

**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  $718 \text{ km}^2$  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 $\text{KM}^2$	
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 Gingsang
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 Banyir
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

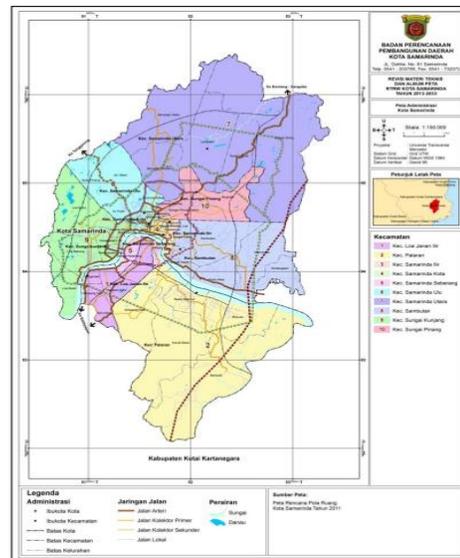
Beberapa macam aliran air di permukaan di daerah tangkapan air, selama dan setelah hujan akan masuk ke dalam parit atau selokan yang kemudian mengalir ke sungai-sungai kecil dan menjadi aliran di sungai utama. Karakteristik sungai dari daerah tangkapan air dipengaruhi oleh luas DAS, gradien sungai (bentuk, 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.

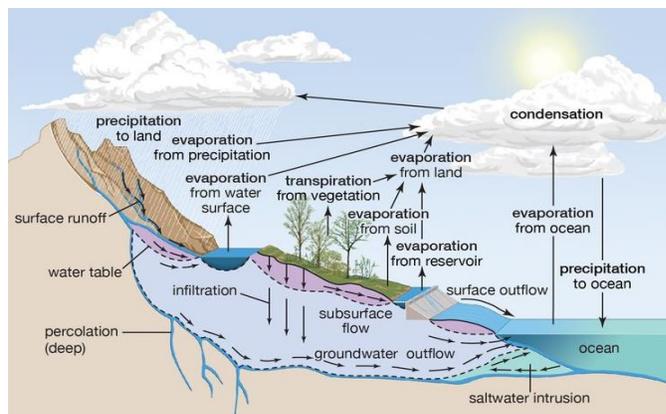
Rendahnya tingkat kesadaran dan disiplin masyarakat sekitar sungai dan lemahnya pengawasan dari pemerintah mengakibatkan sulitnya mencegah banjir dan juga akibat pendangkalan sungai mengakibatkan limpasan air permukaan akan menjadi genangan banjir. Debit banjir yang besar juga memberikan pengaruh terhadap 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 :

