

SKRIPSI

**DAMPAK SPASIAL BENCANA BANJIR PADA KAWASAN
PERMUKIMAN INFORMAL BERBASIS *FLOOD MODELLING*
(Studi Kasus: Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar)**

Disusun dan diajukan oleh

AGIL PARWAN

D101191003



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 Bontoala dan Wajo, Kota Makassar)

Disusun dan diajukan oleh

**Agil Parwan
D101191003**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Perencanaan Wilayah
dan Kota

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 02 November 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si
NIP. 19741006 2008 12 2 002

Pembimbing Pendamping,



Marly Valenti Patandianan, ST., MT., Ph.D
NIP. 19730328 200604 2 001

Ketua Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota,
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si
NIP. 19741006 2008 12 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Agil Parwan

NIM : D101191003

Program Studi : Teknik 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 Bontoala dan Wajo, 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


2009BAKX702779652
Agil Parwan

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan kasih, karunia, dan kehendak-Nya sehingga Tugas Akhir ini yang berjudul “Dampak Spasial Bencana Banjir Pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis *Flood Modelling* (Studi Kasus: Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar)” dapat terselesaikan. Shalawat serta salam kami curahkan kepada junjungan dan panutan kita bersama sebagai umat muslim Baginda Rasulullah SAW.

Penelitian yang berlokasi di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar merupakan salah satu kawasan rawan bencana banjir di Makassar. Selain itu, terdapat 56 kawasan informal yang berada di wilayah penelitian. Sedangkan kawasan informal merupakan kawasan yang rentan dan berisiko tinggi terhadap banjir.

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kondisi eksisting pada wilayah penelitian. Selanjutnya, memodelkan simulasi banjir berdasarkan parameter curah hujan, pasang surut air laut, model elevasi digital, dan data tutupan lahan. Kemudian, mengiris area permodelan banjir dengan area kawasan permukiman informal untuk mengetahui dampak spasial bencana banjir terhadap kawasan permukiman informal pada Kecamatan Bontoala dan Wajo.

Skripsi penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik pada Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kekeliruan di dalamnya. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak yang bersifat membangun, agar dapat berkarya yang lebih baik pada masa yang akan datang.

Situs dan Alamat Kontak:

Agil Parwan (2023). *Dampak Spasial Bencana Banjir Pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis Flood Modelling (Studi Kasus: Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar)*. Skripsi Program Studi S1 Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Demi peningkatan kualitas dari skripsi ini, kritik dan saran dapat disampaikan ke penulis melalui email berikut ini: agil.parwan@gmail.com.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala karena atas kehendak dan ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam yang telah menyebarkan kebaikan-kebaikan kepada umat manusia hingga saat ini. Penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta kami (Bapak Anwar dan Ibu Nunung) atas curahan kasih sayang dan dukungan lahir batin yang diberikan, serta seluruh keluarga yang senantiasa membantu serta mendukung penulis;
2. Kedua adik tercinta kami (Zahra Mira dan Asyifa Saskiya) atas doa, dukungan, dan semangat yang telah diberikan dalam membantu mendukung penyelesaian Tugas Akhir ini;
3. Rektor Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc) serta Rektor Rektor terdahulu (Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA.) jabatan tahun 2018-2022 atas nasehat dan bimbingannya selama Penulis menempuh pendidikan;
4. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.) serta Dekan terdahulu (Bapak Prof. Dr. Ir. A. Muhammad Arsyad Thaha, MT.) jabatan tahun 2018-2022 atas nasihat dan bimbingannya selama Penulis menempuh pendidikan di FTUH;
5. Kepala Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin sekaligus Dosen Pembimbing Utama (Bapak Dr. Eng. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si.) atas segala ilmu, bimbingan, nasihat, waktu, dan dukungan yang selalu diberikan kepada penulis;
6. Sekretaris Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin (Ibu Sri Aliah Ekawati, ST., MT.) atas ilmu, dan pembelajaran yang telah diberikan;
7. Dosen Penasehat Akademik sekaligus Dosen Penguji (Ibu Suci Anugrah Yanti, ST., M.Si) atas kasih sayang ilmu, nasehat, saran, kritik, arahan, dan motivasi yang telah diberikan;

8. Dosen Kepala *Labo-Based Education (LBE) Regional Planning, Tourism, Disaster Mitigation* sekaligus Dosen Penguji (Bapak Dr. Eng. Ihsan, ST., MT) atas ilmu, pembelajaran, saran, kritik, dan arahan yang telah diberikan;
9. Dosen Pembimbing Pendamping (Ibu Marly Valenti Patandianan, ST., MT., PhD.) atas ilmu, bimbingan, nasihat, waktu dan dukungan, yang telah diberikan;
10. Kepala Studio (Ibu Dr.techn. Yashinta K.D. Sutopo, ST. MIP.) yang telah meluangkan waktu, motivasi, kasih sayang, ilmu, nasehat, dan pengalaman untuk membimbing penulis dalam penyelesaian tugas akhir;
11. Seluruh dosen, staf administrasi dan *cleaning service* di Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, yang telah membimbing dan membantu penulis sejak dari awal masuk perkuliahan hingga lulus
12. Teman-teman di *Labo-Based Education (LBE) Regional Planning, Tourism, Disaster Mitigation* dan SEKTOR 2019 atas pengalaman, bantuan, rasa persaudaraan serta kebersamaannya: dan
13. Seluruh pihak yang telah berkontribusi dan membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala membalas segala kebaikan dan bantuan yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir pada jenjang strata satu. Aamiin ya Rabbal 'alamin.

Gowa, September 2023

(Agil Parwan)

ABSTRAK

AGIL PARWAN, *Dampak Spasial Bencana Banjir Terhadap Kawasan Permukiman Informal Berbasis Flood Modelling (Studi Kasus: Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar)* (dibimbing oleh Abdul Rachman Rasyid dan Marly Valenti Patandianan)

Kerentanan di kota-kota seringkali sangat terkonsentrasi di permukiman informal, dimana banyak permukiman informal terletak pada lokasi yang berisiko tinggi terhadap banjir. Sedangkan, Kecamatan Bontoala dan Wajo ditetapkan sebagai kawasan rawan banjir di Makassar berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Makassar Tahun 2015-2034. Sehingga dibutuhkan permodelan banjir untuk mengetahui cakupan area banjir di kawasan informal. Tujuan penelitian ini, yaitu: (1) mengetahui kondisi eksisting di wilayah penelitian; (2) membuat model simulasi banjir di wilayah penelitian; dan (3) mengetahui dampak spasial dari permodelan banjir pada kawasan permukiman informal di wilayah penelitian. Lokasi penelitian berada di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar. Teknik pengumpulan data yang digunakan, yaitu kajian literatur, observasi, dokumentasi, dan wawancara. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif dengan analisis yang dilakukan berupa analisis deskriptif kualitatif, analisis deskriptif kuantitatif, analisis spasial, analisis curah hujan kawasan, analisis kuantitatif, dan analisis permodelan banjir menggunakan HEC-RAS yang diolah dengan sistem informasi geografis (SIG). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat 74 area kawasan banjir. Tutupan lahan didominasi oleh tempat kegiatan seperti komersial dan fasilitas sosial. Ketinggian lokasi berada pada rentang nol hingga dua puluh mdpl. Curah hujan kawasan dipengaruhi oleh lima stasiun klimatologi. Kawasan permukiman informal tersebar pada 56 area di 18 kelurahan. Permodelan banjir menggunakan indikator tambahan, yaitu data tutupan lahan dengan tingkat akurasi sebesar 66,41%. Kemudian, hasil permodelan banjir cenderung fluktuatif dimana pada jam ke-12 luasan banjir sebesar 76,02Ha dan naik pada jam ke-24 menjadi sebesar 80,74Ha dan didominasi oleh ketinggian banjir sebesar 10-30Cm dengan ketinggian banjir tertinggi sebesar 3,81M. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh kawasan informal tergenang banjir. Luasan permodelan banjir maksimum yang menggenangi kawasan informal sebesar 3,82Ha, dimana itu merupakan sebesar 26,50% dari total luas wilayah kawasan permukiman informal yaitu sebesar 14,43Ha.

Kata Kunci: Permodelan Banjir, Kawasan Permukiman Informal, Makassar, SIG, HEC-RAS

ABSTRACT

Agil Parwan, Spatial Impact of Flood Disaster on Informal Settlement Based on Flood Modeling (Study Area: Bontoala and Wajo District, Makassar) (Mentored by Abdul Rachman Rasyid dan Marly Valenti Patandianan)

The vulnerability in cities is often greatest in informal settlement, because of located in location that are at high risk of flooding. While Bontoala and Wajo District area designated as flood-prone areas based on the Makassar City Spatial Plan for 2015-2034. So flood modeling is needed to determine the coverage of flood areas. The aims of this study were : (1) to determine the existing conditions in the study area; (2) to create a flood simulation model in the study area; and (3) to determine the spatial impact of flood modelling on informal settlement in the study area. The research location are in Bontoala and Wajo District, Makassar City. Data collection techniques used are literature review, observation, documentation, and interviews. This research is a descriptive research with quantitative and qualitative approaches with analysis used are quantitative descriptive analysis, qualitative descriptive, spatial, rainfall, quantitative, and flood modelling using HEC-RAS processed by geographic information system (GIS). The results indicate that there are 74 historical flood areas. Land cover is dominated by places of activity such as commercial and social facilities. The altitude is in the range from zero to twenty meters above sea level. The area's rainfall is influenced by 5 climatology station in Makassar. Informal settlement areas spread across 56 areas in 18 sub-district. Flood modelling add land cover indicator with an accuracy level of 66,41%. Then, the result of the flood modelling tended to fluctuate where at the 12th hour the flood area was 76,02Ha and increased at the 24th hour to 80,74Ha and was dominated by a flood depth of 10-30cm with the highest flood depth of 3,81M. Based on the analysis, it shows that all informal settlement areas are flooded. The maximum flood modelling area that inundated the informal settlement area was 3,82Ha, which was 26,50% of the total area of the informal settlement area, which was 14,43Ha.

