada dlm beras terkait keaman pangan.
2. sebaiknya tambahkan tanaman lain yang bisa dipanen dari tnh swt yang lebih berpotensi sbg remediator sbg pembanding (Kangkung, Genjdl).

Comment [WU17]: Sampah artinya berbagai campuran bahan alami dan non alami, organik dan non organik. Tegaskan apa pengertian sampah disini dan apa saja bahan asalnya. Tentu yang dikehendaki adalah sampah 'bersih'.

2. Penyiapan biochar

Ketiga jenis biochar diproduksi menggunakan kayu kering yang diamati diambil dari limbah tanaman padi, jagung dan kelapa sawit sebagai bahan baku, yang dijemur di bawah sinar matahari langsung kemudian dipotong kecil-kecil potongan sepanjang 10 cm. Serpihan kayu kering dipirolisis selama 5 jam di bawah kondisi anaerobik pada 500°C. Masing-masing biochar didinginkan ke ruangan suhu, dihancurkan dengan penggilingan baja tahan karat dan melewati saringan stainless steel dengan mesh ukuran 2 mm.

Comment [WU18]: Uraikan lebih jelas dan terurut prosesnya sehingga mudah dipahami.

Comment [WU19]:

Comment [WU20]: 3 bhn biochar, tapi ada kayu kering.

3. Uji kualitas Kompos dan Biochar

Pengambilan sampel dilakukan pada akhir proses pengomposan dan biochar untuk dilakukan uji guna mengetahui sifat kimia dan fisik kompos dan biochar. Setiap sampel dibuat dengan mencampurkan lima subsampel yang diambil dari lima subsample poin dalam tumpukan kompos dan biochar. Sampel ditempatkan dalam kantong polietilen dan dipindahkan ke laboratorium untuk dianalisis.

Comment [WU21]: Lebih baik yang lebih kecil ukurannya (<2 mm) permukaannya lebih luas shg lbh efektif memberikan pengaruhnya.

3.1. Analisis Kompos

Sifat fisik kompos yang dianalisis meliputi berat isi, kadar air, kapasitas menahan air dan porositas.

Comment [WU22]: Kematangan kompos (C/N). Kompos yang matang akan memberi pengaruh lbh baik.

3.1.1. Kandungan kelembaban (Moisture Content/MC)

Kadar air (basis basah) selama penelitian ini diukur dengan pengeringan pada 105°C selama kurang lebih 24 jam atau pada berat konstan [ASAE 1998].

3.1.2. Kapasitas menahan air (Water Holding Capacity/WHC)

Kapasitas menahan air diukur dengan prosedur berikut : Sampel basah dengan kadar air awal yang diketahui ditimbang (W_i) dan dimasukkan ke dalam beaker. Setelah direndam dalam air selama 1-2 hari dan menguras kelebihan air melalui kertas saring Whatman #2, jenuh sampel ditimbang kembali (W_s). Jumlah air yang ditahan oleh kering sampel dihitung sebagai WHC.

Kapasitas menahan air (g air/g bahan kering) dihitung sebagai [Ahn et al 2008]:

$$(2) \text{WHC} = \frac{W_s - P W_i}{1 - \text{PMC}} \times W_i$$

Di mana:

W_i adalah berat awal sampel (g)

W_s adalah berat akhir sampel (g)

MC adalah kadar air awal sampel (desimal)

3.1.3. Kepadatan massal, Berat Jenis dan Porositas

Kepadatan curah/massal diukur menggunakan volume sekitar 10 liter wadah.

Wadah diisi dengan bahan, dan kemudian material sedikit dipadatkan untuk memastikan tidak adanya ruang kosong yang besar.

Berat jenis dihitung dengan membagi berat bahan dengan volume bahan dalam wadah.

Porositas kompos (ϵ_a) ditentukan dengan menggunakan kerapatan yang diketahui dari air (ρ_w ; 1000 kg m⁻³) dan perkiraan kepadatan bahan organik (ρ_{om} ; 1600 kg m⁻³), dan abu (ρ_{ash} ; 2500 kg m⁻³), serta kadar air konten dan kepadatan massal sampel [Raman, 1995; van Cingel et al, 1999; Richard et al, 2002]. Jika kelembaban isi (MC), bahan kering (DM), bahan organik (OM), dan curah basah densitas (ρ_{wb}) sampel diketahui, porositas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$(3) \epsilon_a = \frac{1 - \rho_{wb} \text{MC}}{\rho_w + \text{DMOM} \rho_{om} + \text{DM} \rho_{ash}} \times 100 \quad (2)$$

Di mana:

E_a adalah porositas kompos (%)

ρ_{wb} adalah berat isi basah (kg m⁻³)

ρ_w adalah massa jenis air (kg m⁻³)

pom adalah massa jenis bahan organik (kg m⁻³)

pash adalah massa jenis abu (kg m⁻³)

MC adalah kadar air (desimal)

DM adalah bahan kering (desimal)

OM adalah bahan organik (desimal)

3.2. Analisis Biochar

Kandungan abu biochar ditentukan sesuai dengan prosedur sebagaimana dijelaskan oleh De la Rosa et al. (2014).

3.2.1. pH Biochar

Untuk mengukur pH biochar, sampel biochar dicampur dengan air deionisasi dengan perbandingan 1:20 (W/V), kemudian diletakkan pada shaker selama 1,5 jam dan pH diukur menggunakan pH meter (Rajkovich et al., 2012).

3.2.2. EC biochar

Diukur menggunakan alat pengukur konduktivitas setelah mencampur biochar dengan air deionisasi rasio 1:10 (b/v), dan kesetimbangan 1 jam.

3.2.3. Kandungan unsur biochar C (karbon), hidrogen (H) dan nitrogen (N)

Kandungan unsur biochar C (karbon), hidrogen (H) dan nitrogen (N) ditentukan dengan menggunakan Penganalisis unsur Thermo Scientific Flash 2000. Oksigen (O) adalah dihitung dengan rumus berikut:

$$O\% = 100\% - (C\% + H\% + N\% + Ash\%) \text{Eqn.1}$$

3.2.3. Potensi Zeta (ZP)

Diukur untuk setiap sampel biochar kasar menggunakan Zetasizer Nano-zs90 (Malvern Instruments Ltd) di Universitas Mulawarman. Campuran 0,05 g sampel biochar dan 50 mL air deionisasi disiapkan, dan sejumlah kecil larutan dipindahkan ke Sistem Zeta-Meter.

3.2.4. Deskripsi gugus fungsi

Deskripsi gugus fungsi permukaan pada sampel biochar dilakukan dengan Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). Sampel dicampur dengan KBr pada rasio 1:10 dan dianalisis dalam bilangan gelombang dari 4000 hingga 400 cm^{-1} dan resolusi dari 4 cm^{-1} menggunakan Nicolet iS05 FTIR Spectrometer, Thermo Fisher Scientific, U.S.A.

Comment [WU23]: ???

E. Pot experiment

1. Inkubasi Penetapan Dosis Terbaik

1. 1. Penyiapan dan Penempatan pot eksperimen

Eksperimen pada media pot inkubasi dilaksanakan di luar ruangan dengan cahaya minimum yaitu di para-para Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Tiga jenis kompos dan biochar dari limbah padi yaitu sekam padi dicampur secara homogen dengan laju 2% dan 4% (b/b) dengan udara-tanah kering. Pot plastik kapasitas tanah 7 kg diisi dengan disiapkan tanah, selain kontrol (tanah tanpa biochar dan tanpa kompos).

Comment [WU24]: Jelaskan kompos dari bahan apa saja

Comment [WU25]:

1. Sebelumnya disebutkan biochar dari limbah jagung, limbah padi dan limbah sawit. Disini biochar hanya ada dari limbah padi. Limbah lainnya ???
2. Limbah padipun hanya biochar dari sekam padi. Ada penjelasan sebelumnya bhw limbah padi banyak yang teronggok, tentu yang dimaksud tidak hanya sekam padi. Sekam padi terkonsentrasi di lokasi-lokasi penhyelipan p bukan disawah.

1. 2. Desain eksperimen

Kompos dan biochar sekam padi diaplikasikan dengan mencampurkannya dengan tanah dengan perbandingan sebagai berikut :

1. K0 = kontrol tanpa kompos dan tanpa biochar
2. K1 = tanah dengan kompos padi
3. K2 = tanah dengan bokashi padi
4. K3 = tanah dengan kompos padi : biochar padi (1:2)
5. K4 = tanah dengan kompos padi : biochar padi (1:1)
6. K5 = tanah dengan kompos padi : biochar padi (2:1)

Comment [WU26]: Tidak ada perlakuan kompos dari sampah dan biochar selain padi (jagung dan kelapa sawit).

Pot diatur dalam desain rancangan acak lengkap dengan lima ulangan. Setelah diketahui dosis terbaik, riset dilanjutkan dengan penanaman padi berikut aplikasi dosis terbaik diatas pada tanah sawah intensif dan non intensif.

1. 3. Desain eksperimen

Dosis terbaik kompos dan biochar sekam padi diaplikasikan dengan mencampurkannya pada sawah intensif dan sawah non intensif dengan 5 ulangan, dengan tanaman uji padi untuk melihat :

1. Jumlah dan jenis mikroorganisme tanah
2. Laju serapan logam berat
3. Aktivitas mikroorganisme
4. Produktivitas padi
5. Distribusi logam berat pada tubuh tanaman padi

1.4. Penanaman tanaman uji

Penanaman padi dengan dosis pupuk dasar, berikut dosis biochar sekam padi pada lahan sawah intensif dan non intensif pada lahan yang telah ditetapkan dan diairi dengan air kran. Bibit disemai hingga diperoleh bibit yang seragam. Kadar air dijaga pada tingkat kapasitas lapang. Setelah 20 hari penyemaian, semua pot diairi satu kali dengan larutan pupuk yang mengandung NPK masing-masing pada kadar 90-45-30 kg per hektar. Setelah lima minggu tumbuh, akar dan pucuk (batang dan daun) dari masing-masing tanaman di setiap pot dipanen secara terpisah dan dibilas secara menyeluruh dengan air keran diikuti dengan air suling menghilangkan debu dan tanah, kemudian **bobot segarnya** dicatat. Kemudian dikeringkan pada suhu 70°C selama 72 jam, digiling menjadi bubuk halus, dan disimpan kantong kertas untuk dilakukan **analisis logam berat**. Contoh tanah diambil dari setiap pot (dari kedalaman 0 hingga 10 cm) setelah panen tanaman,

dikeringkan dengan udara, dihancurkan, melewati saringan 2 mm, dan disimpan untuk dianalisis sifat fisik dan kimianya.

F. Analisis tanah

1. Analisis tanah awal

Dilakukan dengan mengambil sampel tanah di beberapa lokasi persawahan dan ladang utamanya yang memiliki sejarah pertanian intensif penggunaan bahan kimia seperti pupuk kimia dan pestisida kimia. Analisis dilakukan untuk melihat kandungan logam berat dalam tanah ultisol pada beberapa titik pengamatan. Pada lahan sawah dan ladang terpilih dilakukan pengambilan sampel dengan teknik acak sederhana, titik sampel tersebar dengan jarak antar titik kurang lebih 50 m dan berjarak kurang lebih 200 m. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-20 cm. Sampel ini ditempatkan dalam kantong polietilen dan dipindahkan ke laboratorium untuk dianalisis kandungan logam berat Pb, Cd, Cu, Cr dengan AAS.

2. Analisis tanah eksperimen

2.1. Penyiapan sampel tanah

Sampel tanah dikumpulkan di lahan pertanian pertanian di Samarinda yang tidak dipupuk atau dikenai pestisida setidaknya setahun sebelum dimulainya percobaan; terletak jauh dari lalu lintas) menurut PN-ISO 10381-4: 2007 [49]. Sampel tanah dikeringkan di ruang sirkulasi udara, diikuti dengan pembuangan batu dan sisa tanaman, dan lolos saringan stainless steel berukuran 2 mm.

2.2. Analisis kimia tanah

pH tanah diukur menurut PN-ISO 10390:1997 [Bunt, 1988]. Kandungan bahan organik dalam tanah ditentukan dengan metode gravimetri [Hanlon, 2012, Baties 1996]. Untuk analisis logam yang tersedia secara hayati dalam tanah, tanah kering udara diekstraksi dengan 0,5 mol L⁻¹ HCl menurut standar [50]. Metode ini melibatkan pengocokan 10 g sampel tanah dengan 100 mL 0,5 mol/l HCl

Comment [WU27]: Lokasi sawah terpilih sesuai kriteria

Comment [WU28]: Bukan objek lokasi penelitian.

Comment [WU29]: Ini yang diawal saya tanggap sbg salah satu kriteria sawah untuk menetapkan lokasi sampel tanah. Kriteria lainnya lakukan uji pendahuluan pada sampel tanahnya ada/tidaknya kandungan logam berat. Jika terpenuhi lokasi itu memenuhi sbg syarat untuk diambil tanahnya sbg media tanam.

selama 1 jam pada suhu kamar (25 °C) diikuti dengan pengukuran konsentrasi unsur dalam filtrat. Campuran HNO₃ pekat (6 mL) dan HCl (2 mL) diaplikasikan selama mineralisasi tanah (0,5000 g) dengan instrumen sistem tertutup Anton Paar Multiwave 3000. Kandungan logam diukur dalam sampel tanah oleh HR-CS FAAS dengan contraAA 300 (Analytic Jena spectrometer). Lima replikasi dilakukan untuk setiap sampel.

pH tanah dimodifikasi menjadi nilai 4,7 dan 8,7. Sampel tanah (300 g) ditempatkan dalam pot plastik (5 untuk setiap nilai pH) dan kemudian 150 mL (0,5 mol L⁻¹) H₂SO₄ atau 60 g CaO ditambahkan ke setiap sampel dan dicampur dengan hati-hati. Setelah itu, sampel tanah dikeringkan dengan udara dan dilakukan pengukuran pH. Selain itu, bentuk mangan, tembaga, dan seng yang tersedia secara hayati ditentukan dalam sampel tanah dengan nilai pH yang dimodifikasi.

