

SKRIPSI

**DAMPAK SPASIAL BENCANA BANJIR PADA KAWASAN
PERMUKIMAN INFORMAL BERBASIS *FLOOD MODELLING*
(STUDI KASUS: KECAMATAN PANAKKUKANG DAN
KECAMATAN MANGGALA, KOTA MAKASSAR)**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUHAMMAD FADIL FAJAR
D101 19 1086**



**DEPARTEMEN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

DAMPAK SPASIAL BENCANA BANJIR PADA KAWASAN PERMUKIMAN INFORMAL BERBASIS *FLOOD MODELLING* (STUDI KASUS: KECAMATAN PANAKKUKANG DAN KECAMATAN MANGGALA)

Disusun dan diajukan oleh

**Muhammad Fadil Fajar
D101191086**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Perencanaan Wilayah dan
Kota
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 02 November 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Ihsan, S.T., M.T.
NIP. 197102191999031002

Pembimbing Pendamping,



Laode Muhammad Asfan Mujahid, ST., MT
NIP. 199303092019031014

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Abdul Racman Kasyid, ST., M.Si. IPM
NIP. 197410062008121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Muhammad Fadil Fajar

NIM : D101191086

Program Studi : Perencanaan Wilayah dan Kota

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis *Flood Modelling* (Studi Kasus: Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala, Kota Makassar)

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 2 November 2023

Yang Menyatakan



Muhammad Fadil Fajar

ABSTRAK

MUHAMMAD FADIL FAJAR. *Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis Flood Modelling (Studi Kasus: Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala, Kota Makassar)* (dibimbing oleh Ihsan dan Laode Muhammad Asfan Mujahid)

Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala merupakan kecamatan yang tergolong kedalam kawasan rawan bencana banjir. Kecamatan ini mengalami bencana banjir sebanyak 65 kali di Kecamatan Manggala dan 12 kali di Kecamatan Panakkukang di tahun 2021. Banjir disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya merupakan kawasan permukiman informal yang menjadi penyebab sekaligus terdampak banjir. Permukiman informal sebagian besar tinggal pada daerah rawan bencana banjir. Sehingga diperlukan mitigasi bencana berupa penyajian informasi terkait risiko banjir dengan memodelkan banjir menggunakan *flood modelling software* seperti *HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System)*. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi kondisi eksisting faktor banjir Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala, (2) membuat model simulasi banjir di Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala, dan (3) mengidentifikasi dampak spasial dari pemodelan banjir pada kawasan permukiman informal di Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala. Penelitian ini dilakukan pada Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala dalam kurun waktu (April – Juli 2023). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan analisis deskriptif kuantitatif, deskriptif kualitatif, kuantitatif, spasial, curah hujan kawasan, dan pemodelan banjir. Hasil dari penelitian ini adalah tutupan lahan yang didominasi permukiman, curah hujan dipengaruhi oleh tiga stasiun hujan (Stasiun Paotere, Stasiun Wilayah IV, dan Stasiun Biring Romang), ketinggian lokasi berada pada 0-30 mdpl, persebaran kawasan banjir tersebar pada 58 kawasan, dan kawasan permukiman informal diidentifikasi sebanyak 58 kawasan. Pemodelan dilakukan dalam lima skenario dengan curah hujan berbeda yang menghasilkan 30 kondisi yang berbeda untuk mengidentifikasi skenario dengan tingkat validasi tertinggi yaitu skenario II STA Barombong dengan luasan 5.642,47 ha dan ketinggian 4,68 meter dengan nilai akurasi 60,02% serta arah aliran yang dipengaruhi dan mempengaruhi wilayah sekitar lokasi penelitian. Berdasarkan model simulasi banjir, sebanyak 57 kawasan permukiman informal tergenang dengan luasan sebesar 19,68 ha dari luas kawasan permukiman informal yaitu 42,57 ha, dan besaran kawasan permukiman informal yang terdampak banjir adalah 46,23% dari total luas kawasan.

Kata Kunci: Banjir, *Flood Modelling*, Permukiman Informal

ABSTRACT

MUHAMMAD FADIL FAJAR. *Spatial Impact of Flood Disaster on Informal Settlement Areas Based on Flood Modeling (Case Study: Panakkukang Sub-district and Manggala Sub-district, Makassar City)* (supervised by Ihsan and Laode Muhammad Asfan Mujahid)

Panakkukang and Manggala districts are districts that are classified as flood-prone areas. These districts experienced floods 65 times in Manggala district and 12 times in Panakkukang district in 2021. Flooding is caused by several factors, one of which is the informal settlement area which causes and is affected by flooding. Most informal settlements live in areas prone to flooding. So that disaster mitigation is needed in the form of presenting information related to flood risk by modeling floods using flood modeling software such as HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System). This research aims to (1) identify the existing condition of flood factors in Panakkukang district and Manggala district, (2) create a flood simulation model in Panakkukang district and Manggala district, and (3) identify the spatial impact of flood modeling on informal residential areas in Panakkukang district and Manggala district. This research was conducted in Panakkukang district and Manggala district within the period (April - July 2023). The results of this study are land cover dominated by settlements, rainfall influenced by three rainfall stations (Paotere Station, Region IV Station, and Biring Romang Station), the height of the location is at 0-30 meters above sea level, the distribution of flood areas is spread over 58 areas, and informal settlement areas are identified as many as 58 areas. Modeling was carried out in five scenarios with different rainfall which resulted in 30 different conditions to identify the scenario with the highest level of validation, namely scenario II STA Barombong with an area of 5,642.47 ha and an altitude of 4.68 meters with an accuracy value of 60.02% and the direction of flow that is influenced and affects the surrounding area. Based on the flood simulation model, 57 informal settlement areas were inundated with an area of 19.68 ha of the total informal settlement area of 42.57 ha, and the amount of informal settlement areas affected by flooding was 46.23% of the total area.

Keywords: Flood, Flood Modelling, Informal Settlement

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
KATA PENGANTAR	xii
UCAPAN TERIMA KASIH	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pertanyaan Penelitian	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Banjir	6
2.1.1 Jenis Banjir.....	6
2.1.2 Faktor Penyebab Banjir.....	7
2.1.3 Dampak Banjir	9
2.1.4 Parameter Banjir.....	11
2.2 Curah Hujan.....	11
2.2.1 Curah Hujan Kawasan.....	13
2.2.2 Intensitas Hujan.....	13
2.2.3 Limpasan Air Hujan	14
2.3 <i>Digital Elevation Model (DEM)</i>	19
2.4 Tutupan Lahan	15
2.4.1 Koefisien Aliran Limpasan	16
2.4.2 Koefisien Kekasaran <i>Manning</i>	17
2.5 Debit Aliran Sungai	19
2.6 Sistem Informasi Geospasial (SIG)	20
2.7 Pemodelan Banjir.....	20
2.7.1 <i>Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS)</i>	21
2.7.2 ArcGIS	22
2.8 Kawasan Permukiman Informal	23
2.9 Penelitian Terdahulu	25
2.10 Kerangka Konsep Penelitian	30
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	31

3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian	31
3.3	Jenis dan Sumber Data	33
3.4	Teknik Pengumpulan Data	33
3.5	Variabel Penelitian	34
3.6	Teknik Analisis Data	38
	3.6.1 Berdasarkan Pertanyaan Penelitian Pertama	38
	3.6.2 Berdasarkan Pertanyaan Penelitian Kedua.....	40
	3.6.3 Berdasarkan Pertanyaan Penelitian Ketiga	46
3.7	Definisi Operasional	46
3.8	Kerangka Pikir Penelitian	48

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Gambaran Umum	50
	4.1.1 Gambaran Umum Kota Makassar	50
	4.1.2 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	51
4.2	Kondisi Eksisting di Lokasi Penelitian.....	53
	4.2.1 Tutupan Lahan	53
	4.2.2 Curah Hujan	66
	4.2.3 <i>Digital Elevation Model (DEM)</i>	70
	4.2.4 Persebaran Kawasan Banjir.....	72
	4.2.5 Kawasan Permukiman Informal.....	84
4.3	Model Simulasi Banjir.....	115
	4.3.1 Pemodelan Banjir (<i>Flood Modelling</i>)	115
	4.3.2 Uji Validasi	125
4.4	Dampak Spasial Bencana Banjir.....	144
	4.4.1 Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal.....	144
	4.4.2 Ilustrasi Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal.....	173

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	175
5.2	Saran.....	176

DAFTAR PUSTAKA.....	171
LAMPIRAN.....	188
<i>CURRICULUM VITAE</i>.....	192

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Kerangka konsep penelitian.....	30
Gambar 2.	Peta lokasi penelitian.....	32
Gambar 3.	Kerangka pikir penelitian	49
Gambar 4.	Peta lokasi penelitian	52
Gambar 5.	Kondisi Balang Tonjong.....	53
Gambar 6.	Kondisi aliran Sungai Tallo.....	54
Gambar 7.	Kondisi Kanal Borong.....	55
Gambar 8.	Kondisi Waduk Tunggu Pampang.....	55
Gambar 9.	Kondisi drainase di Perumahan Ranggong.....	56
Gambar 10.	Kondisi drainase di Jalan Toddopuli	56
Gambar 11.	Kondisi Jalan A.P. Pettarani	57
Gambar 12.	Kondisi Jalan Meranti.....	57
Gambar 13.	Kondisi Jalan Topaz Raya	57
Gambar 14.	Kondisi Parkiran Panakkukang Square	58
Gambar 15.	Kondisi Kompleks Perumahan IDI Pettarani	58
Gambar 16.	Kondisi tambang PT. ABP Antang.....	59
Gambar 17.	Kondisi RTH di Kantor Gubernur Sulawesi Selatan.....	59
Gambar 18.	Kondisi rawa di Kawasan TPA Tamangapa.....	60
Gambar 19.	Kondisi kawasan persawahan di Kelurahan Tamangapa	60
Gambar 20.	Kondisi semak belukar di Balang Tonjong	61
Gambar 21.	Kondisi tambak di Kelurahan Pampang	62
Gambar 22.	Kondisi lapangan sepakbola di Kelurahan Manggala	62
Gambar 23.	Kondisi tegalan di Jalan Antang Raya.....	63
Gambar 24.	Kondisi kawasan komersil di Jalan Pengayoman.....	63
Gambar 25.	Kondisi TPA Tamangapa	64
Gambar 26.	Kondisi kebun campuran di Kelurahan Pampang	64
Gambar 27.	Peta tutupan lahan lokasi penelitian	65
Gambar 28.	Peta <i>polygon thiessen</i> Kota Makassar	68
Gambar 29.	Peta <i>polygon thiessen</i> lokasi penelitian	69
Gambar 30.	Peta DEM lokasi penelitian	71
Gambar 31.	Peta persebaran kawasan banjir lokasi penelitian.....	73
Gambar 32.	Peta kawasan permukiman informal lokasi penelitian	85
Gambar 33.	Data DEM lokasi penelitian sebelum dimodifikasi	116
Gambar 34.	Data DEM lokasi penelitian setelah dimodifikasi	116
Gambar 35.	Batasan aliran <i>2D flow area</i>	117
Gambar 36.	Data tutupan lahan pada HEC-RAS	119
Gambar 37.	Proses <i>unsteady flow data</i>	122
Gambar 38.	Peta confusion matrix skala Kota Makassar.....	127
Gambar 39.	Lokasi titik tertinggi banjir	128
Gambar 40.	Peta model simulasi banjir skenario II STA Barombong Skala Kota Makassar	129
Gambar 41.	Peta piksel <i>confusion matrix</i> lokasi penelitian	131
Gambar 42.	Peta model simulasi banjir skenario II STA Barombong skala lokasi penelitian.....	132
Gambar 43.	Peta simulasi banjir pada jam ke-12 di lokasi penelitian.....	134