Keywords: Flood Modeling, Informal Settlement, Makassar, GIS, HEC-RAS

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pertanyaan Penelitian.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Banjir.....	6
2.1.1 Jenis banjir.....	6
2.1.2 Faktor penyebab banjir.....	8
2.1.1 Dampak banjir.....	9
2.1.2 Karakteristik banjir.....	10
2.2 Curah Hujan.....	11
2.2.1 Curah hujan daerah.....	11
2.2.2 Intensitas hujan.....	13
2.2.3 Limpasan curah hujan.....	14

2.3	Pasang Surut Air Laut.....	15
2.4	Debit Aliran Sungai.....	15
2.5	Model Elevasi Digital (<i>Digital Elevation Model</i>).....	15
2.6	Tutupan Lahan.....	17
2.6.1	Koefisien kekasaran <i>manning</i> ..	18
2.6.2	Koefisien limpasan ..	20
2.7	Kawasan Permukiman Informal.....	22
2.8	Sistem Informasi Geografis.....	24
2.9	HEC-RAS (<i>Hydrologic Engineering Center, River Analysis Analysis System</i>).....	25
2.10	ArcGIS.....	26
2.11	Validasi Model.....	26
2.12	Penelitian Terdahulu.....	27
2.13	Kerangka Konsep Penelitian.....	30
	BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1	Jenis Penelitian	31
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian	31
3.3	Jenis dan Sumber Data	33
3.4	Teknik Pengumpulan Data	34
3.5	Variabel Penelitian	34
3.6	Teknik Analisis Data.....	38
3.6.1	Kondisi eksisting di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar.....	38
3.6.2	Model simulasi banjir di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar.....	40
3.6.3	Dampak spasial bencana banjir terhadap kawasan informal di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar	46
3.8	Definisi Operasional.....	46
3.9	Kerangka Pikir.....	49
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50

4.1	Gambaran Umum.....	50
4.1.1	Gambaran umum Kota Makassar.....	50
4.1.2	Gambaran umum wilayah penelitian.....	54
4.2	Kondisi Eksisting Wilayah.....	57
4.2.1	Kawasan banjir.....	58
4.2.2	Tutupan lahan.....	64
4.2.3	DEM.....	71
4.2.4	Curah hujan.....	73
4.2.5	Kawasan permukiman informal.....	77
4.3	Permodelan Banjir (<i>Flood Modelling</i>).....	94
4.3.1	Modifikasi medan (<i>terrain modification</i>).....	94
4.3.2	Aliran air 2D (<i>2D flow areas</i>).....	95
4.3.3	Data tutupan lahan (<i>land cover data</i>).....	96
4.3.4	Simulasi aliran tidak permanen (<i>unsteady flow simulation</i>).....	99
4.3.5	Perbandingan uji akurasi pada skenario permodelan banjir Makassar.	104
4.3.6	Model simulasi banjir.....	106
4.3.7	Laju peningkatan ketinggian banjir.....	108
4.3.8	Arah aliran air banjir berdasarkan waktu genangan.....	112
4.3.9	Validasi model banjir terhadap kawasan banjir.....	115
4.4	Dampak Spasial Bencana Banjir Terhadap Kawasan Permukiman Informal.....	117
	BAB V PENUTUP.....	151
5.1	Kesimpulan.....	151
5.2	Saran.....	152
	DAFTAR PUSTAKA.....	153
	LAMPIRAN.....	158
	CURRICULUM VITAE.....	168

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta metode aljabar.....	12
Gambar 2. Peta metode <i>polygon thiessen</i>	12
Gambar 3. Peta metode isohyet.....	13
Gambar 4. Kerangka konsep penelitian.....	30
Gambar 5. Peta batas delineasi wilayah penelitian.....	32
Gambar 6. Kerangka alur pikir penelitian.....	49
Gambar 7. Peta Kota Makassar.....	51
Gambar 8. Peta kelurahan wilayah penelitian.....	55
Gambar 9. Peta persebaran kawasan banjir di wilayah penelitian.....	59
Gambar 10. Peta persebaran kawasan banjir di Kecamatan Bontoala.....	60
Gambar 11. Peta persebaran kawasan banjir di Kecamatan Wajo.....	62
Gambar 12. Peta tutupan lahan wilayah penelitian.....	65
Gambar 13. Jalan atreri sekunder.....	66
Gambar 14. Jalan kolektor sekunder.....	66
Gambar 15. Jalan lingkungan.....	66
Gambar 16. Kanal.....	67
Gambar 17. Drainase.....	67
Gambar 18. Taman bunga Pongtiku.....	67
Gambar 19. Makam.....	67
Gambar 20. Permukiman.....	68
Gambar 21. Permukiman di dalam lorong.....	68
Gambar 22. Masjid Al-Markaz.....	69
Gambar 23. Semak belukar di Kelurahan Tompo Balang.....	69
Gambar 24. Semak belukar di Kelurahan Gaddong.....	69
Gambar 25. Tanah terbuka di Kelurahan Baraya.....	70
Gambar 26. Tanah terbuka di Kelurahan Gaddong.....	70
Gambar 27. Perdagangan dan Jasa.....	70
Gambar 28. Politeknik ilmu pelayaran.....	70
Gambar 29. Peta DEM Wilayah penelitian.....	72
Gambar 30. Peta curah hujan kawasan Kota Makassar.....	74
Gambar 31. Peta sebaran permukiman informal di wilayah penelitian.....	79
Gambar 32. Hasil <i>terrain modification</i>	95
Gambar 33. Hasil <i>2D flow areas</i>	96
Gambar 34. Hasil nilai koefisien kekasaran <i>manning</i>	97
Gambar 35. Hasil nilai koefisien limpasan.....	99
Gambar 36. Grafik hyetograph intensitas hujan 24 jam.....	101
Gambar 37. Grafik pasang surut Kota Makassar.....	103
Gambar 38. Peta model simulasi banjir jam ke-12, ke-24, dan maksimum wilayah penelitian.....	107
Gambar 39. Peta titik laju peningkatan ketinggian banjir wilayah penelitian.....	109
Gambar 40. Grafik laju peningkatan ketinggian banjir titik pertama.....	110

Gambar 41. Grafik laju peningkatan ketinggian banjir titik kedua.....	111
Gambar 42. Grafik laju peningkatan ketinggian banjir titik ketiga.....	111
Gambar 43. Grafik laju peningkatan ketinggian banjir titik keempat.....	112
Gambar 44. Arah aliran air banjir di pesisir pantai.....	113
Gambar 45. Arah aliran air banjir di perbatasan kecamatan.....	113
Gambar 46. Arah aliran air banjir di pesisir pantai.....	114
Gambar 47. Arah aliran air banjir di perbatasan kecamatan.....	114
Gambar 48. Peta validasi <i>confusion matrix</i>	116
Gambar 49. Peta <i>intersect</i> antara permodelan banjir dengan kawasan permukiman informal di wilayah penelitian.....	119
Gambar 50. Peta <i>intersect</i> antara permodelan banjir dengan kawasan permukiman informal di Kecamatan Bontoala.....	120
Gambar 51. Peta <i>intersect</i> antara permodelan banjir dengan kawasan permukiman informal di Kecamatan Wajo.....	121

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi penutup lahan skala 1:250.000.....	17
Tabel 2. Nilai koefisien kekasaran <i>manning</i>	18
Tabel 3. Nilai koefisien limpasan.....	21
Tabel 4. Penelitian terdahulu.....	28
Tabel 5. Variabel penelitian.....	35
Tabel 6. Indikator kawasan informal.....	39
Tabel 7. Nilai koefisien kekasaran <i>manning</i> yang digunakan.....	42
Tabel 8. Nilai koefisien limpasan yang digunakan.....	42
Tabel 9. Uji validitas dalam <i>confusion matrix</i>	45
Tabel 10. Luas kecamatan Kota Makassar.....	52
Tabel 11. Suhu dan curah hujan di Kota Makassar tahun 2022.....	52
Tabel 12. Jumlah penduduk Kota Makassar tahun 2022.....	53
Tabel 13. Luas kelurahan wilayah penelitian.....	56
Tabel 14. Jumlah penduduk wilayah penelitian tahun 2021.....	57
Tabel 15. Kawasan banjir di Kecamatan Bontoala.....	61
Tabel 16. Kawasan banjir di Kecamatan Wajo.....	63
Tabel 17. Nilai koefisien kekasaran <i>manning</i> dan koefisien limpasan.....	71
Tabel 18. Persebaran curah hujan kawasan Kota Makassar.....	73
Tabel 19. Rata-rata curah hujan harian maksimum 2018-2022 Kota Makassar..	75
Tabel 20. Persebaran kawasan permukiman informal di wilayah penelitian.....	80
Tabel 21. Nilai koefisien kekasaran <i>manning</i>	97
Tabel 22. Nilai koefisien limpasan.....	98
Tabel 23. Debit aliran sungai Jeneberang dan Tallo.....	102
Tabel 24. Hasil permodelan simulasi banjir tiga puluh kombinasi skenario.....	104
Tabel 25. Hasil model simulasi banjir.....	108
Tabel 26. Nilai <i>confusion matrix</i>	115
Tabel 27. Persebaran dampak spasial bencana banjir terhadap kawasan permukiman informal.....	122

