ISSN 2988-4322

PROSIDING SIKMA

Seminar Ilmiah Kehutanan Mulawarman

VOLUME 3 NOMOR 1, MARET 2023

EDISI "IKLIM MIKRO DAN KENYAMANAN PADA BEBERAPA RUANG TERBUKA HIJAU DI KOTA SAMARINDA"

FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Selasa, 13 Desember 2022

Prosiding SIKMA
Volume 3 Nomor 1, Maret 2023 ISSN 2988-4322
Edisi "Iklim Mikro dan Kenyamanan pada Beberapa
Ruang Terbuka Hijau di Kota Samarinda"

PROSIDING

Seminar Ilmiah Kehutanan Mulawarman (SIKMA) 2023

Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman

Samarinda, 13 Desember 2022

Tema :

"Iklim Mikro dan Kenyamanan pada Beberapa Ruang Terbuka Hijau di Kota Samarinda"

Pembicara :

Prof. Dr. Karyati, S.Hut., M.P.

(Dosen Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman)

Fakultas Kehutanan

Universitas Mulawarman

Samarinda

PROSIDING

Seminar Ilmiah Kehutanan Mulawarman (SIKMA)

Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman

Panitia Pengarah :

Prof. Dr. R.R. Harlinda Kupradini., S.Hut., M.P.

Dr.rer.nat. Harmonis, S.Hut., M.Sc.

Dr. Erwin, S.Hut., M.P.

Dr.Hut. Yuliansyah, S.Hut., M.P.

Rachmat Budiwijaya Suba, S.Hut., M.Sc., Ph.D.

Prof. Dr. Ir. Rujehan, M.P.

Panitia Pelaksana :

Hj. Sulastri, S.Sos., M.Si.

Kusno, S.Pd., M.Pd.

Juanda, S.Sos., M.Si .

Hj. Endang Sariantina, SH.

Erika Deciawarman, S.Hut., M.P.

Lukito Rini Damayanti, S.Hut.

Sutikno

Suhartono

Erlina Yustika, S.Hut.

Bambang S.

La Bano, S.H.

Ropiani

Mardiatul Ufa, S.Hut.

Noor Hidayatus Sa'adah

Pembicara :

Prof. Dr. Karyati, S.Hut., M.P.

Reviewer :

Kiswanto, S.Hut., M.P., Ph.D.

Rachmat Budiwijaya Suba, S.Hut., M.Sc., Ph.D

Dr. Ir. Enih Rosamah, M.Sc.

Dr. Emi Purwanti, S.Hut., M.Si.

Ali Suhardiman, S.Hut., M.P., Ph.D

Editor :

Agmi Sinta Putri, S.Si., M.Hut.

Anisa Gifta Larasati, S.Hut.

Penyelenggara :

Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman

Kampus Gunung Kelua, Jl. Penajam Samarinda 75116

Telp : (0541) 735089, 749068

Fax : 735379

Email : sekretariat@fahutan.unmul.ac.id

Website : https://fahutan.unmul.ac.id

Penerbit :

Mulawarman University PRESS

Gedung LP2M Universitas Mulawarman

Jl. Krayan, Kampus Gunung Kelua

Samarinda – Kalimantan Timur – INDONESIA 75123

Telp/Fax : (0541) 747432

Email : mup.unmul@gmail.com

Tahun Terbit : 2023

Hak cipta dilindungi Undang-undang.

DAFTAR ISI

INTERSEPSI CURAH HUJAN, ALIRAN BATANG, DAN ALIRAN LOLOS PADA POHON CEMARA DI PANTAI NIRMALA KOTA BALIKPAPAN (Nadya Novia, Muhammad Syafrudin, Karyati)..... 1

KONDISI KELELAHAN KERJA PADA SAAT PANDEMI COVID-19 DI PT ITCI KARTIKA UTAMA KABUPATEN PENAJAM PASER UTARA (Aldiva Salma Alif, Dadang Imam Ghozali, Yosep Ruslim) . 12

PENGARUH PEMBERIAN PEMBENAH TANAH TERHADAP PERTUMBUHAN JELAI (*Coix lacryma-jobi* L) PADA LAHAN REHABILITASI PASCATAMBANG BATUBARA DI SAMARINDA KALIMANTAN TIMUR (Muhammad Ramadan, Wahjuni Hartati, Marjenah) 21

ANALISIS KUALITAS LUMP CHARCOAL PADA KAYU (*Vitex pinnata* L.) SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF DENGAN METODE PIROLISIS (Nuryadin, Yuliansyah, Wiwin Suwinarti) 41

STUDI POPULASI BEKANTAN (*Nasalis larvatus*) DI SEPANJANG SUNGAI TELAKE WILAYAH CAGAR ALAM TELUK ADANG KABUPATEN PASER KALIMANTAN TIMUR (Zuhairiyah Jamil, Albert Latson Manurung, Mochamad Syoim) 46

ANALISIS BREAK EVENT POINT DAN PRODUKSI PEMBUATAN PELLET ENERGI DENGAN BAHAN BAKU LABAN (*Vitex pinnata*) (Dwi Nurmayadha, Setiawati, Rindayatno) 54

STUDI KEHADIRAN BURUNG UNTUK PENGEMBANGAN EKOWISATA BIRDWATCHING DI KAWASAN KPHP MERATUS KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA (Dwi Maryadi, Alber Laston Manurung, Yaya Rayadin..... 60

KUALITAS PAPAN PARTIKEL BERDASARKAN KOMPOSISI PEREKAT PVAc (Polivinil Asetat) DAN PARTIKEL BATANG SINGKONG (*Manihot esculenta* Crantz.) (Sri Ramadhania, Rindayatno, Sri Asih Handayani..... 74

IKLIM MIKRO PADA KERAPATAN TAJUK POHON BERBEDA DAN LAHAN TERBUKA DI ARBORETUM BALAI DIKLAT LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN SAMARINDA (Agus Setiawan, Karyati, Muhammad Syafrudin) 84

ANALISIS KUALITAS AIR SUNGAI DAMPAK DARI INDUSTRI RUMAH TANGGA DI BANTARAN SUNGAI KARANG MUMUS DI KELURAHAN SUNGAI PINANG KOTA SAMARINDA (Aldy Juniansyah, Emi Purwanti, Marlon Ivanhoe Aipassa..... 92

PENDUGAAN CADANGAN KARBON PADA LAHAN PEKARANGAN MASYARAKAT DI DESA CIPARI MAKMUR KECAMATAN MUARA KAMAN KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA (Alvian Eris Purnama, Fadjar Pambudhi, Hari Siswanto) 101

PERAN KEBERADAAN HUTAN MANGROVE TERHADAP EKONOMI MASYARAKAT DESA TANJUNG LIMAU KECAMATAN MUARA BADAK (Alwiah, Bernaulus Saragih, Rujehan) 115

KEANEKARAGAMAN VEGETASI TINGKAT SEMAI DAN PANCANG PADA HUTAN SEKUNDER BEKAS KEBAKARAN BERULANG DI HUTAN LINDUNG SUNGAI WAIN (Amani Khairunnisa Permana, Paulus Matius, Rita Diana)..... 121

OBSERVASI KERAGAMAN JENIS BURUNG DI KAWASAN WISATA PULAU KUMALA KECAMATAN TENGGARONG (Dyna maulinda, Rustam, Chandradewana Boer)..... 132

PENGAWETAN KAYU MEDANG (Litsea cylindrocarpa Gamble) DENGAN METODE PERENDAMAN DINGIN DAN PANAS-DINGIN PADA KONSENTRASI YANG BERBEDA

MENGGUNAKAN BAHAN PENGAWET AKONAFOS 480 EC (Fahri Syaiful Ikhsan, Zainul Arifin, Irvin Dayadi)..... 141

PEMETAAN BATIMETRI SUNGAI KARANGMUMUS MENGGUNAKAN ECHOSOUNDER (Ferdinan Antonius Panutan, Yohanes Budi Sulistioadi, Marlon Ivanhoe Aipassa)..... 158

KARAKTERISTIK IKLIM MIKRO PADA LAHAN REVEGETASI DI LAHAN PASCA TAMBANG BATUBARA PT KUTAI ENERGI KALIMANTAN TIMUR (Hasbiyah, Sri Sarminah, Karyati) 168

PENAKSIRAN VOLUME POHON MELALUI PERHITUNGAN DIAMETER TAJUK POHON MENGGUKANAN FOTO UDARA (Drone) DI ARBORETUM BALAI DIKLAT LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN SAMARINDA (Rinda Febriatin Mujito, Heru Herlambang, Ali Suhardiman)..... 177

PENDUGAAN EROSI TANAH PADA TIGA TUTUPAN VEGETETASI BERBEDA DI KELURAHAN LEMPAKE KOTA SAMARINDA (Rio Dodi Simamora, Sri Sarminah, Karyati)..... 190

ANALISIS FLORISTIK DAN STRATIFIKASI TAJUK POHON PADA HUTAN BEKAS TERBAKAR BERULANG DI HUTAN LINDUNG SUNGAI WAIN (HLSW) KOTA BALIKPAPAN, KALIMANTAN TIMUR) (Kasmidar Arifuddin, Paulus Matius, Rita Diana)..... 201

KONTRIBUSI USAHA SARANG BURUNG WALET TERHADAP PENDAPATAN MASYARAKAT DESA APUNG KABUPATEN BULUNGAN (Nur Lela, Bernaulus Saragih, Rujehan)..... 212

KANDUNGAN POLUTAN (TIMBAL DAN KADAR DEBU) DAN UNSUR HARA MIKRO (BESI DAN MANGAN) PADA DAUN POHON-POHON DI SEPANJANG MEDIAN JALAN M. YAMIN (Nuril Mubin, Muhammad Syafrudin, Karyati)..... 219

DAMPAK KEBERADAAN PERUSAHAAN TAMBANG BATUBARA PADA KAWASAN HUTAN TERHADAP KONDISI SOSIAL EKONOMI MASYARAKAT DI KECAMATAN BUNYU PROVINSI KALIMANTAN UTARA (Reynaldy Christian Wowor, Bernaulus Saragih, Setiawati)..... 229

LAJU RESAPAN AIR PADA FORMASI TANAH BERBEDA DI SUB DAS KARANG ASAM BESAR KOTA SAMARINDA (Rika Sandra Yani Yohanes, Yohanes Budi Sulistioadi, Sri Sarminah, Marlon Ivanhoe Aipassa, Karyati) 236

KANDUNGAN DEBU DAN TIMBAL PADA DAUN POHON-POHON YANG DITANAM DI MEDIAN JALAN MARSMA R. ISWAHYUDI KOTA BALIKPAPAN (Riska Feristika, Karyati, Triyono Sudarmadji) 245

EFEK PERLAKUAN AWAL ALKALI TERHADAP PROSES DELIGNIFIKASI, PRODUKTIVITAS GULA TEREDUKSI DAN POTENSI BIOETANOL PADA KAYU *Vernonia amygdalina* Delile (Yogi Sari LY, Rudianto Amirta, Yuliansyah)..... 259

KANDUNGAN POLUTAN DAN UNSUR HARA MIKRO PADA DAUN POHON-POHON DOMINAN DI SEPANJANG JALAN UNTUNG SUROPATI KOTA SAMARINDA (Siti Dwi Hajah, Muhammad Syafrudin, Karyati 271

JENIS-JENIS BURUNG DI AREAL PERKEBUNAN KARET (*Hevea brasiliensis*) DESA UJOH BILANG, KECAMATAN LONG BAGUN KABUPATEN MAHAKAM ULU (Tri Alias Sujarwo Lawe, Chandradewana Boer, Albert Laston Manurung..... 284

PENGARUH PENGERINGAN ALAMI DAN OVEN SUHU BERBEDA TERHADAP KECEPATAN PENGERINGAN DAN SIFAT FISIKA BAMBU BETUNG (*Dendrocaamus asper*) DAN BAMBU KUNING (*Bambusa vulgaris striata*) (Nurlia, Edy Budiarso, Zainul Arifin)..... 291

PRAKATA

Puji dan Syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya sehingga prosiding Seminar Ilmiah Kehutanan Mulawarman (SIKMA) seri ke-14 (SIKMA 14) edisi Desember tahun 2022 dapat diselesaikan.

Prosiding ini berisikan hasil penelitian yang telah diseminasikan dalam kegiatan SIKMA 14 yang telah dilaksanakan pada tanggal 13 Desember 2022. Kegiatan SIKMA dilaksanakan secara periodik untuk menyediakan wadah diseminasi atau sosialisasi hasil-hasil penelitian terutama dalam bentuk tugas akhir baik sarjana, magister, maupun doktor. Artikel dalam prosiding ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam perkembangan IPTEK khususnya di bidang kehutanan dan lingkungan, meningkatkan pemahaman organisasi/institusi bidang kehutanan terhadap prinsip kehutanan, dan meningkatkan kemitraan dengan organisasi bidang kehutanan dalam upaya pengelolaan hutan dan lingkungan.

Kami mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berpartisipasi pada kegiatan SIKMA 14 tahun 2022, seluruh panitia yang telah bekerja keras dan membantu dalam terlaksananya kegiatan SIKMA 14 di lingkungan Fakultas Kehutanan dan penyusunan prosiding ini. Semoga prosiding ini mampu memberikan manfaat sebesar-besarnya kepada semua pihak.