Metode hidrometer dijelaskan oleh Bashour dan Sayegh (2007) digunakan untuk analisis ukuran partikel. pH tanah, kandungan bahan organik (*Organic Matter*, OM) dan konduktivitas listrik (*Electrical Conductivity*, EC) ditentukan dengan menggunakan metode tersebut dijelaskan oleh Jackson (1973). Logam berat yang tersedia diekstraksi oleh 0,005 M DTPA pada pH 7 menurut (Lindsay dan Norvel, 1978). Itu konsentrasi logam berat total dan kandungan berat yang tersedia logam dalam ekstrak ditentukan dengan menggunakan Thermo Scientific TM ICAPTM 7000 Plus Seri ICP-OES (Ammann, 2007).

Kualitas tanah yang diamati meliputi: pH, EC, karbon organik total, total bahan organik, nitrogen total, fosfor total, kalium total dan Rasio C/N. Konduktivitas listrik diukur menggunakan EC meter (Model ORION 105 – Kisaran 0 – 199,99 dS m⁻¹ ± 0,01, AS). pH diukur menggunakan pH meter (Model ORION 230A – Rentang -2 – 19,99 ± 0,01, AS). Karbon organik total (TOC) dengan pembakaran kering metode pada 540C selama 4 jam menurut [Abad et

al. 2002]. Total bahan organik adalah diukur dengan pembakaran pada 550C selama 8 jam menurut [TMECC, 2001] dan total nitrogen (TN) oleh pencernaan Kjeldahl [Bremmer et al, 1982]. Kalium (K) ditentukan oleh serapan atom dan fosfor (P) ditentukan kolorimetri mengikuti metode [Murphy dan Riley, 1962].

3. Analisis Serapan Logam Berat

Uji serapan logam berat pada tanaman dan translokasi logam berat pada tubuh tanaman dilakukan untuk mengetahui seberapa besar serapan logam berat dan akan tersimpan pada jaringan tubuh tanaman di bagian mana. Caranya adalah dengan menguji kandungan logam berat dengan Spektrometri Serapan Atom (AAS).

Untuk menilai penyerapan dan translokasi logam berat, biofaktor konsentrasi (*BioConcentration Factor*, BCF) dan faktor translokasi (*Translocation Factor*, TF) masing-masing berat logam dihitung menurut Zhuang et al. (2007) dan Padmavathiamma dan Li (2007). BCF mewakili rasio konsentrasi logam dalam jaringan tanaman dengan konsentrasi logam dalam tanah, sedangkan TF adalah rasio konsentrasi logam pada pucuk tanaman terhadap konsentrasi logam dalam akar tanaman.

Konsentrasi logam dalam akar dan bagian tumbuhan di atas tanah ditentukan dalam mineralisasi masing-masing bahan tanaman. Protokol yang sama seperti yang digunakan untuk analisis tanah diterapkan. Jaminan kualitas dan kontrol kualitas (*Quality Assurance*, QA/ *Quality Control*, QC) untuk logam dalam sampel tanaman diperkirakan dengan menentukan kandungan logam dalam bahan referensi bersertifikat INCT-MPH-2 yang mengandung campuran herbal terpilih [53]. Konsentrasi total logam berat (mg kg^{-1}) pada akar dan pucuk ditentukan dengan Thermo Scientific™ ICAP™ 7000 Plus Series ICP-OES menurut Ammann (2007).

4. Karakterisasi Mikrobial

Metode yang sering digunakan untuk mengkarakterisasi mikrobia adalah dengan metilester asam lemak (FAME), analisis asam lemak fosfolipid (PLFA) dan gel gradien denaturasi elektroforesis (DGGE). Untuk memperoleh profil asam lemak, asam lemak diekstraksi dari tanah (Frostegård et al. 1993a, Pola FAME didasarkan pada semua asam lemak yang diekstrak (polar dan asam lemak non-polar), sedangkan untuk pola asam lemak fosfolipid (PLFA), fosfolipid polar dipisahkan dari lipid non-polar dengan kolom pertukaran (Bååth et al. 1995; Frostegård et al. 1993a). Untuk PLFA dan FAME, asam lemak dimetilasi dan kemudian dideteksi dengan kromatografi gas (GC). Pengaruh faktor lingkungan terhadap struktur komunitas mikroba yang dinilai dengan FAME.

G. Analisis statistik

Data dianalisis dengan menggunakan 1) uji normalitas atau homogenitas untuk memastikan bahwa data yang diperoleh tersebut normal dan homogen, kemudian dilanjutkan dengan teknik analisis varians (ANOVA) apabila data telah dipastikan homogen. Apabila data belum homogen, dilakukan uji non parametrik terlebih dahulu dengan Crusal Wollies dan bila $t > 0.05$ barulah masuk ke tahap pengujian ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Least Significant Difference (LSD) pada $p < 0,05$ untuk pemisahan rata-rata dengan perangkat lunak komputer Costat menurut Snedecor dan Cochran (1989).

Comment [WU30]:

1. Uji Statistik kurang/tdk relepan dgn penelitian ini, karena ini terkait dgn serapan dan keamanan pangan. Bisa terjadi secara statistik tdk ada pengaruh atau beda nyata, tetapi secara cemaran/serapan membahayakan kesehatan manusia yang mempengaruhi metabolisme, morbiditas bahkan mortalitas manusia.
2. Gunakan uji yang sesuai dgn tujuan terutara serapan logam berat, dan distribusi logam berat pada tubuh tanaman uji padi lokal.

Comment [WU31]: Gunakan yang lebih baru atau versi baru.

Jadwal Riset

Item Kegiatan	April	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr
Proposal													
Sidang Komisi													
Seminar Proposal													
TAHAP 1													
Pengambilan sampel tanah													

Analisis logam berat tanah														
Uji Kringen, analisis sebaran kontaminan														
TAHAP 2														
Penetapan komposisi dan jenis aplikasi limbah terbaik														
Uji kualitas kompos dan biochar														
Inkubasi penetapan dosis kompos vs biochar														
Uji mikrobiota tanah setelah inkubasi														
TAHAP 3														
Uji efektifitas serapan logam berat setelah aplikasi kompos dan atau biochar														
Uji mikrobiota tanah setelah aplikasi kompos dan biochar														
Analisis serapan logam berat oleh tanaman														
Laporan														

DAFTAR PUSTAKA

- Prabhat Kumar Rai a, Sang Soo Lee b, Ming Zhang c, Yiu Fai Tsang d, Ki-Hyun Kim. 2019. Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment International*. Volume 125, April 2019, Pages 365-385. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018327971>.
- Akbar Hossain, Timothy J. Krupnik, Jagadish Timsina, M. Golam Mahboob, Apurbo Kumar Chaki, Muhammad Farooq, Rajan Bhatt, Shah Fahad & Mirza Hasanuzzaman. 2020. Agricultural Land Degradation: Processes and Problems Undermining Future Food Security. *Environment, Climate, Plant and Vegetation Growth* pp 17–61. DOI: 10.1007/978-3-030-49732-3_2. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-49732-3_2.

- Bal Ram Singh, Hamisi Tindwa, Abul M. Kashem, Dheeraj Panghaal, Ernest Semu. 2020. Heavy Metals Bioavailability in Soils and Impact on Human Health. Book. The Soil-Human Health-Nexus. Edition 1st Edition. First Published 2020. Imprint CRC Press. Pages 25. eBook ISBN 9780367822736.
<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780367822736-12>.
- Saahil Hembrom, Bhaskar Singh, Sanjay Kumar Gupta & Arvind Kumar Nema . 2019. A Comprehensive Evaluation of Heavy Metal Contamination in Foodstuff and Associated Human Health Risk: A Global Perspective. Contemporary Environmental Issues and Challenges in Era of Climate Change pp 33–63. DOI: 10.1007/978-981-32-9595-7_2.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-32-9595-7_2.
- Arun Lal Srivastav. 2020. Chapter 6 - Chemical fertilizers and pesticides: role in groundwater contamination. Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation Pesticides and Chemical Fertilizers. Pages 143-159.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00006-4>,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978008103017200064>.
- Waqar Ali a b, Kang Mao a, Hua Zhang a, Muhammad Junaid c, Nan Xu c, Atta Rasool e, Xinbin Feng a, Zhugen Yang. 2020. Comprehensive review of the basic chemical behaviours, sources, processes, and endpoints of trace element contamination in paddy soil-rice systems in rice-growing countries. Journal of Hazardous Materials. Volume 397, 5 October 2020, 122720.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122720>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389420307093>.
- Mohammad Main Uddin 1, ORCID, Mohamed Cassim Mohamed Zakeel 3,4,*ORCID, Junaida Shezmin Zavahir 5, Faiz M. M. T. Marikar 6ORCID and Israt Jahan 7. 2021. Heavy Metal Accumulation in Rice and Aquatic Plants Used as Human Food: A General Review. Toxics 2021, 9(12), 360;
<https://doi.org/10.3390/toxics9120360>. <https://www.mdpi.com/2305-6304/9/12/360>.
- Sakshi Sharma, Inderpreet Kaur & Avinash Kaur Nagpal. 2021. Contamination of rice crop with potentially toxic elements and associated human health risks—a review. Environmental Science and Pollution Research volume

28, pages12282–12299 (2021).
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-11696-x>.

Zhenming Zhang, Xianliang Wu, Qiusheng Wu, Xianfei Huang, Jiachun Zhang & Hui Fang. 2020. Speciation and accumulation pattern of heavy metals from soil to rice at different growth stages in farmland of southwestern China. *Environmental Science and Pollution Research* volume 27, pages35675–35691 (2020).

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-09711-2>.

Mahrous Awad, M. A. El-Desoky, A. Ghallab, Jan Kubes, S. E. Abdel-Mawly, Subhan Danish, Disna Ratnasekera, Mohammad Sohidul Islam, Milan Skalicky, Marian Brestic, Alaa Baazeem, Saqer S. Alotaibi, Talha Javed, Rubab Shabbir, Shah Fahad, Muhammad Habib ur Rahman, and Ayman EL Sabagh. 2021. Ornamental Plant Efficiency for Heavy Metals Phytoextraction from Contaminated Soils Amended with Organic Materials. *Molecules* 2021, 26(11), 3360; <https://doi.org/10.3390/molecules26113360>. <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/11/3360>.

Jie Wang, Liang Shi, Lulu Zhai, Haowen Zhang, Shengxiao Wang, Jianwen Zou, Zhenguo Shen, Chunlan Lian, Yahua Chen. 2021. Analysis of the long-term effectiveness of biochar immobilization remediation on heavy metal contaminated soil and the potential environmental factors weakening the remediation effect: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Volume 207, 1 January 2021, 111261. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111261>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014765132031099X>.

Jiayi Tang, Lihua Zhang, Jiachao Zhang, Liheng Ren, Yaoyu Zhou, Yuanyuan Zheng, Lin Luo, Yuan Yang, Hongli Huang, Anwei Chen. 2020. Physicochemical features, metal availability and enzyme activity in heavy metal-polluted soil remediated by biochar and compost. *Science of The Total Environment*. Volume 701, 20 January 2020, 134751. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134751>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719347424>.

Martin Siedt, Andreas Schäffer a, Kilian E.C. Smith a 1, Moritz Nabel b, Martina Roß-Nickoll a, Joost T. van Dongen. 2021. Comparing straw, compost, and biochar regarding their suitability as agricultural soil amendments to affect soil structure, nutrient leaching, microbial communities, and the fate of pesticides. *Science of The Total Environment*. Volume 751, 10 January

2021, 141607. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141607>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720351366>.

Agnieszka Medyńska-Juraszek, Magdalena Bednik, and Piotr Chohura. 2020. Assessing the Influence of Compost and Biochar Amendments on the Mobility and Uptake of Heavy Metals by Green Leafy Vegetables. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17(21), 7861; <https://doi.org/10.3390/ijerph17217861>. <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/21/7861>.

Anna Barra Caracciolo and Valentina Terenzi. 2021. Rhizosphere Microbial Communities and Heavy Metals. Water Research Institute, National Research Council, 00010 Rome, Italy. *Microorganisms* 2021, 9(7), 1462; <https://doi.org/10.3390/microorganisms9071462>.
<https://www.mdpi.com/2076-2607/9/7/1462>.

Faissal Aziz, Laila Midhat, Mounir EL Achaby, Khalid Aziz, Majida Lahrouni, Brahim Oudra. 2022. Plant-Microbe Consortium for Heavy Metal Removal from Contaminated Soil. Book Chapter. *Microbial Based Land Restoration Handbook, Volume 1*. 1st Edition. ImprintCRC Press. Pages : 22. eBook ISBN9781003147091. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003147091-1/>.