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Singkatan	Arti dan Keterangan
2D	<i>2 Dimension</i>
ABM	Alternating Block Method
BIG	Badan Informasi Geospasial
BPBD	Badan Penanggulangan Bencana Daerah
BPS	Badan Pusat Statistika
c	Celcius
C	Koefisien Limpasan
Cm	Centimeter
DEM	<i>Data Elevation Model</i>
DEMNAS	<i>DEM Nasional</i>
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
FN	<i>False Negative</i>
FP	<i>False Positive</i>
Ha	Hektar
HEC-RAS	<i>Hydrologic Engineering Center, River Analysis System</i>
IDF	Intensitas Durasi Frekuensi
Km ²	Kilometer Persegi
Mdpl	Meter diatas Permukaan Laut
M ²	Meter Persegi
RTRW	Rencana Tata Ruang Wilayah
RT	Rukun Tetangga
RTH	Ruang Terbuka Hijau
RW	Rukung Warga
SIG	Sistem Informasi Geografi
SK	Surat Keputusan
TN	True Negative
TP	<i>True Positive</i>
UU	Undang-undang

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi pengumpulan data (observasi dan wawancara).....	158
Lampiran 2. Kuisisioner Penelitian.....	163
Lampiran 3. Data Observasi.....	164
Lampiran 4. Data tabel intensitas curah hujan selama 24 jam.....	165
Lampiran 5. Data tabel pasang surut air laut selama 24 jam.....	166

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan Undang-undang (UU) No.24 Tahun 2007, peristiwa banjir termasuk salah satu jenis bencana alam yang didefinisikan sebagai serangkaian peristiwa yang berpotensi mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat. Sejalan dengan hal tersebut, Afrian (2020) berpendapat bahwa Indonesia adalah sebuah negara yang tak dapat dipisahkan dari bencana, termasuk diantara adalah banjir. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa Indonesia termasuk ke dalam negara tropis dengan dua musim yang berbeda, yaitu musim kemarau dan hujan. Ketika memasuki musim hujan dengan intensitas hujan yang tinggi, maka sudah bisa dipastikan bahwa bencana banjir akan mulai melanda berbagai daerah di Indonesia.

Permasalahan banjir merupakan permasalahan yang paling umum terjadi di Kota Makassar. Menurut RTRW Kota Makassar 2015-2034 menyatakan bahwa peningkatan kebutuhan lahan dan perubahan fungsi lahan mengakibatkan terjadinya banjir di Kota Makassar. Setiap tahunnya bencana banjir di Makassar terjadi pada setiap datangnya musim penghujan. Padatnya penduduk serta tingginya intensitas curah hujan Makassar mengakibatkan daerah resapan air hujan yang tidak berfungsi secara maksimal.

Kecamatan Bontoala dan wajo berada di sebelah barat Makassar yang salah satunya berbatasan dengan pesisir pantai. Salah satu permasalahan yang sering terjadi di Kecamatan Bontoala dan Wajo adalah banjir. Bahkan, menurut RTRW Kota Makassar Tahun 2015-2034 menyatakan bahwa Kecamatan Bontoala dan Wajo menjadi kawasan rawan banjir di Makassar. Selain itu, terjadi dua kali banjir di Kecamatan Bontoala selama periode 2021 (BPS Kota Makassar, 2022).

Kemudian, pada tahun 2022, terdapat 8 titik rawan siaga banjir yang menjadi fokus pada pemantauan banjir di Bontoala (Hikmah, 2022). Selain itu, banjir di Jalan Nusantara, Kecamatan Wajo mengakibatkan aktivitas masyarakat menjadi lumpuh akibat jalanan terendam banjir bahkan sejumlah mobil tenggelam dan mengalami kerusakan (Belarminus, 2023). Oleh karena itu, Walikota Makassar

dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Makassar selalu mengeluarkan peringatan siaga banjir di Makassar dalam lima tahun terakhir. Hal tersebut menandakan bahwa setiap tahunnya permasalahan banjir di Makassar selalu menjadi perhatian khusus yang belum dapat diselesaikan.

RTRW Kota Makassar 2015-2034 menjelaskan bahwa Kota Makassar mengalami peningkatan dalam jumlah penduduk dan mengakibatkan laju kepadatan semakin bertambah tinggi. Sedangkan salah satu faktor penyebab banjir adalah kepadatan lahan terbangun yang menjadikan kawasan semakin rentan terhadap banjir karena semakin sedikit tempat air untuk meresap (Hafizhan, 2020). Kemudian kepadatan yang tinggi pada kawasan perkotaan menyebabkan masyarakat membangun permukiman informal dari hasil tindakan spekulatif strategis oleh warga setempat dan berada di luar kendali formal pemerintahan setempat (Dovey dan King, 2016). Permukiman informal di kota-kota diidentifikasi oleh morfologi perkotaan yang padat, berbutir kecil, dan tidak beraturan (Kamalipour dan Dovey, 2019). Oleh karena itu, kerentanan di kota-kota seringkali sangat terkonsentrasi di permukiman informal, dimana banyak permukiman informal terletak pada lokasi yang berisiko tinggi terhadap banjir (Satterthwaite et al., 2020).

Disamping itu, bencana banjir dapat mengakibatkan rusaknya rumah, barang-barang, kendaraan bermotor, infrastruktur fisik, dan prasarana sosial, dll. Selain itu, dampak banjir sangat dirasakan pada sendi-sendi bermasyarakat salah satunya pada kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat (Ginting, 2021). Setelah itu, segala aktivitas terganggu akibat banjir sehingga menjadikan lingkungan yang tidak nyaman dan kondusif (Wulandari, 2020).

Mengingat begitu besarnya dampak banjir yang sering terjadi di Kota Makassar, maka perlu diantisipasi dengan melakukan *flood modelling* untuk mengidentifikasi area rawan banjir sebagai salah satu langkah dalam penanggulangan bencana. Bahwasanya hal tersebut sejalan dengan UU No.24 Tahun 2007 yang meliputi penetapan kebijakan pembangunan, kegiatan pencegahan bencana, tanggap darurat, dan rehabilitasi. Selanjutnya, *flood modelling* merupakan salah satu model hidrolika yang terintegrasi pada SIG dan salah satu model hidrolika yang dapat melakukannya adalah model HEC-RAS

(*Hydrologic Engineering Center River Analysis System*). Dimana HEC-RAS merupakan salah satu alat untuk memodelkan simulasi banjir yang efisien dalam penggunaannya dan cepat dalam perhitungannya (Sholikha dkk., 2022). Oleh karena itu, HEC-RAS digunakan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi model simulasi banjir pada wilayah penelitian.

Kemudian dengan diketahuinya titik kawasan yang berpotensi banjir dan area kawasan informal, maka dapat diidentifikasi dampak spasial dari permodelan banjir pada kawasan tersebut. Oleh karena itu perlu mengimplementasikan *flood modelling* untuk memodelkan bencana banjir dan melakukan analisis spasial untuk mengetahui dampak spasial bencana banjir yang terjadi. Diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini dapat membantu pemerintah dan masyarakat dalam mengidentifikasi bencana banjir serta bersiap diri ketika musim penghujan.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang mengenai permasalahan banjir di Kecamatan Bontoala dan Wajo yang masih belum teratasi, dapat pertanyaan penelitian masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar?
2. Bagaimana model simulasi banjir di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar?
3. Bagaimana dampak spasial dari pemodelan banjir pada kawasan permukiman informal di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan pertanyaan penelitian yang telah diuraikan maka tujuan penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui kondisi eksisting di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar.
2. Membuat model simulasi banjir di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar.

3. Mengetahui dampak spasial dari pemodelan banjir pada kawasan permukiman informal di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi bahan referensi bagi peneliti maupun mahasiswa lain guna menambah pengetahuan dan pemahaman terkait pemodelan banjir dan juga dampak banjir di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar.
2. Diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan atau acuan serta masukan bagi pemerintah untuk menangani mitigasi bencana banjir di wilayah yang terkena dampaknya khususnya di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk menjelaskan permasalahan yang dibahas pada penelitian ini dan membatasi permasalahan agar tidak melenceng jauh dari kajian masalah, maka dibuatlah ruang lingkup penelitian sebagai berikut yang terdiri atas dua bagian yaitu ruang lingkup wilayah dan ruang lingkup substansi.

1. Ruang Lingkup Wilayah

Penelitian ini dilakukan pada kawasan yang sering terkena banjir ketika musim penghujan di Kecamatan Bontoala dan Wajo, Kota Makassar.

2. Ruang Lingkup Substansi

Penyusunan penelitian ini berfokus terhadap model simulasi banjir berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya pada Sistem Informasi Geografi sehingga mengetahui dampak spasial bencana banjir yang terjadi pada kawasan informal dan dapat dijadikan sebagai acuan dalam mengeluarkan arahan mitigasi bencana banjir.