Samarinda, Maret 2023
Dekan Fakultas Kehutanan
Universitas Mulawarman

Prof. Dr. RUDIANTO AMIRTA
NIP. 197210251997021001

Prosiding SIKMA
Volume 3 Nomor 1, Maret 2023 ISSN 2988-4322
Edisi "Iklim Mikro dan Kenyamanan pada Beberapa
Ruang Terbuka Hijau di Kota Samarinda"

KARAKTERISTIK IKLIM MIKRO PADA LAHAN REVEGETASI DI LAHAN PASCA TAMBANG BATUBARA PT KUTAI ENERGI KALIMANTAN TIMUR

Hasbiyah, Sri Sarminah*, Karyati

Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua, Jalan Ki Hajar Dewantara, PO Box 1013, Samarinda, Kalimantan Timur

E-mail: srisarminah.fahutanunmul2017@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia, especially East Kalimantan, has experienced many transfers of forest functions to mining land, which is also a contributor to climate change. Issues related to climate change and global warming are currently receiving important attention for environmental experts around the world. The purpose of this study was to determine the characteristics of the microclimate (sunlight intensity, air temperature, and air humidity) in the Post-Coal Mine Revegetation Land at different planting ages. The research method carried out is by taking data using an environment meter tool to measure light intensity, air temperature, and air humidity with measurements in the morning (07:00-08:00 WITA), during the day (12:00-13:00 WITA), afternoon (16:00-17:00 WITA). Data analysis is presented in the form of tables and graphs and narrated in a descriptive, qualitative and quantitative manner. The results of this study show that the high and low climate / weather elements such as light intensity, air temperature, and air humidity are interrelated. The highest light intensity in the 2019 revegetation area (1106,6 Lux) and the lowest in the 2015 revegetation area (538 Lux) as well as for secondary forests (426.1 Lux) this difference was influenced by the density of the tree canopy, where the 2015 revegetation was 23.27%, the 2017 revegetation was 14.43%, the 2019 revegetation was 7.21%, and secondary forests. The lowest air temperature occurred in the 2015 revegetation area (28.1°C) and the highest temperature in the 2017 revegetation area (29.3°C) while the secondary forest (26.5°C). The highest humidity occurred in the 2015 revegetation area (79.1%) and the lowest air humidity occurred in the 2019 revegetation area (68.1%) and secondary forests with a value (89.9%). Information about weather elements on revegetation lands for different planting years can be used as a reference to determine the climatic conditions in the post-mining revegetation land area of PT Kutai Energi.

Key words: Microclimate, revegetation, coal post-mining land, light intensity, air temperature, air humidity

ABSTRAK

Indonesia terutama Kalimantan Timur telah terjadi banyak pengalihan fungsi hutan menjadi lahan pertambangan hal ini turut menjadi penyumbang terjadinya perubahan iklim. Permasalahan yang berhubungan dengan perubahan iklim dan pemanasan global saat ini sedang mendapat perhatian penting bagi para ahli lingkungan di seluruh dunia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik iklim mikro (intensitas cahaya matahari, suhu udara, dan kelembapan udara) di lahan revegetasi pasca tambang batubara pada umur tanam berbeda. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan pengambilan data menggunakan alat *environment meter* untuk mengukur intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembapan udara dengan pengukuran pada pagi hari (07:00-08:00 WITA), siang hari (12:00-13:00 WITA), sore (16:00-17:00 WITA). Analisis data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik secara deskriptif, kualitatif dan kuantitatif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tinggi rendahnya unsur iklim/cuaca seperti intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembapan udara saling berkaitan. Intensitas cahaya tertinggi pada areal revegetasi 2019 (1106,6 Lux) dan terendah pada areal revegetasi 2015 (538 Lux) serta untuk hutan sekunder (426,1 Lux) perbedaan ini dipengaruhi oleh kerapatan tajuk pohon, dimana revegetasi 2015 23,27%, revegetasi 2017 14,43%, revegetasi 2019 7,21%, dan hutan sekunder. Suhu udara terendah terjadi pada areal revegetasi 2015 (28,1°C) dan suhu tertinggi pada areal revegetasi 2017 (29,3°C) sedangkan hutan sekunder (26,5°C). Kelembapan udara tertinggi terjadi pada areal revegetasi 2015 (79,1%) dan kelembapan udara terendah terjadi pada areal revegetasi 2019 (68,1%) serta hutan sekunder dengan nilai (89,9%). Informasi mengenai unsur-unsur cuaca pada lahan revegetasi tahun tanam berbeda dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kondisi iklim di wilayah lahan revegetasi pasca tambang PT Kutai Energi.

Kata Kunci: Iklim mikro, revegetasi, lahan pasca tambang batubara, intensitas cahaya, suhu udara, kelembapan udara

PENDAHULUAN

Indonesia terutama Kalimantan Timur telah terjadi banyak pengalihan fungsi hutan menjadi lahan pertambangan hal ini turut menjadi penyumbang terjadinya perubahan iklim. Ketika kebutuhan terhadap batubara semakin meningkat di awal tahun 1990-an, maka banyak pengusaha dan warga masyarakat yang ikut terjun dalam bisnis tambang “emas hitam” ini, bahkan secara ilegal. Saat itu dimulai adanya praktik pertambangan tanpa izin atau dikenal istilah PETI. Aktivitas dari suatu kegiatan usaha, seperti pertambangan batubara pada hakekatnya tidak boleh menjadi penyebab “kerugian” bagi pihak-pihak tertentu atau kelompok mayoritas masyarakat umum (Nurul dan Rakhmat, 2019).

Permasalahan yang berhubungan dengan perubahan iklim dan pemanasan global saat ini sedang mendapat perhatian penting bagi para ahli lingkungan di seluruh dunia dimana isu sentral yang diangkat menjadi penyebab terjadinya perubahan iklim dan pemanasan global adalah terjadinya degradasi hutan yang cukup signifikan pada beberapa dekade ini (Rayadin, dkk., 2015).

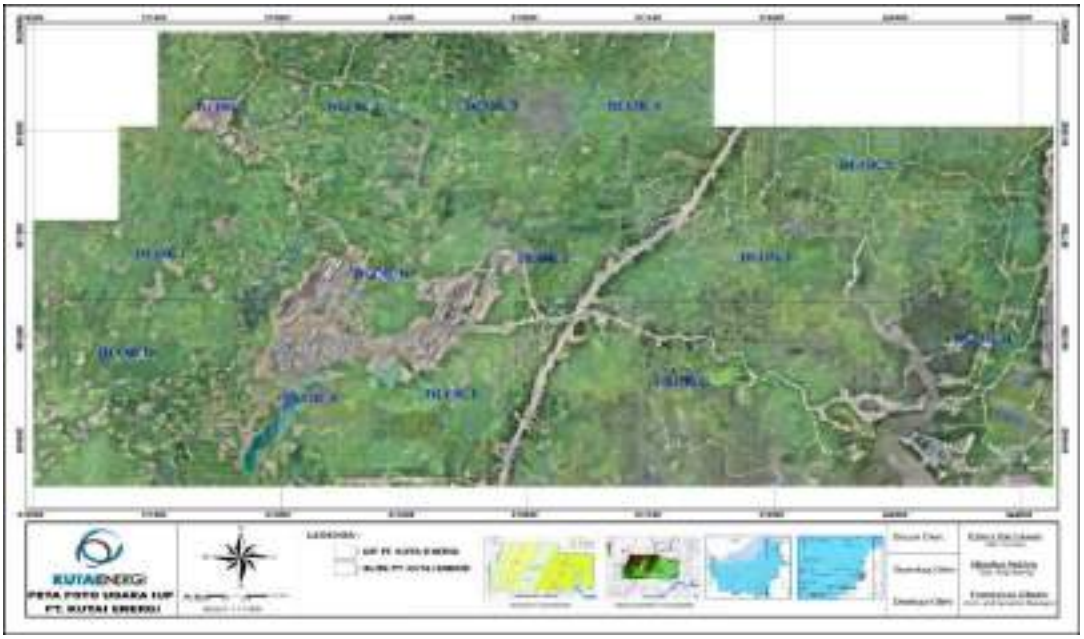
PT Kutai Energi sebagai salah satu perusahaan tambang batubara yang ada di Kecamatan Loa janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur didirikan pada tahun 2005, dan pada tahun 2018 perseroan diresmikan oleh pemerintah Provinsi Kalimantan Timur melalui Dinas Pelayanan Terpadu Satu Pintu, dan memiliki kewajiban untuk merehabilitasi area bekas tambang sesuai dengan Kepmen ESDM No 1827/K/30/MEM/2018 tahun 2018 Lampiran V dan VI tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang baik. dan PP No 78/2010 tentang Reklamasi dan Pasca tambang.

Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui karakteristik dan perbedaan iklim mikro (intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembapan udara), di lahan revegetasi pasca tambang batubara pada umur tanam berbeda.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lahan revegetasi tahun tanam 2019, 2017, dan 2015 lahan pasca tambang batubara PT Kutai Energi, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di PT Kutai Energi, Desa Tani Harapan, Kecamatan Loa Janan, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Environment meter*, *Global Positioning System (GPS),* kamera, laptop, *tally sheet*, dan pulpen.

Prosedur Penelitian

a. Pengukuran Proyeksi Tajuk

Pengukuran proyeksi tajuk dilakukan pada lokasi titik pengambilan data unsur iklim yaitu di umur tanam berbeda dan hutan sekunder dengan membuat pola persegi dengan menarik 5 meter dari titik pengambilan data ke arah utara, selatan, timur, dan barat. Pengambilan data proyeksi tajuk menggunakan aplikasi *Canopy App* yang telah terpasang di ponsel dan diukur dengan cara mengarahkan kamera depan ke atas atau tepat di bawah tajuk pohon, kemudian mengambil gambar dan secara otomatis nilai persentase tajuk akan muncul kemudian pilih menu *submit* maka gambar yang telah diambil akan tersimpan. Pengambilan gambar dilakukan beberapa kali dari titik pengambilan data unsur iklim hingga jarak 5 meter ke setiap arah (utara, selatan, timur, dan barat), kemudian dirata-ratakan untuk mengetahui nilai persentase tajuk pohon.

b. Pengolahan dan Analisis Data

Intensitas cahaya rata-rata harian diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$IC_{harian} = \frac{ICpagi + ICsiang + ICsore}{3}$$

Keterangan: IC_{rataan} = Intensitas cahaya matahari harian (Lux), $IC_{pagi,}$ $IC_{siang, dan}$ IC_{sore} = Intensitas cahaya matahari pada pengukuran pagi, siang, dan sore hari (Lux).

Suhu udara rata-rata harian dan kelembapan udara rata-rata harian diperoleh dengan menggunakan rumus (Sabaruddin, 2012):

$$T_{harian} = \frac{2Tpagi + Tsiang + Tsore}{4}$$

Keterangan: T_{harian} = Suhu udara rata-rata harian (°C), $T_{pagi,}$ $T_{siang, dan}$ T_{sore} = Suhu udara pengukuran pagi hari, siang, dan sore hari (°C)

$$RH_{harian} = \frac{2RHpagi + RHsiang + RHsore}{4}$$

Keterangan: RH_{rataan} = Kelembapan udara rata-rata harian (%), $RH_{pagi,}$ $RH_{siang,}$ dan RH_{sore} = Kelembapan udara pengukuran pagi hari, siang, dan sore hari (%)

Data iklim mikro tersebut dianalisis secara statistik dengan uji F atau uji ANOVA *One Way* (*Analysis of Variance*) untuk mengetahui perbedaan rata-rata unsur-unsur iklim mikro pada umur tanam berbeda (2019, 2017, 2015). Hipotesis yang digunakan sebagai berikut:

H_0: Tidak ada perbedaan antara intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembapan udara, rata pada umur tahun tanam berbeda (2019, 2017, 2015).

H_1: Ada perbedaan antara intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembapan udara, rata-rata pada umur tahun tanam berbeda (2019, 2017, 2015).

Pengambilan keputusan adalah:

Jika nilai F hitung <F tabel pada level 5%, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak;

Jika nilai F hitung >F tabel pada level 5% maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakteristik Iklim Mikro

1. Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas cahaya matahari rata-rata berdasarkan tiga waktu pengukuran yaitu pagi hari (07.00-08.00 WITA), siang hari (12.00-13.00 WITA), dan sore hari (16.00-17.00 WITA) pada umur tanam berbeda yaitu 2019, 2017, 2015 dan Hutan Sekunder yang ditunjukkan pada Tabel 1.

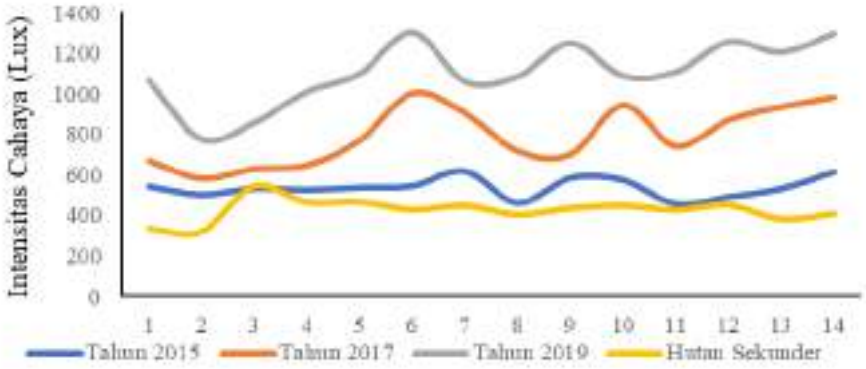
Tabel 1. Intensitas Cahaya Matahari Rata-rata pada Tiga Tutupan Lahan Berbeda

Lokasi	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)			
	Pagi	Siang	Sore	Rataan Harian
Revegetasi 2019	697,0	1464,0	1159,0	1106,6
Revegetasi 2017	481,0	1133,0	763,0	792,3

Revegetasi 2015	330,0	814,0	469,0	538,0
Hutan Sekunder	267,7	613,4	401,1	427,0

Keterangan: Waktu pengambilan pagi hari pada pukul 07.00-08.00 WITA; siang hari pada pukul 12.00-13.00 WITA, dan sore hari pada pukul 16.00-17.00 WITA

Perbandingan data rata-rata harian intensitas cahaya matahari selama 2 minggu pengamatan pada umur tanam berbeda dan hutan sekunder disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Intensitas Cahaya Matahari Rataan Harian Revegetasi 2019, Revegetasi 2017, Revegetasi 2015, dan Hutan Sekunder

Pengukuran intensitas cahaya dilakukan dengan menggunakan *Environment meter* mode lux. Satuan yang digunakan untuk intensitas cahaya adalah Lux. Setiap lokasi penelitian dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali pengambilan dalam sehari. Intensitas cahaya matahari pada suatu lokasi akan dipengaruhi oleh kondisi cuaca misalnya cuaca mendung dan matahari tertutup awan. Intensitas cahaya rata-rata di areal revegetasi PT Kutai Energi nilai rata-rata terendah terdapat pada revegetasi 2015 sebesar 538,0 lux, kemudian pada revegetasi 2017 sebesar 793,0 Lux, dan nilai rata-rata tertinggi terdapat pada revegetasi 2019 dengan nilai 1106,0 Lux.