Gambar 44. Peta simulasi banjir pada jam ke-24 di lokasi penelitian.....	135
Gambar 45. Peta simulasi banjir maksimal di lokasi penelitian.....	136
Gambar 46. Simulasi arah aliran banjir pada kanal jam ke-12.....	137
Gambar 47. Simulasi arah aliran banjir pada danau jam ke-12.....	137
Gambar 48. Simulasi arah aliran banjir pada waduk jam ke-12.....	138
Gambar 49. Simulasi arah aliran banjir pada sungai jam ke-12.....	138
Gambar 50. Simulasi arah aliran banjir pada kanal jam ke-24.....	139
Gambar 51. Simulasi arah aliran banjir pada danau jam ke-24.....	139
Gambar 52. Simulasi arah aliran banjir pada waduk jam ke-24.....	139
Gambar 53. Simulasi arah aliran banjir pada sungai jam ke-24.....	140
Gambar 54. Peta arah aliran banjir lokasi penelitian.....	141
Gambar 55. Arah aliran batas lokasi penelitian, Kecamatan Rappocini, dan Kabupaten Gowa	142
Gambar 56. Arah aliran batas lokasi penelitian dan Kecamatan Tallo	142
Gambar 57. Arah aliran batas lokasi penelitian dan Kecamatan Tamalanrea ...	142
Gambar 58. Arah aliran batas lokasi penelitian dan Kecamatan Bontoala	143
Gambar 59. Arah aliran batas lokasi penelitian dan Kecamatan Makassar	143
Gambar 60. Arah aliran batas lokasi penelitian dan Kabupaten Maros	143
Gambar 61. Peta bencana banjir pada kawasan permukiman informal di lokasi penelitian.....	145
Gambar 62. Ilustrasi ketinggian banjir pada kawasan permukiman informal ketinggian 1 meter	173
Gambar 63. Ilustrasi ketinggian banjir pada kawasan permukiman informal ketinggian 2,50 meter	173
Gambar 64. Ilustrasi ketinggian banjir pada kawasan permukiman informal tepi badan air ketinggian 2 meter	173

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Klasifikasi penutup lahan skala 1:250.000	15
Tabel 2.	Koefisien aliran limpasan	16
Tabel 3.	Koefisien kekasaran <i>manning</i>	18
Tabel 4.	Penelitian terdahulu	26
Tabel 5.	Variabel penelitian.....	35
Tabel 6.	Indikator permukiman informal.....	39
Tabel 7.	Nilai koefisien kekasaran <i>manning</i> berdasarkan tutupan lahan lokasi penelitian.....	42
Tabel 8.	Nilai koefisien aliran limpasan berdasarkan tutupan lahan lokasi penelitian	43
Tabel 9.	<i>Analisis confusion matrix</i>	45
Tabel 10.	Luas kecamatan di Kota Makassar tahun 2022	50
Tabel 11.	Luas kelurahan di lokasi penelitian tahun 2022	51
Tabel 12.	Curah hujan harian maksimum Kota Makassar 2018-2022	66
Tabel 13.	Data curah hujan dari stasiun hujan di Kota Makassar tahun 2021.....	66
Tabel 14.	Luas jangkauan hujan masing-masing stasiun hujan.....	67
Tabel 15.	Luas, ketinggian, dan lama genangan banjir pada lokasi penelitian.	74
Tabel 16.	Luas dan tipologi dari kawasan permukiman informal	86
Tabel 17.	Intensitas hujan dalam 24 Jam di lokasi penelitian	119
Tabel 18.	Data debit aliran Sungai Tallo dan Sungai Jeneberang dalam 24 jam.....	120
Tabel 19.	Pasang surut air laut Kota Makassar dalam 24 jam.....	122
Tabel 20.	Perbandingan luas dan tinggi model banjir berdasarkan skenario	124
Tabel 21.	Perbandingan nilai akurasi berdasarkan analisis <i>confusion matrix</i> ...	125
Tabel 22.	Perhitungan analisis <i>confusion matrix</i> skenario II STA Barombong Kota Makassar	126
Tabel 23.	Ketinggian dan luas model banjir skenario II STA Barombong Kota Makassar	128
Tabel 24.	Perhitungan analisis <i>confusion matrix</i> skenario II STA Barombong lokasi penelitian.....	130
Tabel 25.	Ketinggian dan luas model banjir skenario II STA Barombong lokasi penelitian.....	130
Tabel 26.	Perbandingan luas dan ketinggian pada model banjir terpilih.....	133
Tabel 27.	Luasan simulasi banjir pada kawasan permukiman informal.....	146

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
RTRW	Rencana Tata Ruang Wilayah
BMKG	Badan Meteorologi dan Klimatologi Geofisika
BPBD	Badan Penanggulangan Bencana Daerah
BPS	Badan Pusat Statistik
BIG	Badan Informasi Geospasial
SIG	Sistem Informasi Geografis
HEC-RAS	<i>Hydrologic Engineering Center – River Analysis System</i>
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
DEM-Nas	DEM Nasional
SNI	Standar Nasional Indonesia
n	Koefisien Kekasaran <i>Manning</i>
C	Koefisien Aliran Limpasan
P	Hujan Rerata Kawasan
I	Intensitas Hujan
Q	Debit Banjir Rancangan
ABM	<i>Alternating Block Method</i>
Δt	Interval Waktu
ACC	Nilai Akurasi
TP	<i>True Positive</i>
FP	<i>False Positive</i>
TN	<i>True Negative</i>
FN	<i>False Negative</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Dokumentasi Pengumpulan Data (Observasi dan Wawancara)	188
Lampiran 2.	Lembar Wawancara Persebaran Kawasan Banjir	191
Lampiran 3.	Lembar Observasi Kawasan Permukiman Informal	191

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala berkat, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul **“Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis *Flood Modelling* (Studi Kasus: Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala, Kota Makassar)”** dapat diselesaikan tepat waktu sebagai syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana S1 Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'alaihi Wa Sallam* yang telah mengantarkan manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang penuh dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi seperti saat ini.

Pengambilan dasar skripsi ini didasari pada kondisi eksisting di lokasi penelitian yang merupakan kawasan rawan banjir menurut Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Makassar tahun 2015-2034. Banjir memberikan berbagai dampak dalam berbagai aspek yang menyebabkan berbagai macam bentuk kerugian, salah satunya dampak pada keruangan atau spasial. Permukiman informal merupakan salah satu yang terdampak oleh banjir karena sebagian permukiman ini berada pada kawasan rawan bencana banjir (Sakijege, 2013). Terdapat beberapa kawasan permukiman informal yang tersebar pada lokasi penelitian, sehingga tujuan dari penelitian ini adalah sebagai informasi risiko bencana banjir melalui pemodelan banjir menggunakan *flood modelling software*. Pemodelan banjir yang dilakukan menggunakan *software* HEC-RAS yang dapat memodelkan banjir dengan aliran mengalir melalui saluran terbuka dan menilai profil permukaan air (Eslamian dan Eslamian, 2022).

Skripsi ini membahas mengenai pemodelan banjir yang dapat digunakan untuk melihat dampak spasial dari kawasan permukiman informal menggunakan *software* HEC-RAS. Sehingga, penelitian ini diharapkan dapat menjadi pedoman dalam penelitian lain maupun praktisi dalam mengambil pertimbangan mengenai mitigasi bencana banjir. Penulis menyadari bahwa skripsi ini memiliki banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, baik dalam isi maupun sistematikanya. Maka dari itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun dalam melakukan perbaikan penulis di masa yang akan datang. Semoga apa yang telah ditulis oleh penulis dapat memberikan manfaat bagi setiap pembaca dan memberikan keberkahan ilmu bagi penulis, Terima Kasih.

Gowa, 2 November 2023

(Muhammad Fadil Fajar)

Sitasi dan Alamat Kontak:

Harap menuliskan sumber skripsi ini dengan cara penulisan sebagai berikut:

Fajar, Muhammad Fadil. 2023. *Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis Flood Modelling (Studi Kasus: Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala)* Skripsi Sarjana, Prodi S1 PWK Universitas Hasanuddin. Makassar.

Demi peningkatan kualitas skripsi ini, maka kritik dan saran dapat dikirimkan ke penulis melalui alamat email: muhfadilf16@gmail.com

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan berkah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini di waktu yang tepat. Salam dan shalawat penulis haturkan kepada Rasulullah Muhammad *shallallahu 'alaihi wa sallam* yang telah membawa pesan dan menjadi uswatun hasanah bagi umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang ini. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan motivasi dari berbagai pihak sehingga penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tersayang (Ayah Fajar Yande Siwa, S.E dan Ibu Dra. Erna Mustafa) dan saudara hebat (Fera Juliana Fajar, S.Sos., M.Ap, Muhammad Fahmi Fajar, S.IP, dan Farah Juliani Fajar) atas doa, nasihat, dukungan, serta kasih sayang yang tak hentinya diberikan kepada penulis;
2. Rektor Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Ir. Djamaluddin Jompa, M.Sc.) yang telah memfasilitasi penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin;
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST. M.Si. IPM) atas dukungan dan kebijakannya;
4. Kepala Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK) Universitas Hasanuddin (Bapak Dr. Eng. Abdul Rachman Rasyid, ST. M.Si. IPM) dan Sekretaris Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin sekaligus dosen penasihat akademik (Ibu Sri Aliah Ekawati, ST., M.T.) atas bimbingan akademik dan administrasi selama penulis menempuh pendidikan;
5. Dosen Pembimbing Utama (Bapak Dr. Eng. Ihsan, S.T., M.T) atas segala nasihat, bimbingan, kepercayaan, serta ilmu yang telah diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
6. Dosen Pembimbing Pendamping (Bapak Laode Muhammad Asfan Mujahid, ST., MT) atas motivasi, dukungan, ilmu, nasihat, bantuan, dan kepercayaan yang telah diberikan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini;
7. Dosen Penguji (Ibu Isfa Sastrawati, S.T, M.T dan Bapak Gafar Lakatupa, S.T, M.Eng) atas motivasi, dukungan, ilmu, nasihat, bantuan, dan kepercayaan yang telah diberikan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini;
8. Kepala Studio Akhir (Ibu Dr.techn. Yashinta K. D. Sutopo, ST., MIP) atas segala nasihat dan kepercayaannya selama menempuh perkuliahan;
9. Kepala *LBE Urban Regional Planning, Tourism, and Disaster Mitigation* Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin (Bapak Dr. Eng. Ihsan, S.T., M.T) atas waktu, bimbingan, dan nasihat kepada penulis;
10. Seluruh Dosen Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat selama penulis menjalani masa perkuliahan;