Khomdram Niren Singh & Diganta Narzary. 2021. Heavy metal tolerance of bacterial isolates associated with overburden strata of an opencast coal mine of Assam (India). *Environmental Science and Pollution Research* volume 28, pages 63111–63126 (2021). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-15153-1>.

Ewa Oleńska, Wanda Małek, Małgorzata Wójcik, Izabela Swiecicka, Sofie Thijs, Jaco Vangronsveld. 2020. Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in challenging conditions: A methodical review. *Science of The Total Environment*. Volume 743, 15 November 2020, 14068. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140682>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720342042>.

Krishna Sundari Sattiraju, Archana Kumari & Priya Chaudhary. 2023. Fungal Ministrations in Soil Detoxification, Building, and Health Restoration. *Fungi and Fungal Products in Human Welfare and Biotechnology* pp 61–

95. DOI: 10.1007/978-981-19-8853-0_3.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-8853-0_3.

Haichao Sha, Jie Li, Liangqin Wang, Haidu Nong, Guohua Wang, Taotao Zeng. 2023. Preparation of phosphorus-modified biochar for the immobilization of heavy metals in typical lead-zinc contaminated mining soil: Performance, mechanism and microbial community. *Environmental Research*. Volume 218, 1 February 2023, 114769. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114769>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935122020965>.

Hazrat Ali & Ezzat Khan. 2017. What are heavy metals? Long-standing controversy over the scientific use of the term 'heavy metals' – proposal of a comprehensive definition. Pages 6-19. *Toxicological & Environmental Chemistry*. Volume 100, 2018. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02772248.2017.1413652>.
<https://doi.org/10.1080/02772248.2017.1413652>.

Vidican Roxana, Tania Mihăiescu* , Anca Pleșa, Ioana Crișan. 2020. Conceptual Delimitation of Heavy Metals in Environmental Science. *ProEnvironment* 13(2020) 82-85. Available online at <http://journals.usamvcluj.ro/index.php/promediu>.
<https://www.researchgate.net/profile/Ioana-Crisan/publication/345982056>.

Yufeng Wu, Xiao Li, Lu Yu, Tengqi Wang, Jinnan Wang, Tingting Liu. 2022. Review of soil heavy metal pollution in China: Spatial distribution, primary sources, and remediation alternatives. *Resources, Conservation and Recycling*. Volume 181, June 2022, 106261. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106261>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344922001094>.

Food and Agriculture Organisation. 2021. FAOSTAT Statistical Database. Food and Agriculture Organisation of the United Nations (2021). <https://www.fao.org/3/cb4477en/cb4477en.pdf>.

Food and Agriculture Organisation et al. 2021. The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming Food Systems for Food Security, Improved Nutrition and Affordable Healthy Diets for All. (2021).

<https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world>.

Food and Agriculture Organisation. 2022. FAOSTAT Statistical Database. Food and Agriculture Organisation of the United Nations (2022). <https://www.fao.org/interactive/state-of-food-security-nutrition/en/>.

RPJMD, 2019. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) 2019-2023 Provinsi Kalimantan Timur, BAPPEDA Provinsi Kalimantan Timur, Samarinda.

Sidata, 2023. Sidata - Sistem Informasi Data Kalimantan Timur, BAPPEDA Provinsi Kalimantan Timur. <https://sidata.kaltimprov.go.id/index.php/bps/data/318>.
<https://sidata.kaltimprov.go.id/index.php/bps/data/319>.
<https://sidata.kaltimprov.go.id/index.php/bps/data/320>.

Undang-Undang Nomor 18 tahun 2012 tentang Pangan.

Test Methods for the Examination of Composting and Compost (TMECC) (2001) The Composting Council Research and Education Foundation, Bethesda, MD, USA.

Bremmer JM, Mulvaney CS (1982) Nitrogen-total. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, second ed., Agronomy series No. 9 ASA, SSSA, Madison, WI.

Murphy J, Riley JP (1962) A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. Anal Chem Acta 27: 31– 36.

Allen V. Barker and Gretchen M. Bryson. 2020. Bioremediation of Heavy Metals and Organic Toxicants by Composting. Mini-Review Article. Open Access. Volume 2. Article ID 937025 <https://doi.org/10.1100/tsw.2002.91>.
<https://www.hindawi.com/journals/tswj/2002/937025/>

Qiaochu Zhang & Chengchen Wang. 2020. Natural and Human Factors Affect the Distribution of Soil Heavy Metal Pollution: a Review. Water, Air, & 54

Soil Pollution volume 231, Article number: 350 (2020).
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-020-04728-2>

Jinhang Wang, Huihui Wu, Wenxia Wei, Congbin Xu, Xiao Tan, Yi Wen, Aijun Lin. 2022. Health risk assessment of heavy metal(loid)s in the farmland of megalopolis in China by using APCS-MLR and PMF receptor models: Taking Huairou District of Beijing as an example. Science of The Total Environment. Volume 835, 20 August 2022, 155313.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155313>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722024068>

Jia Jia, Junhong Bai, Rong Xiao, Shimin Tian, Dawei Wang, Wei Wang, Guangliang Zhang, Hao Cui, Qingqing Zhao. Fractionation, source, and ecological risk assessment of heavy metals in cropland soils across a 100-year reclamation chronosequence in an estuary, South China. Science of The Total Environment. Volume 807, Part 2, 10 February 2022, 151725. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151725>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721068017>.

Yufeng Wu, Xiao Li, Lu Yu, Tengqi Wang, Jinnan Wang, Tingting Liu. 2022. Review of soil heavy metal pollution in China: Spatial distribution, primary sources, and remediation alternatives. Resources, Conservation and Recycling. Volume 181, June 2022, 106261.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106261>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344922001094>

Yan Li, Zi Ye, Ye Yu, Ye Li, Jiang Jiang, Liangjie Wang, Genmei Wang, Huanchao Zhang, Ning Li, Xuefeng Xie, Xinyu Cheng, Ke Liu, Min Liu. 2023. A combined method for human health risk area identification of heavy metals in urban environments. Journal of Hazardous Materials. Volume 449, 5 May 2023, 131067.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131067>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389423003497>

- Dhriti Kapoor, Mahendra P. Singh. 2021. 10 - Heavy metal contamination in water and its possible sources. *Heavy Metals in the Environment Impact, Assessment, and Remediation*. 2021, Pages 179-189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821656-9.00010-9>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978012821656900109>
- Abua Ikem, Patricia O. Odumosu, Imaobong Udousoro. 2023. Elemental composition of cereal grains and the contribution to the dietary intake in the Nigerian population. *Journal of Food Composition and Analysis*. Volume 118, May 2023, 105207. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105207>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157523000819>
- Mirosław Wyzkowski, Marzena S Brodowska, Natalia Kordala. 2022. Trace Element Contents in Maize following the Application of Organic Materials to Reduce the Potential Adverse Effects of Nitrogen. *Materials (Basel)*. 2022 Dec 26;16(1):215. <https://doi.org/10.3390/ma16010215>.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36614553/>
- Sandip A. Ghuge, Ganesh Chandrakant Nikalje, Ulhas Sopanrao Kadam, Penna Suprasanna, Jong Chan Hong. Comprehensive mechanisms of heavy metal toxicity in plants, detoxification, and remediation. *Journal of Hazardous Materials*. Volume 450, 15 May 2023, 131039. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131039>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389423003217>
- Opeyemi A. Oyewo, Amos Adeniyi, Mokgadi F. Bopape, Maurice S. Onyango. 2020. Chapter 4 - Heavy metal mobility in surface water and soil, climate change, and soil interactions. *Climate Change and Soil Interactions*. 2020, Pages 51-88. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818032-7.00004-7>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978012818032700047>
- Muhammad Mudassir Nazir, Zaid Ulhassan, Muhammad Zeeshan, Sharafat Ali & Muhammad Bilal Gill. 2020. Toxic Metals/Metalloids Accumulation,

- Tolerance, and Homeostasis in Brassica Oilseed Species. The Plant Family Brassicaceae pp 379–408. DOI: 10.1007/978-981-15-6345-4_13. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-6345-4_13
- Iryna V. Kosakivska, Lidia M. Babenko, Kateryna O. Romanenko, Iryna Y. Korotka, Geert Potters. 2020. Molecular mechanisms of plant adaptive responses to heavy metals stress. Cell Biology International. First published: 17 November 2020 <https://doi.org/10.1002/cbin.11503>. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cbin.11503>
- Thien Q. Nguyen, Verena Sesin, Anna Kisiala, R.J. Neil Emery. 2020. Phytohormonal Roles in Plant Responses to Heavy Metal Stress: Implications for Using Macrophytes in Phytoremediation of Aquatic Ecosystems. Critical Review. Environmental Toxicology and Chemistry. First published: 19 October 2020 <https://doi.org/10.1002/etc.4909>. <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/etc.4909>.
- Hiren K. Patel, Rishee K. Kalaria, Divyesh K. Vasava. 2021. Prospect for Exploiting Microbes and Plants for Bioremediation of Heavy Metals. Book. Removal of Refractory Pollutants from Wastewater Treatment Plants. 1st Edition. First Published 2021. ImprintCRC Press. Pages28. eBook ISBN9781003204442. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003204442-3/prospects-exploiting-microbes-plants-bioremediation-heavy-metals-hiren-patel-rishee-kalaria-divyesh-vasava>.
- Khalil A. Ammar, Ahmed M. S. Kheir, Beshir M. Ali, Balan Sundarakani & Ioannis Manikas. 2020. Developing an analytical framework for estimating food security indicators in the United Arab Emirates: A review. Environment, Development and Sustainability (2023). <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-023-03032-3>.

- Aneela Sabir, Faizah Altaf, Rida Batool, Muhammad Shafiq, Rafi Ullah Khan & Karl I. Jacob. 2020. Agricultural Waste Absorbents for Heavy Metal Removal. Part of the Environmental Chemistry for a Sustainable World book series (ECSW, volume 49). First Online: 01 September 2020. Green Adsorbents to Remove Metals, Dyes and Boron from Polluted Water pp 195–228. DOI: 10.1007/978-3-030-47400-3_8 DOI: 10.1007/978-3-030-47400-3_8.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-47400-3_8
- Moyosore Joseph Adegbeye, Abdelfattah Zeidan Mohamed Salem, Poonooru Ravi Kanth Reddy, Mona Mohamed Mohamed Elghandour & Kehinde Johnson Oyebamiji. 2020. Waste Recycling for the Eco-friendly Input Use Efficiency in Agriculture and Livestock Feeding. Chapter. First Online: 19 September 2020. Resources Use Efficiency in Agriculture pp 1–45. DOI: 10.1007/978-981-15-6953-1_1.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-6953-1_1
- Federica Ciccullo, Raffaella Cagliano, Giulia Bartezzaghi, Alessandro Perego. 2021. Implementing the circular economy paradigm in the agri-food supply chain: The role of food waste prevention technologies. Resources, Conservation and Recycling. Volume 164, January 2021, 105114. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105114>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344920304316>
- Raciyé Meral, Yagmur Erim Kose , Zafer Ceylan, İsa Cavidoglu. 2022. Chapter 10 - The potential use of agro-industrial by-products as sources of bioactive compounds: a nanotechnological approach. Studies in Natural Products Chemistry. Volume 73, 2022, Pages 435-466. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91097-2.00014-5>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978032391097200145>
- Bhupendra Koul, Mohammad Yakoob, Maulin P. Shah. 2022. Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. Environmental Research. Volume 206, 15 April 2022, 112285. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112285>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935121015863>

Tabita Dameria Marbun 1ORCID,Kihwan Lee 1,Jaeyong Song 1,Chan Ho Kwon 1,Duhak Yoon 1,Sang Moo Lee 1,Jungsun Kang 2,Chanho Lee 2,Sangbuem Cho 3 andEun Joong Kim 1,*ORCID. 2022. Effect of Lactic Acid Bacteria on the Nutritive Value and In Vitro Ruminant Digestibility of Maize and Rice Straw Silage. Appl. Sci. 2020, 10(21), 7801; <https://doi.org/10.3390/app10217801>. Special Issue Forage Production and Preservation Techniques for Ruminant Animals). <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/21/7801>.

Mei Zheng a, Kairui Zhang b, Jun Zhang b, LiangLiang Zhu b, Guanben Du a, Rongbo Zheng. 2022. Cheap, high yield, and strong corn husk-based textile bio-fibers with low carbon footprint via green alkali retting-splicing-twisting strategy. Industrial Crops and Products. Volume 188, Part B, 15 November 2022, 115699<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115699>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669022011827>.

Ruijia Hu, Kara M. Dunmire, Courtney N. Truelock, Chad B. Paulk, Greg Aldrich, Yonghui Li. Antioxidant performances of corn gluten meal and DDGS protein hydrolysates in food, pet food, and feed systems. Journal of Agriculture and Food Research. Volume 2, December 2020, 100030. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100030>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154320300119>.

D Devianti¹, Y Yusmanizar¹, S Syakur², A A Munawar¹ and Y Yunus¹. 2020. Organic fertilizer from agricultural waste: determination of phosphorus content using near infrared reflectance. Published under licence by IOP Publishing Ltd. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 644, The International Conference on Agricultural Technology, Engineering and Environmental Sciences 21-22 September 2020, Banda Aceh, Indonesia. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 644 012002. DOI 10.1088/1755-1315/644/1/012002. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/644/1/012002/meta>.