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut sistematika penulisan tugas akhir ini secara garis besar, agar laporan penelitian ini dapat tersusun dan tertata dengan baik :

1. **Bagian pertama** membahas mengenai latar belakang pemilihan tema penelitian, perumusan permasalahan, ruang lingkup permasalahan, tujuan dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan.
2. **Bagian kedua** membahas terkait teori-teori yang menjadi acuan dalam penulisan tugas akhir, yang diperoleh dari beberapa buku literatur, perpustakaan, internet, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan.
3. **Bagian ketiga** membahas terkait metode yang digunakan dalam penelitian yang meliputi jenis penelitian, waktu dan lokasi penelitian, kerangka penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, dan teknik penyajian data.
4. **Bagian keempat** berisi gambaran umum lokasi penelitian dan gambaran umum ruang lingkup penelitian, hasil penelitian serta pembahasan dari proses pengolahan data penelitian yang sudah dilakukan.
5. **Bagian kelima** berisi uraian singkat tentang kesimpulan dan hasil penelitian serta saran yang membangun untuk perbaikan atau pengembangan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Banjir

Berdasarkan Undang-undang No.24 Tahun 2007, peristiwa banjir merupakan salah satu jenis bencana alam dimana didefinisikan sebagai rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat. Bencana banjir dapat mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Kemudian, pengertian banjir menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah “*berair banyak dan deras, kadang-kadang meluap, air yang banyak dan mengalir deras, serta peristiwa terbenamnya daratan karena volume air meningkat*”. Selain itu, menurut Wulandari (2020) menyatakan bahwa lahan yang biasanya kering seperti permukiman dan pusat kota dapat mengalami banjir jika terjadi aliran sungai atau drainase yang meluap akibat telah melebihi kapasitas pengairannya. Sehingga, jika suatu daerah memiliki nilai intensitas hujan yang melebihi laju infiltrasi maka akan terjadinya genangan banjir (Widyaningrum dkk, 2022).

2.1.1 Jenis banjir

Banjir merupakan kejadian yang dapat dikategorikan sebagai bencana alam maupun buatan. Menurut Taufik dan Burhan (2022) banjir memiliki banyak jenis tergantung dari penyebab asalnya sebagai berikut :

1. Banjir Air

Banjir air sering terjadi saat ini karena air meluap di berbagai tempat seperti sungai, danau, dan drainase. Air yang meluap dari tempat-tempat tersebut biasanya menjadi penampungan sirkulasi air, sehingga menyebabkan genangan air di daratan sekitarnya. Banjir ini terjadi terutama karena hujan yang berlangsung lama sehingga sungai, danau, dan drainase tidak dapat menampung semua air hujan tersebut.

2. Banjir Cileuncang

Banjir cileuncang mirip dengan banjir air. Namun, penyebab banjir ini adalah hujan deras dengan aliran air yang sangat kuat, sehingga jumlah air hujan

yang sangat besar tidak bisa mengalir melalui saluran air seperti drainase. Akibatnya, air meluap dan menyebabkan genangan air di daratan.

3. Banjir Rob

Banjir rob atau banjir laut pasang adalah jenis banjir yang terjadi akibat naiknya atau pasangannya air laut yang kemudian mencapai daratan sekitarnya. Banjir ini sering terjadi di permukiman dan kota-kota yang berada di tepi laut. Kenaikan air laut ini menghalangi aliran sungai yang seharusnya mengalir ke laut. Akibatnya, tumpukan air sungai tersebut dapat menyebabkan tanggul jebol dan menggenangi daratan.

4. Banjir Bandang

Banjir bandang adalah jenis banjir yang tidak hanya melibatkan air, tetapi juga membawa material lain seperti sampah dan lumpur. Biasanya, banjir ini terjadi karena kebocoran atau kerusakan pada bendungan air. Oleh karena itu, banjir bandang memiliki tingkat bahaya lebih tinggi dibandingkan dengan banjir biasa. Tidak hanya karena adanya material-material tersebut yang membuat manusia sulit berenang, tetapi juga karena arus air yang sangat deras dan kuat.

5. Banjir Lahar

Banjir lahar adalah jenis banjir yang terjadi ketika gunung berapi yang masih aktif mengalami erupsi atau letusan. Selama proses erupsi tersebut, gunung akan melepaskan aliran lahar dingin yang menyebar ke area sekitarnya. Akibatnya, air di sungai akan tergenang dan meluap, menyebabkan genangan air yang merendam daratan.

6. Banjir Lumpur

Banjir ini adalah jenis banjir yang terjadi akibat lumpur. Salah satu contoh yang masih terjadi hingga saat ini adalah banjir Lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur. Banjir lumpur ini mirip dengan banjir bandang, tetapi penyebabnya lebih karena keluarnya lumpur dari dalam bumi yang kemudian menggenangi daratan. Lumpur yang keluar dari dalam bumi memiliki perbedaan dengan lumpur yang ada di permukaan, hal ini dapat dianalisis melalui kandungannya, termasuk adanya gas-gas kimia berbahaya.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka jenis banjir yang pernah terjadi di Kecamatan Bontoala dan Wajo adalah banjir cileuncang dan banjir rob. Pada wawancara yang telah dilakukan, didapatkan keterangan bahwa dalam lima tahun terakhir, banjir terparah yang pernah terjadi adalah banjir pada bulan Februari 2023. Banjir tersebut diakibatkan oleh curah hujan tinggi yang berlangsung lama dan ditambah dengan meluapnya air laut diakibatkan sedang terjadinya puncak pasang air laut. Sehingga, banjir yang terjadi diakibatkan oleh air hujan dan pasang surut air laut.

2.1.2 Faktor penyebab banjir

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Hafizhan (2020) terkait faktor penyebab banjir pada dasarnya adalah curah hujan yang tinggi, jenis tanah yang sulit meresap air, dan padatnya penggunaan lahan oleh bangunan, serta topografi yang rendah. Adapun penjelasannya, sebagai berikut:

1. Curah hujan

Curah hujan dan intensitas hujan kerap menjadi faktor utama terjadinya banjir jika suatu daerah diguyur oleh hujan dengan tingkat curah hujan yang tinggi. Jika hal itu terjadi, air hujan akan menggenangi suatu daerah dan jika badan air tidak lagi mampu menampung air yang masuk, maka air akan meluap dan menumpahi wilayah sekitar yang berupa permukiman (Eristiawan, 2021).

2. Penggunaan lahan

Penggunaan lahan dapat menjadi faktor penyebab banjir dikarenakan setiap lokasi memiliki guna lahan dan karakteristik lahan masing-masing, sehingga menyebabkan tempat resapan air yang berbeda. Hal ini menyatakan bahwa lahan terbangun akan semakin rentan terhadap banjir, semakin padat lahan terbangunnya maka semakin rentan dikarenakan semakin sedikit tempat air untuk meresap (Hafizhan, 2020).

3. Kemiringan lereng

Pentingnya kemiringan lereng terhadap banjir dapat dirasakan secara signifikan. Jika suatu lokasi memiliki lereng dengan kategori curam atau sangat curam, maka risiko banjir akan lebih rendah meskipun terjadi hujan deras. Hal ini disebabkan oleh aliran air yang langsung mengalir ke area yang lebih rendah.

Meskipun demikian, daerah dengan lereng curam atau sangat curam tetap rentan terhadap bahaya banjir karena adanya faktor fisik lainnya yang berperan. Sehingga, kemiringan lereng dengan kategori datar atau landai maka akan meningkatkan risiko banjir dikarenakan aliran permukaan akan sulit mengalir untuk mencari area yang lebih rendah lagi (Hafizhan, 2020).

4. Jenis tanah

Jenis tanah mempengaruhi tingkat laju infiltrasi air. Jika jenis tanah yang memiliki tingkat infiltrasi yang rendah maka akan lebih mudah tergenang banjir dibandingkan dengan jenis yang memiliki tingkat infiltrasi yang tinggi. Proses betonisasi atau banyaknya pembangunan juga menjadi penyebab sulitnya air untuk terserap dengan baik (Hafizhan, 2020).

2.1.3 Dampak banjir

Banjir merupakan salah satu peristiwa bencana yang paling sering terjadi di suatu daerah yang disebabkan oleh meluapnya air yang melebihi kapasitas. Bencana banjir dapat mengakibatkan rusaknya rumah, barang-barang, kendaraan bermotor, infrastruktur fisik, dan prasarana sosial, dll. Selain itu, dampak banjir sangat dirasakan pada sendi-sendi bermasyarakat salah satunya pada kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat (Ginting, 2021). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Eristiawan (2021) menghasilkan bahwa bencana banjir mempengaruhi kondisi fisik tempat tinggal, kondisi sosial, dan kondisi ekonomi masyarakat. Wulandari (2020) menjelaskan tentang dampak banjir dalam kehidupan sosial dan ekonomi, yaitu merugikan secara umum, penyakit yang timbul sebagai dampak banjir, mematikan usaha, dan kerugian administratif.

1. Merugikan secara umum

Bencana banjir akan memberikan kerugian terhadap wilayah sekitar yang mengalaminya. Kerugian yang diakibatkan dari bencana banjir dapat dirasakan secara langsung maupun tidak langsung, dan kerugian tersebut akan semakin besar jika banjir berlangsung lama. Segala aktivitas terganggu akibat banjir sehingga menjadikan lingkungan yang tidak nyaman dan kondusif.

2. Penyakit yang timbul sebagai dampak banjir

Akibat lingkungan yang tergenang air cukup lama, menjadikan wilayah tersebut tercemari oleh berbagai sampah dan kotoran yang hanyut ke dalam lingkungan. Sehingga, dengan kurangnya air bersih dan juga lingkungan yang kotor dapat mengganggu kesehatan lingkungan, kesehatan warga, dan berbagai penyakit mudah untuk menjangkit warga yang tergenang banjir.

3. Mematikan usaha

Akibat bencana banjir yang terjadi di area perkotaan membuat rumah, toko, dan bangunan sekitar mengalami kerusakan pada bangunan dan peralatan di dalamnya. Jika terdapat usaha pada area banjir, maka usaha tersebut akan mengalami kerugian akibat macetnya roda perekonomian di lingkungan sekitar. Semakin besar kerugian material yang terjadi pada masyarakat akan berdampak juga pada semakin meningkatnya masalah sosial yang akan terjadi di lingkungan masyarakat.

4. Kerugian administratif

Dampak banjir secara tidak langsung dapat dirasakan pada warga sekitar, dikarenakan banjir dapat menghanyutkan dokumen penting kependudukan dan sejenisnya. Sehingga, kantor, sekolah, rumah, instansi terkait harus kehilangan dokumen penting akibat banjir melanda area tersebut.