11. Seluruh Staf Administrasi dan Pelayanan Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota yang telah membantu penulis dalam mengurus administrasi skripsi ini dan selama masa perkuliahan berlangsung;
12. Teman-teman SEKTOR 2019 atas dukungan, semangat, bantuan, dan motivasi kepada penulis selama perkuliahan;
13. Teman-teman di *Laboratory of Urban Regional Planning, Tourism, and Disaster Mitigation* terima kasih telah membantu dan memberikan semangat kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini;
14. Teman-teman kelompok mitigasi *Forecaster Ranger* (Husnul Khatimah Muhammad Akbar, Hikmah Angraini Bahar, Muhammad Sapety Ardana Dahlan, Naura Zikrinadifa, dan Agil Parwan) terima kasih telah kebersamai selama penulisan skripsi dalam suka dan duka;
15. Terima kasih terkhusus kepada teman-teman terdekat saya (Alfian Naha, Ravly Jaya Sulkarnain, Muhammad Akbar, Ahmad Aufa Raihan, Andi Sulolipu Zainal, Yasseruddin Aliakbar, Dheo Azharya Lekkoan Ada, Asma Amne Ambarwati, Nurul Fauziyah, Layla Nurdiva Syauqina, dan Sulvina) atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis dari awal sampai akhir perkuliahan;
16. Teman-teman studio tugas akhir (L.M. Raynaldi Faturrahman Muhvy, Agil Parwan, Muhammad Akbar, Hikmah Angraini Bahar, Naura Zikrinadifa, Husnul Khatimah, Muhammad Sapety Ardana Dahlan, Syahriani Ramadhani, Friselia Tesya Anjelin, dan Gita Alfiani Rahman);
17. Terima kasih kepada seluruh praktisi dari setiap kelurahan di Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala yang telah memberikan waktu, kesempatan, dan informasi untuk membantu penyelesaian skripsi ini;
18. Terima kasih terkhusus kepada Fiony Alveria Tantri yang telah memberikan semangat dan motivasi jarak jauh sehingga penulis dapat merasakan semangat yang luar biasa dalam mengerjakan skripsi.
19. Terima kasih kepada JKT48 yang telah membuat lagu-lagu yang membakar semangat penulis dalam menyusun skripsi.
20. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih telah memberikan bantuan dan motivasi yang sangat berharga.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan dampak positif bagi kita semua dan dapat menjadi referensi pembelajaran bagi semua pihak.

Gowa, 2 November 2023

(Muhammad Fadil Fajar)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir merupakan bencana alam dengan frekuensi tertinggi dan distribusi geografis terluas di seluruh dunia. Banjir didefinisikan sebagai peristiwa alam yang terjadi pada saat air meluap dan menutupi lahan yang sebelumnya kering (*United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2017*). Kodoatie dan Syarief (2010) menjelaskan bahwa banjir disebabkan oleh dua faktor utama yakni alam dan aktivitas manusia. Faktor alam dipengaruhi oleh curah hujan, fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas drainase, dan pasang air laut. Faktor aktivitas manusia dipengaruhi oleh kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) berubah, kawasan permukiman kumuh dan sampah, drainase perkotaan dan pengembangan pertanian, kerusakan fasilitas pengendali air, sistem pengendalian banjir tidak tepat, dan hilangnya vegetasi.

Salah satu masalah besar yang dihadapi oleh masyarakat perkotaan adalah banjir (Rahardjo, 2014). Penyebab banjir salah satunya merupakan alih fungsi lahan, Simanjuntak (2009) menjelaskan bahwa alih fungsi lahan memberikan dampak terhadap kemampuan lahan dalam menyimpan air hujan, sehingga berdampak pada surplus air saat musim penghujan. Intensitas curah hujan yang tinggi juga memiliki pengaruh yang besar, Suhardiman (2012) menyatakan bahwa hujan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan banjir, bila terjadi dalam waktu yang lama dengan intensitas tinggi. Selain kedua faktor tersebut, Pratomo (2008) menjelaskan bahwa kemiringan lereng juga menjadi faktor penyebab banjir, kemiringan lereng yang landai membuat aliran limpasan menjadi lambat dan menyebabkan terbentuknya genangan atau banjir.

Kota Makassar merupakan kota yang mengalami banjir di setiap tahunnya (Thoban, 2020). Badan Pusat Statistik (2021) juga menjelaskan bahwa banjir terjadi pada Kota Makassar sebanyak 174 kali pada tahun 2021 di Kota Makassar. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa penyebab, Badan Nasional Penanggulangan Bencana yang dikutip dalam Bongi dkk. (2020), kriteria curah hujan di Kota Makassar termasuk kedalam kategori yang sangat lebat, kurangnya area hijau dan

rawa yang menampung air hujan telah beralih fungsi. Penelitian Ashari (2021) juga menunjukkan perubahan lahan di Kota Makassar selama periode 2011-2019. Luas lahan pertanian, perkebunan, dan area alami seperti hutan dan taman mengalami penurunan sekitar 17% dari total luas Kota Makassar.

Selain faktor perubahan guna lahan, curah hujan di Kota Makassar juga merupakan salah satu penyebab banjir, curah hujan tertinggi di Kota Makassar terjadi pada tahun 2021 yaitu sebesar 1.995 mm pada bulan Januari, berdasarkan penggolongan kriteria curah hujan oleh Badan Meteorologi dan Klimatologi Geofisika (BMKG) curah hujan tersebut tergolong kedalam curah hujan sangat tinggi yakni sebesar >500 mm (BPS Kota Makassar, 2021). Ketinggian Kota Makassar tergolong kedalam klasifikasi datar dengan ketinggian 0-8 mdpl (BPS Kota Makassar, 2021). Pada Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Makassar tahun 2015-2034 menjelaskan Kota Makassar terdampak banjir yang dipengaruhi oleh proses sungai yang memiliki sungai primer yakni Sungai Tallo dan Sungai Je'neberang. Selain itu, salah satu faktor penyebab lain adalah drainase perkotaan yang tidak optimal dan kawasan permukiman yang mengurangi kawasan resapan air (Anriani dkk., 2019).

Berdasarkan RTRW Kota Makassar tahun 2015-2034, banjir terjadi pada beberapa kecamatan diantaranya Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala. Kedua kecamatan tersebut tergolong kedalam kawasan rawan banjir. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Makassar menjelaskan bahwa pada tahun 2021 jumlah kejadian banjir pada masing-masing kecamatan adalah Kecamatan Panakkukang 12 kali dan Kecamatan Manggala 65 kali. Hal tersebut menjadikan Kecamatan Manggala menjadi kecamatan yang paling banyak terjadi banjir di Kota Makassar, sedangkan Kecamatan Panakkukang menempati posisi keempat dari 15 kecamatan di Kota Makassar.

Potensi terjadinya banjir di Kota Makassar salah satunya dipengaruhi oleh kawasan padat penduduk dengan sistem drainase yang tidak optimal (RTRW Kota Makassar tahun 2015-2034). Kodoatie dan Syarief (2010) menjelaskan bahwa permukiman kumuh merupakan salah satu penyebab terjadinya banjir. Selain menjadi penyebab banjir, permukiman juga dapat menjadi objek yang terdampak. Hutauruk dkk. (2020) menjelaskan bahwa terdapat beberapa dampak kerugian

bagi masyarakat permukiman padat berupa kerusakan lingkungan, kerugian ekonomi, dan gangguan kesehatan. Kondisi ini juga dapat berpengaruh pada permukiman informal yang sebagian besar tinggal pada daerah rawan bencana, utamanya bencana banjir karena permukiman informal merupakan faktor utama dalam peningkatan terjadinya banjir akibat kurangnya penyediaan infrastruktur dasar dan kurangnya koordinasi terhadap aktivitas masyarakat (Sakijege, 2013). Permukiman ini tumbuh akibat dari urbanisasi yang tumbuh lebih cepat dari kemampuan pemerintah dalam menyediakan lahan, infrastruktur dan rumah (*Western Cape Government, 2013*).

Kerugian dari dampak banjir dapat dikurangi melalui mitigasi, salah satu cara yang dapat dilakukan untuk melakukan pencegahan atau mitigasi bencana adalah menggunakan pemodelan spasial dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), pemodelan ini dapat memetakan daerah rawan genangan banjir yang dapat menjadi mitigasi bencana (Wijayanto dan Helda, 2022). Dalam melakukan pemodelan banjir diperlukan perangkat lunak yang dapat memodelkan banjir, salah satunya adalah *Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS)*. Eslamian dan Eslamian (2022) menjelaskan bahwa aplikasi ini digunakan untuk memodelkan air mengalir melalui saluran terbuka dan menilai profil permukaan air, sehingga model ini dapat digunakan dalam penelitian pengelolaan banjir.

Dampak dari bencana banjir memberikan berbagai macam bentuk kerugian pada berbagai aspek. Untuk mencegah berbagai kerugian yang disebabkan oleh banjir diperlukan upaya pencegahan berupa pemberian informasi yang terpercaya kepada khalayak ramai terkait wilayah yang memiliki risiko terjadi banjir. Salah satu bentuk informasi yang dapat diberikan adalah memetakan wilayah rawan banjir melalui pemodelan spasial. Penelitian ini bertujuan sebagai bentuk mitigasi dengan penyediaan informasi terhadap banjir dengan melakukan pemodelan spasial terhadap luasan banjir di Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala dengan memperhatikan dampak spasialnya terhadap kawasan permukiman informal yang tersebar di kedua kecamatan ini menggunakan *flood modeling software*, sehingga dapat memberikan informasi yang dapat menjadi pedoman pada mitigasi.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang terkait banjir di lokasi penelitian yang sering terjadi, sehingga dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting faktor banjir di Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala?
2. Bagaimana model simulasi banjir Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala menggunakan *flood modelling*?
3. Bagaimana dampak spasial pemodelan banjir pada kawasan permukiman informal di Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pertanyaan penelitian yang telah disebutkan maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kondisi eksisting faktor banjir di Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala.
2. Membuat model simulasi banjir di Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala.
3. Mengidentifikasi dampak spasial pemodelan banjir pada kawasan permukiman informal di Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan dapat menjadi bahan referensi yang dapat digunakan oleh peneliti lain dalam mendapatkan informasi terkait pemodelan banjir menggunakan metode *flood modelling*.
2. Diharapkan dapat menjadi media penyebaran informasi terhadap pihak praktisi dalam melakukan upaya mitigasi bencana banjir dalam meminimalisir kerugian akibat dampak banjir di Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian digunakan untuk membatasi permasalahan yang ada pada penelitian ini. Ruang lingkup terbagi menjadi dua diantaranya, ruang lingkup wilayah dan substansi.

1.5.1 Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah dalam penelitian ini terdiri atas Kecamatan Panakkukang dan Kecamatan Manggala, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan.