- Francesco Degli-Innocenti. 2021. Is composting of packaging real recycling?. Waste Management. Volume 130, 1 July 2021, Pages 61-64. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.05.017>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X21002993>.
- Babett Greff, Jenő Szigeti, Ágnes Nagy, Erika Lakatos, László Varga. 2022. Influence of microbial inoculants on co-composting of lignocellulosic crop residues with farm animal manure: A review. Journal of Environmental Management. Volume 302, Part B, 15 January 2022, 114088. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114088>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721021502>.
- P Bhattacharyya, D Bhaduri, T Adak, S Munda, B S Satapathy, P K Dash, S R Padhy, A Pattanayak, S Routray, M Chakraborti, M J Baig, A K Mukherjee, A K Nayak, H Pathak. 2020. Characterization of rice straw from major cultivars for best alternative industrial uses to cutoff the menace of straw burning. Industrial Crops and Products. Volume 143, January 2020, 111919. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111919>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092666901930929X>.
- Teg Bahadur Singh, Akbar Ali, Mrinalini Prasad, Arti Yadav, Preksha Shrivastav, Deepika Goyal & Prem Kumar Dantu. 2020. Role of Organic Fertilizers in Improving Soil Fertility. Contaminants in Agriculture pp 61–77. DOI: 10.1007/978-3-030-41552-5_3. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-41552-5_3
- Changning Li, Haiyun Li, Tuo Yao, Ming Su, Fu Ran, Jianhong Li, Li He, Xin Chen, Chen Zhang, Huizhen Qiu. 2021. Effects of swine manure composting by microbial inoculation: Heavy metal fractions, humic substances, and bacterial community metabolism. Journal of Hazardous Materials. Volume 415, 5 August 2021, 125559. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125559>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389421005227>.

- Modupe Stella Ayilara, Oluwaseyi Samuel Olanrewaju 1ORCID, Olubukola Oluranti Babalola 1,*ORCID and Olu Odeyemi 2ORCID. 2020. Waste Management through Composting: Challenges and Potentials. Sustainability 2020, 12(11), 4456; <https://doi.org/10.3390/su12114456>. This article belongs to the Special Issue Sustainable Insect Production for Food, Feed and Technical Application. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4456>.
- Yousif Abdelrahman Yousif Abdellah, Hailian Zang & Chunyan Li. 2020. Steroidal Estrogens During Composting of Animal Manure: Persistence, Degradation, and Fate, a Review. Water, Air, & Soil Pollution volume 231, Article number: 547 (2020). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-020-04904-4>.
- Hans-Peter Schmidt, Claudia Kammann, Nikolas Hagemann, Jens Leifeld, Thomas D. Bucheli, Miguel Angel Sánchez Monedero, Maria Luz Cayuela. 2021. Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses. Bioproduct for a sustainable bioeconomy. First published: 01 September 2021 <https://doi.org/10.1111/gcbb.12889>. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcbb.12889>.
- Biao Song, Eydhah Almatrafi, Xiaofei Tan, Songhao Luo, Weiping Xiong, Chengyun Zhou, Meng Qin, Yang Liu, Min Cheng, Guangming Zeng, Jilai Gong. 2022. Biochar-based agricultural soil management: An application-dependent strategy for contributing to carbon neutrality. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 164, August 2022, 112529. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112529>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032122004300>.
- Hari Mohan Meena & H. C. Prakasha. 2020. Effect of biochar, lime and soil test value based fertilizer application on soil fertility, nutrient uptake and yield of rice-cowpea cropping system in an acid soil of Karnataka, Journal of Plant Nutrition. Volume 43, 2020. Pages 2664-2679. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1793188>. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904167.2020.1793188>.

- V. Velmurugan. 2022. Review of research and development on pyrolysis process. *Materials Today: Proceedings*. Volume 49, Part 8, 2022, Pages 3679-3686. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.542>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321064762>.
- Grillo G, Tabasso S, Cravotto G, Van Ree T. 2020. Burning biomass: Environmental impact on the soil. In Mammino L (ed.) *Biomass Burning in Sub-Saharan Africa*. Springer, Dordrecht. pp. 15–30. DOI: 10.1007/978-94-007-0808-2_2. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-0808-2_2.
- Singh R, Yadav D B, Ravisankar N, Yadav A, Singh H. 2020. Crop residue management in rice-wheat cropping system for resource conservation and environmental protection in north-western India. *Environ Dev Sustain*. 22: 3871–3896. *Environment, Development and Sustainability* volume 22, pages3871–3896 (2020). <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-019-00370-z>.
- Erik Francisco Nájera-Martínez, Elda M. Melchor-Martínez, Juan Eduardo Sosa-Hernández, Laura Noemí Levin, Roberto Parra-Saldívar, Hafiz M.N. Iqbal. 2022. Lignocellulosic residues as supports for enzyme immobilization, and biocatalysts with potential applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. Volume 208, 31 May 2022, Pages 748-759. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.03.180>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014181302200650X>.
- Hossein Asadi, Mohammad Ghorbani, Mehran Rezaei-Rashti, Sepideh Abrishamkesh, Elnaz Amirahmadi, Chen Chengrong, Manouchehr Gorji. 2021. Application of Rice Husk Biochar for Achieving Sustainable Agriculture and Environment?,???. *Rice Science*. *Rice Science*. Volume 28, Issue 4, July 2021, Pages 325-343. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2021.05.004>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672630821000433>.
- Jhoan F. Téllez, Mariana P. Silva, Rachael Simister, Leonardo D. Gomez, Valeria C. Fuertes, Juan M. De Paoli, E. Laura Moyano. 2021. Fast pyrolysis of

- rice husk under vacuum conditions to produce levoglucosan. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Volume 156, June 2021, 105105. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2021.105105>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165237021000917>.
- S. Sri Shalini, K. Palanivelu & A. Ramachandran. 2022. Biochar Pyrolyzed from Municipal Solid Waste—Properties, Activation, Applications and Climate Benefits. First Online: 12 January 2022. Part of the Energy, Environment, and Sustainability book series (ENENSU). *Zero Waste Biorefinery* pp 383–423. DOI: 10.1007/978-981-16-8682-5_14. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-8682-5_14.
- Fei Huang, Li-Yang Gao, Ren-Ren Wu, Heng Wang, Rong-Bo Xiao. 2020. Qualitative and quantitative characterization of adsorption mechanisms for Cd²⁺ by silicon-rich biochar. *Science of The Total Environment*. Volume 731, 20 August 2020, 139163. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139163>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720326802>.
- Ziyu Gan, Xiaozhuang Zhuang, Kehui Cen, Yuping Ba, Jianbin Zhou, Dengyu Chen. 2022.
- Ziyu Gan, Xiaozhuang Zhuang, Kehui Cen, Yuping Ba, Jianbin Zhou, Dengyu Chen. 2022. Co-pyrolysis of municipal solid waste and rice husk gasification tar to prepare biochar: An optimization study using response surface methodology. *Fuel*. Volume 330, 15 December 2022, 125574. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125574>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236122024073>.
- Souradeep Gupta, Harn Wei Kua. 2022. Application of rice husk biochar as filler in cenosphere modified mortar: Preparation, characterization and performance under elevated temperature. *Construction and Building Materials*. Volume 253, 30 August 2020, 119083. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119083>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820310886>.

Meili Xu, Weijie Dai, Zilin Zhao, Jiatong Zheng, Fei Huang, Chuang Mei, Shuting Huang, Chufan Liu, Peng Wang, Rongbo Xiao. 2022. Effect of rice straw biochar on three different levels of Cd-contaminated soils: Cd availability, soil properties, and microbial communities. *Chemosphere*. Volume 301, August 2022, 134551. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134551>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004565352201044X>.

Dylan Mariuzza a, Jui-Chun Lin a, Maurizio Volpe b c, Luca Fiori c d, Selim Ceylan e, Jillian L. Goldfarb. 2022. Impact of Co-Hydrothermal carbonization of animal and agricultural waste on hydrochars' soil amendment and solid fuel properties. *Biomass and Bioenergy*. Volume 157, February 2022, 106329. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106329>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0961953421003640>.

Agnieszka Tomczyk, Zofia Sokołowska & Patrycja Boguta. 2020. Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* volume 19, pages191–215 (2020). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-020-09523-3>.

Santanu Bakshi^{1,2*}, Chumki Banik^{1,3} & David A. Laird¹. 2020 Estimating the organic oxygen content of biochar. *Scientific Reports*. (2020) 10:13082. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69798-y>. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1038/s41598-020-69798-y.pdf>.

Qingfa Zhang a b, Donghong Zhang a, Wenyu Lu a, Muhammad Usman Khan b, Hang Xu a, Weiming Yi a, Hanwu Lei b, Erguang Huo b, Moriko Qian b, Yunfeng Zhao b, Rongge Zou b. 2020. Production of high-density polyethylene biocomposites from rice husk biochar: Effects of varying pyrolysis temperature. *Science of The Total Environment*. Volume 738, 10 October 2020, 139910.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139910>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720334306>.

Deepak Patwa a, Urbashi Bordoloi b, Anant Aishwarya Dubey a, K. Ravi a, Sreedeeep Sekharan a, Pankaj Kalita. 2020. Energy-efficient biochar production for thermal backfill applications. *Science of The Total Environment*. Volume 833, 10 August 2022, 155253. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155253>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722023464>.

James A. Ippolito, Liqiang Cui, Claudia Kammann, Nicole Wrage-Mönnig, Jose M. Estavillo, Teresa Fuertes-Mendizabal, Maria Luz Cayuela, Gilbert Sigua, Jeff Novak, Kurt Spokas & Nils Borchard. 2020. Feedstock choice, pyrolysis temperature and type influence biochar characteristics: a comprehensive meta-data analysis review. *Biochar volume 2*, pages421–438 (2020). <https://link.springer.com/article/10.1007/s42773-020-00067-x>.

Maham Tauseef a, Abeera Ayaz Ansari a, Asif Hussain Khoja a, Salman Raza Naqvi b, Rabia Liaquat a, William Nimmo c, Syed Sheraz Daood d e. 2022. Thermokinetics synergistic effects on co-pyrolysis of coal and rice husk blends for bioenergy production. *Fuel*. Volume 318, 15 June 2022, 123685. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123685>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S001623612200549X>.

Marcela Paredes-Laverde a b, Maurin Salamanca c, Javier D. Diaz-Corrales a, Elizabeth Flórez d, Javier Silva-Agredo a, Ricardo A. Torres-Palma. 2022. Understanding the removal of an anionic dye in textile wastewaters by adsorption on ZnCl₂ activated carbons from rice and coffee husk wastes: A combined experimental and theoretical study. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Volume 9, Issue 4, August 2021, 105685. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105685>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221334372100662X>.

- Chenting Zhang a, Li Chao a, Zhanming Zhang a, Lijun Zhang a, Qingyin Li a, Huailin Fan a, Shu Zhang b, Qing Liu c, Yingyun Qiao d, Yuanyu Tian d, Yi Wang e, Xun Hu. 2022. Pyrolysis of cellulose: Evolution of functionalities and structure of bio-char versus temperature. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 135, January 2021, 110416 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110416>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032120307036>.
- M. Ghorbani, H. Asadi, S. Abrishamkesh. 2019. Effects of rice husk biochar on selected soil properties and nitrate leaching in loamy sand and clay soil. *International Soil and Water Conservation Research*. Volume 7, Issue 3, September 2019, Pages 258-265. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.05.005>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633918302442>.
- S.O. Oladele. 2019. Changes in physicochemical properties and quality index of an Alfisol after three years of rice husk biochar amendment in rainfed rice-maize cropping sequence. *Geoderma*, 353 (2019), pp. 359-371. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.06.038>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706119300886>.
- M. Ghorbani, E. Amirahmadi. 2018. Effect of rice husk biochar (RHB) on some of chemical properties of an acidic soil and the absorption of some nutrients. *J Appl Sci Environ Manage*, 22 (3) (2018), pp. 313-317. <https://doi.org/10.4314/jasem.v22i3.4>. <https://www.ajol.info/index.php/jasem/article/view/169351>.
- M. Ghorbani, E. Amirahmadi. 2018. Effect of rice husk biochar on some physical characteristics of soil and corn growth in a loamy soil. *Iran J Soil Res*, 32 (3) (2018), pp. 305-318. <https://doi.org/10.22092/ijsr.2018.117821>. https://srjournal.areeo.ac.ir/article_117821_en.html?lang=fa
- Hamed Kazemi Shariat Panahi, Mona Dehghani, Yong Sik Ok, Abdul-Sattar Nizami, Benyamin Khoshnevisan, Solange I. Mussatto, Mortaza Aghbashlo, Meisam Tabatabaei, Su Shiung Lam. 2020. A comprehensive review of engineered biochar: Production,

- characteristics, and environmental applications. *Journal of Cleaner Production*. Volume 270, 10 October 2020, 122462. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122462>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620325099>.
- Chhatarpal Singh, Shashank Tiwari, Vijai Kumar Gupta, Jay Shankar Singh. 2018. The effect of rice husk biochar on soil nutrient status, microbial biomass and paddy productivity of nutrient poor agriculture soils. *CATENA*. Volume 171, December 2018, Pages 485-493. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.07.042>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816218303199>.
- Bareen Bushra & Neelancherry Remya. 2020. Biochar from pyrolysis of rice husk biomass—characteristics, modification and environmental application. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13399-020-01092-3>.
- P. Yuan, J.Q. Wang, Y.J. Pan, B.X. Shen, C.F. Wu. 2019. Review of biochar for the management of contaminated soil: Preparation, application and prospect. *Sci Total Environ*, 659 (2019), pp. 473-490. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.400>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718352938>.
- Deborah M. Aller, Sotirios V. Archontoulis, Wendong Zhang, Wendiam Sawadgo, David A. Laird, Kenneth Moore. 2018. Long term biochar effects on corn yield, soil quality and profitability in the US Midwest. *Field Crops Research*. Volume 227, 1 October 2018, Pages 30-40. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.07.012>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429017318646>.
- Nanhi Bolan, Son A. Hoang, Jingzi Beiyuan, Souradeep Gupta, Deyi Hou ORCID Icon, Ajay Karakoti. 2022. Multifunctional applications of biochar beyond carbon storage. Pages 150-200. *International Materials Reviews*.