Berdasarkan hasil pengukuran intensitas cahaya pada lahan revegetasi pasca tambang PT Kutai Energi, tingginya intensitas cahaya pada lahan revegetasi 2019 selain karena tahun tanam yang tergolong muda dibanding dengan revegetasi lainnya, kerapatan tajuk pada revegetasi 2019 juga secara umum memiliki kerapatan tajuk yang rendah bahkan terbuka dengan nilai 7,21%. sehingga menyebabkan tingginya sinar matahari yang masuk pada sela-sela tajuk tanaman revegetasi. Rendahnya intensitas cahaya pada areal revegetasi 2015 karena tahun tanam yang tergolong tua sehingga tajuk pohonnya pun tertutup. Berbeda dengan hutan sekunder dengan keanekaragaman jenis tanaman didalamnya yang memiliki karakteristik berdaun lebar dengan keberagaman umur, sehingga pertautan antar tajuk pada hutan sekunder dikategorikan rapat dengan nilai 43,57% yang menyebabkan intensitas cahaya pada hutan sekunder menjadi lebih rendah.

Rayadin (2016) menjelaskan intensitas cahaya matahari dipengaruhi oleh lama penyinaran matahari, yaitu matahari bersinar cerah sampai ke permukaan dalam periode satu hari mulai terbit sampai terbenam, di sisi lain tutupan tajuk pohon juga dapat mempengaruhi tingkat intensitas cahaya yang masuk pada permukaan tanah, dimana semakin rapat tajuk tanaman maka akan semakin rendah intensitas cahaya yang masuk sampai ke permukaan tanah.

Berdasarkan hasil pengukuran intensitas cahaya matahari, dapat dilihat dari nilai terendah pada lahan revegetasi tahun 2015, hal ini dikarenakan tutupan tajuk yang rapat, karena selain ditanami tanaman utama berupa sengon laut *(Falcataria moluccana)* dengan karakteristik daun berbentuk kecil-kecil yang tersusun majemuk menyirip ganda dan jarak tanaman yang cukup rapat, sehingga sinar matahari yang masuk pada lahan revegetasi tahun 2015 diserap daun yang digunakan untuk fotosintesis.

Lahan revegetasi 2019 yang ditumbuhi tanaman yang masih berumur muda dan dengan jenis vegetasi dominan sengon laut *(Falcataria moluccana)* sehingga belum ada perhubungan antar tajuk, sehingga nilai intensitas cahaya menjadi tinggi. Berbeda pula dengan hutan sekunder dengan keberagaman jenis diantaranya meranti *(Shorea* sp.*),* medang *(Actinodaphne glabra)*, merambung *(Vernonia arborea),* dan laban *(Vitex pinnata)*. Karakteristik yang memiliki daun lebar dengan keberagaman umur, sehingga perhubungan antar tajuk pada hutan sekunder dikategorikan rapat 43,57% yang menyebabkan intensitas cahaya pada hutan sekunder menjadi rendah.

Menurut Karyati (2016), keberadaan vegetasi mempengaruhi jumlah sinar matahari yang masuk ke lantai hutan. Tajuk pohon memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam meneruskan sinar matahari sampai ke permukaan tanah, sehingga menyebabkan besarnya intensitas cahaya yang masuk pada kondisi kawasan juga akan berbeda tergantung kondisi kawasan tersebut ada vegetasi atau tidak. Vegetasi pada pohon yang memiliki naungan secara langsung berpengaruh terhadap intensitas cahaya yang sampai di permukaan tajuk tanaman. Hal ini karena pohon memiliki tajuk yang dapat menyebarkan sinar matahari sehingga intensitas cahaya yang masuk pada setiap kawasan juga berbeda yang dipengaruhi oleh kondisi pada kawasan tersebut yang memiliki vegetasi atau tidak (Sanger dkk, 2016).

Uji statistik melalui uji F *One Way* Anova (*Analysis of Variance*) dengan taraf nyata 0,05 terhadap intensitas cahaya matahari pada tiga tahun tanam berbeda menunjukkan bahwa nilai F hitung > F tabel, maka H_0 ditolak H_1 diterima sehingga terdapat perbedaan nyata intensitas cahaya matahari pada pagi hari, siang hari, dan sore hari selama 14 hari pengukuran.

2. Suhu Udara

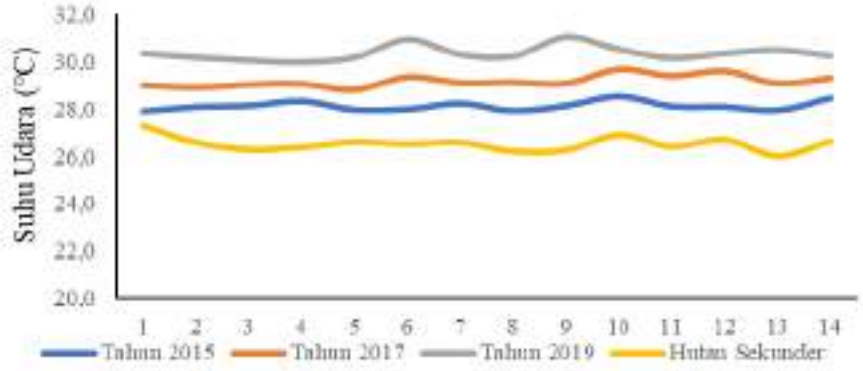
Suhu udara rata-rata berdasarkan tiga waktu pengukuran yaitu pagi hari (07:00-08:00 WITA), siang hari (12:00-13:00 WITA), dan sore hari (16:00-17:00 WITA) pada tiga tahun tanam berbeda ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Suhu Udara Rata-rata pada Tiga Tahun Tanam Berbeda dan Hutan Sekunder

Lokasi	Suhu Udara (°C)			
	Pagi	Siang	Sore	Rataan Harian
Revegetasi 2019	28,7	32,9	31,4	31,0
Revegetasi 2017	27,4	31,8	30,2	29,8
Revegetasi 2015	26,7	30,4	28,7	28,6
Hutan Sekunder	25,1	28,8	26,9	26,9

Keterangan: Waktu pengambilan pagi hari pada pukul 07:00-08:00 WITA; siang hari pada pukul 12:00-13:00 WITA; dan sore hari pukul 16:00-17:00 WITA.

Perbandingan data harian rata-rata harian suhu udara selama 2 minggu pengamatan pada 3 tahun tanam berbeda yaitu Revegetasi 2019, Revegetasi 2017, Revegetasi 2015, dan hutan sekunder disajikan pada Gambar 3 .



Gambar 3. Suhu Udara Rataan Harian di Revegetasi 2019, Revegetasi 2017, Revegetasi 2015, dan Hutan Sekunder

Pengukuran suhu udara dilakukan untuk mengetahui fluktuasi suhu udara harian pada lahan revegetasi pasca tambang. Hasil pengukuran tersebut merupakan nilai relatif yang bersifat tidak mutlak. Fluktuasi suhu udara harian rata-rata pada lahan revegetasi pasca tambang dan hutan sekunder, dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti pengaruh panas sinar matahari, serta cuaca pada saat pengukuran dilakukan. Sinar matahari yang masuk diantara sela-sela tajuk pohon akan mempengaruhi nilai suhu udara yang didapatkan (Slamet, 2008).

Berdasarkan data suhu udara rata-rata harian pada kawasan revegetasi pasca tambang dan hutan sekunder di PT Kutai Energi maka nilai suhu udara rata-rata pada kawasan revegetasi pasca tambang dari tahun 2019 sampai dengan 2015 yang paling mendekati hutan sekunder adalah revegetasi tahun 2015 dengan rata-rata 26,7°C. Hal ini dikarenakan kawasan revegetasi tahun 2015 mempunyai nilai kerapatan tajuk 23,27% selain dipengaruhi oleh serasah yang lebih tebal juga tanaman penutup seperti semak belukar yang banyak dan juga karena iklim mikro terutama kondisi suhu udara dipengaruhi oleh lamanya intensitas cahaya yang masuk dan diserap oleh suatu daerah.

Hasil pengukuran suhu udara pada lahan revegetasi pasca tambang dengan hutan sekunder di PT Kutai Energi maka hasil pengukuran suhu udara rata-rata harian pada hutan sekunder lebih rendah dengan nilai 26,2°C disebabkan oleh keragaman umur vegetasi yang ada di hutan sekunder dengan ditemukannya pancang, tiang, dan pohon sehingga pertemuan tajuk pada hutan sekunder lebih rapat dengan nilai kerapatan tajuk 43,57%. Hal ini dikarenakan bahwa semakin tinggi nilai kerapatan tajuk pohon maka dapat mengurangi energi radiasi matahari sehingga penyusutan suhu udara disekitarnya dan keadaan udara pada suatu daerah akan berbeda karena dipengaruhi oleh tutupan lahan (vegetasi) dan pengaruh angin (Sanger dkk, 2016).

Uji statistik melalui uji F *One Way* Anova (*Analysis of Variance*) dengan taraf nyata 0,05 terhadap suhu udara pada tiga tahun tanam berbeda menunjukkan bahwa nilai F hitung > F tabel, maka H_0 ditolak H_1 diterima sehingga terdapat perbedaan nyata suhu udara pada pagi hari, siang hari, dan sore hari selama 14 hari pengukuran.

3. Kelembapan Udara

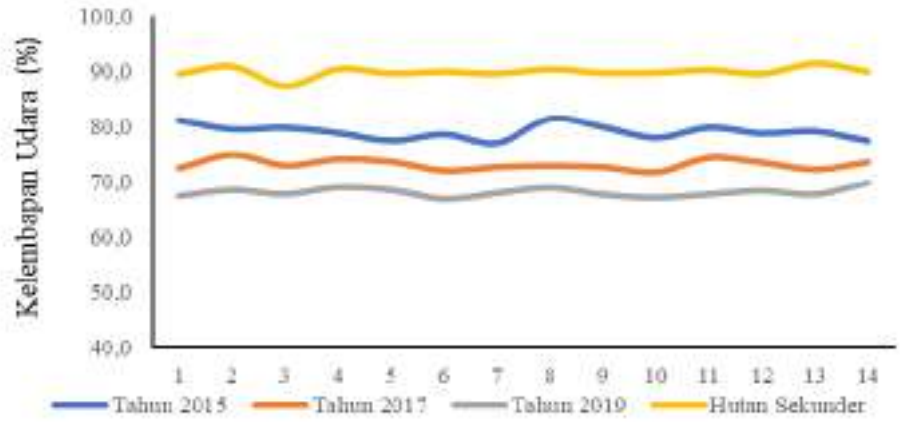
Kelembapan udara rata-rata berdasarkan tiga waktu pengukuran yaitu pagi hari (07.00-08.00 WITA), siang hari (12.00-13.00 WITA), dan sore hari (16.00- 17.00 WITA) pada tiga tahun tanam berbeda ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kelembapan Udara Rata-Rata pada Tiga Tahun Tanam Berbeda dan Hutan Sekunder

Lokasi	Kelembapan Udara (%)			
	Pagi	Siang	Sore	Rataan Harian
Revegetasi 2019	80,0	51,5	60,9	64,1
Revegetasi 2017	84,0	57,8	66,6	69,4
Revegetasi 2015	87,7	68,5	72,4	72,2
Hutan Sekunder	93,8	84,1	84,2	87,3

Keterangan: Waktu pengambilan pagi hari pada pukul 07.00-08.00 WITA; siang hari pada pukul 12.00-13.00 WITA, dan sore hari pada pukul 16.00-17.00 WITA

Perbandingan rata-rata harian kelembapan udara selama 2 minggu pengamatan pada tiga tahun tanam berbeda dan hutan sekunder sebagaipembandingnya disajikan pada Gambar 4.



Gambar 6. Kelembapan Rataan Harian di Revegetasi 2019, Revegetasi 2017, Revegetasi 2015, dan Hutan Sekunder

Kelembapan udara rata-rata harian terendah pada lahan revegetasi tahun 2019 dengan nilai rata-rata 68,1% dan kelembapan udara rata-rata tertinggi adalah pada tahun 2015 dengan nilai rata-rata 79,1%. Perbedaan kelembapan udara pada lokasi satu dengan yang lain dipengaruhi oleh kondisi lingkungan setempat. Faktor utama yang mempengaruhi kelembapan udara adalah cahaya sinar matahari dan kadar uap air di udara. Sama hal nya dengan hutan sekunder yang memiliki keberagaman umur vegetasi yang ada pada kawasan tersebut dengan ditemukanya pancang, tiang, dan semai sehingga menyebabkan tingkat kelembapan udara pada hutan sekunder tinggi yaitu 89,9%. Lahan revegetasi pasca tambang tahun 2015 mempunyai nilai suhu udara yang rendah sehingga nilai kelembapan udara pada lahan revegetasi tersebut tinggi, yang dipengaruhi oleh kerapatan tajuk pada lahan revegetasi tersebut, dimana lahan revegetasi 2015 memiliki tingkat kerapatan tajuk yaitu 23,7%.

Menurut Prasetyo (2012), tipe harian kelembapan udara bertentangan dengan tipe suhu udara, kelembapan udara sangat dipengaruhi oleh suhu udara apabila suhu udara meningkat maka kelembapan udara akan menurun. Suhu udara yang mengalami penyusutan menyebabkan terjadinya defisit tekanan uap akan menurun, sehingga kapasitas udara dalam menampung uap air menurun dan menyebabkan kelembapan udara semakin meningkat. Kelembapan udara pada siang hari relatif lebih

rendah apabila dibandingkan dengan kelembapan udara pagi dan sore hari. Kelembapan udara pada malam hari relatif lebih tinggi dibandingkan siang hari, hal ini disebabkan karena intensitas radiasi matahari yang berkurang. Hal ini sesuai dengan nilai suhu udara pada kawasan revegetasi pasca tambang tahun 2015, dimana suhu udara dan kelembapan udara memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Jika nilai suhu udara semakin rendah, maka nilai kelembapan pada areal tersebut tinggi, sedangkan jika nilai suhu udara tinggi maka nilai kelembapan pada areal tersebut rendah (Utomo, 2009).

Uji statistik melalui uji F *One Way* Anova (*Analysis of Variance*) dengan taraf nyata 0,05 terhadap kelembapan udara pada tiga tahun tanam berbeda menunjukkan bahwa nilai F hitung > F tabel, maka H_0 ditolak H_1 diterima sehingga terdapat perbedaan nyata kelembapan udara pada pagi hari, siang hari, dan sore hari selama 14 hari pengukuran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diberikan kesimpulan bahwa Kondisi iklim mikro pada hutan sekunder adalah Intensitas Cahaya (427,0 Lux), Suhu udara (26,9°C) dan Kelembapan udara (87,3%). Intensitas cahaya tertinggi pada revegetasi 2019 (1106,6 Lux) dan terendah pada revegetasi 2015 (538 Lux). Suhu udara tertinggi pada revegetasi 2019 (29,3°C), dan suhu udara terendah pada revegetasi 2015 (28,1°C). Kelembapan udara tertinggi terjadi pada areal revegetasi 2015 (79,1%) dan kelembapan udara terendah terjadi pada areal revegetasi 2019 (68,1%). Kondisi iklim mikro pada lahan revegetasi tahun tanam 2015 hampir mendekati kondisi iklim mikro di hutan sekunder dan PT Kutai Energi berhasil melakukan reklamasi lahan pasca tambang.