1.5.2 Ruang Lingkup Substansi

Ruang lingkup substansi menjelaskan terkait pemodelan dari simulasi banjir yang meliputi faktor curah hujan, tutupan lahan, dan debit aliran sungai dengan menggunakan *software* HEC-RAS untuk mengidentifikasi dampak spasial pada kawasan permukiman informal berupa dampak luasan dan ketinggian banjir pada permukiman informal yang berada di lokasi penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Banjir

Menurut *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* (2017) banjir merupakan bencana alam yang terjadi ketika suatu daerah atau daratan yang biasanya kering terendam air. Bisa terjadi karena hujan deras, sungai meluap, gelombang badai, tsunami, atau fenomena lainnya. Banjir dapat menyebabkan kerusakan terhadap infrastruktur, properti, dan kehidupan manusia.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2014) menjelaskan bahwa banjir adalah suatu fenomena atau peristiwa saat air merendam sebuah wilayah atau daratan yang sebelumnya kering akibat melewati kapasitas normal wilayah dalam menampung volume air yang berlebih. *International Commission on Irrigation and Drainage* (2020) menjelaskan bahwa banjir merupakan genangan yang terjadi pada wilayah daratan yang sebelumnya kering, laju aliran sungai yang memiliki nilai lebih besar, atau terjadinya kenaikan atau terjadi penambahan pada sebuah wilayah serta terjadinya limpasan air yang tidak biasanya terjadi pada wilayah daratan.

2.1.1 Jenis Banjir

Banjir memiliki berbagai jenis yang diklasifikasikan berdasarkan beberapa aspek, Puturuhu (2015) memberikan klasifikasi banjir berdasarkan sumber air, mekanisme, posisi, dan berdasar pada penyebabnya. Klasifikasi banjir terbagi lagi menjadi beberapa jenis, diantaranya sebagai berikut.

1. Klasifikasi Banjir Berdasarkan Sumber Air

Pembagian banjir berdasarkan sumber air dibagi menjadi tiga jenis, diantaranya:

- a. Banjir sungai yang disebabkan oleh luapan air sungai.
- b. Banjir danau yang disebabkan oleh luapan air danau atau kerusakan pada bendungan yang mengakibatkan air meluap.
- c. Banjir pasang laut yang dapat disebabkan oleh terjadinya badai atau gempa pada sekitar laut.

2. Klasifikasi Banjir Berdasarkan Mekanisme Terjadinya

Banjir berdasarkan mekanisme terjadinya dibedakan menjadi dua jenis, diantaranya:

- a. Banjir biasa atau banjir regular merupakan banjir yang terjadi karena limpasan yang berlebih sehingga melampaui kemampuan dari sistem pembuangan air.
- b. Banjir tidak biasa atau banjir irregular merupakan banjir yang terjadi karena penyebab yang tidak biasa seperti gelombang tsunami, gelombang pasang, atau kerusakan dam.

3. Klasifikasi Banjir Berdasarkan Posisi Sumber Banjir

Klasifikasi banjir berdasarkan kriteria posisi banjir dibedakan menjadi dua, diantaranya:

- a. Banjir lokal adalah banjir yang disebabkan oleh terjadinya hujan lokal.
- b. Banjir bandang adalah banjir yang disebabkan oleh limpasan dari wilayah hulu pada wilayah yang berada di hilir.

4. Klasifikasi Banjir Berdasarkan Penyebab

Klasifikasi banjir berdasarkan penyebabnya dibagi menjadi empat jenis, diantaranya:

- a. Banjir yang disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi dengan waktu berlangsungnya hujan lama.
- b. Banjir yang disebabkan oleh salju yang meleleh akibat suhu udara meningkat dan menyebabkan aliran salju mengalir.
- c. Banjir bandang yang disebabkan oleh hujan pada wilayah dengan kemiringan lereng curam pada bagian hulu dengan intensitas hujan yang tinggi.
- d. Banjir pasang yang disebabkan oleh pasang surut air laut yang mengakibatkan sungai mengalami air balik.

2.1.2 Faktor Penyebab Banjir

Menurut Kodoatie dan Syarief (2010), banjir disebabkan oleh dua faktor utama, yakni faktor alam aktivitas manusia. Faktor penyebab banjir diantaranya sebagai berikut.

1. Faktor Alam

Penyebab banjir dengan faktor yang disebabkan oleh alam, diantaranya sebagai berikut.

- a. Curah hujan menjadi penyebab banjir karena curah hujan yang tinggi dapat mengakibatkan penumpukan air pada sungai sehingga melebihi batas.
- b. Fisiografi menjadi penyebab banjir karena merupakan geografi fisik sungai berupa bentuk, fungsi, dan kemiringan DAS, kemiringan sungai, geometrik hidrolis, dan lokasi sungai yang mempengaruhi terjadinya banjir.
- c. Erosi dan sedimentasi, erosi mempengaruhi terjadinya banjir karena kapasitas penampang yang berkurang, sedangkan sedimentasi mempengaruhi terjadinya banjir akibat dari penumpukan pada saluran
- d. Kapasitas sungai memberikan pengaruh terhadap banjir akibat dari endapan dan erosi, sedimentasi menyebabkan aggradasi dan sungai menjadi dangkal, sehingga kapasitas sungai semakin berkurang. Hal ini yang menyebabkan air meluap keluar dari sungai.
- e. Kapasitas drainase menyebabkan banjir ketika drainase tidak memadai atau tidak dapat menampung akibat penumpukan, sehingga air meluap keluar dari drainase.
- f. Pasang air laut mempengaruhi banjir karena dapat menghambat air menuju ke laut, ketika banjir bertepatan dengan terjadinya pasang maka akan terjadi *backwater* yang menyebabkan banjir menjadi semakin besar.

2. Faktor Aktivitas Manusia

Penyebab banjir dengan faktor yang disebabkan oleh aktivitas manusia, diantaranya sebagai berikut.

- a. Kondisi DAS yang berubah dapat mempengaruhi banjir ketika terjadi pembalakan hutan, metode pertanian yang salah, *urban sprawl*, dan alih fungsi lahan.
- b. Kawasan permukiman kumuh pada bantaran sungai adalah salah satu penyebab banjir karena dapat menjadi hambatan pada air saat

mengalir ke sungai atau drainase. Sampah juga berperan dalam menyebabkan banjir, masyarakat yang membuang sampah sembarangan menyebabkan banjir karena terjadi penumpukan.

- c. Drainase perkotaan dan pengembangan pertanian pada bantaran kawasan banjir mengakibatkan menurunnya kemampuan bantaran dalam menampung air.
- d. Kerusakan fasilitas pengendali air dapat menyebabkan tidak berfungsinya fasilitas pengendali air.
- e. Sistem pengendalian banjir tidak tepat dapat membuat kerusakan fasilitas pengendalian banjir.
- f. Hilangnya vegetasi dapat mengganggu siklus hidrologi yang dapat menimbulkan banjir. Berbagai penyebab hilangnya vegetasi seperti penebangan pohon ilegal, sistem tani berpindah, dan lainnya.

2.1.3 Dampak Banjir

Banjir memberikan berbagai kerugian terhadap masyarakat berupa kehilangan jiwa dan materi dalam skala pribadi dan umum sehingga mengganggu aktivitas sosial dan ekonomi. Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana (2017) menjelaskan bahwa terdapat beberapa komponen yang dapat terancam, diantaranya sebagai berikut.

1. Manusia (Jiwa)

Komponen yang terancam diantaranya jumlah penduduk yang meninggal, penduduk yang hilang, penduduk yang luka-luka, dan penduduk yang mengungsi.

2. Prasarana Umum (Fasilitas)

Komponen yang terancam dari prasarana umum atau fasilitas terbagi menjadi beberapa bagian, diantaranya sebagai berikut.

a. Prasarana Transportasi

Banjir menyebabkan genangan pada prasarana transportasi diantaranya fasilitas jalan, jembatan, rel kereta api, stasiun kereta api, terminal bus, jalan akses dan kompleks pelabuhan.

b. Fasilitas Sosial

Banjir juga mempengaruhi berbagai fasilitas sosial yang dapat rusak atau hanyut akibat genangan, diantaranya fasilitas pendidikan, peribadatan, kesehatan, pasar, gedung pertemuan, kantor pos, dan berbagai fasilitas lainnya.

c. Fasilitas Pemerintahan, Industri Jasa dan Fasilitas Strategis Lain

Banjir juga mempengaruhi fasilitas pemerintahan, berbagai industri dan jasa, serta fasilitas strategis diantaranya, kantor instansi pemerintahan, kompleks industri, perdagangan, instalasi listrik pembangkit listrik, jaringan distribusi gas, instalasi telekomunikasi yang tergenang, rusak, dan hanyut akan mengakibatkan berbagai fasilitas mengalami gangguan sehingga berbagai sektor tersebut tidak dapat memberikan pelayanan.

d. Prasarana Pertanian dan Perikanan

Banjir pada kawasan pertanian dan perikanan erat kaitannya pada aspek ekonomi karena memberikan berbagai dampak berupa, tergenangnya sawah irigasi atau sawah tadah hujan, tambak, perkebunan, ladang sehingga terjadinya penurunan atau kehilangan produksi. Gudang pangan dan peralatan pertanian dan perikanan juga mengalami genangan sehingga dapat merusak alat ketika lebih dari tiga hari sehingga penurunan produksi juga terjadi akibat banjir ini.

e. Prasarana Pengairan

Banjir dapat merusak berbagai fasilitas bendung, bendungan tanggul, jaringan drainase dan irigasi, stasiun pompa, pintu air, dan lainnya.

3. Materi Pribadi (Harta Benda)

Banjir dapat menyebabkan kehilangan berbagai harta benda masyarakat berupa tergenangnya rumah tinggal, hanyut oleh banjir, atau mengalami kerusakan. Kehilangan aset atau properti seperti kehilangan modal atau barang produksi dan perdagangan, kendaraan, perabotan rumah, dan lainnya. Hal yang sama terjadi pada mata pencaharian masyarakat pada sektor pertanian, perikanan, dan peternakan berupa hilangnya peternakan

hewan unggas maupun ternak, sarana perikanan, perahu, dan dermaga yang rusak.

Banjir dapat memberikan dampak spasial terhadap keruangan melalui luasan wilayah genangan banjir (Widiawaty dan Dede, 2018 dalam Cahyono, dkk. 2015). Dampak spasial banjir berupa luas dan ketinggian dapat mempengaruhi lingkungan perumahan, diantaranya berupa sarana dan prasarana seperti terhambatnya akses jalan karena mengalami genangan, rumah atau bangunan mengalami kerusakan seperti lapuk pada bagian pintu, kusen, dan dinding (Putra dan Marfai, 2012).

2.1.4 Parameter Banjir

Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana (2017) menyebutkan parameter atau acuan terhadap ancaman dan bahaya banjir dapat ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya sebagai berikut.

1. Luas genangan merupakan ukuran wilayah yang mengalami banjir (km^2 , hektar). Maghfiroh (2018) menjelaskan klasifikasi luasan banjir dibagi menjadi tiga yaitu, <100 Ha (ancaman bahaya rendah), 100-300 Ha (ancaman bahaya sedang), dan >300 Ha (ancaman bahaya tinggi).
2. Ketinggian air banjir merupakan ukuran ketinggian air yang menggenangi wilayah yang dihitung dari permukaan ke dasar air (Maghfiroh, 2018). Kondisi wilayah dengan banjir yang semakin dalam/tinggi akan menyebabkan meningkatnya bahaya pada wilayah tersebut dan dapat memberikan kerugian bagi masyarakat (Ristya, 2012). Klasifikasi ketinggian banjir terbagi menjadi empat berdasarkan Badan Penanggulangan Bencana Daerah DKI Jakarta (2020) yaitu, 10-30 cm, 31-70 cm, 71-150 cm, dan >150 cm.
3. Kecepatan aliran (meter/detik, km/jam) memiliki potensi timbulnya kerugian dengan menghanyutkan manusia, properti, dan harta benda (Kodoatie dan Syarief, 2010).
4. Material yang dihanyutkan aliran banjir dapat berupa batu, bongkahan, pohon, dan benda keras lainnya yang dapat memberikan kerugian kepada manusia dan properti (Kodoatie dan Syarief, 2010).