2.1.4 Karakteristik Banjir

Dalam penelitian Eristiawan (2021) menjelaskan bahwa karakteristik dapat berbeda di setiap daerah, sehingga terbagi menjadi tiga, yaitu karakteristik banjir berdasarkan ketinggian, durasi, dan jumlah korban. Widyaningrum dkk (2022) menjelaskan tentang aspek-aspek yang menjadi karakteristik genangan banjir meliputi:

1. Tinggi genangan, yaitu tinggi air dalam genangan yang didapatkan dari pengurangan antara intensitas hujan dan infiltrasi hitung. Sehingga semakin besar nilai intensitas hujan maka semakin besar tinggi genangan.
2. Durasi genangan, yaitu rentang waktu awal terjadi genangan sampai berakhirnya genangan.
3. Volume genangan, yaitu jumlah total air yang tergenang dalam genangan, diukur berdasarkan panjang, lebar, dan tinggi genangan.

2.2 Curah Hujan

Curah hujan atau presipitasi adalah peristiwa jatuhnya segala materi yang dicurahkan dari atmosfer ke permukaan bumi. Curah hujan merupakan faktor kontrol yang mudah diamati dalam siklus hidrologi pada suatu daerah aliran sungai (DAS). Presipitasi dapat berbentuk cair atau beku. Di Indonesia, presipitasi yang berbentuk cair itu disebut curah hujan, dikarenakan presipitasi yang berbentuk beku tidak pernah terjadi atau jarang terjadi di Indonesia. Parameter penting untuk menentukan erosivitas hujan dapat dilihat dari sifat curah hujan yang termasuk intensitas curah hujan dan energi. Hujan dapat menjadi lima jenis berdasarkan jenis dan ukuran partikelnya, seperti hujan gerimis, hujan deras, hujan salju, hujan es, dan hujan asam (Azhari dan Saihul, 2019).

Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) mengelompokkan hujan berdasarkan curahnya menjadi tiga jenis yaitu, hujan sedang (20-50 Mm/hari), lebat (50-100 Mm/hari), sangat lebat (>100 Mm/hari). Menurut Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No. 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, curah hujan merupakan salah satu komponen dalam penilaian ancaman banjir. Intensitas curah hujan yang tinggi pada suatu wilayah berpotensi mengakibatkan peristiwa banjir dan longsor.

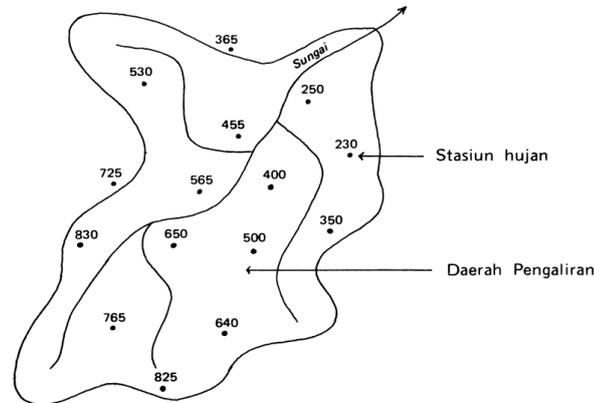
2.2.1 Curah hujan kawasan

Taufik dan Burhan (2022) menjelaskan bahwa dalam menentukan curah hujan, data yang diperoleh dari pencatat atau penakar yang hanya mencakup curah hujan di lokasi tertentu. Jika ada beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan di suatu area, nilai rata-rata dapat diambil untuk mendapatkan curah hujan daerah. Terdapat beberapa tiga metode untuk menghitung curah hujan daerah (PUPR, 1980). PUPR (1980) menjabarkan metode menghitung curah hujan kawasan sebagai berikut:

1. Aritmatik (*Aljabar*)

Rumus yang paling mudah digunakan untuk menghitung curah hujan kawasan adalah melalui metode sederhana ini. Biasanya, metode ini sering diterapkan di daerah yang memiliki topografi yang datar, dengan pos curah hujan yang banyak, serta mengasumsikan curah hujan di wilayah tersebut

memiliki distribusi yang merata. Adapun contoh ilustrasi daerah pengaliran yang memiliki stasiun hujan yang merata dapat dilihat pada **Gambar 1**, sebagai berikut:

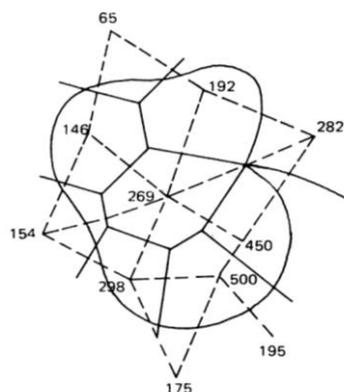


Gambar 1. Peta metode aljabar

Sumber: PUPR, 1980

2. *Polygon Thiessen*

Apabila titik-titik pengamatan di daerah tersebut tidak memiliki penyebaran yang merata, maka perhitungan curah hujan akan dilakukan dengan mempertimbangkan wilayah pengaruh masing-masing titik pengamatan. Metode ini menggunakan estimasi luas area yang diwakili oleh setiap stasiun, besaran curah hujan, dan jumlah stasiun yang terlibat. Adapun contoh ilustrasi pemodelan metode *polygon Thiessen* dimana daerah pengaliran yang memiliki lebih dari 3 stasiun hujan yang tidak merata dapat dilihat pada **Gambar 2**, sebagai berikut:



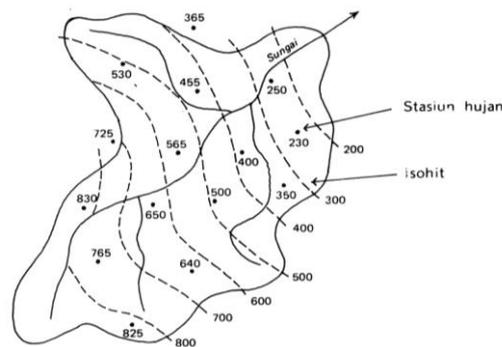
Gambar 2. Peta metode *polygon Thiessen*

Sumber PUPR, 1980

3. *Isohyet*

Peta *Isohyet* direpresentasikan pada peta topografi dengan interval antara 10 Mm – 20 Mm, berdasarkan data curah hujan yang tercatat di stasiun pengamatan

yang berada di dalam dan di luar wilayah yang diinginkan. Dengan menggunakan persamaan tertentu, curah hujan pada wilayah tersebut dapat dihitung. Meskipun cara ini adalah metode yang paling akurat untuk memperoleh rata-rata curah hujan di wilayah yang luas, namun memerlukan jaringan pos pengamatan yang lebih rapat agar dapat menghasilkan peta isohyet yang akurat. Luas daerah di antara dua garis isohyet yang berdekatan dapat diukur dengan menggunakan Planimeter dan hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 3**, sebagai berikut:



Gambar 3. Peta metode isohyet
Sumber: PUPR, 1980

2.2.2 Intensitas hujan

Intensitas hujan adalah tinggi air hujan persatuan waktu, besaran intensitas hujan tergantung dari waktu lama dan besarnya hujan. Semakin lama hujan berlangsung maka intensitasnya akan cenderung makin tinggi, begitu juga sebaliknya. Intensitas hujan yang tinggi biasanya berlangsung dengan durasi pendek dan tidak meliputi daerah yang luas (Schulz dan Nisa, 2021). Kemudian, menurut (Astarini, 2022) memaparkan bahwa intensitas hujan merupakan ketinggian hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut terkonsentrasi. Penentuan intensitas hujan dapat dilakukan dengan pendekatan metode mononobe dimana metode ini untuk pendekatan curah hujan jangka pendek karena metode ini tidak memerlukan data hujan jam-jaman dalam menentukan informasi intensitas hujan.

Apabila yang tersedia hanya data hujan harian maka intensitas hujan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe. Rumus Mononobe merupakan metode untuk menghitung intensitas hujan selama 24 jam apabila data hujan jangka

pendek tidak tersedia dan yang ada hanya data hujan harian (Pratiwi dan Negara, 2023). Hujan yang memiliki intensitas tinggi dalam jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan suatu daerah mengalami banjir. Meluapnya sumber-sumber air seperti sungai, laut, danau, dan drainase dapat menjadi salah satu penyebab banjir (Taufik dan Burhan, 2022).

2.2.3 Limpasan curah hujan

Salsabila dan Nugraheni (2020) menjelaskan bahwa limpasan permukaan atau aliran permukaan terjadi ketika curah hujan mengalir di atas permukaan tanah, membawa zat-zat dan partikel tanah. Hal ini terjadi ketika intensitas hujan melebihi kemampuan tanah untuk menyerap air (kapasitas infiltrasi). Ketika laju infiltrasi tercapai, air akan mengisi cekungan di permukaan tanah. Setelah cekungan terisi penuh, air akan mengalir di atas permukaan tanah (*surface runoff*). Proses aliran permukaan dimulai ketika curah hujan jatuh di wilayah tertentu. Air pertama-tama akan meresap ke dalam tanah sebagai air infiltrasi setelah ditahan oleh daun pohon sebagai air intersepsi. Infiltrasi akan terus berlangsung selama air masih berada di bawah kapasitas lapang.