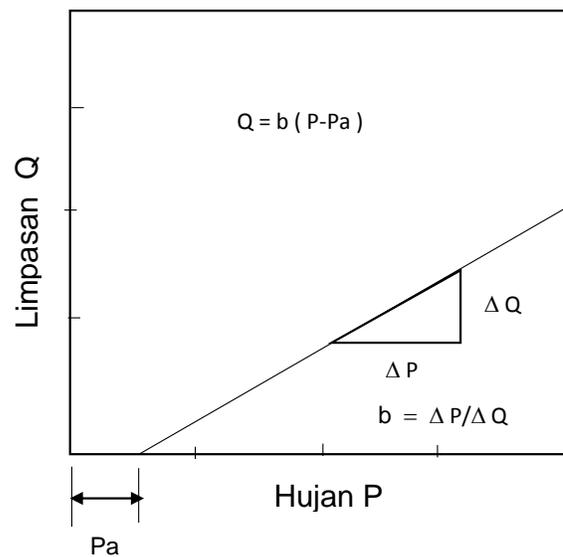
$$Q = b ( P - P_a ) \quad (1)$$

dengan :  $Q$  : kedalaman limpasan

$P$  : kedalaman hujan

$P_a$  : kedalaman hujan di bawah nilai tersebut tidak terjadi limpasan

$b$  : kemiringan garis



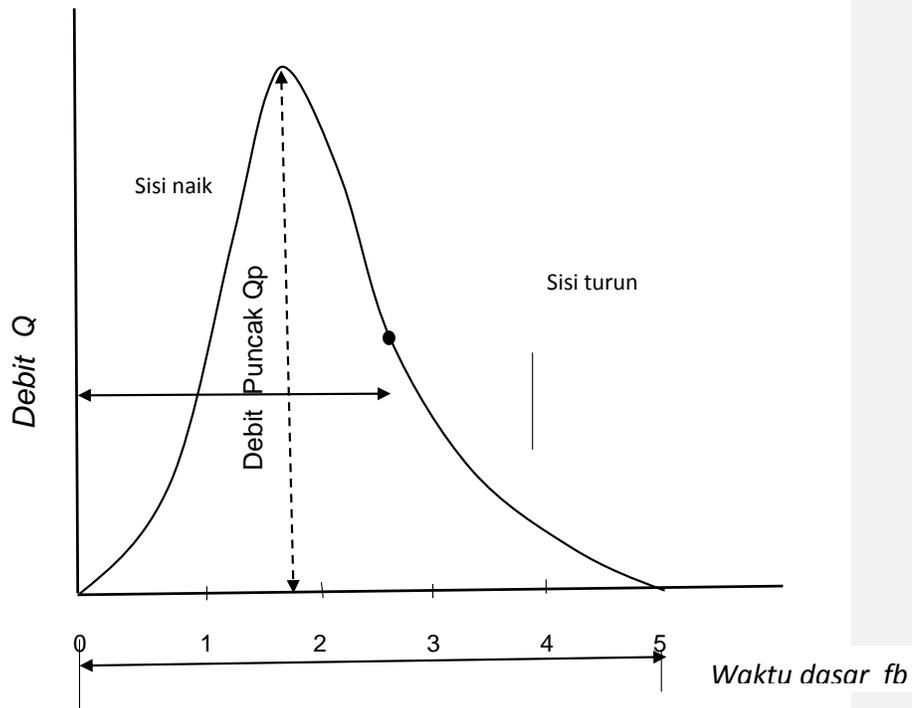
Gambar 3 : Hubungan linier hujan aliran

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

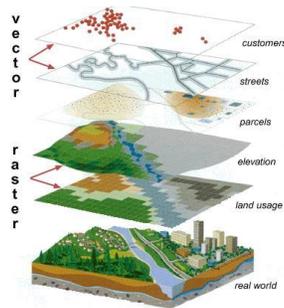
pasien covid-19 dan sebagainya, data teritris bisa disajikan dalam bentuk peta, table , grafik atau hasil perhitungan. Sumber data yang lain seperti : data peta (dalam bentuk digital), yaitu : data spasial sungai, jalan, tata guna lahan dan sebagainya

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
  - $\Delta$  = 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*

F<sub>u</sub>, F<sub>v</sub> dan F<sub>w</sub> = difusi horizontal

D<sub>h</sub> = koefisien difusi horizontal

h = kedalaman air banjir

## I. VALUASI EKONOMI LINGKUNGAN

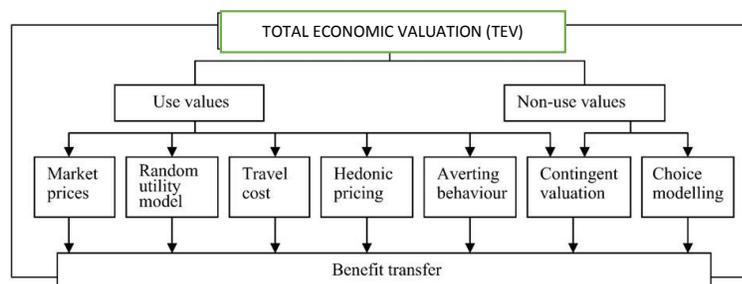
Dengan diberlakukannya [Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009](#) tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dimana pada Paragraf 8 tentang Instrument Ekonomi Lingkungan Hidup, pada pasal 42 ayat 1 dijelaskan bahwa dalam melestarikan fungsi lingkungan hidup Pemerintah dan Pemerintah Daerah wajib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

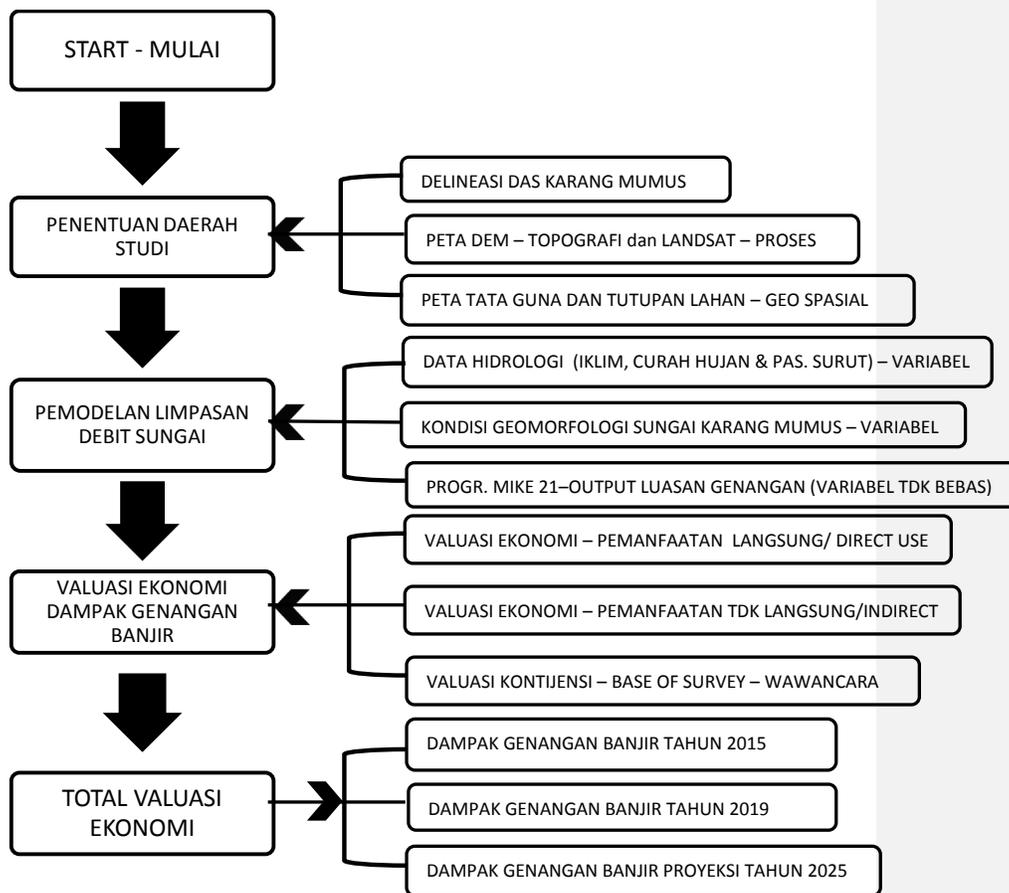
Nilai ekonomi penggunaan meliputi harga pasar yang bisa dinilai, model utilitas acak, biaya perjalanan, penentuan harga *hedonic* atau *property*, perilaku pencegahan, valuasi kontijensi dapat menilai ekonomi penggunaan-non penggunaan dan pilihan pemodelan [28]. Biaya perjalanan adalah metode valuasi 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](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 nilaigunaan 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.