5. Tingkat kepekatan air atau tebal endapan lumpur (meter,centimeter).
6. Lamanya waktu genangan (jam, hari, bulan) adalah ukuran lama banjir menggenangi hingga terjadinya surut (Maghfiroh, 2018). Kondisi wilayah yang mengalami genangan dalam kurun waktu yang lama maka kerugian yang ditimbulkan akan semakin besar. Klasifikasi lama genangan dibagi menjadi tiga kelas yaitu, <24 jam, 24-48 jam, dan >48 jam (Ristya, 2012).

2.2 Curah Hujan

BMKG (2016) menjelaskan bahwa curah hujan (milimeter) merupakan tingkat ketinggian air hujan yang terakumulasi pada satu tempat yakni penangkar hujan di wilayah yang datar, tidak menyerap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan satu milimeter diartikan bahwa pada luasan satu meter persegi pada wilayah yang datar tertampung air hujan sebesar satu milimeter atau telah menampung air sebesar satu liter.

Curah hujan diklasifikasikan menjadi tiga kategori, diantaranya curah hujan rendah (0-100 mm), curah hujan menengah (100-300 mm), curah hujan tinggi (300-500 mm), dan curah hujan sangat tinggi (>500 mm). Suhardiman (2012) menyebutkan bahwa curah hujan merupakan faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir, curah hujan dapat menimbulkan banjir ketika intensitasnya besar dengan waktu hujan yang lama.

2.2.1 Curah Hujan Kawasan

Ningsih (2012) menjelaskan bahwa data hujan yang dihasilkan oleh penakar hujan hanya mewakili satu tempat saja, namun setiap wilayah memiliki perbedaan hujan sehingga satu titik tidak dapat merepresentasikan wilayah lainnya. berdasarkan hal tersebut diperlukan data hujan kawasan menggunakan harga rata-rata curah hujan dari berbagai stasiun pada wilayah atau di sekitar wilayah tersebut.

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam melakukan perhitungan curah hujan kawasan adalah metode *polygon thiessen*. Triatmodjo (2013) dalam Adam (2019) mengatakan bahwa metode ini memperhitungkan bobot pada tiap stasiun hujan yang dapat mewakili wilayah disekitarnya. Dalam

luasan tertentu kondisi hujan dianggap sama dengan keadaan stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada stasiun mewakili stasiun tersebut. Metode ini dapat digunakan bagi wilayah yang tidak memiliki penyebaran stasiun yang berada pada wilayahnya, hitungan rata-rata curah hujan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh pada setiap stasiun hujan. Metode ini digunakan dalam melakukan perhitungan rata-rata curah hujan kawasan. *Polygon thiessen* digunakan pada suatu jaringan stasiun hujan tertentu, namun bila terjadi perubahan jaringan berupa penambahan dan perpindahan stasiun, maka *polygon* harus dibuat lagi.

2.2.2 Intensitas Hujan

Intensitas hujan dapat didefinisikan sebagai ketinggian atau kederasan hujan per satuan waktu, intensitas hujan menggunakan satuan (mm/jam) atau (cm/jam). Intensitas hujan sangat dipengaruhi oleh durasi dan intensitasnya, jika volume hujan dalam kondisi tetap maka intensitas hujan semakin besar dengan durasi hujan semakin singkat. Sedangkan, semakin kecil intensitas hujan maka durasi semakin lama. Harto (1993) dalam Syukri dkk. (2022) Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang.

Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit (Suroso, 2006). Salah satu analisis yang dapat digunakan dalam menentukan intensitas hujan adalah metode *mononobe*. Saud (2017) dalam Riswal dkk. (2023) menjelaskan metode *mononobe* dilakukan pada tidak tersedianya data terkait jangka pendek, namun memiliki ketersediaan data hujan harian sehingga metode ini dapat digunakan. Setelah melakukan analisis curah hujan dengan metode *mononobe* dilakukan *Alternating Block Method (ABM)*. ABM merupakan cara sederhana yang dilakukan dengan membuat *hyetograph* yang merupakan hujan yang terjadi dalam waktu tertentu yang berurutan (Agustin, 2010)

2.2.3 Limpasan Air Hujan

Asdak (2010) dalam Rohyanti dkk. (2015) menjelaskan terkait limpasan permukaan yang merupakan kondisi dimana vegetasi, elevasi, dan tanah tidak dapat menahan air hujan sehingga mengalir langsung ke sungai maupun laut. Limpasan terjadi akibat dari intensitas hujan yang jatuh pada sebuah wilayah melebihi kemampuan penyerapan atau infiltrasi, ketika kemampuan infiltrasi sampai pada tahap maksimum maka air akan menuju wilayah dengan elevasi rendah atau wilayah yang lebih cekung dibanding wilayah disekitarnya. Selanjutnya, apabila bagian cekungan pada wilayah tersebut telah mencapai batas maksimum maka air akan melimpas diatas permukaan (*surface runoff*).

2.3 Digital Elevation Model (DEM)

DEM merupakan data digital yang merepresentasikan bentuk permukaan bumi berbasis sel data *raster*. DEM digunakan sebagai input data dalam menentukan karakteristik permukaan bumi (Indarto, 2022). DEM-Nas atau DEM Nasional merupakan data DEM yang dirilis oleh Badan Informasi Geospasial (BIG), DEM-Nas adalah data ketinggian yang diolah dari berbagai sumber diantaranya data *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (IFSAR) dengan resolusi 5 meter, TerraSAR-X dengan resolusi lima meter, dan ALOS PALSAR dengan resolusi 11,25 meter sehingga resolusi spasial DEM-Nas sebesar 0,27 *arcsecond* yang senilai dengan 8,25 meter (Mutaqin, 2022). Bates (2003) dalam Slamet dan Sarwono (2016) menjelaskan bahwa data *DEM* digunakan dalam melakukan model simulasi banjir, simulasi banjir sangat dipengaruhi oleh ketepatan dari representasi bantaran banjir dalam data DEM.

Data DEM digunakan untuk mengkuantifikasi berbagai karakteristik permukaan bumi atau dapat menggambarkan bentuk permukaan bumi secara berkelanjutan dengan menggunakan model data raster. Dengan kata lain, DEM merepresentasikan bentuk bumi dalam bentuk tiga dimensi (Indarto, 2022). Kresch *et al.* (2002) dalam Marfai dkk. (2021) menjelaskan bahwa data DEM berfungsi untuk menampilkan informasi ketinggian atau elevasi pada suatu wilayah. Data DEM merupakan data dasar dalam membuat pemodelan genangan banjir (Marfai dkk., 2021).

2.4 Tutupan Lahan

Standar Nasional Indonesia (SNI) 7645:2010 tentang Klasifikasi Tutupan Lahan menjelaskan bahwa tutupan lahan merupakan tutupan material fisik pada permukaan bumi yang terbentuk akibat hasil pengaruh aktivitas manusia yang dilakukan pada jenis penutup lahan tertentu untuk melakukan berbagai aktivitas produksi, perubahan, ataupun perawatan pada penutup lahan tersebut. Iskandar (2016) dalam Uca dkk. (2022) menyatakan bahwa tutupan lahan mempengaruhi tingkat kejadian bencana banjir pada sebuah wilayah. Simanjuntak (2009) menjelaskan bahwa alih fungsi lahan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan terhadap lingkungan dan berdampak kepada kemampuan lahan dalam proses infiltrasi pada saat terjadi banjir, hal ini menyebabkan surplus air pada musim hujan sehingga membentuk genangan air dan banjir. Berikut adalah klasifikasi penutup lahan berdasarkan SNI 7645:2010 dipaparkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi penutup lahan skala 1:250.000

No	Kelas Penutup Lahan
1.	Daerah Vegetasi
a.	Daerah pertanian
1)	Sawah
2)	Sawah pasang surut
3)	Ladang
4)	Perkebunan
5)	Perkebunan Campuran
6)	Tanaman Campuran
b.	Daerah Bukan Pertanian
1)	Hutan Lahan Kering
2)	Hutan Lahan Basah
3)	Semak dan Belukar
4)	Padang Rumput Alang-alang dan Sabana
5)	Rumput Rawa
2.	Daerah Tak Bervegetasi
a.	Lahan Terbuka
1)	Lahar dan Lava
2)	Hamparan Pasir Pantai
3)	Beting Pantai
4)	Gumuk Pasir
b.	Pemukiman dan Lahan Bukan Pertanian
1)	Lahan Terbangun
a)	Permukiman
b)	Jaringan Jalan (Arteri, Kolektor, Lokal)
c)	Jaringan Jalan Kereta Api
d)	Bandar Udara Domestik / Internasional
e)	Pelabuhan Laut
2)	Lahan Tidak Terbangun

No	Kelas Penutup Lahan
	a) Pertambahan
	b) Tempat Penimbunan Sampah
c.	Perairan
	1) Danau atau Waduk
	2) Tambak
	3) Rawa
	4) Sungai
	5) Terumbu Karang
	6) Gosong Pantai

Sumber : SNI 7645:2010

2.4.1 Koefisien Aliran Limpasan

Kodoatie dan Syarief (2005) dalam Yusuf dkk. (2021) memberikan penjelasan bahwa koefisien limpasan (C) adalah persentase jumlah air hujan yang jatuh pada sebuah wilayah dapat mengalir melalui permukaan tanah. Nilai dari koefisien aliran adalah indikator yang dapat menjadi acuan untuk menilai suatu DAS mengalami kerusakan. Nilai koefisien berkisar antara 0-1, bila nilai koefisien menunjukkan 0 maka semua air hujan yang jatuh mengalami infiltrasi masuk ke dalam tanah, sedangkan nilai koefisien yang menunjukkan 1 artinya air melimpas pada aliran permukaan.