Limpasan terdiri dari berbagai sumber, antara lain:

1. Aliran permukaan, yaitu bagian dari air hujan yang mengalir secara langsung di atas permukaan tanah dalam lapisan tipis;
2. Aliran antara, yaitu aliran lateral yang terjadi di bawah permukaan tanah. Aliran antara terjadi saat air dan lengas tanah bergerak secara horizontal menuju daerah dengan elevasi yang lebih rendah;
3. Aliran air tanah, yaitu aliran yang terjadi di bawah permukaan tanah, mengalir menuju daerah dengan elevasi yang lebih rendah dan akhirnya mencapai sungai atau langsung ke laut;
4. Aliran di bawah permukaan, yaitu merujuk pada air yang masuk ke dalam tanah tetapi tidak menembus lapisan kedap air yang ada. Air ini mengalir di bawah permukaan tanah dan kemudian keluar ke permukaan di suatu tempat di bagian bawah atau mengalir ke sungai; dan
5. Aliran sungai, yaitu merupakan aliran air yang mengalir di saluran yang jelas seperti sungai. Sungai bisa berasal dari aliran di bawah permukaan dan aliran

air tanah yang menghasilkan air yang jernih, sedangkan sungai yang terbentuk oleh aliran permukaan biasanya mengandung sedimen yang membuatnya keruh.

2.3 Pasang Surut Air Laut

Pasang surut yang juga dikenal dengan sebutan pasut merupakan fenomena periodik dimana permukaan laut naik dan turun akibat gaya tarik dari objek-objek angkasa seperti matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Kejadian pasang surut dapat dengan jelas diamati saat berada di pantai. Gerakan naik turunnya permukaan air secara berkala juga berdampak pada berbagai aktivitas manusia yang tinggal di daerah pantai, seperti pelayaran, pembangunan dermaga, kegiatan nelayan dan lain sebagainya (Prasetyo dkk., 2016). Informasi pasang surut air laut terdapat nilai-nilai sebagai penunjuk tinggi air, sehingga dibutuhkan oleh badan penanggulangan bencana alam seperti tsunami dan badai el nino untuk memprediksi ketinggian air laut yang dapat mengakibatkan bencana tersebut (Missa dkk., 2018).

2.4 Debit Aliran Sungai

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai menjelaskan DAS atau singkatan dari Daerah Aliran Sungai merupakan wilayah daratan yang terhubung secara kesatuan dengan sungai dan anak sungainya, yang berfungsi untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air hujan ke danau atau laut secara alami. Batas DAS di daratan ditentukan oleh fitur topografis yang memisahkan wilayah tersebut, sedangkan batas di laut mencakup daerah perairan yang masih terpengaruh oleh aktivitas daratan. Metode dalam mengestimasi debit aliran sungai yang paling sering digunakan adalah metode rasional dimana dapat melakukan estimasi debit di suatu daerah aliran sungai yang dimana tidak ada data pengamatan debitnya (Lestrari, 2016).

2.5 Model Elevasi Digital (*Digital Elevation Model*)

Digital Elevation Model (DEM) atau Model Elevasi Digital merupakan representasi digital dari permukaan bumi yang menyimpan data tentang topografi dalam format raster, vektor, dan format lainnya. DEM mengandung informasi tentang elevasi yang sangat berguna untuk memudahkan proses interpretasi (Hasim

dan Basyid, 2021). Kualitas DEM dapat dilihat dari tingkat akurasi vertikal dan horizontal pada setiap piksel serta tingkat akurasi yang sesuai dengan morfologi permukaan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas produk DEM, yaitu kerapatan sampel saat mengumpulkan data elevasi, ukuran piksel, korelasi data sumber, kondisi topografi permukaan, algoritma yang digunakan untuk menghasilkan data elevasi melalui interferometri, radar grametri, kilometri, morfometri, algoritma interpolasi, resolusi vertikal, dan kualitas data *masking* seperti garis pantai, danau, sungai, awan, serta salju (Dyatmika dkk, 2018).

Hafizhan (2020) menjelaskan bahwa topografi mempengaruhi jumlah dan kecepatan limpasan permukaan, drainase permukaan, penggunaan lahan dan erosi. Diasumsikan semakin landai kemiringan lerengnya, maka aliran limpasan permukaan akan menjadi lambat dan kemungkinan terjadinya genangan atau banjir menjadi besar, sedangkan semakin curam kemiringan lereng akan menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat sehingga air hujan yang jatuh akan langsung dialirkan dan tidak menggenangi daerah tersebut, sehingga resiko banjir menjadi kecil. Penggunaan DEM sering dijumpai dalam berbagai aplikasi penginderaan jauh, seperti pembuat peta dasar, pembuat peta relief, ekstraksi parameter *terrain* untuk geomorfologi, pemodelan aliran air untuk hidrologi, pemodelan aliran air untuk hidrologi, pemodelan pergerakan permukaan bumi, *render* dari visualisasi 3 dimensi, analisis dari *line of sight*, pemantauan pertanian dan kehutanan yang akurat, desain rekayasa infrastruktur, dan sebagainya (Dyatmika dkk, 2018).

Data DEM secara nasional dirilis oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan sebutan DEMNAS (DEM Nasional). DEMNAS disusun dengan menggabungkan beberapa sumber data, termasuk data IFSAR (resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi yang diubah menjadi 5m dari resolusi aslinya 5-10m), dan ALOS PALSAR (resolusi 11.25m), serta data *mass point* yang digunakan dalam pembuatan peta Rupabumi Indonesia (RBI). Resolusi spasial DEMNAS adalah 0.27 arcsecond , dan menggunakan datum vertikal EGM 2008 (BIG, 2018).

2.6 Tutupan Lahan

Berdasarkan SNI 7645:2010, definisi dari tutupan lahan adalah tutupan biofisik yang terlihat di permukaan bumi dimana berasal dari hasil pengaturan, aktivitas, dan perlakuan manusia terhadap jenis penutup lahan tertentu untuk kegiatan produksi, perubahan, atau perawatan pada penutup lahan tersebut. Kelas penutup lahan terbagi menjadi dua bagian, yaitu daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi. Daerah vegetasi terbagi menjadi tiga jenis, yaitu daerah pertanian dan daerah bukan pertanian. Sedangkan daerah tak bervegetasi terbagi menjadi tiga jenis, yaitu lahan terbangun, lahan tidak terbangun, dan perairan. Adapun tabel klasifikasi penutup lahan dapat dilihat pada **Tabel 1**, sebagai berikut:

Tabel 1. Klasifikasi penutup lahan skala 1:250.000

No	Kelas Penutup Lahan
1.	Daerah Vegetasi
1.1	Daerah pertanian
1.1.1	Sawah
1.1.2	Sawah pasang surut
1.1.3	Ladang
1.1.4	Perkebunan
1.1.5	Perkebunan Campuran
1.1.6	Tanaman Campuran
1.2	Daerah Bukan Pertanian
1.2.1	Hutan Lahan Kering
1.2.2	Hutan Lahan Basah
1.2.3	Semak dan Belukar
1.2.4	Padang Rumput Alang-alang dan Sabana
1.2.5	Rumput Rawa
2	Daerah Tak Bervegetasi
2.1	Lahan Terbuka
2.1.1	Lahar dan Lava
2.1.2	Hamparan Pasir Pantai
2.1.3	Beting Pantai
2.1.4	Gumuk Pasir
2.2	Pemukiman dan Lahan Bukan Pertanian
2.2.1	Lahan Terbangun
2.2.1.1	Permukiman
2.2.1.2	Jaringan Jalan (Arteri, Kolektor, Lokal)
2.2.1.3	Jaringan Jalan Kereta Api
2.2.1.4	Bandar Udara Domestik / Internasional
2.2.1.5	Pelabuhan Laut
2.2.2	Lahan Tidak Terbangun
2.2.2.1	Pertambahan
2.2.2.2	Tempat Penimbunan Sampah

No	Kelas Penutup Lahan
2.3	Perairan
2.3.1	Danau atau Waduk
2.3.2	Tambak
2.3.3	Rawa
2.3.4	Sungai
2.3.5	Terumbu Karang
2.3.6	Gosong Pantai

Sumber: SNI 7645:2010

Kegiatan manusia yang melakukan perubahan guna lahan pada suatu daerah dapat memicu terjadinya banjir. Alih fungsi lahan dari kawasan hijau menjadi non hijau dapat menyebabkan bencana alam salah satunya adalah banjir. Pembangunan yang kurang memperhatikan kaidah-kaidah konservasi lingkungan dan banyak pemanfaatan ruang yang melebihi kapasitas daya dukungnya dapat menimbulkan permasalahan pada berkurangnya ruang terbuka hijau di suatu daerah. Dengan berkurangnya ruang terbuka hijau berdampak pada tingkat infiltrasi di kawasan tersebut yang menurun (Mubarokah dan Hendrakusumah, 2022).

2.6.1 Koefisien kekasaran *manning*

Koefisien kekasaran *manning* adalah suatu nilai atas pengaruh kekasaran saluran, kekasaran mempengaruhi kecepatan aliran air dimana semakin besar koefisien kekasaran maka kecepatan aliran air semakin kecil, sehingga mengurangi debit air terutama pada saluran yang terbuat dari tanah (Sanusi dan Pratiwi, 2019).