DAFTAR PUSTAKA

Karyati, Ardianto S, Syafrudin M. 2016. Fluktuasi iklim mikro di Hutan Pendidikan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman. Agrifor, XV(1): 83-92

Karyati. (2019). *Mikroklimatologi Hutan*. Mulawarman University Press. Samarinda.

Nurul, L., dan Rakhmat, N. (2016). Dampak Pertambangan terhadap Lingkungan Hidup di Kalimantan Selatan dan Implikasinya bagi Hak-Hak Warga Negara.

Prasetyo, Anugrah Teguh (2012) *Pengaruh ruang terbuka hijau (RTH) terhadap iklim mikro di Kota Pasuruan.* Diploma thesis, Universitas Negeri Malang.

Rayadin, Y., Syamsudin, J., Ayatussurur, M, Qomari, N., Pradesta, H., Priahutama, A., dan Putri, R.O. (2016). *Laporan Pendugaan Biomassa dan Cadangan Karbon. Kerjasama PT Kideco Jaya Agung dan Ecositrop*. Samarinda. (Tidak Dipublikasikan).

Sabaruddin L. 2012. Agroklimatologi Aspek-sspek Klimatik untuk Sistem Budidaya Tanaman. Alfabeta. Bandung.

Sanger YYJ, Rogi R, Rombang, JA. 2016. Pengaruh tipe tutupan lahan terhadap iklim mikro di Kota Bitung. Agri-SosioEkonomi Unsrat, 12(3A): 105 – 116.

Slamet B. 2008. Iklim Mikro bagi Anakan Tegakan Hutan. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Utomo, D. H. (2009). *Meteorologi Klimatologi dalam Studi Geografi.* University. University Malang Press. Malang.

Prosiding SIKMA
Volume 3 Nomor 1, Maret 2023 ISSN 2988-4322
Edisi "Iklim Mikro dan Kenyamanan pada Beberapa
Ruang Terbuka Hijau di Kota Samarinda"

PENDUGAAN EROSI TANAH PADA TIGA TUTUPAN VEGETETASI BERBEDA DI KELURAHAN LEMPAKE KOTA SAMARINDA

Rio Dodi Simamora, Sri Sarminah*, Karyati
Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua, Jalan Ki Hajar Dewantara, PO Box 1013, Samarinda, Kalimantan Timur
E-mail : srisarminah.fahutanunmul2017@gmail.com

ABSTRACT

The rapid growth of the population resulted in an increase in the needs of life both in quantity and quality, while the availability of land resources decreased and was very limited. Conflicting situations increase pressure on land resources that are forced to produce as high as possible causing land damage including erosion. This study aims to estimate the erosion rate and establish erosion hazard level (TBE) status on three land covers (secondary forest, shrubland, open land). The time of this study was carried out for seven months effective, starting from December 2021 to June 2022. The method used in this study is the stick method with a length of 1 m and a plot measuring 20 m × 15 m as many as 3 plots, namely a measurement plot in a secondary forest, shrubs and open land as well as soil sampling for soil physical and chemical properties. The results showed that the highest erosion rate value in Lempake Village, Samarinda City occurred in open land, which was 1862,60 tons ha^{-1} $year^{-1}$, and shrubs of 765,040 tons Ha^{-1} $year^{-1}$, included in class V (very heavy), while the lowest erosion rate value occurred in secondary forests, namely 74,80 tons ha^{-1} year, including in class III (currently). In connection with controlling the erosion rate, it is recommended to apply vegetative methods such as planting legume cover crop soil cover vegetation and enrichment of fast growing species.

Keywords: Erosion Rate, Secondary Forest, Shrubs, Open Land, Physical and Chemical Properties of Soil

ABSTRAK

Pertumbuhan populasi yang sangat cepat mengakibatkan peningkatan kebutuhan hidup baik secara kuantitas maupun kualitas, sedangkan ketersediaan sumber daya lahan menurun dan sangat terbatas. Situasi yang saling bertentangan meningkatkan tekanan terhadap sumber daya lahan yang dipaksa untuk berproduksi setinggi mungkin yang menyebabkan kerusakan lahan termasuk erosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju erosi dan menetapkan status tingkat bahaya erosi (TBE) pada tiga tutupan vegetasi yang berbeda (hutan sekunder, semak belukar, lahan terbuka). Waktu penelitian ini dilakukan selama tujuh bulan efektif, mulai dari Desember 2021 hingga Juni 2022. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode tongkat dengan panjang 1 m dan plot yang berukuran 20 m × 15 m sebanyak 3 petak yaitu plot pengukuran di hutan sekunder, semak belukar dan lahan terbuka serta pengambilan sampel tanah untuk sifat fisik dan kimia tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai laju erosi tertinggi pada tiga tutupan vegetasi tersebut terjadi di lahan terbuka, yaitu sebesar 1862,60 ton ha^{-1} $tahun^{-1}$, semak belukar sebesar 765,04 ton ha^{-1} $tahun^{-1}$, termasuk kedalam kelas V (sangat berat), sedangkan nilai laju erosi terendah terjadi pada hutan sekunder yaitu sebesar 74,80 ton ha^{-1} $tahun^{-1}$, termasuk kedalam kelas III (sedang). Sehubungan dengan pengendalian laju erosi, disarankan untuk menerapkan metode vegetatif seperti menanam vegetasi penutup tanah jenis *legume cover crop* dan pengayaan tanaman *fast growing species*.

Kata Kunci: Erosi Tanah, Hutan Sekunder, Semak Belukar, Lahan Terbuka, Sifat Fisik dan Kimia Tanah

PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk yang sangat pesat mengakibatkan peningkatan kebutuhan hidup baik secara kuantitas maupun kualitas, sedangkan ketersediaan sumber daya lahan semakin berkurang dan sangat terbatas. Keadaan dua hal yang saling bertentangan tersebut meningkatkan tekanan terhadap sumber daya lahan yang dipaksa untuk berproduksi setinggi-tingginya yang menyebabkan

terjadinya kerusakan lahan diantara nya erosi (Rahim, 2000). Lahan dalam suatu ekosistem merupakan salah satu komponen alam yang berfungsi sebagai tempat beraktivitas berbagai makhluk hidup. Salah satu permasalahan lahan yang umum terjadi di Indonesia adalah erosi (Marjuki, 2008). Erosi menyebabkan hilangnya lapisan tanah yang subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman serta berkurangnya kemampuan tanah untuk menyerap dan menahan air (Arsyad, 2010). Vegetasi mempunyai peranan penting dalam pengendalian erosi dan limpasan permukaan tanah (Sarminah, dkk., 2018), dalam hal ini vegetasi memberikan perlindungan terhadap tanah dari proses penghancuran oleh hujan dan aliran permukaan, dengan demikian dapat membatasi kekuatan merusak dari hujan dan aliran permukaan (Asdak, 2010). Suripin (2004) menyatakan bahwa di daerah-daerah tropis yang lembab seperti di Indonesia dengan rata-rata curah hujan melebihi 1500 mm per tahun maka air merupakan penyebab utama terjadinya erosi.

Kondisi lahan di Kelurahan Lempake diketahui bahwa lahan tersebut mengalami erosi yang ditandai dengan hilangnya kesuburan tanah akibat hanyutnya partikel-partikel atau mineral dalam tanah sehingga sulit dijadikan lahan pertanian, penurunan kemampuan tanah dalam menyerap air (infiltrasi) yang menyebabkan terjadinya banjir, perubahan struktur tanah akibat kurangnya vegetasi *cover crop* yang menyebabkan terjadinya erosi. Beberapa penelitian tentang pendugaan erosi tanah pada beberapa tipe tutupan lahan berbeda telah dilaporkan oleh Sarminah, dkk. (2017), Pasaribu, dkk. (2018), Sarminah dan Prititania (2018), Nugraheni (2021), dan Badaruddin, dkk. (2021), namun penelitian tentang pendugaan erosi tanah pada tiga tutupan lahan berbeda di Kelurahan Lempake dengan menggunakan tongkat erosi masih terbatas sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pendugaan erosi tanah pada tiga tutupan vegetasi berbeda pada wilayah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar laju erosi dan status tingkat bahaya erosi yang terjadi pada tiga tutupan vegetasi berbeda (hutan sekunder, semak belukar, dan lahan terbuka) di Kelurahan Lempake Kota Samarinda.

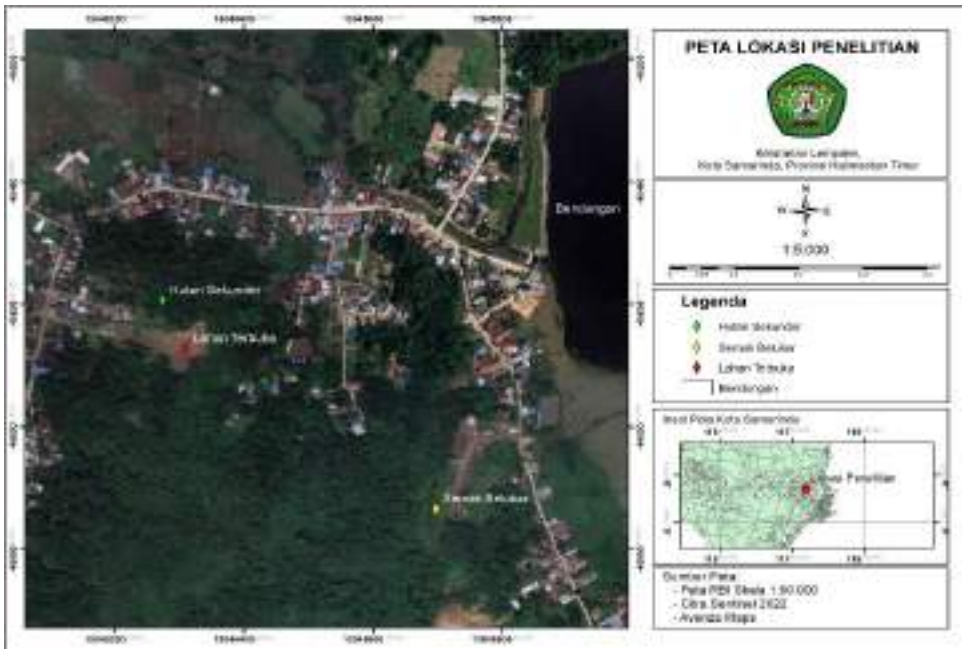
BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Kelurahan Lempake, Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi penelitian ini tersebar di tiga lokasi tutupan lahan berbeda, yaitu hutan sekunder, semak belukar, dan lahan terbuka. Penelitian ini dimulai dari bulan Desember 2021 sampai Juni 2022. Lokasi peta penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkat erosi, palu, cat, bor tanah, jangka sorong, pipa, corong, alat tulis, *clinometer*, kompas, GPS (*global positioning system)*, kamera, laptop, ring sampel tanah, dan meteran.

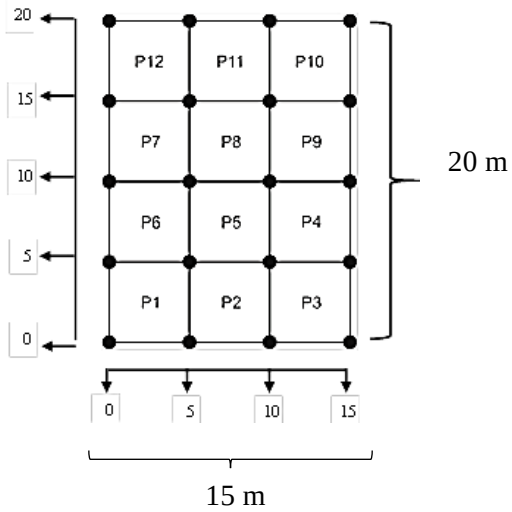


Gambar 1. Lokasi penelitian di Kelurahan Lempake, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur

Prosedur Penelitian

a. Pembuatan Plot Erosi

Plot ukur erosi dibuat berjumlah tiga plot pada tiga titik lokasi yang telah ditentukan dengan luas masing-masing plot 20 m × 15 m. Plot tersebut dibuat sub plot dengan ukuran 5 m × 5 m dan setiap ujung plot masing-masing dipasang tongkat ukur erosi, sehingga dalam satu plot terdapat 12 (dua belas) sub plot ukur erosi dan 20 (dua puluh) tongkat ukur erosi. Ilustrasi plot ukur erosi ini dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 2.

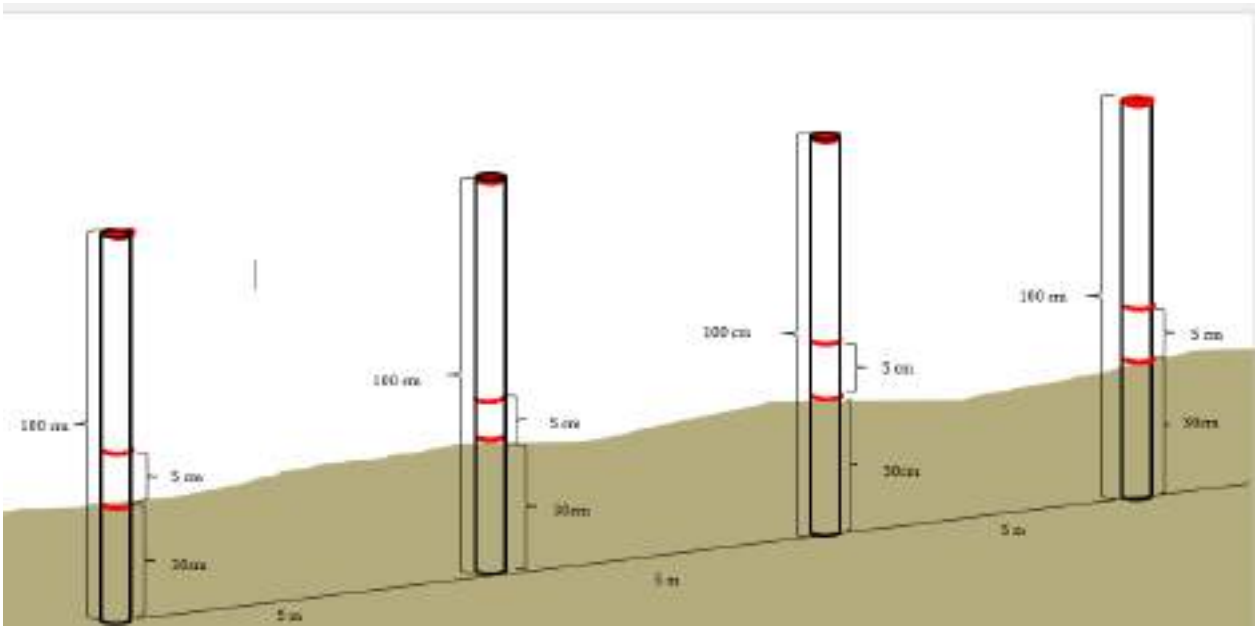


Keterangan: P1, P2, …, P12 = Plot 1, Plot 2, Plot 12

Gambar 2. Ilustrasi plot ukur erosi berukuran 20 m × 15 m

Tongkat erosi dibuat dari bahan kayu dengan panjang tongkat erosi 100 cm, di mana sepanjang 30 cm dibenamkan ke dalam tanah (tersisa 70 cm). Adapun warna merah di tengah-tengah patok erosi

sebagai batas yang dihitung dan juga mempermudah dalam pengukuran. Berikut adalah Gambar 3 ilustrasi tongkat erosi yang digunakan.