Berdasarkan SNI. 03-2415-1991 Revisi 2004 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir dijelaskan bahwa penggunaan koefisien limpasan (C) diperkirakan dengan berdasarkan tata guna lahan dengan asumsi dari Untari (2012) diantaranya sebagai berikut pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien aliran limpasan

No	Jenis Daerah/Kondisi Permukaan	Koefisien Aliran	Nilai C yang Digunakan
1.	Daerah Perdagangan		Area perkantoran, pemerintahan, fasilitas sosial, dsb menggunakan nilai $C = 0,70$ dengan mempertimbangkan karakteristik yang sama seperti bangunan gedung bertingkat.
	- Kota	0,70-0,95	
	- Sekitar Kota	0,50-0,70	
2.	Daerah Permukiman		Area permukiman menggunakan nilai $C = 0,50$ dengan mempertimbangkan beragamnya jenis rumah yang ada di wilayah penelitian maka diambil nilai rata-rata C untuk permukiman
	- Satu Rumah	0,30-0,50	
	- Banyak Rumah, terpisah	0,40-0,60 0,60-0,75	
	- Banyak Rumah, Rapat	0,25-0,40 0,50-0,70	
	- Pinggiran Kota		
	- Apartemen		
3.	Daerah Industri		Area Industri menggunakan nilai

No	Jenis Daerah/Kondisi Permukaan	Koefisien Aliran	Nilai C yang Digunakan
	- Ringan - Padat	0,50-0,80 0,60-0,90	$C = 0,60$ dengan mempertimbangkan industri rumahan yang ada di wilayah penelitian
4.	Lapangan, Kuburan, dan Sejenisnya	0,10-0,25	Area lapangan atau Stadion menggunakan nilai $C = 0,20$
5.	Halaman jalan kereta api dan sejenisnya	0,20-0,35	dengan mempertimbangkan rencana perubahan keadaan daerah di masa yang akan datang
6.	Lahan tidak terpelihara	0,10-0,30	Area lahan tidak terpelihara menggunakan nilai $C = 0,25$ dengan pertimbangan lahan terbuka atau tanah kosong yang memiliki sedikit atau tidak ada vegetasi
7.	Jalan Aspal		Area jalan diambil nilai $C = 0,80$
	- Aspal dan Beton	0,75-0,95	dengan mempertimbangkan rata-rata dan tidak ada perincian dalam tata guna lahan
	- Batu bata dan batako	0,70-0,85	
8.	Atap Rumah	0,70-0,95	
9.	Halaman berumput		
	- Datar, 2%	0,05-0,10	
	- Rata-rata, 2-7%	0,10-0,15	Area perairan atau kolam tampungan dianggap sama dengan halaman berumput menggunakan nilai $C = 0,15$ dengan pertimbangan mampu menahan air hujan, meningkatkan masuknya air kedalam tanah melalui infiltrasi
	- Curam, 7% atau lebih	0,15-0,20	
10.	Halaman berumput, tanah pasir padat		
	- Datar, 2%	0,13-0,17	
	- Rata-rata, 2-7%	0,18-0,22	
	- Curam, 7% atau lebih	0,25-0,35	

Sumber : Untari (2012)

2.4.2 Koefisien Kekasaran *Manning*

Kekasaran *manning* merupakan nilai angka kekasaran yang menghambat kecepatan aliran air pada salurannya (Fasdarsyah, 2016). Ichwana dkk. (2003) dalam Fasdarsyah (2016) menjelaskan bahwa kekasaran *manning* memberikan pengaruh terhadap kecepatan aliran dan debit aliran, kecepatan aliran tergantung pada material penyusun aliran tergantung hambatan yang dihasilkan. SNI 2830:2008 tentang Tata Cara Perhitungan Tinggi Muka Air Sungai dengan Cara Pias Berdasarkan Rumus *Manning* dijelaskan bahwa koefisien kekasaran menggambarkan alur atau palung dengan besaran yang dipengaruhi oleh konfigurasi dasar sungai, material dasar dan tebing sungai,

vegetasi, bentuk alur dan debit. Berikut nilai koefisien kekasaran *manning* berdasarkan SNI 2830:2008 pada kondisi normal disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien kekasaran *manning*

No	Kondisi dan Tipe Alur	Kekasaran Manning (Normal)
1.	Sungai kecil (lebar muka air banjir < 30m)	
a.	Mengalir pada dataran rendah	
	1) Alur bersih, lurus, elevasi muka air penuh, tidak ada celah atau bagian yang dalam (kedung)	0,030
	2) Sama seperti diatas tetapi lebih banyak batu dan rumput/tanaman	0,035
	3) Alur bersih, melingkar, dengan bagian dalam dan dangkal	0,040
	4) Sama seperti diatas, tetapi lebih banyak batu dan rumput/tanaman	0,045
	5) Sama seperti diatas, tetapi elevasi muka air lebih rendah, dan lebih banyak perubahan kemiringan dan lebar	0,048
	6) Sama seperti diatas, tetapi lebih banyak batu	0,050
	7) Penggal sungai dengan aliran pelan, penuh rumput, dengan kolam yang dalam	0,070
	8) Alur banyak rumput, alur-alur yang dalam, atau lintasan banjir dengan tegakan pohon dan semak	0,100
b.	Sungai pegunungan, pada alur tidak ada vegetasi, tebing sungai curam, pohonan semak pada tebing tenggelam saat muka air tinggi	
	1) Dasar sungai: krikil, krakal, dengan beberapa batu-batu besar	0,040
	2) Dasar sungai: krakal dengan batu-batu besar	0,050
2.	Bantaran banjir	
a.	Bantaran untuk padang gembalaan (padang rumput), tanpa semak belukar	
	1) Rumput rendah	0,030
	2) Rumput tinggi	0,035
b.	Bantaran untuk tegalan	
	1) Tidak ada tanaman	0,030
	2) Tanaman dewasa ditanam berderet	0,035
	3) Tanaman dewasa ditanam tidak berderet	0,040
c.	Bantaran ditumbuhi semak belukar	
	1) Semak jarang, rumput lebat	0,050
	2) Semak dan pohon jarang	0,060
	3) Semak sedang sampai lebat	0,100
d.	Bantaran dengan pohon-pohon	
	1) Pohon ditanam rapat, pohon lurus Tanah yang dibersihkan dengan tunggul tanaman, yang tidak tumbuh	0,150
	2) tumbuh	0,040
	3) Sama seperti diatas, tetapi tunggu kayu ditumbuhi daun lebat Tegakan pohon rapat, pohon yang rendah sedikit, sedikit semak	0,060
	4) belukar, tinggi muka air banjir dibawah ranting pohon Sama seperti diatas, tetapi tinggi muka air banjir mencapai	0,100
	5) ranting pohon	0,120
3.	Sungai besar (lebar muka air banjir > 30 m). Nilai n lebih rendah dari sungai kecil pada kondisi yang sama, sebab tebing sungai relatif lebih kecil dari luas tampang basah, sehingga tahanan geser lebih kecil	
a.	Mengalir pada dataran rendah	

No	Kondisi dan Tipe Alur	Kekasaran Manning (Normal)
1)	Bagian yang teratur tanpa batu-batu besar, dan semak	-
2)	Bagian yang tidak teratur dan kasar	-

Sumber: SNI 2830:2008

2.5 Debit Aliran Sungai

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dijelaskan bahwa DAS merupakan wilayah daratan yang memiliki satu kesatuan dengan sungai, dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air hujan menuju ke danau atau laut secara alami. Muchtar dan Abdullah (2007) menyatakan bahwa DAS dan curah hujan saling berkaitan, lama terjadinya hujan, besaran intensitas hujan, dan penyebaran hujan dapat mempengaruhi laju dan volume debit sungai.

Sulistiyono (2013) dalam Yusuf dkk. (2021) menyebutkan bahwa debit aliran sungai merupakan volume pada aliran sungai yang mengalir pada satuan waktu tertentu. Debit air sungai adalah tinggi dari permukaan air sungai yang diukur menggunakan alat pengukur permukaan air sungai dengan waktu intens menghitung laju aliran air yang melewati suatu penampang melintang pada sungai per satuan waktu. Besaran debit dinyatakan dalam bentuk satuan meter kubik per detik (m^3/dt) (Badaruddin, 2017). Gultom (2022) menyebutkan bahwa korelasi banjir dan debit air erat kaitannya, saat berlangsungnya banjir debit aliran air sungai akan semakin tinggi, sebaliknya ketika terjadi banjir debit air yang dihasilkan menjadi normal.

Dalam melakukan pemodelan banjir diperlukan data debit aliran air sungai, namun bila data tidak tersedia dapat menggunakan metode rasional. Tallar (2023) menyebutkan bahwa metode rasional digunakan untuk mengestimasi besaran debit pada DAS yang tidak memiliki data awal. Metode ini dihitung menggunakan intensitas curah hujan yang dianalisis menjadi laju aliran limpasan dalam waktu konsentrasi.

2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Environment Systems Research Institute (2004) menjelaskan bahwa SIG merupakan sistem yang digunakan untuk mengelola, menganalisis, dan memetakan segala jenis data. SIG dapat dikaitkan dengan peta, memadukan data lokasi dengan berbagai informasi deskriptif. Star dan Estes (1990) dalam Baja (2012) juga menjelaskan bahwa SIG adalah sistem yang menangkap (*capture*), menyimpan (*store*), memanggil kembali (*retrieve*), menganalisis, dan menampilkan data spasial, sehingga bermanfaat dalam mengatasi masalah yang kompleks. SIG memiliki lingkup aplikasi diantaranya:

1. Pemetaan (*mapping*) mencakup berbagai kegiatan pemetaan seperti kartografi. SIG dapat melakukan pembaruan peta menggunakan data yang didapatkan dari *platform* penginderaan jauh seperti citra satelit.
2. Pengukuran (*measurement*) dapat meliputi aspek pengukuran yang diperoleh berdasarkan analisis kuantitatif atau kualitatif dengan bantuan penginderaan jauh.
3. Pengawasan (*monitoring*) digunakan dalam pemantauan terhadap perubahan yang terjadi secara efektif. Beberapa contoh aktivitas yang dilakukan dalam melakukan pemantauan adalah pemantauan terhadap perubahan guna lahan.
4. Pemodelan (*modelling*) merupakan memodelkan suatu kondisi atau fenomena yang terkait dengan aspek lingkungan, sosial kependudukan, dan lainnya. Dalam pemodelan digunakan persamaan yang sifatnya matematis, statistik, dan teori yang berkaitan dengan suatu fenomena.

2.7 Pemodelan Banjir

Model spasial adalah representasi dari suatu kondisi yang berada di lapangan. Model spasial digunakan untuk menggambarkan kondisi lapangan dan juga digunakan untuk melakukan prediksi kondisi kedepannya (Cahyadi, 2021). Mashuri dkk. (2023) menjelaskan bahwa pemodelan banjir merupakan tahapan awal dalam melakukan pengendalian banjir guna menemukan lokasi yang rawan terjadi bencana banjir, sehingga perencana dapat melakukan prediksi genangan atau luapan dari aliran sungai.

Hasil pemodelan genangan banjir dapat memberikan manfaat untuk perencanaan pembangunan, penanganan bencana, peningkatan kesiapsiagaan, pengembangan sistem peringatan dini dan mengevaluasi dampak perubahan lingkungan (Sughandi dkk., 2023). Salah satu pemodelan yang dapat digunakan dalam melakukan pemodelan banjir adalah *Hydrologic Engineering Center – River Analysis System* (HEC-RAS).

Validasi model adalah proses yang dilakukan untuk meyakinkan antara model dan data eksisting benar-benar dapat mewakili aspek-aspek yang penting dari sistem yang tepat dan akurat (Pattiapon, 2015). Validasi dimaksudkan sebagai model yang memenuhi persyaratan, model dapat mengatasi permasalahan yang ada, model dapat memberikan informasi yang akurat tentang sistem yang dimodelkan, dan model dapat digunakan (Suryani dkk., 2021).