Berdasarkan SNI 2830:2008, koefisien kekasaran *manning* terbagi menjadi tiga bagian, yaitu sungai besar, bantaran banjir, dan sungai kecil. Sungai kecil terbagi menjadi dua jenis, yaitu mengalir pada dataran rendah dan sungai pegunungan. Sedangkan sungai besar hanya memiliki satu jenis yaitu mengalir pada dataran rendah. Kemudian bantaran sungai memiliki empat jenis, yaitu bantaran untuk padang gembalan tanpa semak belukar, bantaran untuk tegalan, bantaran ditumbuhi semak belukar, dan bantaran dengan pohon-pohon. Adapun tabel koefisien kekasaran *manning* dapat dilihat pada **Tabel 2**, sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai koefisien kekasaran *manning*

Kondisi dan Tipe Alur	Kekasaran <i>Manning</i>		
	Minimum	Normal	Maksimum
Sungai Kecil (lebar muka air banjir <30 m)			
1. Mengalir pada dataran rendah			

Kondisi dan Tipe Alur	Kekasaran <i>Manning</i>		
	Minimum	Normal	Maksimum
a. Alur bersih, lurus, elevasi muka air penuh, tidak ada celah atau bagian yang dalam (kedung)	0.025	0.030	0.033
b. Sama seperti diatas tetapi lebih banyak batu dan rumput atau tanaman	0.030	0.035	0.040
c. Alur bersih, melingkar, dengan bagian dalam dan dangkal	0.033	0.040	0.045
d. Sama seperti diatas, tetapi lebih banyak batu dan rumput atau tanaman	0.035	0.045	0.050
e. Sama seperti diatas, tetapi elevasi muka air lebih rendah, dan lebih banyak perubahan kemiringan dan lebar	0.040	0.048	0.055
f. Sama seperti diatas, tetapi lebih banyak batu	0.045	0.050	0.060
g. Penggal sungai dengan aliran pelan, penuh rumput dengan kolam yang dalam	0.050	0.070	0.080
h. Alur banyak rumput, alur-alur yang dalam, atau lintasan banjir dengan tegakan pohon dan semak	0.075	0.100	0.150
2. Sungai pegunungan, pada alur tidak ada vegetasi, tebing sungai curam, pohonan semak pada tebing tenggelam saat muka air tinggi			
a. Dasar sungai: kerikil, krakal, dengan beberapa batu-batu besar	0.030	0.040	0.050
b. Dasar sungai: krakal dengan batu-batu besar	0.040	0.050	0.070
Bantaran banjir			
1. Bantaran untuk padang gembalaan (padang rumput) tanpa semak belukar			
a. Rumput rendah	0.025	0.030	0.035
b. Rumput tinggi	0.030	0.035	0.050
2. Bantaran untuk tegalan			
a. Tidak ada tanaman	0.020	0.030	0.040
b. Tanaman dewasa ditanam berderet	0.025	0.035	0.045
c. Tanaman dewasa ditanam tidak berderet	0.030	0.040	0.050
3. Bantaran ditumbuhi semak belukar			
a. Semak jarang, rumput lebat	0.035	0.050	0.070
b. Semak dan pohon jarang	0.040	0.060	0.080
c. Semak sedang sampai lebat	0.070	0.100	0.160
4. Bantaran dengan pohon-pohon			
a. Pohon ditanam rapat, pohon lurus	0.110	0.150	0.200
b. Tanah yang dibersihkan dengan tunggul tanaman, yang tidak tumbuh	0.030	0.040	0.050
c. Sama seperti diatas, tetapi tunggul kayu ditumbuhi daun lebat	0.050	0.060	0.080

Kondisi dan Tipe Alur	Kekasaran <i>Manning</i>		
	Minimum	Normal	Maksimum
d. Tegakan pohon rapat, pohon yang rendah sedikit, sedikit semak belukar, tinggi muka air banjir dibawah ranting pohon	0.080	0.100	0.120
e. Sama seperti diatas tetapi tinggi muka air banjir mencapai ranting pohon	0.100	0.120	0.160
Sungai Besar (lebar muka air banjir >30 m)			
1. Mengalir pada dataran rendah			
a. Bagian yang teratur tanpa batu-batu besar dan semak	0.025	-	0.060
b. Bagian yang tidak teratur dan kasar	0.035	-	0.100

Sumber: SNI 2830:2008

Berdasarkan penjelasan diatas dan hasil observasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa koefisien kekasaran *manning* yang ada pada wilayah penelitian diharuskan mengacu pada tutupan lahan serta jenis vegetasi yang tumbuh diatasnya. Oleh karena itu, nilai koefisien kekasaran *manning* pada wilayah penelitian terbagi menjadi tiga nilai dikarenakan jenis vegetasi yang tidak terlalu berbeda pada setiap tutupan lahan, yaitu 0,030, 0,060, dan 0,100. Kemudian, nilai koefisien kekasaran *manning* akan mempengaruhi kecepatan aliran air pada saat permodelan banjir dilakukan di wilayah tersebut.

2.6.2 Koefisien limpasan

Koefisien limpasan adalah angka yang menggambarkan perbandingan air limpasan permukaan terhadap curah hujan. Nilai koefisien ini juga mencerminkan jumlah air hujan yang mengalir sebagai aliran permukaan. Rentang nilai koefisien ini adalah antara 0 hingga 1. Angka 0 menandakan bahwa air hujan terdistribusi sebagai air intersepsi dan terutama meresap ke dalam tanah, sementara nilai 1 menunjukkan bahwa seluruh air hujan yang jatuh mengalir sebagai aliran permukaan. Ketika nilai koefisien limpasan besar, itu mengindikasikan bahwa lebih banyak air hujan melimpas. Keadaan ini kurang menguntungkan karena menyebabkan berkurangnya jumlah air yang meresap ke dalam tanah dan kerugian lainnya adalah meningkatnya risiko banjir dan erosi. Salah satu konsep penting dalam mengendalikan banjir adalah koefisien aliran permukaan (*runoff*) yang umumnya disimbolkan dengan C (Salsabila dan Nugraeheni, 2020).

Berdasarkan SNI 03-2415-1991 Rev.2004, koefisien limpasan terbagi menjadi sembilan bagian, yaitu daerah perdagangan, daerah permukiman, daerah industri, lapangan, halaman jalan kereta api, lahan tidak terpelihara, jalan, halaman berumput, halaman berumput tanah pasir padat. Adapun tabel koefisien limpasan dapat dilihat pada **Tabel 3**, sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai koefisien limpasan

Jenis Daerah / Kondisi Permukaan	Koefisien Aliran
Daerah Perdagangan	
- Kota	0.70-0.95
- Sekitar Kota	0.50-0.70
Daerah Permukiman	
- Satu Rumah	0.30-0.50
- Banyak Rumah, terpisah	0.40-0.60
- Banyak Rumah, Rapat	0.60-0.75
- Permukiman, Pinggiran Kota	0.25-0.40
- Apartemen	0.50-0.70
Daerah Industri	
- Ringan	0.50-0.80
- Padat	0.60-0.90
Lapangan, Kuburan, dan Sejenisnya	
Halaman jalan kereta api dan sejenisnya	
Lahan tidak terpelihara	
Jalan Aspal	
- Aspal dan Beton	0.75-0.95
- Baru bata dan batako	0.70-0.85
Atap Rumah	0.70-0.95
Halaman berumput	
- Datar, 2%	0.05-0.10
- Rata-rata, 2-7%	0.10-0.15
- Curam, 7% atau lebih	0.15-0.20
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: SNI 03-2415-1991

Berdasarkan penjelasan diatas dan hasil observasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa koefisien limpasan yang ada pada wilayah penelitian diharuskan mengacu pada jenis tutupan lahan. Selain itu, nilai koefisien limpasan pada wilayah penelitian mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Untari (2012) terkait nilai koefisien limpasan di area perkotaan Kota Bandung. Oleh karena itu, nilai koefisien limpasan pada wilayah penelitian terbagi menjadi empat

nilai dikarenakan jenis tutupan lahan yang berbeda satu sama lain, yaitu yaitu 0,15, 0,25, 0,50, dan 0,80. Kemudian, nilai koefisien limpasan akan mempengaruhi besaran air yang melimpas pada saat permodelan banjir dilakukan di wilayah tersebut.

2.7 Kawasan Permukiman Informal

Permukiman informal merujuk pada daerah atau kawasan perkotaan yang berkembang tanpa pengawasan resmi., meskipun tidak selalu berarti daerah tersebut adalah permukiman yang liar dan kumuh. Pertumbuhan dan keberlanjutan permukiman informal menjadi sebuah fenomena dimana upaya pemerintah dalam menghentikan perkembangannya tidak berhasil. Pertumbuhan dan keberlanjutan permukiman informal menjadi sebuah fenomena dimana upaya pemerintah dalam menghentikan perkembangannya tidak berhasil. Permukiman informal menjadi tempat tinggal bagi sebagian besar penduduk perkotaan, dimana pada negara berkembang, tempat ini menjadi permukiman bagi masyarakat perkotaan dengan pendapatan rendah (Atika, 2020).

Permukiman informal di kota-kota diidentifikasi oleh morfologi perkotaan yang padat, berbutir kecil, dan tidak beraturan (Kamalipour dan Dovey, 2019). Ciri-ciri permukaan informal cenderung berbeda antar satu kota dengan kota lainnya, bergantung pada tingkat kepadatan penduduk setempat. Mayoritas penduduk di permukiman informal adalah masyarakat dengan pendapatan rendah yang sangat bergantung pada sektor informal sebagai sumber penghidupan mereka (Atika, 2020).

Kerentanan di kota-kota seringkali sangat terkonsentrasi di permukiman informal, dimana banyak permukiman informal terletak pada lokasi yang berisiko tinggi terhadap banjir atau tanah longsor. Kerentanan tersebut disebabkan oleh banyak kawasan informal yang berada di dekat tempat pembuangan limbah yang tidak stabil, rel kereta api, jalan raya, atau bantaran sungai. Permukiman informal berkembang di lokasi yang berbahaya karena penghuninya memiliki peluang lebih tinggi untuk menghindari penggusuran mengingat lokasi tersebut tidak menarik bagi pengembang (Satterthwaite et al., 2020).