Volume 67, 2022. <https://doi.org/10.1080/09506608.2021.1922047>.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09506608.2021.1922047>.

Ashoka Gamage, Ben Basnayake, Janendra De Costa, and Othmane Merah. 2022. Effects of Rice Husk Biochar Coated Urea and Anaerobically Digested Rice Straw Compost on the Soil Fertility, and Cyclic Effect of Phosphorus. *Plants* 2022, 11(1), 75; <https://doi.org/10.3390/plants11010075>. <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/1/75>.

Saowanee Wijitkosum. 2023. Applying Rice Husk Biochar to Revitalise Saline Sodic Soil in Khorat Plateau Area – A Case Study for Food Security Purposes. *Biochar Applications in Agriculture and Environment Management* pp 1–31. DOI: 10.1007/978-3-030-40997-5_1. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40997-5_1.

Nihal Gujre, Ankit Soni, Latha Rangan, Daniel C.W. Tsang c, Sudip Mitra a. 2021. Sustainable improvement of soil health utilizing biochar and arbuscular mycorrhizal fungi: A review. *Environmental Pollution*. Volume 268, Part B, 1 January 2021, 115549. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115549>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749120362370>.

M. Huang, L. Fan, L.G. Jiang, S.Y. Yang, Y.B. Zou, N. Uphoff. 2019. Continuous applications of biochar to rice: Effects on grain yield and yield attributes. *Journal of Integrative Agriculture*. Volume 18, Issue 3, March 2019, Pages 563-570. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61993-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61993-8). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311918619938>.

Hiba M. Alkharabsheh, Mahmoud F. Seleiman, Martin Leonardo Battaglia, Ashwag Shami, Rewaa S. Jalal, Bushra Ahmed Alhammad, Khalid F. Almutairi and Adel M. Al-Saif. 2021. Biochar and Its Broad Impacts in Soil Quality and Fertility, Nutrient Leaching and Crop Productivity: A Review. *Agronomy* 2021, 11(5), 993; <https://doi.org/10.3390/agronomy11050993>. <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/5/993>.

- Jing Peng, Xiaori Han, Na Li, Kun Chen, Jinfeng Yang, Xiumei Zhan, Peiyu Luo & Ning Liu. 2021. Combined application of biochar with fertilizer promotes nitrogen uptake in maize by increasing nitrogen retention in soil. *Biochar* volume 3, pages 367–379 (2021). <https://link.springer.com/article/10.1007/s42773-021-00090-6>.
- Saqib BASHIR a b, Qaiser HUSSAIN c, Jun ZHU a, Qingling FU a, David HOUBEN d, Hongqing HU. 2020. Efficiency of KOH-modified rice straw-derived biochar for reducing cadmium mobility, bioaccessibility and bioavailability risk index in red soil. *Pedosphere*. Volume 30, Issue 6, December 2020, Pages 874-882. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60043-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60043-1). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1002016020600431>.
- Amita Shakya & Tripti Agarwal. 2020. Potential of Biochar for the Remediation of Heavy Metal Contaminated Soil. *Biochar Applications in Agriculture and Environment Management* pp 77–98. DOI: 10.1007/978-3-030-40997-5_4. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40997-5_4.
- Sajid Mehmood <https://orcid.org/0000-0002-6936-4975> A B # , Waqas Ahmed A B # , Muhammad Rizwan C , Allah Ditta D , Sana Irshad E , Di-Yun Chen F , Saqib Bashir <https://orcid.org/0000-0001-8573-6591> G , Mohsin Mahmood A B , Weidong Li A B * and Muhammad Imtiaz. Biochar, slag and ferrous manganese ore affect lead, cadmium and antioxidant enzymes in water spinach (*Ipomoea aquatica*) grown in multi-metal contaminated soil. *Crop & Pasture Science* - <https://doi.org/10.1071/CP21043>. <https://www.publish.csiro.au/CP/CP21043>.
- Y.J. Dai, N.X. Zhang, C.M. Xing, Q.X. Cui, Q.Y. Sun. 2019. The adsorption, regeneration and engineering applications of biochar for removal organic pollutants: A review. *Chemosphere*, 223 (2019), pp. 12-27. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.161>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519301778>.

- L. Wang, Y.J. Wang, F. Ma, V. Tankpa, S.S. Bai, X.M. Guo, X. Wang. 2019. Mechanisms and reutilization of modified biochar used for removal of heavy metals from wastewater: A review. *Science of The Total Environment*. Volume 668, 10 June 2019, Pages 1298-1309. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.011>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719309891>.
- Yue Wang Hong-Sheng Wang Chao-Sheng Tang Kai Gu Bin Shi. 2022. Remediation of heavy-metal-contaminated soils by biochar: a review. *Environmental Geotechnics*. E-ISSN 2051-803X. Volume 9 Issue 3, May 2022, pp. 135-148. ICE Publishing. <https://doi.org/10.1680/jenge.18.00091>. <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/jenge.18.00091>.
- Yutong Zong, Qing Xiao, Shenggao Lu. 2021. Biochar derived from cadmium-contaminated rice straw at various pyrolysis temperatures: Cadmium immobilization mechanisms and environmental implication. *Bioresource Technology*. Volume 321, February 2021, 124459. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124459>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852420317338>.
- Antonio Pescatore a, Chiara Grassi a, Andrea Maria Rizzo b, Simone Orlandini a, Marco Napoli. 2022. Effects of biochar on berseem clover (*Trifolium alexandrinum*, L.) growth and heavy metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn) accumulation. *Chemosphere*. Volume 287, Part 1, January 2022, 131986. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131986>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521024589>.
- Nahid Azadi & Fayez Raiesi, 2021. Biochar alleviates metal toxicity and improves microbial community functions in a soil co-contaminated with cadmium and lead. *Biochar* volume 3, pages485–498 (2021). <https://link.springer.com/article/10.1007/s42773-021-00123-0>.
- Xian He, Zhi-neng Hong, Jun Jiang, Ge Dong, Hui Liu & Ren-kou Xu. 2021. Enhancement of Cd(II) adsorption by rice straw biochar through oxidant

- and acid modifications. *Environmental Science and Pollution Research* volume 28, pages 42787–42797 (2021).
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-13742-8>.
- E. Amirahmadi, H.S. Mohammad, C. Kammann, M. Ghorbani, P. Biparva. 2020. The potential effectiveness of biochar application to reduce soil Cd bioavailability and encourage oak seedling growth. *Appl Sci*, 10 (10) (2020), p. 3410. *Appl. Sci.* 2020, 10(10), 3410;
<https://doi.org/10.3390/app10103410>. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/10/3410>.
- Bing Xiao, Jianli Jia, Weiran Wang, Ben Zhang, Huyang Ming, Shuo Ma, Yike Kang, Mengjie Zhao. 2023. A review on magnetic biochar for the removal of heavy metals from contaminated soils: Preparation, application, and microbial response. *Journal of Hazardous Materials Advances*. Volume 10, May 2023, 100254.
<https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100254>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772416623000256>.
- Hantong Qie, Meng Ren, Chang You, Xuedan Cui, Xiao Tan, Yuting Ning, Meng Liu, Daibing Hou, Aijun Lin, Jun Cui. 2023. High-efficiency control of pesticide and heavy metal combined pollution in paddy soil using biochar/g-C₃N₄ photoresponsive soil remediation agent. *Chemical Engineering Journal*. Volume 452, Part 4, 15 January 2023, 139579.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.139579>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894722050586>.
- Larissa Ghodszad a, Adel Reyhanitabar a, Mohammad Reza Maghsoodi a, Behnam Asgari Lajayer b, Scott X. Chang. 2021. Biochar affects the fate of phosphorus in soil and water: A critical review. *Chemosphere*. Volume 283, November 2021, 131176.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131176>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521016489>.
- Carlos E.R. Barquilha, Maria C.B. Braga. 2021. Adsorption of organic and inorganic pollutants onto biochars: Challenges, operating conditions, and

- mechanisms. *Bioresource Technology Reports*. Volume 15, September 2021, 100728. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100728>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2589014X21001067>.
- Yining Gao a, Pan Wu a b, Paramsothy Jeyakumar c, Nanthi Bolan d, Hailong Wang e, Bin Gao f, Shengsen Wang g, Bing Wang. 2022. Biochar as a potential strategy for remediation of contaminated mining soils: Mechanisms, applications, and future perspectives. *Journal of Environmental Management*. Volume 313, 1 July 2022, 114973. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114973>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479722005461>.
- Jackson Nkoh Nkoh, Fidelis Odedishemi Ajibade, Edidiong Okokon Atakpa, M. Abdulaha-Al Baquy, Shamim Mia, Elijah Chibueze Odii, Renkou Xu. 2022. Reduction of heavy metal uptake from polluted soils and associated health risks through biochar amendment: A critical synthesis. *Journal of Hazardous Materials Advances*. Volume 6, May 2022, 100086. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100086>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772416622000420>.
- Rupal Gupta, Chetan Pandit, Soumya Pandit, Piyush Kumar Gupta, Dibyajit Lahiri, Daksh Agarwal & Sadanand Pandey. 2022. Potential and future prospects of biochar-based materials and their applications in removal of organic contaminants from industrial wastewater. *Journal of Material Cycles and Waste Management* volume 24, pages852–876 (2022). <https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-022-01391-z>.
- Allan Pretti Ogura a, Jacqueline Zanin Lima b, Jéssica Pelinsom Marques b, Lucas Massaro Sousa c, Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues b, Evaldo Luiz Gaeta Espindola. 2021. A review of pesticides sorption in biochar from maize, rice, and wheat residues: Current status and challenges for soil application. *Journal of Environmental Management*. Volume 300, 15 December 2021, 113753. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113753>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479721018156>.

- Saheem Rasool, Tanveer Rasool, Khalid Muzamil Gani. 2022. A review of interactions of pesticides within various interfaces of intrinsic and organic residue amended soil environment. *Chemical Engineering Journal Advances*. Volume 11, 15 August 2022, 10030. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.100301>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666821122000618>.
- Leonardo Vilela Junqueira, Kassio Ferreira Mendes, Rodrigo Nogueira de Sousa, Cassio de Souza Almeida, Felipe Gimenes Alonso & Valdemar Luiz Tornisielo. 2020. Sorption-desorption isotherms and biodegradation of glyphosate in two tropical soils aged with eucalyptus biochar. *Archives of Agronomy and Soil Science*. Volume 66, 2020. Pages 1651-1667. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1686139>.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03650340.2019.1686139>.
- Vanessa Takeshita, Fernando Sarmiento de Oliveira, Gustavo Vinícios Munhoz-Garcia, Bruno Caio Chaves Fernandes, Taliane Maria da Silva Teófilo, Kassio Ferreira Mendes, Valdemar Luiz Tornisielo. 2022. Effects of Biochar on Degradation Herbicides in the Soil. Book chapter. Book. *Interactions of Biochar and Herbicides in the Environment*. Edition 1st Edition. First Published 2022. Imprint CRC Press. Pages 30. eBook ISBN 9781003202073. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003202073-7>.
- Rujul Deollikar, Ravishankar Patil. 2022. Chapter 11 - Recent advances in pesticides removal using agroindustry based biochar. *Development in Wastewater Treatment Research and Processes. Removal of Emerging Contaminants from Wastewater Through Bio-nanotechnology*. 2022, Pages 265-290. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85583-9.00021-1>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978032385583900211>.
- Bingbing Qiu, Qianni Shao, Jicheng Shi, Chenhao Yang, Huaqiang Chu. 2022. Application of biochar for the adsorption of organic pollutants from wastewater: Modification strategies, mechanisms and challenges. *Separation and Purification Technology*. Volume 300, 1 November 2022, 121925. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.121925>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586622014800>.

Julekha Khatun a, Ashad Intekhab b, Debasis Dhak a Defarge, N.; de Vendômois, J.S.; Seralini, G.E. 2022. Effect of uncontrolled fertilization and heavy metal toxicity associated with arsenic(As), lead(Pb) and cadmium (Cd), and possible remediation. *Toxicology*. Volume 477, July 2022, 153274. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2022.153274>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300483X2200186X>.

N. Defarge a, J. Spiroux de Vendômois b, G.E. Seralini. 2018. Toxicity of formulants and heavy metals in glyphosate-based herbicides and other pesticides. *Toxicology Reports*. Volume 5, 2018, Pages 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.12.025>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221475001730149X>.

Zhong Zhuang, Hong-yu Mu, Ping-nan Fu, Ya-nan Wan, Yao Yu, Qi Wang, Hua-fen Li. 2020. Accumulation of potentially toxic elements in agricultural soil and scenario analysis of cadmium inputs by fertilization: A case study in Quzhou county. *Journal of Environmental Management*. Volume 269, 1 September 2020, 110797. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110797>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479720307283>.