Gambar 3. Ilustrasi Pemasangan Tongkat Ukur Erosi

b. Pendugaan Laju Erosi

Pendugaan erosi dilakukan berdasarkan perubahan permukaan tanah yang hilang dalam satuan milimeter (mm) dan diukur dengan jangka sorong pada setiap tongkat ukur erosi, pengumpulan data tersebut dilakukan setiap satu bulan sekali dalam kurun tiga bulan dan data tersebut dicatat pada *tally sheet*. Setelah terkumpulnya dari seluruh data pada masing-masing tongkat erosi, data-data tersebut kemudian diolah dalam software *Microsoft Excel* agar diketahui selisih nilai minimum, rata-rata, dan maksimum dari pengukuran bulan pertama hingga bulan ketiga.

c. Pengambilan Sampel Tanah

Setiap sampel tanah masing-masing diambil pada tiga titik lokasi penelitian, sehingga total terdapat tiga sampel tanah. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan alat ring sampel dengan cara membenamkannya dengan palu, selanjutnya tepi ring digali perlahan sehingga tanah di dalam ring tidak terganggu strukturnya, dirapikan bagian atas dan bawah ring dengan pisau, kemudian ditutup dengan *aluminium foil* dan tutup galon. Sampel tersebut selanjutnya dilakukan pengujian sampel di Laboratorium Sumber Daya Hayati Kalimantan (LSHK/PUSREHUT). Pengujian sampel tanah dilakukan untuk menguji parameter sifat fisik tanah yaitu fraksi debu, pasir, dan liat, tekstur tanah, struktur tanah, permeabilitas tanah, dan kandungan bahan organik.

d. Pengukuran Kedalaman Solum Tanah

Pengukuran kedalaman solum tanah dilakukan di tiga titik dengan cara mengebor tanah, kemudian mengukur kedalaman perakaran efektif dengan menggunakan meteran. Hasil pengukuran tersebut nantinya digunakan dalam penetapan Tingkat Bahaya Erosi (TBE).

Analisis Data

Setelah diperoleh hasil laju erosi, kemudian dilakukan analisis data dan menentukan tingkat bahaya erosi (TBE) berdasarkan nilai laju erosi dan kedalaman solum tanah di lokasi penelitian seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat bahaya erosi (TBE)

Kedalaman Solum Tanah (cm)	Kelas Bahaya Erosi				
	I	II	III	IV	V
	Laju Erosi (ton/ha/tahun)				
	<15	15-60	60-180	180-480	>480
Dalam (>90)	SR	R	S	B	SB
	0	I	II	III	IV
Sedang (60-90)	R	S	B	SB	SB
	I	II	III	IV	IV
Dangkal (30-60)	S	B	SB	SB	SB
	II	III	IV	IV	IV
Sangat Dangkal (<30)	B	SB	SB	SB	SB
	III	IV	IV	IV	IV

Sumber: Departemen Kehutanan (1998)

Keterangan:

SR = Sangat Ringan;
R = Ringan;
S = Sedang;
B = Berat;
SB = Sangat Berat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

a. Letak Administrasi dan Geografis

Provinsi Kalimantan Timur lebih tepatnya pada Jalan Girirejo, Kelurahan Lempake merupakan lokasi penelitian mengenai pendugaan erosi tanah pada tiga tutupan vegetasi berbeda, dimana pada wilayah tersebut ditemukan beberapa titik dugaan adanya erosi tanah. Secara geografis, titik lokasi hutan sekunder terletak di 0°24′35″S-117°11'15″E, semak belukar 0°24′44″S-117°11'30″E, dan lahan terbuka terletak di penelitian tersebut berada di antara 0°24′36″S-117°11'17″E.

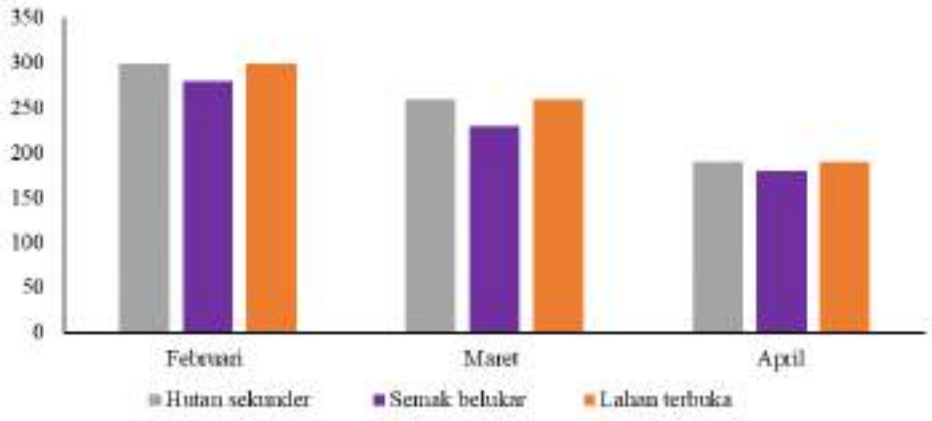
Secara administrasi wilayah Kelurahan Lempake berbatasan langsung dengan wilayah lain diantaranya:

Sebelah utara : Kelurahan Budaya Pampang
Sebelah Selatan : Kelurahan Tanah Merah
Sebelah Barat : Kelurahan Mugirejo, Kelurahan Gunung Lingai
Sebelah Timur : Sempaja Utara, Sempaja Timur

b. Kondisi Biogeofisik

1) Iklim

Curah hujan merupakan salah satu unsur iklim yang sangat mempengaruhi laju erosi, karena energi dari tumbukan air hujan mampu untuk memecahkan agregat tanah. Berdasarkan perhitungan sistem klasifikasi iklim Schmidt-Ferguson didapatkan nilai sebesar 3,77% sehingga ditetapkan di Kelurahan Lempake memiliki tipe iklim A dan tergolong kedalam daerah sangat basah dengan vegetasi hutan hujan tropika. Data curah hujan selama tiga bulan pengukuran di lokasi penelitian yang telah diperoleh dari alat pengukur hujan sederhana dapat disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Curah Hujan Selama Tiga Bulan pada Masing-masing Tutupan Vegetasi di Kelurahan Lempake Tahun 2022

2) Kondisi Topografi

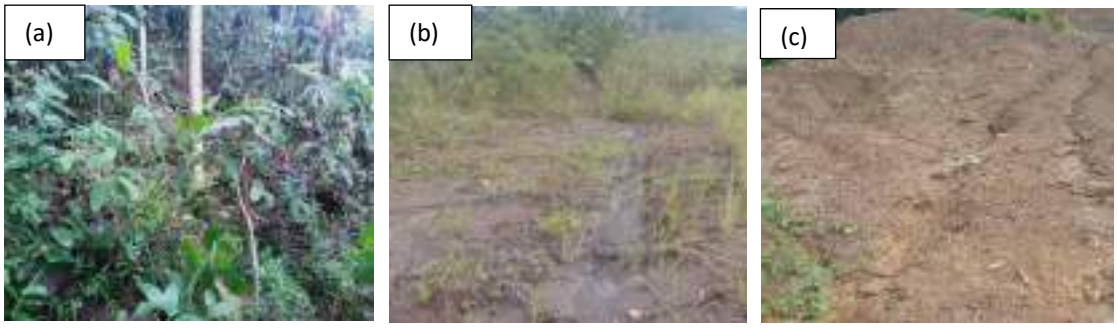
Kemiringan dan panjang lereng merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi laju erosi, dimana semakin curam dan panjang lereng maka semakin besar erosi dan limpasan permukaan yang terjadi. Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh di lapangan, dapat diketahui bahwa kelerengan atau topografi pada lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kemiringan lereng lokasi penelitian

No.	Lokasi	Kemiringan (%)	Keterangan
1	Hutan sekunder	39	Curam
2	Semak belukar	38	Curam
3	Lahan terbuka	39	Curam

3) Kondisi Tutupan Vegetasi

Tutupan vegetasi yang terdapat di lokasi penelitian memiliki jenis vegetasi yang berbeda. Jenis vegetasi yang tumbuh pada lokasi hutan sekunder yaitu meranti bunga (*Shorea leprosula*), merkubung (*Macaranga gigantea)*, sengon laut *(Falcataria moluccana*), aren *(Arenga pinnata*), bambu (*Bambusoideae*), serta jenis tanaman buah seperti nangka (*Artocarpus heteropyllus*), dan durian (*Durio zibethinus)*. Jenis vegetasi yang tumbuh pada semak belukar yaitu alang-alang (*Imperata cylindrica*), paku-pakuan *(Polypodiophyta*), karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*), dan waru (*Hibiscus tiliaceus*). Lahan terbuka ditumbuhi dengan rumput teki ladang (*Cyperus rotundus*).



Gambar 5. Kondisi Lahan pada Tiga Tutupan Lahan Berbeda di Kelurahan Lempake (a) Hutan Sekunder, (b) Semak Belukar, dan (c) Lahan Terbuka

4) Sifat fisik dan kimia tanah

Berdasarkan pengujian sifat fisik dan kimia tanah dari tiga titik lokasi penelitian yang dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah dan Nutrisi Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman diperoleh hasil, seperti tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian sifat fisik dan kimia tanah pada tiga tutupan vegetasi berbeda di kelurahan lempake

Parameter	Lokasi penelitian		
	Hutan sekunder	Semak belukar	Lahan terbuka
Fraksi (%)			
Pasir halus	33	48	48
Debu	32	25	31
Liat	35	27	21
C-Organik I (%)	4,71	1,13	0,56
Permeabilitas (cm /jam)	6,41	3,51	1,68
Berat volume tanah (gr/cm^3)	0,85	1,31	1,39
Struktur	Granular halus	Granular halus	Granular halus
Tekstur	Lempung liat berdebu	Lempung Berpasir	Lempung berpasir
pH	4,65	3,30	3,75

Laju erosi

Curah hujan merupakan faktor yang mempengaruhi terjadinya erosi di lokasi penelitian. Arsyad (2010) mengatakan bahwa air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan menyebabkan penghancuran pada agregat tanah menjadi partikel-partikel berukuran kecil yang mudah hanyut dan saat intensitas hujan tinggi, maka akan menimbulkan limpasan permukaan yang akan mengangkut partikel-partikel tanah tersebut.

Pengukuran laju erosi dilakukan selama tiga bulan dengan menggunakan metode tongkat atau *stick.* Masing–masing plot dibuat dengan ukuran yang sama yakni 20 m ×15 m dilengkapi dengan penakar hujan di setiap plot nya. Pengukuran laju erosi ini dilakukan untuk mengetahui besar dan bahaya erosi di Kelurahan Lempake yang disebabkan oleh berbagai faktor terutama curah hujan. Hasil perhitungan dari pengukuran laju erosi selama tiga bulan yang dimulai dari bulan Februari sampai April 2022 di setiap lokasi penelitian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Perhitungan laju Erosi pada Tiga Tutupan Vegetasi Berbeda

		Perhitungan Laju Erosi Bulan Ke-1 (Februari)							
		ΔT (cm)			Panjang	Lebar	BV	Erosi (gram)	Besaran Erosi (Ton/Ha)
No.	Lokasi	Min	Max	Rataan	(cm)	(cm)	(g/cm^3)	Rataan	Rataan
		a	b	c	d	e	f	g = c×d×e×f	Ton/ha = (Erosi (gram)/1000000)/0,03)
1	Hutan Sekunder	-1,30	-0,20	-1,30	2000	1500	0,85	-3.315.000	-110,50
2	Semak Belukar	-2,50	0,20	-1,24	2000	1500	1,31	-4.873.200	-162,44
3	Lahan Terbuka	-4,00	0,80	-2,01	2000	1500	1,39	-8.381.700	-279,39

No.	Lokasi	Perhitungan Laju Erosi Bulan Ke-2 (Maret)							
		ΔT (cm)			Panjang	Lebar	BV	Erosi (gram)	Besaran Erosi (Ton/Ha)
		Min	Max	Rataan	(cm)	(cm)	(g/cm³)	Rataan	Rataan
		a	b	c	d	e	f	g = c×d×e×f	Ton/ha = (Erosi (gram)/1000000)/0,03)
1	Hutan Sekunder	-0,40	2,90	0,99	2000	1500	0,85	2.524.500	84,15
2	Semak Belukar	-2,90	1,60	-0,58	2000	1500	1,31	-2.279.400	-75,98
3	Lahan Terbuka	0,25	0,80	-0,92	2000	1500	1,39	-3.836.400	-127,88

No.	Lokasi	Perhitungan Laju Erosi Bulan Ke-3 (April)							
		ΔT (cm)			Panjang	Lebar	BV	Erosi (gram)	Besaran Erosi (Ton/Ha)
		Min	Max	Rataan	(cm)	(cm)	(g/cm³)	Rataan	Rataan
		a	b	c	d	e	f	g = c×d×e×f	Ton/ha = (Erosi (gram)/1000000)/0,03)
1	Hutan Sekunder	-1,20	2,10	0,53	2000	1500	0,85	1.351.500	45,05
2	Semak Belukar	-1,10	1,90	0,36	2000	1500	1,31	1.414.800	47,16
3	Lahan Terbuka	-2,50	3,30	-0,42	2000	1500	1,39	-1.751.400	58,38

Sumber: Data primer (2022)

Keterangan:

ΔT = Estimasi hasil pengukuran tongkat erosi

Panjang = Panjang plot ukur erosi

Lebar = Lebar plot ukur erosi

BV = Berat volume tanah

Besaran Erosi = $\frac{(\text{Erosi } (gram)/1.000.000)}{300m^2/10.000m^2}$

Nilai Positif = Sedimentasi

Nilai Negatif = Erosi

Hasil pengukuran laju erosi pada lokasi penelitian selama tiga bulan di Kelurahan Lempake menunjukkan hasil yang beragam. Pengukuran di lokasi hutan sekunder menunjukkan pada bulan pertama terjadi erosi sebesar 110, 50 ton ha^{-1}, pada bulan kedua mengalami sedimentasi sebesar 84,15 ton ha^{-1}, serta pada bulan ketiga juga mengalami sedimentasi sebesar 45,05 ton ha^{-1}.