(Marfai (2003) menjelaskan bahwa validasi model pada pemodelan banjir merupakan tahapan yang dilakukan guna menguji atau melakukan perhitungan tentang tingkat akurasi suatu model, sehingga nilai yang dihasilkan dari uji validasi merupakan nilai akurasi dari suatu model. Nilai akurasi ditentukan menggunakan metode *confusion matrix*. *Confusion matrix* digunakan untuk membandingkan nilai valid dan eror, sehingga dapat menghasilkan persentase akurasi model antara model banjir dan banjir yang terjadi di lapangan.

2.7.1 *Hydrologic Engineering Center – River Analysis System* (HEC RAS)

Brunner (1999) mendefinisikan HEC-RAS sebagai sistem *software* yang dirancang untuk memodelkan aliran sungai dalam satu dimensi pada aliran yang stabil (*steady flow*) dan tidak stabil (*unsteady flow*). HEC-RAS memiliki empat komponen model analisis sungai diantaranya perhitungan profil muka air aliran stabil, simulasi aliran tidak stabil (satu dimensi dan dua dimensi hidrodinamika), perhitungan *transport* sedimen, dan perhitungan kualitas air. Kunci penting dari keempat poin tersebut yakni persamaan penggunaan geometri data, perhitungan hidraulika, dan beberapa desain hidraulik yang dapat diakses setelah profil permukaan air dasar telah dihitung (Rizal, 2022).

HEC-RAS terdiri atas berbagai program yang dapat digunakan dalam melakukan pemodelan (*US Army Corps of Engineers*, 2023), diantaranya:

1. Modifikasi medan (*terrain modification*) merupakan proses memperbaiki atau peningkatan representasi elevasi permukaan tanah pada model hidrolika. Modifikasi medan dilakukan untuk menghasilkan medan yang lebih akurat yang mempengaruhi aliran air, seperti saluran sungai, jalan raya, drainase, tanggul. Dengan melakukan modifikasi medan, simulasi hidrolika sungai dapat lebih akurat.
2. Geometri Data (*Geometry Data*) merupakan proses yang menjadi representasi model air yang akan bergerak melalui sistem sungai, dalam model hidrolika dua dimensi (2D) diatur berdasarkan ketinggian daerah seperti tepi sungai dan struktur hidraulika yang melintasi wilayah tinggi seperti jalan dan tanggul. Dalam tahapan ini merupakan batas area aliran 2D (*2D flow area*) dan kondisi batas aliran (*boundary lines condition*).
3. Data tutupan lahan (*land cover data*) merupakan lapisan yang menjelaskan terkait jenis tutupan lahan pada sebuah wilayah, sehingga pengguna dapat menentukan nilai kekasaran *manning* dan koefisien limpasan berdasarkan jenis tutupan lahan.
4. Data aliran tidak stabil (*unsteady flow data*) digunakan perhitungan hidrolis yang sama dengan aliran stabil (*steady flow*), namun pada aliran tak stabil digunakan metode matriks *skyline*. *Unsteady flow simulation* dapat mengolah data aliran tidak stabil berupa curah hujan, intensitas hujan, dan aliran sungai.

2.7.2 ArcGIS

ArcGIS merupakan salah satu *software* yang dibuat oleh ESRI yang merupakan gabungan dari berbagai macam jenis *software* yang berbeda diantaranya SIG, desktop, *server*, dan SIG berbasis web. ArcGIS terdiri atas tiga komponen diantaranya ArcMap, ArcCatalog, dan ArcToolbox (Nirwansyah, 2017). Indraswati dkk. (2018) dalam Fauzi dkk. (2022) menyebutkan bahwa aplikasi ArcGIS tidak hanya mengandalkan pembuatan peta, namun dapat juga digunakan sebagai analisis, pemodelan, dan pengelolaan data spasial.

Salah satu bentuk operasi dari ArcGIS adalah *overlay*. *Overlay* dapat menghasilkan *layer* data spasial yang baru yang bersumber dari hasil kombinasi beberapa *layer* yang menjadi input (Nirwansyah, 2017). *Overlay* adalah proses penting yang dapat dilakukan pada SIG. *Overlay* adalah penyatuan data dari beberapa lapisan *layer* yang berbeda atau operasi visual yang menggabungkan beberapa *layer* (Wahana Komputer, 2015).

2.8 Kawasan Permukiman Informal

Western Cape Government (2013) menjelaskan bahwa permukiman informal merupakan kawasan permukiman yang tidak sesuai dengan kearifan lokal atau tidak sesuai persyaratan otoritas dari suatu kota. Permukiman ini tidak resmi dan selalu terletak pada tanah yang tidak diperuntukkan untuk penggunaan perumahan. Permukiman ini tumbuh akibat dari urbanisasi yang tumbuh lebih cepat dari kemampuan pemerintah dalam menyediakan lahan, infrastruktur dan rumah.

Terdapat beberapa karakteristik permukiman informal menurut *Western Cape Government* (2013) diantaranya, infrastruktur yang tidak memadai, lingkungan yang tidak sesuai, kepadatan penduduk yang tidak terkendali dan rendahnya kualitas kesehatan, tempat tinggal yang tidak memadai, akses yang buruk untuk menjangkau fasilitas pendidikan dan kesehatan dan peluang kerja, dan pemerintahan dan manajemen yang tidak efektif. Sehingga, permukiman ini merupakan area yang memiliki risiko tinggi terhadap gangguan kesehatan, kejahatan, dan kebakaran.

Permukiman informal timbul akibat berbagai faktor diantaranya pertumbuhan penduduk dan migrasi ke kota, kurangnya perumahan yang terjangkau bagi masyarakat miskin di perkotaan, tata kelola yang kurang baik (terutama pada kebijakan, perencanaan, dan pengelolaan lahan perkotaan yang dapat menimbulkan konflik sengketa lahan), kerentanan ekonomi dan pekerjaan yang dibayar rendah, diskriminasi kaum marjinal, dan relokasi akibat faktor bencana alam, konflik, dan perubahan iklim (*United Nation Habitat*, 2015).

Terdapat beberapa karakteristik permukiman informal dalam menentukan wilayah yang tergolong kedalam kawasan permukiman informal. Kohli *et al.*,

(2012) menjelaskan karakteristik untuk menentukan kawasan permukiman informal dengan melakukan pengamatan citra satelit, diantaranya melalui ukuran bangunan, material atap, ketersediaan jalan, eksisting jalan tidak teratur, kurangnya ruang terbuka, kepadatan (kerapatan atau kekompakan) bangunan, dan permukiman yang tidak teratur. Alzamil (2018) menjelaskan bahwa karakteristik permukiman informal diantaranya, luas bangunan, kondisi fisik bangunan yang buruk, kurangnya ruang dalam bangunan rumah (seperti ketersediaan toilet dan dapur), kurangnya area bermain anak, buruknya akses air bersih, pembuangan air limbah yang buruk, sistem persampahan yang tidak memadai, dan kurangnya ketersediaan RTH. Sedangkan, Msimang (2017) melakukan penelitian menggunakan karakteristik kurangnya sarana prasarana persampahan, aksesibilitas, toilet, sanitasi, akses air bersih, dan jaringan drainase yang buruk.

Dovey dan King (2011) menjelaskan berbagai indikator yang dapat digunakan dalam menentukan kawasan permukiman informal melalui pemetaan dengan menggunakan berbagai tipologi, diantaranya:

1. Kawasan (*District*)

Kawasan permukiman kumuh di perkotaan umumnya merupakan permukiman informal yang semakin berkembang menjadi beberapa kawasan *mix-used*.

2. Tepian Air (*Waterfronts*)

Permukiman informal umumnya berada pada lokasi marginal yang berada pada tepian badan air yakni sungai, kanal, danau, dan pantai. Permukiman ini merupakan lokasi yang sebelumnya tergolong kedalam kawasan rawan bencana banjir.

3. Lereng Tebing (*Escarpments*)

Kawasan di perkotaan dengan kondisi topografi yang curam seringkali digunakan untuk permukiman informal yang merupakan kawasan rawan bencana longsor.

4. Hak Pemakaian Terbatas (*Easement*)

Kawasan permukiman informal kerap kali menempati lokasi yang merupakan hak guna terbatas atau zona penyangga seperti kawasan sekitar rel

kereta, bagian bawah jembatan atau bagian bawah jalan layang, dan berbagai lokasi yang memiliki celah untuk ditempati.

5. Trotoar (*Sidewalks*)

Kondisi ini sama dengan hak pemakaian yang terbatas, trotoar dalam menjadi lokasi yang dapat menjadi permukiman informal. Permukiman informal menempati ruang yang tersisa dari trotoar yang menjadi batas antara kawasan tertentu dengan trotoar.

6. Mengikuti (*Adherences*)

Tipologi ini didasarkan pada ketergantungan permukiman informal pada permukiman legal yang sudah ada sebelumnya, permukiman informal muncul dengan menempel atau mengikuti pada bangunan legal yang sudah ada.

7. Bagian Belakang Kawasan Formal (*Backstage*)

Tipologi ini hampir sama dengan tipologi mengikuti (*adherence*) yakni bergantung pada kawasan formal atau legal. Permukiman informal muncul pada jeda antar bangunan formal.

8. Berbentuk Pagar atau Batas (*Enclosure*)

Permukiman informal kerap kali berada di dalam lingkungan kawasan formal yang berupa bangunan besar, tanah kosong, atau kompleks institusi yang menjadi batas antar kawasan formal dengan kawasan lain, sehingga membentuk pagar atau batas bagi kawasan formal.

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan referensi yang digunakan oleh peneliti dalam memaparkan perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya. Penelitian terdahulu yang digunakan merupakan penelitian yang memiliki korelasi dengan penelitian yang dilakukan yaitu terkait dengan pemodelan banjir secara umum, pemodelan banjir dengan menggunakan *software* HEC-RAS, identifikasi permukiman informal, dampak banjir pada permukiman, dan validasi model banjir. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan dan Perbedaan Penelitian
Surendar Natarajan dan Nisha Radhakrishnan, (2020)	<i>An Integrated Hydrologic and Hydraulic Flood Modelling Study for a Medium-Sized Urban Catchment Area: A Case Study of Tiruchirapalli City Using HEC-HMS and HEC-RAS</i>	Analisis dengan <i>Modelling</i> (HEC-RAS dan HEC-HMS)	Spasial <i>Flood</i> keninggian banjir di Kota Tiruchirapalli.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan penelitian ini merupakan <i>software</i> pemodelan banjir yang menggunakan ArcGIS yang diperluas dengan HEC-RAS dengan variabel curah hujan, DEM, dan tutupan lahan pada studi kasus kawasan perkotaan. 2. Perbedaan penelitian ini merupakan pada penelitian terdahulu menggunakan <i>software</i> HEC-HMS dalam melakukan simulasi model banjir dan hanya terfokus pada identifikasi genangan banjir saja, sedangkan penelitian penulis melihat dampak spasial terhadap permukiman informal.
Muhammad Al-Zahrani, Ahmed Al-Areeq, dan Hatim Sharif, (2016)	<i>Flood Analysis Using HEC-RAS Model: A Case Study for Hafr Al-Batin, Saudi Arabia</i>	Analisis dengan <i>Modelling</i> (HEC-HMS dan HEC-RAS)	Spasial <i>Flood</i> banjir dengan simulasi hidrologi di Kota Hafr Al-Batin	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan penelitian ini adalah metode penelitian yang menggunakan <i>flood modelling</i> dengan <i>software</i> HEC-RAS dengan variabel DEM, curah hujan, dan tutupan lahan pada kawasan perkotaan. 2. Perbedaan penelitian ini adalah hanya identifikasi wilayah yang mengalami genangan banjir, dan hanya sampai pada tahap dampak spasial.