.Priya Fuke a, Mohan Manu T a, Manish Kumar a, Ankush D. Sawarkar b, Ashok Pandey c, Lal Singh a. 2022. Role of microbial diversity to influence the growth and environmental remediation capacity of bamboo: A review. *Industrial Crops and Products*. Volume 167, 1 September 2021, 113567. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113567>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669021003319>.

Subhesh Saurabh Jha, L.S. Songachan. 2022. Mycorrhizoremediation: Understanding the science behind it and its future prospects. *Materials Today: Proceedings*. Volume 51, Part 8, 2022, Pages 2431-2436. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.605>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321076276>.

Vinay Kumar, Balram Sahu, Deep Chandra Suyal, P. Karthika, Manali Singh, Dipti Singh, Saurabh Kumar, Ajar Nath Yadav & Ravindra Soni.

Strategies for Abiotic Stress Management in Plants Through Soil Rhizobacteria. Chapter. First Online: 29 June 2021. Part of the Sustainable Development and Biodiversity book series (SDEB, volume 27). Soil Microbiomes for Sustainable Agriculture pp 287–313. DOI: 10.1007/978-3-030-73507-4_11.

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-73507-4_11.

Paramanantham Parasuraman, Subhaswaraj Pattnaik, Siddhardha Busi. 2019. Chapter 18 - Plant-Microbe Interactions in Ecosystems Functioning and Sustainability. New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering. Microbial Biotechnology in Agro-Environmental Sustainability. 2019, Pages 255-266. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64191-5.00018-3>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444641915000183>.

Ritu Gill, M. Naeem, A. A. Ansari & Sarvajeet Singh Gill. 2023. Phytoremediation and Management of Environmental Contaminants: An Overview. Phytoremediation pp 3–14. DOI: 10.1007/978-3-031-17988-4_1.

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-17988-4_1.

1. Persiapan tanah sampel

1.1. Persiapan contoh di laboratorium

Pengeringan contoh tanah, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

a. Contoh disebarakan di atas tampah yang dialasi kertas sampul. Label karton yang berisi nomor laboratorium contoh diselipkan di bawah kertas. b. Akar-akar atau sisa tanaman segar, kerikil, dan kotoran lain dibuang. c. Bongkahan besar dikecilkan dengan tangan. d. Simpan pada rak di ruangan khusus bebas kontaminan yang terlindung dari sinar matahari atau dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 40 o C.

Penumbukan/pengayakan

Contoh-contoh tanah disiapkan dengan ukuran partikel < 2 mm dan < 0,5 mm sebagai berikut: a. Contoh ditumbuk pada lumpang porselen atau mesin giling dan diayak dengan ayakan dengan ukuran lubang 2 mm. b. Kemudian disimpan dalam botol yang sudah diberi nomor contoh. c. Contoh < 0,5 mm diambil dari contoh

1.2. Untuk melihat kandungan logam berat

Untuk melihat kandungan logam berat, pertama-tama yang dilakukan adalah persiapan sampel tanah. Sampel tanah dikeringkan dengan udara, digiling menjadi bubuk dalam mortar porselen, dan melewati saringan nilon 2 mm untuk menghilangkan akar, serpihan, kaca, batu, dan kotoran lainnya. Analisis fisika-kimia menggunakan sampel tanah yang telah dihaluskan. PH tanah diukur dengan menggunakan potensiometer untuk mengetahui derajat keasaman tanah atau alkalinitas yang tersuspensi dalam air

Status logam berat tanah ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS) untuk Fe, Pb, Cd, Cu, Cr. Data disajikan sebagai rata-rata dari lima pengukuran sampel. Selanjutnya dilakukan evaluasi status kontaminasi / pencemaran logam berat pada tanah dengan mengikuti prosedur Lacatusu (2000), indeks geoakumulasi (Igeo) yang dikemukakan oleh Muller (1980) dan faktor resiko ekologi menurut Hankanson (1981).

2. Untuk melihat kandungan unsur hara penting dalam tanah

2.1. Penetapan pH tanah

Dasar penetapan Nilai pH menunjukkan konsentrasi ion H⁺ dalam larutan tanah, yang dinyatakan sebagai $-\log[H^+]$. Peningkatan konsentrasi H⁺ menaikkan potensial larutan yang diukur oleh alat dan dikonversi dalam skala pH. Elektrode gelas merupakan elektrode selektif khusus H⁺, hingga memungkinkan untuk

hanya mengukur potensial yang disebabkan kenaikan konsentrasi H^+ . Potensial yang timbul diukur berdasarkan potensial elektrode pembanding (kalomel atau AgCl). Biasanya digunakan satu elektrode yang sudah terdiri atas elektrode pembanding dan elektrode gelas (elektrode kombinasi). Konsentrasi H^+ yang diekstrak dengan air menyatakan kemasaman aktif (aktual) sedangkan pengestrak KCl 1 N menyatakan kemasaman cadangan (potensial).

Peralatan : Neraca analitik, Botol kocok 100 ml, Dispenser 50 ml gelas ukur-1, Mesin pengocok, Labu semprot 500 ml, pH meter

Pereaksi : Air bebas ion, Larutan buffer pH 7,0 dan pH 4,0, KCl 1 M

Cara kerja : 74,5 g KCl p.a. dilarutkan dengan air bebas ion hingga 1 l. 10,00 g contoh tanah ditimbang sebanyak dua kali, masing-masing dimasukkan ke dalam botol kocok, ditambah 50 ml air bebas ion ke botol yang satu (pH H_2O) dan 50 ml KCl 1 M ke dalam botol lainnya (pH KCl). Dikocok dengan mesin pengocok selama 30 menit. Suspensi tanah diukur dengan pH meter yang telah dikalibrasi menggunakan larutan buffer pH 7,0 dan pH 4,0. Nilai pH dalam 1 desimal dicatat.

Catatan: • Prosedur di atas menggunakan rasio 1:5, rasio dapat berubah sesuai jenis contoh dan permintaan

2.2. Penetapan P dan K ekstrak HCl 25%

Dasar penetapan Fosfor dalam bentuk cadangan ditetapkan dengan menggunakan pengestrak HCl 25%. Pengestrak ini akan melarutkan bentuk-bentuk senyawa fosfat dan kalium mendekati kadar P dan K-total. Ion fosfat dalam ekstrak akan bereaksi dengan ammonium molibdat dalam suasana asam membentuk asam fosfomolibdat. Selanjutnya akan bereaksi dengan asam askorbat menghasilkan larutan biru molibdat. Intensitas warna larutan dapat diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm, sedangkan kalium diukur dengan flamefotometer.

Peralatan : Neraca analitik, Botol kocok, Mesin kocok bolak-balik, Alat sentrifus, Tabung reaksi, Dispenser 10 ml, Pipet volume 0,5 ml, Pipet volume 2 ml, Pipet ukur 10 ml, Spektrofotometer UV-VIS, Flamefotometer

Pembuatan Pereaksi HCl 25 %

675,68 ml HCl pekat (37%) diencerkan dengan air bebas ion menjadi 1 l.

Pembuatan Pereaksi P pekat

12 g $(NH_4)_6 Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ dilarutkan dengan 100 ml air bebas ion dalam labu ukur 1 l. Ditambahkan 0,277 g K $(SbO)C_4H_4O_6$ 0,5 H_2O dan secara perlahan 140 ml H_2SO_4 pekat. Dijadikan 1 l dengan air bebas ion.

Pembuatan Pereaksi pewarna P

Dicampurkan 1,06 g asam askorbat dan 100 ml pereaksi P pekat, pereaksi P ini harus selalu dibuat baru. ♦ Standar induk 1.000 ppm PO₄ (Titrisol) Pindahkan secara kuantitatif larutan standar induk PO₄ Titrisol di dalam ampul ke dalam labu ukur 1 l. Impitkan dengan air bebas ion sampai dengan tanda garis, kocok. ♦ Standar induk 200 ppm PO₄ Pipet 50 ml standar induk PO₄ 1.000 ppm titrisol ke dalam labu 250 ml. Impitkan dengan air bebas ion sampai dengan tanda garis lalu kocok.

Standar induk 1.000 ppm K (Titrisol)

Pindahkan secara kuantitatif larutan standar induk K Titrisol di dalam ampul ke dalam labu ukur 1000 ml. Impitkan dengan air bebas bebas ion sampai dengan tanda garis lalu kocok. ♦ Standar 200 ppm K Pipet 50 ml dari standar induk 1000 ppm K ke dalam labu ukur 250 ml. Impitkan dengan air bebas ion sampai dengan tanda garis lalu kocok. ♦ Deret standar PO₄ (0; 4; 8; 16; 24; 32 dan 40 ppm) Pipet berturut turut 0; 2; 4; 8; 12; 16 dan 20 ml standar 200 ppm PO₄ ke dalam labu ukur 100 ml. Masing-masing ditambah 5 ml HCl 25% dan air bebas ion hingga tanda garis lalu kocok. ♦ Deret standar K (0; 2; 4; 8; 12; 16; dan 20 ppm) Pipet berturut turut 0; 1; 2; 4; 6; 8; 10 ml standar 200 ppm K ke dalam labu ukur 100 ml. Masing-masing ditambah 5 ml HCl 25% dan air bebas ion hingga tanda garis lalu kocok.

Cara kerja Timbang 2,000 g contoh tanah ukuran <2mm, dimasukkan ke dalam botol kocok dan ditambahkan 10 ml HCl 25% lalu kocok dengan mesin kocok selama 5 jam. Masukkan ke dalam tabung reaksi dibiarkan semalam atau disentrifuse. Pipet 0,5 ml ekstrak jernih contoh ke dalam tabung reaksi. Tambahkan 9,5 ml air bebas ion (pengenceran 20x) dan dikocok. Pipet 2 ml ekstrak contoh encer dan deret standar masing-masing dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 10 ml larutan pereaksi pewarna P dan dikocok. Dibiarkan selama 30 menit, lalu ukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm. Untuk kalium, ekstrak contoh encer dan deret standar K diukur langsung dengan alat flamefotometer.

Perhitungan

Kadar P potensial mg P₂O₅ (100 g)⁻¹ = ppm kurva x (ml ekstrak/1.000 ml) x (100 g/g contoh) x fp x (142/90) x fk = ppm kurva x 10/1.000 x 100/2 x 20 x 142/90 x fk = ppm kurva x 10 x 142/190 x fk
Kadar K potensial mg K₂O (100g)⁻¹ = ppm kurva x 10 x 94/78 x fk

Keterangan: ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko. $fk = \text{faktor koreksi kadar air} = 100 / (100 - \% \text{ kadar air})$ $fp = \text{faktor pengenceran} (20) 142 / 190$ = faktor konversi bentuk PO_4 menjadi P_2O_5 $94 / 78$ = faktor konversi bentuk K menjadi K_2O

Penetapan P tersedia metode Bray

Dasar penetapan Fosfat dalam suasana asam akan diikat sebagai senyawa Fe, Al-fosfat yang sukar larut. NH_4F yang terkandung dalam pengekstrak Bray akan membentuk senyawa rangkai dengan Fe & Al dan membebaskan ion PO_4^{3-} . Pengekstrak ini biasanya digunakan pada tanah dengan pH

Pereaksi

◆ HCl 5 N Sebanyak 416 ml HCl p.a. pekat (37 %) dimasukkan dalam labu ukur 1.000 ml yang telah berisi sekitar 400 ml air bebas ion, kocok dan biarkan menjadi dingin. Tambahkan lagi air bebas ion hingga 1.000 ml. ◆ Pengekstrak Bray dan Kurts I (larutan 0,025 N HCl + NH_4F 0,03 N) Timbang 1,11 g hablur NH_4F , dilarutkan dengan lebih kurang 600 ml air bebas ion, ditambahkan 5 ml HCl 5 N, kemudian diencerkan sampai 1 l. ◆ Pereaksi P pekat Larutkan 12 g $(NH_4)_6 Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ dengan 100 ml air bebas ion dalam labu ukur 1 liter. Tambahkan 0,277 g K $(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 0,5 H_2O$ dan secara perlahan 140 ml H_2SO_4 pekat. Jadikan 1 l dengan air bebas ion. ◆ Pereaksi pewarna P Campurkan 1,06 g asam askorbat dan 100 ml pereaksi P pekat, kemudian dijadikan 1 liter dengan air bebas ion. Pereaksi P ini harus selalu dibuat baru. ◆ Standar induk 1.000 ppm PO_4 (Titrisol) Pindahkan secara kuantitatif larutan standar induk PO_4 Titrisol di dalam ampul ke dalam labu ukur 1 l. Impitkan dengan air bebas ion sampai dengan tanda garis, kocok. ◆ Standar induk 100 ppm PO_4 Pipet 10 ml larutan standar induk 1.000 ppm PO_4 ke dalam labu 100 ml. Impitkan dengan air bebas ion sampai dengan tanda garis lalu kocok. ◆ Deret standar PO_4 (0-20 ppm)

Pipet berturut-turut 0; 2; 4; 8; 12; 16; dan 20 ml larutan standar 100 ppm PO_4 ke dalam labu ukur 100 ml, diencerkan dengan pengekstrak bray hingga 100 ml.