Hasil dari pengukuran tersebut menunjukkan nilai erosi tertinggi yang terjadi pada hutan sekunder terjadi pada bulan pertama, hal ini dikarenakan pada bulan pertama intensitas curah hujan sangat tinggi yaitu sebesar 300 mm serta adanya pembersihan vegetasi dan perintisan disekitar lokasi penelitian yang menyebabkan vegetasi tersebut sebagian hilang dan mengakibatkan laju permukaan akibat air hujan lebih besar, sedangkan pada bulan kedua dan ketiga terjadi sedimentasi yang diakibatkan bekas tebangan telah tumbuh kembali dan serasah yang berada dilokasi penelitian menumpuk disekitar tongkat ukur erosi dimana serasah tersebut menahan sebagian fraksi tanah yang terangkut oleh limpasan permukaan. Kondisi tanah pada hutan sekunder ini didominasi oleh fraksi liat yang mengakibatkan tanah pada hutan sekunder resisten terkikis dan terangkut oleh air hujan.

Faktor lain yang menekan laju erosi pada hutan sekunder ini adalah tingkat kerapatan tajuk pohon yang sangat baik dan tanaman penutup tanah lebih rapat mampu untuk mengurangi air hujan untuk menyentuh tanah dan mengurangi energi dari air hujan yang mencapai tanah. Kartasapoetra (2010) mengatakan vegetasi mampu menyerap air lebih banyak karena serasah permukaan mengurangi pukulan tetesan hujan. Hasil pengukuran pada semak belukar menunjukkan pada bulan pertama terjadi erosi sebesar 162,64 ton ha^{-1}, pada bulan kedua terjadi erosi sebesar 75,98 ton ha^{-1}, dan pada bulan ketiga terjadi sedimentasi sebesar 47,16 ton ha^{-1}. Hasil pengukuran menunjukkan pada bulan pertama dan kedua semak belukar mengalami erosi berat yang disebabkan intensitas curah hujan yang tinggi yaitu sebesar 270 mm serta adanya kegiatan pembersihan vegetasi pada saat pemasangan tongkat erosi sehingga mengurangi tanaman vegetasi penutup tanahnya. Berbeda dengan bulan ketiga dimana semak belukar mengalami sedimentasi, hal ini dikarenakan tanaman vegetasi penutup tanah pada semak belukar sudah tumbuh kembali sehingga mengurangi limpasan permukaan pada saat terjadinya hujan.

Kondisi tanah pada semak belukar didominasi oleh fraksi pasir halus, dimana pada saat terjadinya hujan kemampuan tanah dalam meloloskan air hujan sangat baik, akan tetapi tutupan tajuk dan vegetasi tanah yang kurang rapat mengakibatkan aliran permukaan besar. Tanah dengan kandungan pasir halus yang tinggi memiliki kapasitas infiltrasi yang baik akan tetapi apabila terjadi aliran permukaan, tanah tersebut akan mudah terangkut oleh air hujan. Selain itu kandungan bahan organik pada lokasi semak belukar hanya 1,13% yang memungkinkan serasah seperti daun dan ranting tidak bisa menahan atau memperlambat laju erosi.

Sartohadi (2004) mengatakan bahwa bahan organik yang rendah menyebabkan perkembangan struktur tanah sangat rendah dan mengakibatkan pertumbuhan vegetasi sangat lambat sehingga tanah lebih peka terhadap erosi. Permeabilitas pada semak belukar juga menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan pada hutan sekunder. Hasil pengukuran pada lokasi lahan terbuka menunjukkan pada bulan pertama terjadi erosi sebesar 279,39 ton ha^{-1}, pada bulan kedua terjadi erosi sebesar 127,88 ton ha^{-1}, dan pada bulan ketiga terjadi erosi sebesar 58,38 ton ha^{-1}. Hasil dari ketiga pengukuran menunjukkan pada lahan terbuka mengalami erosi yang paling berat dengan besaran erosi paling tinggi terjadi pada bulan pertama dan kedua, hal ini dikarenakan pada bulan pertama dan kedua terjadi intensitas curah hujan yang tinggi serta tidak adanya tanaman vegetasi penutup tanah yang mengakibatkan air hujan yang jatuh langsung menghancurkan partikel-partikel tanah. Nilai erosi terendah terjadi pada bulan ketiga karena pada bulan ketiga intensitas curah hujan lebih rendah dan vegetasi penutup tanah seperti teki ladang pada sekitar lokasi tersebut sudah mulai tumbuh.

Besarnya laju erosi yang terjadi pada lokasi lahan terbuka tanah diakibatkan oleh beberapa hal seperti tidak adanya vegetasi sebagai pelindung tanah dari pukulan air hujan sehingga tanah mudah terangkut (terdispersi), aliran permukaan yang besar, dan tidak adanya tajuk pohon ataupun tanaman penutup tanah lainnya disekitar lokasi tersebut. Kondisi seperti ini mengakibatkan air hujan yang jatuh langsung bertumbukan dengan tanah dan mengakibatkan limpasan permukaan, mengangkut partikel-partikel tanah sehingga mengakibatkan tanah tererosi dengan cepat. Hal ini didukung dengan pernyataan Sarief (1985) bahwa air hujan yang jatuh pada tanah terbuka menyebabkan terjadinya kepadatan tanah dan meningkatkan limpasan permukaan, serta menurunkan kapasitas infiltrasi tanah. Lebih lanjut Utomo (1994) mengatakan hujan yang rendah sekalipun pada lahan terbuka telah mampu merusak tanah yang kemudian massa tanah yang hancur tersebut diangkut limpasan permukaan.

Gambar 6. Besaran Erosi di Kelurahan Lempake pada Bulan Pertama, Kedua, dan Ketiga

Tabel 5. Laju Erosi di Kelurahan Lempake

No.	Lokasi	Erosi (Ton/Ha)			Laju Erosi
		Bulan Ke-1	Bulan Ke-2	Bulan Ke-3	(Ton/Ha/Tahun)
		a	b	c	((a+b+c)×4))
1	Hutan sekunder	-110,50	84,15	45,05	74,80
2	Semak belukar	-162,44	-75,98	47,16	-765,04
3	Lahan terbuka	-279,39	-127,88	-58,38	-1862,60

Sumber: Data Primer 2022
Keterangan:
Nilai Negatif = Erosi
Nilai Positif = Sedimentasi

Hasil perhitungan menunjukkan besaran erosi pada lokasi hutan sekunder dan semak belukar lebih kecil yakni sebesar 74,80 ton ha^{-1} $tahun^{-1,}$ dan 775,52 ton ha^{-1} $tahun^{-1}$. Hal tersebut disebabkan oleh faktor tajuk pohon dan vegetasi penutup tanah pada hutan sekunder dan semak belukar masih rapat dan bagus sehingga dapat menahan tumbukan air hujan dan mengurangi limpasan permukaan pada permukaan tanah. Sejalan dengan Arsyad (2010) mengatakan tumbuhan merambat memiliki kemampuan untuk mengurangi daya angkut limpasan permukaan dan daya hancur pada permukaan tanah.

Bahan organik yang terdapat pada hutan sekunder dan semak belukar juga masih rentan menahan limpasan permukaan. Peran bahan organik pada sifat fisik kimia tanah sangat baik dalam melindungi agregat kerusakan tanah oleh air, meningkatkan porositas dan aerasi serta meningkatkan kapasitas infiltrasi. Lokasi Lahan terbuka memiliki nilai erosi yang lebih tinggi yaitu sebesar 1862,60 ton ha^{-1} $tahun^{-1.}$ Hal ini disebabkan oleh kondisi lahan yang terbuka dan kosong sehingga mengakibatkan air hujan yang jatuh langsung menyentuh dan bertumbukan dengan tanah yang mengakibatkan limpasan permukaan yang besar dan mengakibatkan pengikisan tanah lebih cepat. Air hujan yang jatuh pada tanah terbuka menyebabkan terjadinya kepadatan tanah dan meningkatkan limpasan permukaan, serta menurunkan kapasitas infiltrasi tanah.

Analisis Tingkat Bahaya Erosi

Tingkat bahaya erosi ditentukan dari nilai laju erosi berdasarkan kedalaman solum tanah pada tiga lokasi penelitian di Kelurahan Lempake. Hasil analisis tingkat bahaya erosi disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Penetapan Tingkat Bahaya Erosi (TBE)di Kelurahan Lempake, Kota Samarinda

No.	Lokasi	Solum Tanah (cm)	Laju Erosi (Ton Ha^{-1} $Tahun^{-1}$)	Kelas Bahaya Erosi	Tingkat Bahaya Erosi
1	Hutan sekunder	>90	78,80	III	Sedang
2	Semak belukar	30-60	765,04	V	Sangat Berat
3	Lahan terbuka	<30	1862,60	V	Sangat Berat

Nilai Negatif = Erosi
Nilai Positif = Sedimentasi

Berdasarkan tabel diatas, dapat disimpulkan lokasi hutan sekunder memiliki kedalaman solum tanah sedang (>90 cm). Nilai laju erosi sebesar 74,80 ton ha^{-1} $tahun^{-1}$ termasuk ke dalam kelas iii (sedang). Lokasi semak belukar memiliki kedalaman solum tanah yang dangkal (30-60 cm) dengan nilai laju erosi sebesar 765,04 ton ha^{-1} $tahun^{-1}$ termasuk ke dalam kelas v (sangat berat). Lokasi lahan terbuka memiliki laju erosi yang paling tinggi sebesar 1862,60 ton ha^{-1} $tahun^{-1}$ termasuk ke dalam kelas v (sangat berat).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Pemerintah Kelurahan Lempake, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah ikhlas memberikan bantuan baik dalam bentuk fasilitas atau pun tenaga serta memberikan dukungan dan kerja sama yang baik bagi keberhasilan dan kelancaran kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, I., Indrayatie, E. R., dan Badaruddin, B. (2022). Analisis Tingkat Bahaya Erosi di DAS Maluka dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). *Jurnal Sylva Scienteae*, *5*(2), 251-260.

Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. IPB press. Bogor.

Kartasapoetra, A.G., dan Sutedjo, M. M. (2010). *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Bina Aksara. Jakarta.

Nugraheni, S. T. (2021). *Pengaruh Berbagai Jenis Tegakan Tanaman Hutan Rakyat di Desa Sumberejo, Kecamatan Batuwarno, Kabupaten Wonogiri Terhadap Laju Erosi dan Infiltrasi*. [Skripsi]. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Sarief, S. E. (1985). *Konservasi Tanah dan Air*. Pustaka Buana, Bandung.

Sarminah, S., Kristianto, D. dan Syafrudin, M. (2017). Analisis Tingkat Bahaya Erosi pada Kawasan Reklamasi Tambang Batubara PT Jembayan Muarabara Kalimantan Timur. Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman. Samarinda. *Ulin-J Hut Trop* 1 (2): 154-162.

Sarminah, S., dan Prititania, F. S. (2018). Pengaruh Keragaman Vegetasi terhadap Laju Erosi. *Jurnal Agrifor.* 2 (17): 355–368.

Sartohadi, J. (2004). Geomorfologi Tanah DAS Serayu Jawa Tengah. *Majalah Geografi Indonesia* 18 (2): 135-150.

Utomo, W. H. (1994). *Erosi dan Konservasi tanah*. Penerbit IKIP Malang.

Prosiding SIKMA
Volume 3 Nomor 1, Maret 2023 ISSN 2988-4322
Edisi "Iklim Mikro dan Kenyamanan pada Beberapa
Ruang Terbuka Hijau di Kota Samarinda"

LAJU RESAPAN AIR PADA FORMASI TANAH BERBEDA DI SUB DAS KARANG ASAM BESAR KOTA SAMARINDA

Rika Sandra Yani Yohanes, Yohanes Budi Sulistioadi*, Sri Sarminah, Marlon Ivanhoe Aipassa, Karyati

Laboratorium Konservasi Tanah-Air dan Iklim Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman
E-Mail: bsulistioadi@fahutan.unmul.ac.id

ABSTRACT

Water infiltration is the process of entering rainwater into the soil as a result of capillary forces and gravitational forces by means of infiltration and permeability to deeper soil layers. The Karangasam Besar sub-watershed has four dominant soil formations, namely (Endoaquaepts), (Eutrudepts), (Hapludults) (Settlements). This research was conducted to estimate the infiltration rate and permeability in the four soil formations. In this study, the infiltration model was observed using a double ring infitrometer and analysis of the permeability of each soil formation. The first highest infiltration rate was in the residential soil formation sample 1 of 3.251, the second highest in the residential soil formation of sample 2 of 2,614, the third highest infiltration rate of the PH-KD soil formation of sample 2 of 2,395 until the lowest infiltration rate was found in Soil formation KD-PH sample 2 of 1,281 belongs to the slow class. The first highest permeability in the PH-PK soil formation sample 1 of 5.65 cm/hour belongs to the medium to slow class, the second highest permeability in the PH-KD soil formation sample 1 of 5.34 cm/hour belongs to the medium to slow class, The third highest permeability in the PH-KD soil formation sample 2 of 3.66 cm/hour is classified as moderate to slow, until the lowest permeability in the PH-KE soil formation sample 2 0.46 cm/hour is classified as medium to slow. The results of the comparison of the relationship between physical characteristics of the soil with the rate of infiltration and soil permeability are that on average each unit of soil type has a fine texture with a high clay content which has a significant influence on the infiltration rate and permeability.