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan dan Perbedaan Penelitian
Devita Eka Zulfiatus Sholikha, Sutoyo, dan Maulana Ibrahim Rau, (2022)	Pemodelan Sebaran Genangan Banjir Menggunakan HEC-RAS di Sub DAS Cisadane Hilir	Analisis Hidrologi, Analisis Spasial dengan <i>Flood Modelling</i> , dan Analisis Lokasi dan Sebaran Banjir.	Luasan dan sebaran banjir dalam periode 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun kedepan.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan penelitian ini merupakan pada metode penelitian yang menggunakan analisis spasial dengan <i>flood modelling</i> menggunakan <i>software</i> HEC-RAS. Penelitian ini juga melakukan perbandingan antara simulasi model banjir dengan kondisi banjir eksisting. 2. Perbedaan penelitian ini merupakan variabel yang digunakan adalah DEM, tutupan lahan, dan debit aliran sungai. Sedangkan penelitian penulis menggunakan variabel tambahan berupa curah hujan.
Zafira Nur Pratiwi dan Purnama Budi Santosa, (2021)	Pemodelan dan Visualisasi Genangan Banjir untuk Mitigasi Bencana Kali Kasin, Kelurahan Bareng, Kota Malang	Analisis Hidrologi, Analisis Spasial dengan <i>Flood Modelling</i> , dan Analisis Dampak Banjir terhadap Permukiman.	Peta bangunan terdampak banjir berdasar hasil model simulasi banjir HEC-RAS.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan penelitian ini adalah keduanya menggunakan variabel curah hujan, tutupan lahan, dan DEM. Penelitian ini juga memperhitungkan dampak yang ditimbulkan pada kawasan permukiman. 2. Perbedaan penelitian ini terfokus pada dampaknya dengan permukiman informal.
Nadhi Sugandhi, Heinrich Rakuasa, Zainudin, Wulan Abdul Wahab, Kamiludin, Ahmad Jaelani, Ramdhani, dan Muhamad Rinaldi, (2023)	Pemodelan Spasial Limpasan Genangan Banjir dari DAS Ciliwung di Kel. Kebon Baru dan Kel. Bidara Cina DKI Jakarta	Analisis Kemiringan Lereng, Analisis Hidrologi, dan Analisis <i>Flood Inundation</i> .	Peta bangunan terdampak banjir berdasar hasil model genangan banjir	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan dari penelitian ini merupakan variabel yang digunakan adalah kemiringan lereng, indeks kekasaran permukaan yang diperoleh dari tutupan lahan dan ketinggian bencana banjir. Memperhitungkan dampak yang ditimbulkan terhadap kawasan permukiman. 2. Perbedaan penelitian terletak pada tidak adanya variabel curah hujan pada penelitian terdahulu.

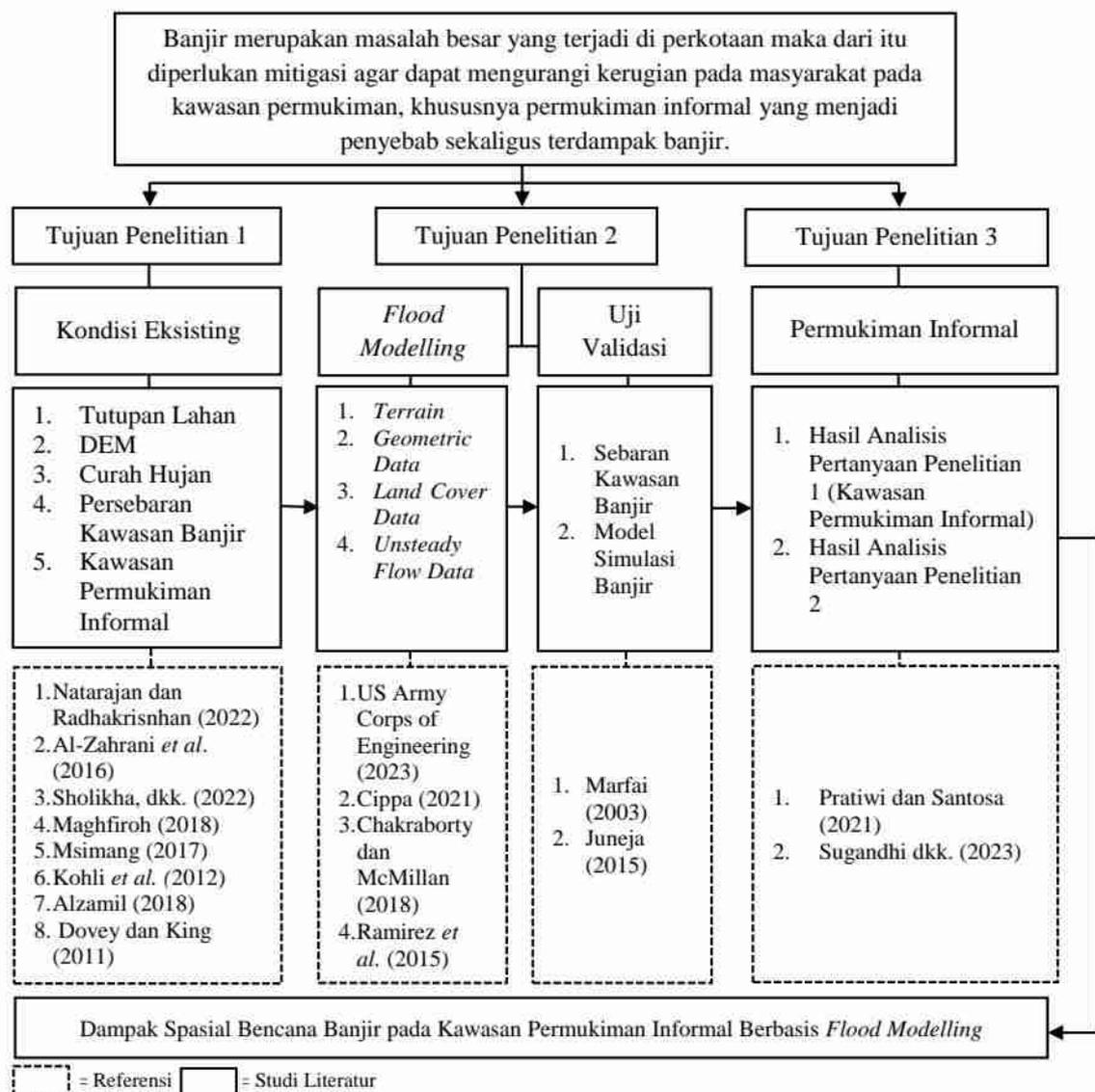
Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan dan Perbedaan Penelitian
Muh. Aris Marfai (2003)	<i>GIS Modelling of River and Tidal Flood Hazards in a Waterfront City (Case Study: Semarang City, Central Java, Indonesia)</i>	Analisis Spasial, Analisis Pemodelan Banjir, dan Analisis Hidrologi	Peta dampak banjir terhadap penggunaan lahan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan dari penelitian ini merupakan pemodelan banjir spasial, validasi model, dan dampak yang ditimbulkan. 2. Perbedaan penelitian ini terletak pada fokus dampak yang diidentifikasi, penelitian ini terfokus pada dampaknya dengan penggunaan lahan
Ziningi Msimang, (2017)	<i>A Study of the Negative Impact of Informal Settlements on the Enviroment. A Case Study of Jika Joe, Pietermaritzburg</i>	Analisis Kualitatif	Rekomendasi penanganan permukiman informal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan penelitian adalah kedua penelitian mengidentifikasi kawasan permukiman informal dengan variabel fasilitas persampahan, jalan, toilet, air bersih, drainase dan sanitasi. 2. Perbedaan penelitian adalah penelitian ini terfokus pada identifikasi dan penanganan permukiman informal.
Divyani Kohli, Richard Sliuzas, Norman Kerle, dan Alfred Stein, (2012)	<i>An Ontology of Slums for Image-Based Classification</i>	Analisis Spasial	Deliniasi kawasan permukiman informal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan penelitian ini adalah mengidentifikasi kawasan permukiman informal berdasarkan variabel ukuran bangunan, bahan atap, ketersediaan jalan, jalan yang tidak beraturan, kurangnya vegetasi, kurangnya ruang terbuka publik, kepadatan yang tinggi, bentuk permukiman tidak teratur, keterkaitan dengan kawasan sekitar, tekstur, dan lokasi permukiman. 2. Perbedaan penelitian ini hanya terbatas pada identifikasi kawasan permukiman informal

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan dan Perbedaan Penelitian
Waleed S. Alzamil, (2018)	<i>Evaluating Urban Status of Informal Settlements in Indonesia: A Comparative Analysis of Three Case Studies in North Jakarta.</i>	Analisis Komparatif dan Analisis Spasial	Rekomendasi penanganan kawasan permukiman informal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan penelitian ini adalah mengidentifikasi kawasan permukiman informal berdasarkan variabel kondisi fisik rumah, luas bangunan, kurangnya ruang dalam rumah, kurangnya tempat bermain anak, akses air bersih, sistem pembuangan air limbah, sistem persampahan, ruang terbuka hijau. 2. Perbedaan penelitian ini adalah penelitian ini hanya fokus pada penanganan kawasan permukiman informal.
Kim Dovey dan Ross King, (2011)	<i>Forms of Informality: Morphology and Visibility of Informal Settlements</i>	Analisis Spasial	Deliniasi kawasan permukiman informal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan penelitian ini adalah mengidentifikasi kawasan permukiman informal melalui citra satelit dengan indikator tipologi kawasan, tepian air, lereng tebing, hak pemakaian terbatas, trotoar, mengikuti, bagian belakang kawasan formal, dan berbentuk pagar. 2. Perbedaan penelitian ini adalah hanya terfokus pada identifikasi kawasan permukiman informal.
Nurul Maghfiroh, (2018)	Rekomendasi Pengendalian Bencana Banjir Berdasarkan Zona Risiko di Kabupaten Sidoarjo	Analisis Deskriptif, Skoring, dan Spasial	Peta Kerentanan Banjir	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persamaan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi sebaran kawasan banjir menggunakan variabel luas genangan, ketinggian genangan, dan lama genangan. 2. Perbedaan penelitian ini fokus kepada analisis tingkat kerentanan banjir.

Sumber: Penulis, 2023

2.11 Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka konsep penelitian merupakan alur dari penelitian yang akan dilakukan oleh penulis yang dihasilkan dari studi literatur dalam menemukan berbagai indikator dari berbagai variabel. Kerangka konsep penelitian berdasarkan pada permasalahan utama yakni banjir yang dapat memberikan dampak atau kerugian pada kawasan permukiman informal dengan proses penyelesaian masalah melalui berbagai indikator yang ditentukan dari variabel. Sehingga dapat menghasilkan kerangka konsep. Berikut adalah kerangka konsep penelitian, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka konsep penelitian

Sumber: Penulis, 2023