Cara kerja Timbang 2,500 g contoh tanah <2mm ditambah pengekstrak Bray dan Kurt I sebanyak 25 ml, kemudian dikocok selama 5 menit. Saring dan bila larutan

keruh dikembalikan ke atas saringan semula (proses penyaringan maksimum 5 menit). Dipipet 2 ml ekstrak jernih ke dalam tabung reaksi. Contoh dan deret standar masing-masing ditambah pereaksi pewarna fosfat sebanyak 10 ml, dikocok dan dibiarkan 30 menit. Diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm. Perhitungan Kadar P₂O₅ tersedia (ppm) = ppm kurva x ml ekstrak/1.000 ml x 1.000g/g contoh x fp x 142/190 x fk = ppm kurva x 25/1.000 x 1.000/2,5 x fp x 142/190 x fk = ppm kurva x 10 x fp x 142/190 x fk Keterangan: ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko. fp = faktor pengenceran (bila ada) 142/190 = faktor konversi bentuk PO₄ menjadi P₂O₅ fk = faktor koreksi kadar air = 100/(100 – % kadar air)

Penetapan susunan kation, kapasitas tukar kation (KTK) dan kejenuhan basa (KB) Dasar penetapan Koloid tanah (mineral liat dan humus) bermuatan negatif, sehingga dapat menyerap kation-kation. Kation-kation dapat ditukar (dd) (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ dan Na⁺) dalam kompleks jerapan tanah ditukar dengan kation NH₄⁺ dari pengestrak dan dapat diukur. Untuk penetapan KTK tanah, kelebihan kation penukar dicuci dengan etanol 96%. NH₄⁺ yang terjerap diganti dengan kation Na⁺ dari larutan NaCl, sehingga dapat diukur sebagai KTK. Kation-kation dapat ditukar (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ dan Na⁺) ditetapkan dengan Flamefotometer dan AAS. NH₄⁺ (KTK) ditetapkan secara kolorimetri dengan metode Biru Indofenol. Peralatan ♦ Neraca analitik ♦ Tabung perkolasi ♦ Labu ukur 50 ml Labu ukur 100 ml ♦ Labu semprot ♦ Spektrofotometer ♦ Flamefotometer ♦ Atomic absorption spectrophotometer (AAS)

Pereaksi Perkolasi ♦ Amonium asetat 1 M, pH 7,0 Timbang 77,08 g serbuk NH₄-Asetat p.a. ke dalam labu ukur 1 l. Tambahkan air bebas ion hingga serbuk melarut dan tepatkan 1 l. Atau dapat pula dibuat dengan cara berikut: Campurkan 60 ml asam asetat glasial dengan 75 ml ammonia pekat (25%) dan diencerkan dengan air bebas ion hingga sekitar 900 ml. pH campuran diatur menjadi 7,00 dengan penambahan amonia atau asam asetat, kemudian diimpitkan tepat 1 l.

Etanol 96 % ♦ HCl 4 N Sebanyak 33,3 ml HCl p.a. 37 % dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml yang telah berisi sekitar 50 ml air bebas ion, kocok dan biarkan dingin. Tambahkan lagi air bebas ion hingga tepat 100 ml. ♦ NaCl 10% Timbang 100 g NaCl, kemudian dilarutkan dengan air bebas ion. Tambahkan 4 ml HCl 4 N dan diimpitkan tepat 1 l. ♦ Pasir kuarsa bersih ♦ Filter pulp Kation-kation dapat

ditukar ♦ Amonium asetat 4 M, pH 7,0 Buat dengan cara yang sama seperti amonium asetat 1 M, namun menggunakan 4 x 77,08 g NH₄-Asetat p.a. ♦ Standar pokok 1.000 ppm K ♦ Standar pokok 1.000 ppm Na ♦ Standar pokok 1.000 ppm Ca ♦ Standar pokok 1.000 ppm Mg ♦ Standar campur 200 ppm K, 100 ppm Na, 50 ppm Mg, 250 ppm Ca. Pipet masing-masing : 25,0 ml standar pokok 1.000 ppm K 10,0 ml standar pokok 1.000 ppm Na 5,0 ml standar pokok 1.000 ppm Mg 25,0 ml standar pokok 1.000 ppm Ca Campurkan dalam labu ukur 100 ml, ditambah 25 ml NH₄-asetat 4 N, pH 7,0, kemudian diimpitkan. ♦ Deret standar campur K (0-250 ppm), Na (0-100 ppm), Ca (0-250 ppm) dan Mg (0-50 ppm) Pipet standar campuran sebanyak 0; 1; 2; 4; 6; 8 dan 10 ml, masing-masing dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan dijadikan 10 ml dengan larutan NH₄-Ac 1 M, pH 7. ♦ Larutan La 2,5 % Timbang 66,8376 gram LaCl₃.7H₂O, dilarutkan dengan air bebas ion ditambahkan 10 ml HCl 25% kemudian diimpitkan tepat 1 l. ♦ Larutan La 0,125 % Larutan La 2,5 % diencerkan 20 x dengan air bebas ion. KTK cara destilasi ♦ Asam borat 1% Larutkan 10 g H₃BO₃ dengan 1 l air bebas ion. ♦ Natrium Hidroksida 40 % Larutkan 400 g NaOH dalam piala gelas dengan air bebas ion 600 ml, setelah dingin diencerkan menjadi 1 l. ♦ Batu didih Buat dari batu apung yang dihaluskan. ♦ Penunjuk Conway Larutkan 0,100 g merah metil (metil red) dan 0,150 g hijau bromkresol (bromkresol green) dengan 200 ml etanol 96 %. ♦ Larutan baku asam sulfat 1N (Titrisol) ♦ H₂SO₄ 4 N Masukkan 111 ml H₂SO₄ p.a. pekat (95-97 %) sedikit demi sedikit melalui dinding labu labu ukur 1.000 ml yang telah berisi sekitar 700 ml air bebas ion, kocok dan biarkan menjadi dingin. Tambahkan lagi air bebas ion hingga 1.000 ml, kocok. ♦ Larutan baku asam sulfat 0,050 N Pipet 50 ml larutan baku H₂SO₄ 1 N Titrisol ke dalam labu ukur 1 l. Encerkan dengan air bebas ion hingga 1 l. Atau:
Pipet 12,5 ml asam sulfat 4 N ke dalam labu ukur 1 l. Encerkan sampai 1 l dengan air bebas ion, kocok. Kenormalannya ditetapkan dengan bahan baku boraks. KTK cara kolorimetri ♦ Larutan Fenol Timbang 80 g serbuk NaOH p.a. dan dilarutkan dengan sekitar 500 ml air bebas ion secara perlahan sambil diaduk. Setelah dingin ditambahkan 125 g serbuk Fenol, kemudian diencerkan dengan air bebas ion dan diimpitkan sampai garis 1 l. ♦ Larutan sangga Tartrat Timbang 80 g serbuk NaOH p.a. dan dilarutkan dengan sekitar 500 ml air bebas ion. Setelah dingin tambahkan 50 g K, Na-tartrat dan aduk hingga larut. Diimpitkan dengan air bebas ion sampai tepat 1 l. ♦ Natrium hipoklorit (NaOCl) 5 % ♦ Standar pokok 2500 m.e. NH₄ + I⁻¹ Timbang 16,500 g serbuk (NH₄)₂SO₄ p.a.

ke dalam labu ukur 100 ml. Larutkan dengan air bebas ion dan impitkan hingga tepat 100 ml. ♦ Standar $\text{NH}_4 + 0$ dan 25 me l-1 Pipet standar 2500 m.e. $\text{NH}_4 + 1$ sebanyak 1 ml, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml. Tambahkan 10 ml etanol 96 % dan diimpitkan dengan larutan NaCl 10 %. Dengan cara yang sama, tapi tanpa pemipetan larutan standar dibuat standar 0.

♦ Deret standar 0 – 25 m.e. $\text{NH}_4 + 1$ -1 Pipet ke dalam tabung reaksi masing-masing 0; 1; 2; 4; 6; 8 dan 10 ml standar 25 me $\text{NH}_4 +$. Tambahkan standar 0 hingga semuanya menjadi 10 ml. Cara kerja Timbang 2,500 g contoh tanah ukuran <2mm lalu dicampur dengan lebih kurang 5 g pasir kuarsa. Dimasukkan ke dalam tabung perkolasi yang telah dilapisi berturut-turut dengan filter flock dan pasir terlebih dahulu (filter pulp digunakan seperlunya untuk menutup lubang pada dasar tabung, sedangkan pasir kuarsa sekitar 2,5 g) dan lapisan atas ditutup dengan penambahan 2,5 g pasir. Ketebalan setiap lapisan pada sekeliling tabung diupayakan supaya sama. Siapkan pula blanko dengan pengerjaan seperti contoh tapi tanpa contoh tanah. Kemudian diperkolasi dengan amonium acetat pH 7,0 sebanyak 2 x 25 ml dengan selang waktu 30 menit. Filtrat ditampung dalam labu ukur 50 ml, diimpitkan dengan amonium acetat pH 7,0 untuk pengukuran kationdd: Ca, Mg, K dan Na (S). Tabung perkolasi yang masih berisi contoh diperkolasi dengan 100 ml etanol 96 % untuk menghilangkan kelebihan amonium dan perkolat ini dibuang. Sisa etanol dalam tabung perkolasi dibuang dengan pompa isap dari bawah tabung perkolasi atau pompa tekan dari atas tabung perkolasi. Selanjutnya diperkolasi dengan NaCl 10 % sebanyak 50 ml, filtrat ditampung dalam labu ukur 50 ml dan diimpitkan dengan larutan NaCl 10 %. Filtrat ini digunakan untuk pengukuran KTK dengan cara destilasi atau kolorimetri.

Pengukuran kationdd (Ca, Mg, K, Na) Perkolat $\text{NH}_4\text{-Ac}$ (S) dan deret standar K, Na, Ca, Mg masing-masing dipipet 1 ml ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 9 ml larutan La 0,25 %. Diukur dengan AAS (untuk Ca dan Mg) dan flamefotometer (untuk pemeriksaan K dan Na) menggunakan deret standar sebagai pembanding. Pengukuran KTK Pengukuran KTK dapat dilakukan dengan cara destilasi langsung, destilasi perkolat NaCl dan kolorimetri perkolat NaCl. Destilasi langsung Pada cara destilasi langsung dikerjakan seperti penetapan N-Kjeldahl tanah, isi tabung perkolasi (setelah selesai tahap pencucian dengan etanol) dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu didih. Gunakan air bebas ion untuk membilas tabung perkolasi. Tambahkan sedikit

serbuk batu didih dan aquades hingga setengah volume labu. Siapkan penampung untuk NH₃ yang dibebaskan yaitu erlenmeyer yang berisi 10 ml asam borat 1 % yang ditambah 3 tetes indikator Conway (berwarna merah) dan dihubungkan dengan alat destilasi. Dengan gelas ukur, tambahkan NaOH 40% sebanyak 10 ml ke dalam labu didih yang berisi contoh dan secepatnya ditutup. Destilasi hingga volume penampung mencapai 50– 75 ml (berwarna hijau). Destilat dititrasi dengan H₂SO₄ 0,050 N hingga warna merah muda. Catat volume titar contoh (V_c) dan blanko (V_b).

Destilasi perkolat Cara destilasi perkolat dilakukan dengan memipet 10 ml perkolat NaCl ke dalam labu didih (tambahkan 1 ml parafin cair untuk menghilangkan buih). Selanjutnya dikerjakan dengan cara yang sama seperti destilasi langsung. 27 Kolorimetri Pengukuran NH₄⁺ (KTK) dapat pula ditetapkan dengan metode Biru Indofenol. Pipet masing-masing 0,5 ml perkolat NaCl dan deret standar NH₄⁺ (0; 2,5; 5; 10; 15; 20 dan 25 me l-1) ke dalam tabung reaksi. Ke dalam setiap tabung tambahkan 9,5 ml air bebas ion (pengenceran 20x). Pipet ke dalam tabung reaksi lain masing-masing 2 ml ekstrak encer dan deret standar. Tambahkan berturut-turut larutan sangga Tartrat dan Na-fenat masing-masing sebanyak 4 ml, kocok dan biarkan 10 menit. Tambahkan 4 ml NaOCl 5 %, kocok dan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 636 nm setelah 10 menit sejak pemberian pereaksi ini.