Key words: Infiltration, permeability, soil physical properties.

ABSTRAK

Resapan air merupakan proses masuknya air hujan ke dalam tanah sebagai akibat adanya gaya kapiler dan gaya gravitasi dengan cara infiltrasi dan permeabilitas ke lapisan tanah yang lebih dalam. Sub-DAS Karangasam Besar memiliki empat formasi tanah dominan yaitu (Endoaquaepts), (Eutrudepts), (Hapludults) (Pemukiman). Penelitian dilakukan ini untuk menduga besaran laju infiltrasi dan permeabilitas pada keempat formasi tanah tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan model infiltrasi menggunakan alat double ring infitrometer serta analisis permeabilitas pada masing-masing formasi tanah. Laju infiltrasi tertinggi pertama adalah pada formasi tanah pemukiman sampel 1 sebesar 3, 251 tertinggi kedua pada formasi tanah pemukiman sampel 2 sebesar 2, 614 laju infiltrasi tertinggi ketiga pada formasi tanah PH-KD sampel 2 sebesar 2, 395 hingga laju infiltrasi paling rendah terdapat pada formasi tanah KD-PH sampel 2 sebesar 1, 281 tergolong dalam kelas lambat. Permeabilitas tertinggi pertama pada formasi tanah PH-PK sampel 1 sebesar 5,65 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat, permeabilitas tertinggi kedua pada formasi tanah PH-KD sampel 1 sebesar 5, 34 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat, permeabilitas tertinggi ketiga pada formasi tanah PH-KD sampel 2 sebesar 3,66 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat, hingga permeabilitas paling rendah pada formasi tanah PH-KE sampel 2 0,46 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat. Hasil perbandingan hubungan karakteristik fisik tanah dengan laju infiltrasi dan permeabilitas tanah yaitu rata-rata setiap satuan jenis tanah memiliki tekstur halus dengan kandungan liat yang tinggi memiliki pengaruh signifikan terhadap laju infiltrasi dan permeabilitas.

Kata kunci: Infiltrasi, Permeabilitas, sifat fisik tanah.

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah daratan tersebut dinamakan Daerah Tangkapan Air (DTA) atau *Water Catchment Area* yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumber daya alam (Asdak, 2002). Proses infiltrasi merupakan bagian yang penting dalam siklus hidrologi maupun dalam proses pengalihragaman hujan menjadi aliran di sungai (Harto, 1993).Salah satu sifat fisik tanah yang penting adalah kemampuan untuk meloloskan aliran air melalui ruang pori yang disebut dengan permeabilitas tanah. Permeabilitas adalah kualitas tanah untuk meloloskan air atau udara yang diukur berdasarkan besarnya aliran melalui satuan tanah yang telah dijenuhi terlebih dahulu per satua waktu tertentu (Susanto, 1994).Sub-DAS Karangasam Besar adalah salah satu bagian sub-DAS yang kondisinya perlu diperhatikan. Di sub-DAS karangasam Besar perkembangan industri dan kegiatan perekonomian yang diiringi oleh pertumbuhan penduduk yang pesat menyebabkan terjadinya pembukaan lahan baru untuk pemukiman, perkantoran, pusat perekonomian, termasuk kegiatan pertambangan seperti penambangan batu, tanah, pasir dan batu bara. Kondisi tersebut memaksa sebagian daerah resapan dan tampungan air berubah fungsi serta mengakibatkan meningkatnya limpasan permukaan. Dengan semakin banyaknya tindakan yang dilakukan, akan mempercepat upaya untuk memulih kan kondisi sub-DAS karangasam besar hal tersebut mengisyratkan agar wilayah sub-DAS karang-asam besar perlu mendapatkan penanganan khusus dalam pengelolaannya.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

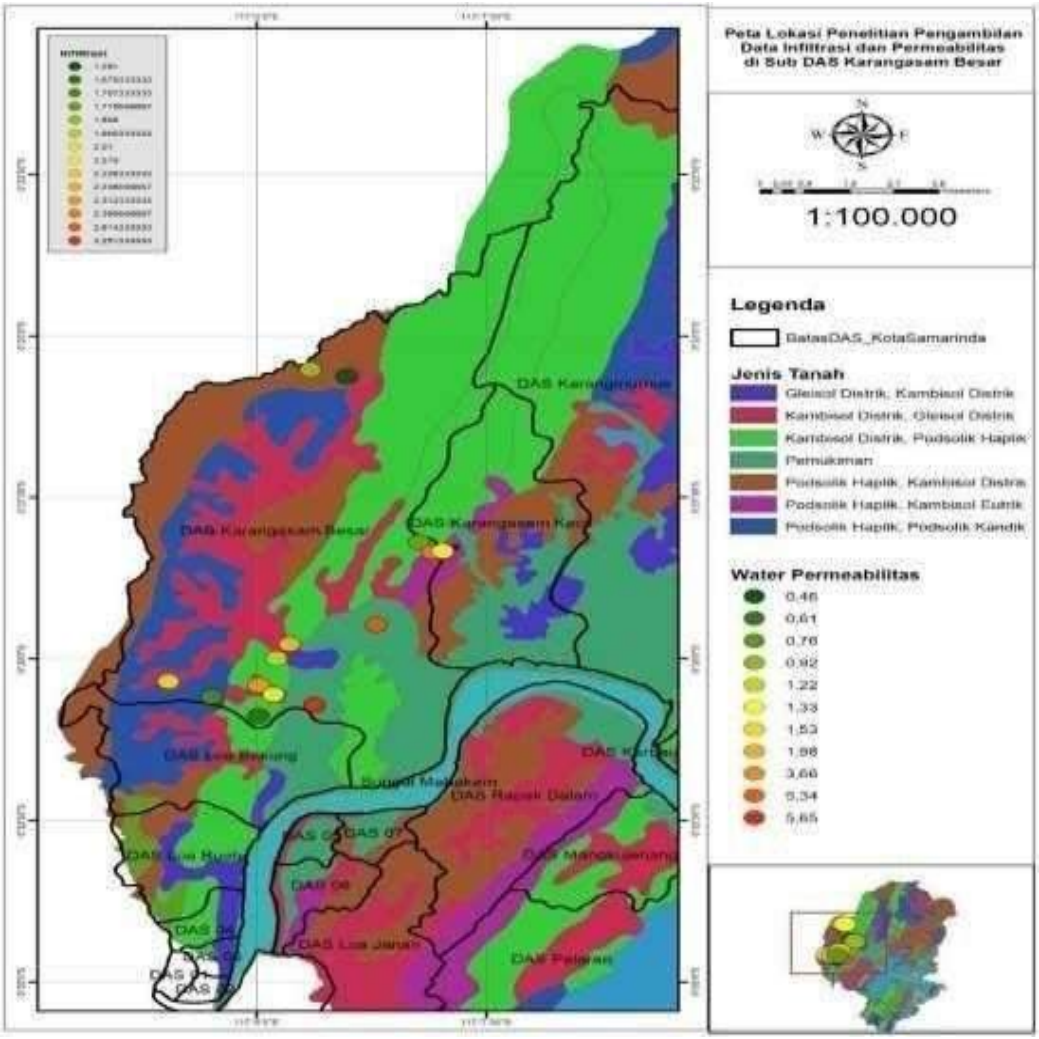
Penelitian ini dilakukan di Sub-DAS Karang asam Besar yang secara administratife merupakan bagian dari tiga kecamatan di Kota Samarinda, yaitu Kecamatan Sungai Kunjang, Kecamatan Samarinda Ulu dan Kecamatan Samarinda. Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2021 sampai dengan bulan November 2021.

Prosedur Penelitian

Pengukuran infiltrasi dilakukan sebanyak tiga kali, pada tiap titik yang berbeda. Pengukuran pertama dilakukan dengan cara membersihkan area sampel, kedua meletakkan Infiltrometer dengan posisi tegak tepat di atas tanah yang telah dibersihkan, lalu mengisi air pada lubang Infiltrometer, ketiga meletakan penggaris untuk menentukan tinggi genangan, keempat membaca dan mencatat selisih perubahan tinggi permukaan air pada Infiltrometer hingga keadaaan konstan. Pengukuran kedua dan ketiga akan dilakukan pada lubang bekas pengukuran pertama, kemudian dilanjutkan seperti cara pengukuran pertama. Cara ini dilakukan juga pada titik-titik pengukuran berikutnya.

Pengukuran Permeabilitas sampel tanah yang telah diambil dari setiap titik lokasi penelitian yang telah ditentukan, direndam dalam bak air bersamaan dengan ringnya selama 24 jam hal ini bertujuan agar udara dalam pori-pori tanah keluar hingga tanah menjadi jenuh. Pengukuran permeabilitas tanah diukur dengan menggunakan alat permeameter. Sampel tanah disambung dengan salah satu tabung silinder yang dipasang berada pada bagian atas contoh tanah. Ditambahkan air setinggi tabung dan dipertahankan tinggi air tersebut dengan cara meletakkanpermeameter pada kran air yang mengalir selama 8 menit hal ini bertujuan agar air sudah konstan, kemudian air yang keluar dari kran sudah mulai konstan selanjutnya dilakukan pengukuran volume air yang mengalir melalui permeameter

tersebut selama 1 menit.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Sub-DAS Karang asam Besar

Analisis Data

Pengolahan dan analisis data hasil penelitian dari laju infiltrasi dan permeabilitasdi tabulasi dan digambarkan secara grafis dan dianalisis dengan deskriptif kualitatifdan kuantitatif. Perhitungan infltrasi menggunakan rumus:

$$f = F/T$$

keterangan :
f = Laju infiltrasi
F = Jumlah infiltrasi air ke dalam tanah (mm)
T = Waktu (jam)

Laju permeabilitas tanah digunakan rumus :

$$K = Q \times dL/A \times dH$$

Keterangan :
K = Peremeabilitas tanah (cm/jam)

Q = Debit air per satuan waktu(cm^3/jam)
dL = Tinggi ring sampel (cm)
A = Luas penampang ring sampel tanah (cm^2)
dH= Beda tinggi muka air atas dan bawah (cm)

Selanjutnya dilakukan klasifikasi infiltrasi dan permeabilitas tanah sebagaimana dapatdisajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Klasifikasi Infiltrasi Tanah

No.	Infiltrasi (cm/jam)	Klasifikasi (Kategori)
1	<1	Sangat Lambat
2	1-5	Lambat
3	5-20	Sedang Lambat
4	20-65	Sedang
5	65-125	Sedang Cepat
6	125-250	Cepat
7	>250	Sangat Cepat

Sumber: Asdak (2010)

Tabel 2. Klasifikasi Permeabilitas

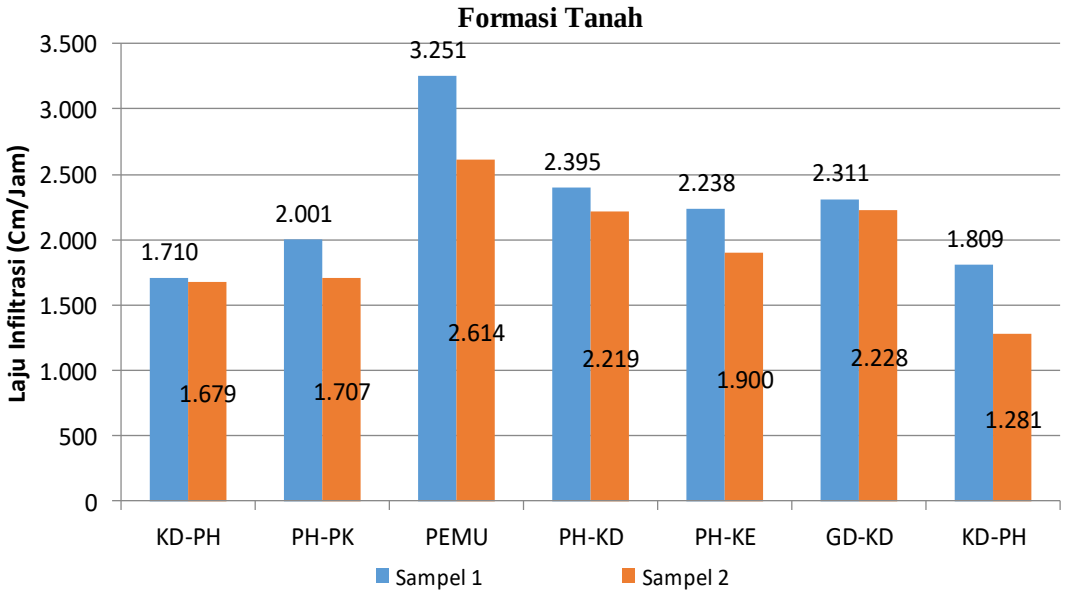
No.	Permeabilas (cm/jam)	Klasifikasi (Kategori)
1	<0,5	Sangat Lambat
2	0,5-2,0	Lambat
3	2,0-6,3	Sedang sampai Lambat
4	6,3-12,7	Sedang
5	12,7-24,4	Sedang sampai Cepat
6	>25,4	Cepat

Sumber : Asdak (2010)

Analisis data hasil penelitian dari laju infiltrasi dan permeabilitas serta sifat fisik tanah di tabulasi dan digambarkan secara grafis dan dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil menunjukkan permeabilitas tertinggi pertama pada formasi tanah PH-PK sampel 1 sebesar 5,65 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat, permeabilitas tertinggi kedua pada formasi tanah PH-KD sebesar 5, 34 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat, permeabilitas tertinggi ketiga pada formasi tanah PH-KD sampel 2 sebesar 3,66 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat, hingga permeabilitas paling rendah pada formasi tanah PH-KE sampel 2 0,46 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat. Nilai permeabilitas tanah pada formasi tanah berbeda di sajikan pada gambar 2.

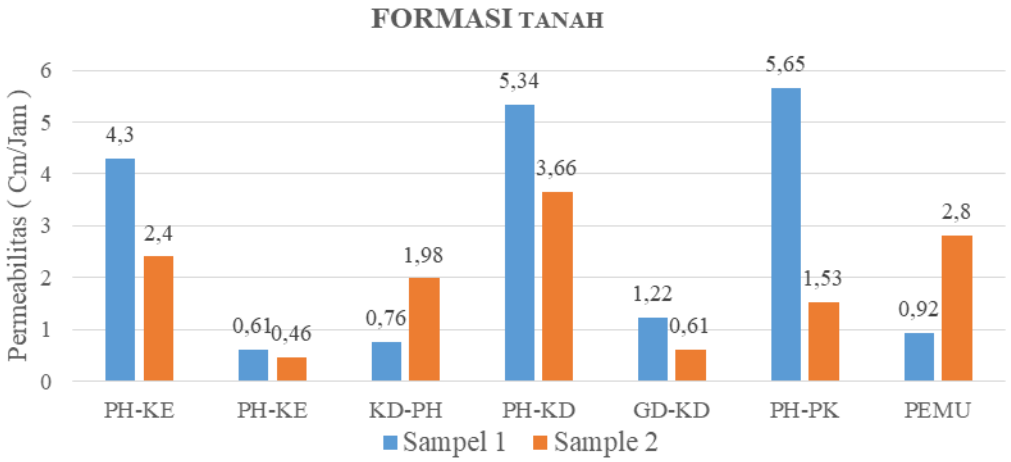


Gambar 2. Nilai permeabilitas tanah pada formasi tanah berbeda

Rata-rata permeabilitas tanah dari setiap lokasi penelitian masuk dalam klasifikasi sedang sampai lambat. disebabkan karena lahan disetiap lokasi penelitian ini mempunyai kepadatan tanah tinggi dan mempunyai porositas rendah sehingga akan menyebabkan nilai permeabilitas tanah menurun, dimana rata-rata tekstur tanah pada lahan ini adalah lempung liat dan liat berpasir sehingga sangat sulit meloloskan air dengan baik, dimana apabila nilai kerapatan tanah semakin tinggi maka nilai porositas akan semakin rendah.

Keterangan :
KD-GD = Kambisol Distrik, Gleisol Distrik Distrik
PH-PK = Podsolik Haplik, Podsolik Kandik
PH-KD = Podsolik Haplik, Kambisol Distrik
PH-KE = Podsolik Haplik, Kambisol Eutrik
GD-KD = Gleisol Distrik, Kambisol Distrik
KD-PH = Kambisol Distrik, Podsolik Haplik.

Hasil menunjukkan permeabilitas tertinggi pertama pada formasi tanah PH-PK sampel 1 sebesar 5,65 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat, permeabilitas tertinggi kedua pada formasi tanah PH-KD sebesar 5, 34 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat, permeabilitas tertinggi ketiga pada formasi tanah PH-KD sampel 2 sebesar 3,66 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat, hingga permeabilitas paling rendah pada formasi tanah PH-KE sampel 2 0,46 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat. Nilai permeabilitas tanah pada formasi tanah berbeda di sajikan pada gambar 3.

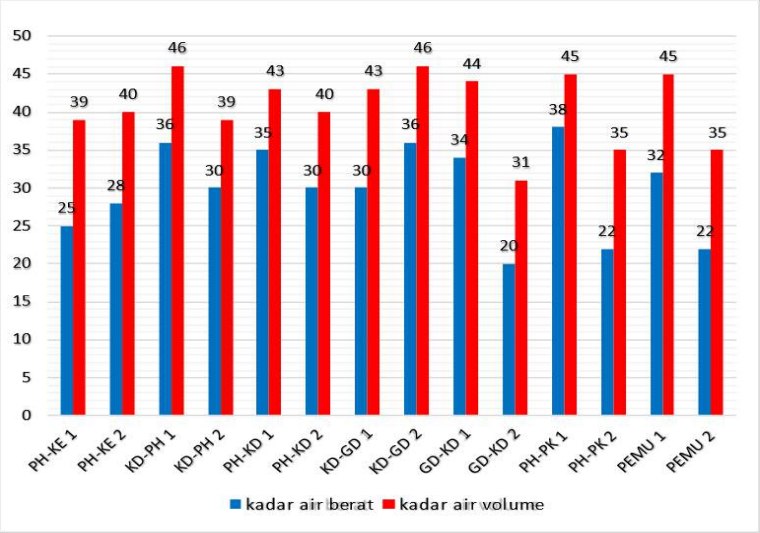


Gambar 3. Nilai permeabilitas tanah pada formasi tanah berbeda

Keterangan :
KD-GD = Kambisol Distrik, Gleisol Distrik Distrik
PH-PK = Podsolik Haplik, Podsolik Kandik
PH-KD = Podsolik Haplik, Kambisol Distrik
PH-KE = Podsolik Haplik, Kambisol Eutrik
GD-KD = Gleisol Distrik, Kambisol Distrik
KD-PH = Kambisol Distrik, Podsolik Haplik.

Rata-rata permeabilitas tanah dari setiap lokasi penelitian masuk dalam klasifikasi sedang sampai lambat. disebabkan karena lahan disetiap lokasi penelitian ini mempunyai kepadatan tanah tinggi dan mempunyai porositas rendah sehingga akan menyebabkan nilai permeabilitas tanah menurun, dimana rata-rata tekstur tanah pada lahan ini adalah lempung liat dan liat berpasir sehingga sangat sulit meloloskan air dengan baik, dimana apabila nilai kerapatan tanah semakin tinggi maka nilai porositas akan semakin rendah. Hubungan Sifat-sifat Fisik Tanah terhadap Laju Infiltrasi dan Permeabilitas Tanah tekstur tanah di setiap lahan mempunyai kandungan Liat sehingga kelas laju infiltrasi pada berbagai formasi tanah digolongkan ke dalam kelas lambat. Bulk density tertingi yaitu pada formasi tanah PH-KE yaitu 1,39 gr/cm^3 dan yang terendah adalah pada formasi tanah PH-PK yaitu 1,17 gr/cm^3 Hal ini membuktikan bahwa formasi tanah tersebut tergolong tanah mineral yang berarti sedikitnya bahan organik pada formasi tanah ini. Porositas tanah sangat erat hubungannya dengan nilai bobot isi atau *bulk density* tanah. Nilai porositas tertinggi pada formasi tanah PH-PK yaitu 54% dan nilai bulk densitynya1,17 gr/cm3 (paling rendah), karena jika nilai porositas tinggi maka nilai *bulk density* akan lebih rendah begitu juga sebaliknya. Nilai porositas yang paling terendah adalah formasi tanah PH-KE yaitu total pori 37% dengan nilai *bulk density* yaitu 1,39 gr/cm3 sehingga mengakibatkan berkurangnya porositas dan akan meningkatkan laju infiltrasi dan permeabilitas tanah.

Tinggi rendahnya kadar air pada tanah adalah sebagai penentu laju infiltrasi dan permeabilitas tanah karena infiltrasi dan permeabilitas sangat erat hubungannya dengan kadar air tanah, dimana apabila kadar air tinggi atau meningkat maka laju infiltrasi dan permeabilitas tanah akan semakin kecil begitu juga sebaliknya. Nila kadar air tanah pada formasi tanah berbeda di sajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Nila kadar air tanah pada formasi tanah berbeda

KESIMPULAN

1. Laju infiltrasi tertinggi pertama adalah pada formasi tanah pemukiman sampel 1 sebesar 3, 251 cm/jam tertinggi kedua pada formasi tanah pemukiman sampel 2 sebesar 2, 614 cm/jam laju infiltrasi tertinggi ketiga pada formasi tanah PH-KD sampel 2 sebesar 2, 395 cm/jam hingga laju infiltrasi paling rendah terdapat pada formasi tanah KD-PH sampel 2 sebesar 1, 281 cm/jam tergolong dalam kelas lambat dengan tekstur tanah liat, nilai porositas tertinggi pada formasi tanah PH- PK 54% dan nilai bulk density nya1,17 gr/cm3 (paling rendah) Nilai porositas yang paling terendah adalah formasi tanah PH-KE yaitu total pori 37% dengan nilai bulk density yaitu 1,39 gr/$cm3$
2. Permeabilitas tertinggi pertama pada formasi tanah PH-PK sampel 1 sebesar 5,65 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat, permeabilitas tertinggi kedua pada formasi tanah PH-KD sebesar 5, 34 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat, permeabilitas tertinggi ketiga pada formasi tanah PH-KD sampel 2 sebesar 3,66 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat, hingga permeabilitas paling rendah pada formasi tanah PH-KE sampel 2 0,46 cm/jam masuk kedalam kelas sedang sampai lambat. hal ini menunjukkan bahwa nilai kepadatan tanah setiap formasi tanah ini adalah tinggi dan juga nilai porositasnya.

DAFTAR PUSTAKA

Andayani, W.S. (2009) *Laju Infiltrasi pada Tegakan jati* (*Tectona granadis* Linn. F) *di BKPH Subah KPH Kendal Unit 1 Jawa Tengah Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam.* 1 (1-7): 149-150.

Arief, A. (2001). *Hutan dan Kehutanan. Buku. Kanisius*. Yogyakarta (internet). *Diakses 9 Januari 2021.* Tersedia pada*:* https://www.worldcat.org

Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air. IPB Press, Bogor* (internet). *Diakses 9Januari 2021.* Tersedia pada*:* https://repository.ipb.ac.id

Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai* Jurnal Online Teknik sipil dan lingkungan Universitas Sriwijaya. 1 (1-7): 424-425.

Dharmawan, (2005). *Cadangan karbon Tanah dan Pendugaan Karbon Tegakan*. *Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Bogor* (internet). *Diakses 13 Januari 2021.* Tersedia pada*:* https://www.kajianpustaka.com

Hanafiah, KA, (2005). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah Rajawali* Press, Jakarta (internet). *Diakses 11 Januari 2021.* Tersedia pada*:* https://www.repository.ipb.ac.id

Hardjowigeno, S. dan Widiatmaka. 2007. *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta (internet). *Diakses 11 Januari 2021.* Tersedia pada*:* https//www.repository.ipb.ac.id

Hartono. (2007). *Geografi : Jelajah bumi dan Alam Semesta* Bandung (internet). *Diakses 3 januari 2022.* Tersedia pada*:* https//www.ilmugeografi.com

Harto, S (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta : *Gramedia Pustaka Utama* (internet). *Diakses 11 Januari 2021. Tersedia pada:* https//www.perpusnas.go.id

Jury, WA, dan Horton, R. 2004. Soil Physics. John Willey and Sons. New Jersey (internet). *Diakses 13 Januari 2021.* Tersedia pada*:*https//www.eprints.ulm.ac.id

Januardin. (2008). *Pengukuran Laju Infiltrasi pada Tata Guna Lahan yang Berbeda di Desa Tanjung Selamat Kecamatan Medan Tuntungan Medan.* [Skripsi]. Departemen Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.

Kurnia, U. (2006). *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor (internet). *Diakses 13 Januari 2021.* Tersedia pada: https//www.media.neliti.com

Lee. R.. (1990). *Hidrologi Hutan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta (internet). *Diakses 13 Januari 2021.* Tersedia pada:https//www.eprints.ulm.ac.id

Madjid, A. (2009). *Fisika Tanah (Bagian 6: Air Tanah dan Kadar Air Tanah).* (Internet). Diakses 16 Januari 2020. Terdapat pada: https://www.dasar- dasarilmutanah.blogspot.

Nurmegawati, (2011). *Infiltrasi pada Hutan di Sub DAS Sumani Bagian Hulu Kayu Aro Kabupaten Solok.* (Internet). Diakses 16 Januari 2020. Tersedia pada: https://www.ojs.unimal.ac.id

Nasrudin, (2014). *Analisis Pengaruh Frekuensi Hujan terhadap Laju Infiltrasi dan Kapasitas Infiltrasi pada Jenis Tanah Common Soil.* [Skripsi]. Universitas Muhammadiyah Makasar

Pomalingo (2012). *Laju Infiltrasi dan Pemeabilitas Tanah untuk Penentuan Tapak Resapan Air. Gorontalo* (Internet). Diakses 16 Januari 2020. Tersedia pada: https//www.repository.ung.ac.id

Raghunath, H. M. (1985). *Hydrology Principles, Analysis and Design. Wiley Eastern Limited. New Delhi* Jurnal Teknologi Pertanian 1 (1-8): 88-89

Saidi, A. (2006). *Fisika Tanah dan Lingkungan. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang* (internet). *Diakses 13 Januari 2021.* Tersedia pada*:* https//www.media.neliti.com

Sarief, S. (1989). *Fisika-Kimia Tanah Pertanian. Bandung. Pustaka Buana.* [Skripsi]. Universitas Muhammadiyah Makasar

Seyhan. E.(1990). *Dasar-dasar Hidrologi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta* (internet). *Diakses 15 Januari 2021.* Tersedia pada*:* https://www.repository.ipb.ac.id

Sosrodarsono, S (1999), *Hidrologi untuk Pengairan. PT Pradnya Paramita. Jakarta* (internet). *Diakses 18 maret 2021.* Tersedia pada: https://www.pustaka.pu.go.id

Subagyo, H., N. Suharta dan A. B. Siswanto. 2004. *Tanah-tanah Pertanian di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor* (internet). *Diakses 20 maret 2021.* Tersedia pada : https://www.litbang.pertanian.go.id

Suryatmojo, H. (2006). *Konsep Dasar Hidrologi Hutan. Jurusan Konservasi Sumber Daya Hutan. Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta* (internet). *Diakses 21 maret 2021.* Tersedia pada : https://www.jtsl.ub.ac.id

Susanto, (1994). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta* (internet). *Diakses 13 Januari 2021.* Tersedia pada*:* https//www.media.neliti.com

Sutedjo, M. M. dan A. G. Kartasapoetra. 2002. *Pengantar Ilmu Tanah. Cetakan Ketiga.Rineka Cipta. Jakarta* (internet). *Diakses 13 Januari 2021.* Tersedia pada: https//www.coursehero.com

Sudarmanto, (2013). *Analisis Kemampuan Infiltrasi Lahan Berdasarkan Kondisi Hidrometeorologis dan Karakteristik Fisik DAS pada Sub DAS Kreo Jawa Tengah* (internet). *Diakses 22 Mei 2021.* Tersedia pada:https//www.eprints.ulm.ac.id

Utomo, W. H. (1994). *Kekerasan Tanah dan Serapan Fisik Tanah Syarat Mutlak untuk Sistem Pertanian Terlanjutkan. Sains dan Teknologi* (internet). *Diakses 19 Mei 2021.* Tersedia pada: https//www.media.neliti.com

Wilson, E.M., (1993). *Hidrologi Teknik. Penerbit ITB, Bandung* (internet). *Diakses 26Maret 2021.* Tersedia pada: https//www.coursehero.com

Yunus, Y. (2004). *Perubahan Beberapa Sifat Fisik Tanah dan Kapasitas kerja Jurnal* Universitas Syiah Kuala Banda Aceh 1 (1-9) : 99-100.