Catatan: Warna biru indofenol yang terbentuk kurang stabil. Upayakan agar diperoleh waktu yang sama antara pemberian pereaksi dan pengukuran untuk setiap deret standar dan contoh. Perhitungan Kationdd (cmol (+) kg⁻¹) (S) = (ppm kurva/bst kation) x ml ekstrak 1.000 ml⁻¹ x 1.000 g g contoh⁻¹ x 0,1 x fp x fk = (ppm kurva/bst kation) x 50 ml 1.000 ml⁻¹ x 1.000 g 2,5 g⁻¹ x 0,1 x fp x fk = (ppm kurva/bst kation) x 2 x fp₁ x fk Kapasitas tukar kation (T) Cara destilasi langsung: KTK (cmol (+) kg⁻¹) = (V_c - V_b) x N H₂SO₄ x 0,1 x 1.000 g/2,5 g x fk = (V_c - V_b) x N H₂SO₄ x 40 x fk Cara destilasi perkolat: KTK (cmol (+) kg⁻¹) = (V_c - V_b) x N H₂SO₄ x 0,1 x 1.000 g/2,5g x 50 ml/10 ml x fk = (V_c - V_b) x N H₂SO₄ x 200 x fk Cara kolorimetri: KTK (cmol (+) kg⁻¹) = me kurva x 50 ml 1.000 ml⁻¹ x 1.000 g 2,5 g⁻¹ x 0,1 x fp₂ x fk = me kurva x 2 x fp₂ x fk Kejenuhan basa = jumlah kationdd (S)/KTK (T) x 100 % Keterangan: ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko. 0,1 = faktor konversi dari mmol ke cmol bst kation = bobot setara: Ca : 20, Mg: 12,15, K: 39, Na: 23 fp₁ = faktor pengenceran (10) fp₂ = faktor pengenceran (20) fk = faktor koreksi kadar air = 100/(100 - % kadar air)

S = jumlah basa-basa tukar (cmol(+) kg⁻¹) T = kapasitas tukar kation (cmol(+) kg⁻¹)

Pencemaran logam berat pada aliran irigasi persawahan dapat disebabkan dari pembuangan limbah rumah tangga, limbah industri, dan limbah pertanian yang mengakibatkan pertumbuhan tanaman pertanian pada area tersebut tidak dapat tumbuh dengan baik. Berdasarkan hasil uji pendahuluan yang dilakukan, di Kecamatan Gempol Kabupaten Pasuruan yang berdekatan dengan Kabupaten Sidoarjo terdapat timbal (Pb) pada air irigasi sebesar 0,322 ppm, serta pada tanah dan akar padi masing-masing sebesar 0,358 ppm dan 0,282 ppm. Timbal yang masuk ke dalam badan perairan memiliki bermacam bentuk seperti Pb²⁺, PbS (golena), PbCO₃ (cerusite) dan PbSO₄ (anglesite). Logam berat timbal (Pb) juga dapat dihasilkan dari berbagai kegiatan lainnya, seperti kegiatan industri yang berpotensi sebagai sumber pencemaran Pb (Amelia dkk, 2015). Industri yang memakai Pb untuk bahan baku maupun bahan pendukung, misalnya industri sablon dan industri kimia. Industri tersebut juga menghasilkan limbah cair yang dibuang di sekitar sungai yang nantinya dijadikan sebagai sumber air irigasi untuk mengairi sawah milik warga sekitar Kabupaten Pasuruan dan perbatasan Kabupaten Sidoarjo. Akumulasi logam berat (timbal) yang masuk ke dalam tubuh akan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, karena logam berat merupakan bahan kimia golongan logam yang tidak dibutuhkan oleh tubuh. Keberadaan logam berat dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan efek negatif terhadap fungsi fisiologis tubuh, yang pada akhirnya akan memberikan efek negatif dan gangguan kesehatan (Palar 1994). Besarnya dampak yang dapat ditimbulkan dari keberadaan logam berat timbal, sehingga diperlukan penelitian yang diharapkan dapat memberikan informasi terkait konsentrasi dan sebaran dari timbal pada tanah di Wilayah Kabupaten Sidoarjo. Sebaran nantinya akan dijabarkan dengan pemetaan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG adalah suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang bereferensi spasial atau berkoordinat geografi atau dengan kata lain suatu SIG adalah suatu sistem basis data dengan kemampuan khusus untuk menangani data yang bereferensi keruangan (spasial) bersamaan dengan seperangkat operasi kerja. Disamping itu, SIG juga dapat menggabungkan, mengatur, dan melakukan analisis data yang akhirnya akan menghasilkan keluaran yang dapat dijadikan acuan dalam

pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi. Pencemaran tanah di persawahan berasal dari beberapa faktor. Sungai yang melintasi sawah memberikan dampak terhadap irigasi sawah. Kadar timbal tanah sawah didapat pada sore hari yaitu 0.0327 ppm serta kadar timbal tanah sawah pada pagi hari yaitu 0.0788 ppm, kadar timbal pada tanah sawah pagi hari berada di atas nilai ambang maksimal timbal (Pb) sedangkan pada tanah sawah sore hari masih berada di bawah nilai ambang maksimal timbal (Pb). Hal ini membuktikan bahwa ada aktivitas senyawa timbal di industri dilihat dari proses penyerapan tanah pada sawah, kadar timbal pada pagi hari lebih besar daripada sore hari. Menurut Nursidika P, dkk (2014) bahwa kadar limbah pada tanah di daerah Leuwigajah bervariasi. Kualitas tanah selokan yang merupakan aliran limbah industri didapat hasil kadar timbal tanah selokan pada sore hari yaitu 0,1132 ppm dan pada pagi hari yaitu 0,0345 ppm. Kadar timbal pada tanah selokan pagi dan sore hari masih berada di bawah nilai ambang, akan tetapi pada tanah selokan tersebut membuktikan adanya aktivitas senyawa timbal di industri tersebut, dilihat terjadinya perubahan kadar 5x lipat dari kadar timbal pada pagi hari ke sore hari, tetapi itu masih berada di bawah nilai ambang maksimal, dimana nilai ambang maksimal timbal (Pb) menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, no.3/MEN.LH/2010 yaitu 1 ppm atau 1 ppm. Kandungan logam dalam tanah sangat berpengaruh terhadap kandungan logam pada tanaman yang tumbuh di atasnya, kecuali terjadi interaksi di antara logam itu sehingga terjadi hambatan penyerapan logam tersebut oleh tanaman. Akumulasi logam dalam tanaman tidak hanya tergantung pada kandungan logam dalam tanah, tetapi juga tergantung pada unsur kimia tanah, jenis logam, pH tanah, dan spesies tanaman (Darmono 1995). Pemasok logam berat dalam tanah pertanian antara lain bahan agrokimia (pupuk dan pestisida), asap kendaraan bermotor, bahan bakar minyak, pupuk organik, buangan limbah rumah tangga, industri, dan pertambangan. Sudarmaji, dkk (2006) juga mengatakan bahwa secara alami Pb juga ditemukan di udara yang kadarnya berkisar antara 0,0001-0,001 µg/m³. Tumbuh-tumbuhan termasuk sayur-mayur dan padi kadar timbal pada pagi hari lebih besar daripada sore hari. Menurut Nursidika P, dkk (2014) bahwa kadar limbah pada tanah di daerah Leuwigajah bervariasi. Kualitas tanah selokan yang merupakan aliran limbah industri didapat hasil kadar timbal tanah selokan pada sore hari yaitu 0,1132 ppm dan pada pagi hari yaitu 0,0345 ppm. Kadar timbal

pada tanah selokan pagi dan sore hari masih berada di bawah nilai ambang, akan tetapi pada tanah selokan tersebut membuktikan adanya aktivitas senyawa timbal di industri tersebut, dilihat terjadinya perubahan kadar 5x lipat dari kadar timbal pada pagi hari ke sore hari, tetapi itu masih berada di bawah nilai ambang maksimal, dimana nilai ambang maksimal timbal (Pb) menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, no.3/MEN.LH/2010 yaitu 1 ppm atau 1 ppm. Kandungan logam dalam tanah sangat berpengaruh terhadap kandungan logam pada tanaman yang tumbuh di atasnya, kecuali terjadi interaksi di antara logam itu sehingga terjadi hambatan penyerapan logam tersebut oleh tanaman. Akumulasi logam dalam tanaman tidak hanya tergantung pada kandungan logam dalam tanah, tetapi juga tergantung pada unsur kimia tanah, jenis logam, pH tanah, dan spesies tanaman (Darmono 1995). Pemasok logam berat dalam tanah pertanian antara lain bahan agrokimia (pupuk dan pestisida), asap kendaraan bermotor, bahan bakar minyak, pupuk organik, buangan limbah rumah tangga, industri, dan pertambangan. Sudarmaji, dkk (2006) juga mengatakan bahwa secara alami Pb juga ditemukan di udara yang kadarnya berkisar antara 0,0001-0,001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tumbuh-tumbuhan termasuk sayur-mayur dan padi hal ini pada akhirnya akan bermanfaat dalam upaya pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan. Atas dasar hal tersebut, maka topik dalam penelitian ini adalah "Pemetaan Sebaran Timbal pada Tanah Persawahan di Kabupaten Sidoarjo Menggunakan Sistem Informasi Geografis". Analisis spasial merupakan suatu analisis dan uraian data secara geografi yang berdasar pada faktor-faktor lingkungannya dan hubungan antar variabel di lingkungan.

Untuk mengolah dan menganalisis data secara spasial tersebut digunakan Metode Interpolasi dari SIG. Interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak terukur, sehingga terbentuklah sebaran nilai pada seluruh wilayah. Salah satu teknik dalam Metode Interpolasi yaitu Teknik Kriging. Kriging adalah interpolasi dengan perhitungan secara statistik. (Prahasta, 2005). Pemetaan kerentanan tanah dilakukan dengan menggunakan Metode DRASTIC dengan Analisis Overlay menggunakan SIG. Data yang digunakan dalam Metode DRASTIC meliputi peta kedalaman tanah, peta curah hujan wilayah, peta media akuifer, peta tekstur tanah, peta kemiringan lereng, peta media akuifer tidak jenuh dan peta konduktivitas hidrolik. Risiko pencemaran tanah dihasilkan dari overlay peta penggunaan lahan

sebagai gambaran bahaya pencemaran dan peta kerentanan tanah yang dihasilkan dari tujuan pertama Menurut Cahyadi A dan Hartoyo, FA(2011), hasil penelitian ini adalah (1) kerentanan tanah di Kecamatan Piyungan terdiri atas tingkat tidak rentan sampai dengan kerentanan tanah sangat tinggi. Wilayah yang tergolong tidak rentan adalah wilayah bukan akuifer yang menempati perbukitan dengan batuan vulkanik tersier yang kedap tanah, sedangkan kerentanan sangat tinggi terdapat pada dataran aluvial Merapi bagian Timur Laut Kecamatan Piyungan. (2) Risiko pencemaran tanah di Kecamatan Piyungan terdiri atas tingkat risiko sangat rendah sampai dengan risiko tinggi, di mana risiko tinggi terdapat pada dataran aluvial Merapi yang terletak di bagian Timur Laut.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dipilih sebagai lokasi penelitian adalah areal persawahan yang ada di Kabupaten Sidoarjo yang meliputi 18 kecamatan (Gambar 1).

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data spasial dan non spasial (atribut). Data spasial peta: administrasi, peta penggunaan lahan, peta jenis tanah, dan data citra satelit. Untuk data non spasial yang akan digunakan berupa data kandungan timbal yang terdapat pada tanah di persawahan Kabupaten Sidoarjo. Data kandungan timbal diperoleh dari hasil uji laboratorium terhadap sampel tanah.

2.3 Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan tahapan terpenting dari penelitian ini, dimana hasil dari kegiatan ini merupakan interpretasi dari hasil analisis terhadap semua data penelitian. Secara umum pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini terbagi dalam 2 tahapan kegiatan, yaitu; tahap pemasukan dan persiapan data, dan tahap analisa data. Pemasukan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Software ArcGIS 10.1. Software ini berguna dalam melakukan proses analisa hingga interpretasi hasil. Proses pemasukan data yang berbasis data spasial dilakukan dengan Metode On-Screen Digitasi, dimana penggunaan metode ini dimaksudkan untuk mempermudah proses digitasi dan dapat langsung dilakukan di depan monitor komputer. Sedangkan untuk data non spasial (atribut) menggunakan fasilitas database, kemudian dilanjutkan dengan proses manajemen basis data (data base management system) sehingga sehingga diperoleh basis data atribut dan basis data spasial (Prahasta, 2005).

2.4 Teknik Analisa Data

Basis data atribut dan basis data spasial yang dihasilkan pada tahap selanjutnya analisa lebih lanjut dengan tahapan sebagai berikut:

1. Analisa

Konsentrasi Timbal Analisa konsentrasi timbal dilakukan pada tanah dan tanah yang didasarkan pada hasil uji laboratorium menggunakan Metode Kriging. Analisis dilakukan dengan cara interpolasi hasil uji pada parameter tanah dan tanah. Persamaan yang digunakan dalam interpolasi data dengan kriging sebagai berikut: $(S_0) = \sum \lambda_i Z(S_i) / \sum \lambda_i = 1$ Dimana: $Z(S_i)$ = nilai terukur pada lokasi ke- i , λ_i = berat tak diketahui untuk nilai terukur pada lokasi ke- i , S_0 = lokasi prediksi, N = jumlah nilai terukur

PH tanah adalah salah satu sifat kunci yang mengendalikan banyak proses biokimia dan fisik yang terjadi di dalam tanah. PH tanah mengontrol kelarutan dan bioavailabilitas bahan kimia dalam tanah, dan karena itu mempengaruhi kualitas tanah, produktivitas tanaman dan pencemaran lingkungan (Weil dan Brady, 2016). Emisi GRK dari tanah, terutama emisi metana dari sawah, juga demikian sangat dipengaruhi oleh pH tanah (Wassmann et al., 1998). Misalnya, di sebagian besar sawah dengan pH tanah asam, bioavailabilitas mikronutrien lebih tinggi daripada tanah netral-alkali (pH tanah > 7), yang meningkatkan produktivitas tanaman (Loncaric et al., 2008). Namun, kelarutan logam berat dan beberapa unsur hara dapat melewati tingkat kritis toksisitas lingkungan pada tanah tersebut. Secara umum, biochar memiliki potensi dan kapasitas untuk mensubstitusi kapur untuk memperbaiki sifat tanah masam dan karenanya meningkatkan pertumbuhan tanaman (Wu et al., 2020).