Dovey dan King (2011) mengklasifikasikan kawasan permukiman informal menjadi delapan tipologi berdasarkan morfologinya, antara lain:

1. Berbentuk kawasan (*district*), dimana kawasan permukiman informal berkembang pada kawasan besar secara fungsional sehingga membentuk kawasan yang terus membesar seiring waktu pada area tersebut;
2. Berada di tepi badan air (*waterfront*), dimana kawasan permukiman informal berkembang pada kawasan diantara area perkotaan dengan tepi badan air seperti bantaran sungai, kanal, danau, pelabuhan, atau bendungan. Kawasan tersebut sangat rentan terhadap banjir atau bencana hasil dari badan air tersebut dan biasanya kawasan ini berkembang pada permukiman di Asia Tenggara dengan kebanyakan tingkat ekonomi rendah;
3. Lereng (*escarpments*), dimana kawasan permukaan informal berkembang pada lereng curam yang biasanya berada di pegunungan atau perbukitan;
4. Lahan pemakaian terbatas (*easement*), dimana kawasan permukiman informal berkembang pada kawasan zona penyangga yang terdapat pada pinggiran rel kereta, dibawah jalan tol, dekat dengan pembangkit listrik, dsb. Kawasan tersebut berkembang dikarenakan terdapat sisa ruang pada kawasan kawasan terbatas tersebut sehingga menyebabkan masyarakat kalangan ekonomi rendah membangun permukiman disana;
5. Trotoar (*sidewalks*), dimana kawasan permukiman informal berada di pinggiran jalan atau di trotoar dimana yang seharusnya difungsikan sebagai ruang pejalan kaki tetapi dibangun permukiman sehingga menutupi area pejalan kaki. Kawasan ini menjadi kawasan yang sangat terlihat dan rentan dikarenakan biasanya permukiman tersebut dibangun dari bahan material sementara seperti plastik ataupun tripleks;
6. Keterkaitan dengan kawasan sekitarnya (*adherences*), dimana kawasan permukiman informal berkembang didasari pada prinsip ketergantungan perkotaan pada kerangka formal yang sudah ada dan berada di fasad publik formal;
7. Bagian belakang kawasan (*backstages*), dimana bangunan-bangunan kawasan permukiman informal berkembang di bagian belakang kawasan formal sehingga tersembunyi dari pandangan publik. Kawasan ini berkembang pada

area perkotaan dikarenakan sudah tidak ada ruang untuk membangun permukiman; dan

8. Berbentuk pagar (*enclosure*), dimana kawasan permukiman informal berkembang dengan batas di sebuah bangunan besar, tanah kosong, atau kompleks institusional.

2.8 Sistem Informasi Geografis

Tricahyono dan Dahlia (2017) dalam buku ajar sistem informasi geografis dasar mengungkapkan bahwa pada era saat ini dimana segala aktivitas berbasis komputer, termasuk data spasial baik pengolahan, analisis, dan visualisasi berbasis digital yang dikenal dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Tricahyono dan Dahlia (2017) menguraikan definisi SIG dari berbagai ahli dalam buku ajar SIG, antara lain:

1. ESRI (*Environmental Systems Research Institute*)

SIG adalah kumpulan yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografi dan personil yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan, memperbarui, manipulasi, menganalisis, dan menampilkan semua bentuk informasi yang bereferensi geografis.

2. Suryantoro

SIG Merupakan ilmu pengetahuan yang berbasis pada perangkat lunak komputer, yang digunakan untuk memberikan bentuk digital dan analisis terhadap permukaan geografi bumi, sehingga membentuk suatu informasi keruangan yang tepat dan akurat.

3. Rob M. A

SIG adalah sistem komputerisasi dalam input, penyimpanan, manajemen, *display*, dan analisis data, yang memiliki presisi terhadap lokasi geografis.

Tricahyono dan Dahlia (2017) menjelaskan bahwa selain SIG dapat untuk analisis data spasial, SIG juga dapat berperan sebagai pengukuran, pemetaan, pemantauan, dan pemodelan.

1. Pengukuran, SIG dapat digunakan untuk menganalisis pengukuran melalui komponen data pendukung, misalnya untuk mengukur luas suatu daerah, jarak

antar titik, mengukur tingkat produktivitas, kerusakan lahan, dan lain sebagainya;

2. Pemetaan, SIG dapat digunakan untuk pemetaan yaitu memvisualisasikan kenampakan objek dipermukaan bumi, yaitu data realitas permukaan bumi akan dipetakan ke dalam suatu lapisan. Setiap lapisan merupakan representasi kumpulan *feature* yang mempunyai kesamaan, misalnya lapisan jalan, lapisan bangunan, lapisan permukiman, dan lain-lain;
3. Pemantauan, SIG dapat digunakan untuk memantau dan monitoring suatu kejadian yang terjadi di permukaan bumi. Misalnya, memonitoring perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan; dan
4. Pemodelan, SIG dapat digunakan untuk melakukan proses pembentukan model suatu gejala atau objek, karena tidak semua gejala atau objek dapat digambarkan secara langsung. Akademis dan praktisi dapat menggunakan aplikasi SIG untuk memudahkan dalam memodelkan suatu kajian atau objek.

2.9 HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center, River Analysis System*)

Perangkat lunak HEC-RAS atau *River Analysis System* (RAS), dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satuan kerja dibawah *US Army Corps of Engineers* (USACE) adalah perangkat aplikasi untuk memodelkan aliran saluran terbuka dan saluran lainnya dengan disajikan melalui pemodelan aliran permanen maupun tidak permanen (*steady and unsteady flow model*). Perangkat lunak HEC-RAS terdapat empat komponen model satu dimensi, yaitu hitungan profil muka air aliran permanen (*steady Flow*), simulasi aliran tidak permanen (*unsteady Flow*), hitungan angkutan sedimen. hitungan kualitas air (Alif, 2018).

HEC-RAS adalah program aplikasi yang mengintegrasikan fitur *graphical user interface*, analisis hidraulik, manajemen, dan penyimpanan data, grafik, serta pelaporan untuk memberikan informasi berupa daerah genangan banjir beserta luas genangan yang terjadi berdasarkan periode kala ulangnya (Alif, 2018). Pada perangkat lunak HEC-RAS dapat menjalankan program seperti, *terrain modification*, perhitungan *land cover data*, proses *geometry data*, dan disimulasikan

menggunakan *unsteady flow simulation* dengan mengacu pada curah hujan, debit aliran sungai, dan pasang surut air laut.

HEC-RAS menghasilkan model banjir yang menyajikan informasi tentang tinggi muka air berdasarkan input debit dengan periode ulang yang dikonversi menjadi peta genangan banjir. Peta tersebut mampu menggambarkan area penyebaran banjir, ketinggian air, dan kecepatan aliran banjir di suatu wilayah. Visualisasi genangan banjir ini dikembangkan dari profil muka air disetiap penampang melintang yang dihasilkan oleh model HEC-RAS, kemudian diinterpretasikan sebagai tahap akhir dalam proses permodelan banjir (Sholikha, 2022).

2.10 ArcGIS

Perangkat lunak ArcGIS merupakan salah satu jenis SIG untuk mengolah peta dan informasi geografis dalam basis data (*database*). Selain itu, ArcGIS dapat digunakan untuk membuat peta, menyusun data geografis, menganalisis informasi pemetaan, *sharing* dan *discovering* informasi geografis, menggunakan peta dan informasi geografis dalam ranah aplikasi (Tricahyono dan Dahlia, 2017).

ArcGIS terdiri dari ArcGIS Desktop, ArcGIS.com, ArcGIS Explore, Mobile GIS, ArcGIS Mobile, dan ArcGIS Server. Selain itu, ArcGIS memiliki banyak *tools* seperti *Standar Bar*, *Table of Content*, *Drawing Bar*, *Tools Bar*, *Main Menu*, dan *Edit Toolbar*. ArcGIS menjadi salah satu SIG yang digunakan oleh banyak pengguna dari berbagai bidang dalam mengakses dan mengelola informasi yang terkait dengan geografi (Tricahyono dan Dahlia, 2017).

2.11 Validasi Model

Marfai dan King (2007) menjelaskan bahwa fase uji validasi model digunakan untuk mendapatkan nilai akurasi dari pengujian sebuah model. Salah satu cara untuk menguji validasi model adalah dengan menggunakan *confusion matrix*. *Confusion matrix* merupakan sebuah metode untuk menguji data dari aktual dan prediksi. Dalam penelitian ini dibandingkan berdasarkan data persebaran lokasi banjir aktual dengan hasil permodelan banjir yang dilakukan pada perangkat lunak HEC-RAS.

2.12 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu memiliki tujuan agar dapat menjadi referensi penelitian serta dapat membedakan penelitian yang telah ada. Adapun penelitian yang terkait dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel 4 berisikan terkait penelitian terdahulu yang menjadi referensi bagi penelitian yang akan dilakukan. Pada tabel tersebut, terdapat lima penelitian terdahulu dengan tema yang berbeda satu sama lain, sehingga tentunya ada beberapa persamaan dan perbedaan pada setiap penelitian terdahulu dalam penelitian ini.

Oleh karena itu, perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian ini adalah lokasi dalam penelitian ini yang berada di Kecamatan Bontoala dan Wajo, sedangkan dalam penelitian terdahulu belum ada yang meneliti pada wilayah tersebut. Selain itu, pada penelitian terdahulu melakukan permodelan banjir pada kala ulang 5-100 tahun, sedangkan pada penelitian ini melakukan permodelan banjir dengan data historis, seperti data curah hujan maksimum dan pasang surut air laut tertinggi pada 5 tahun terakhir. Selanjutnya, pada penelitian ini berfokus pada dampak spasial permodelan banjir di kawasan permukiman informal yang pada penelitian terdahulu belum ada yang meneliti terkait hal tersebut.

Tabel 4. Penelitian terdahulu

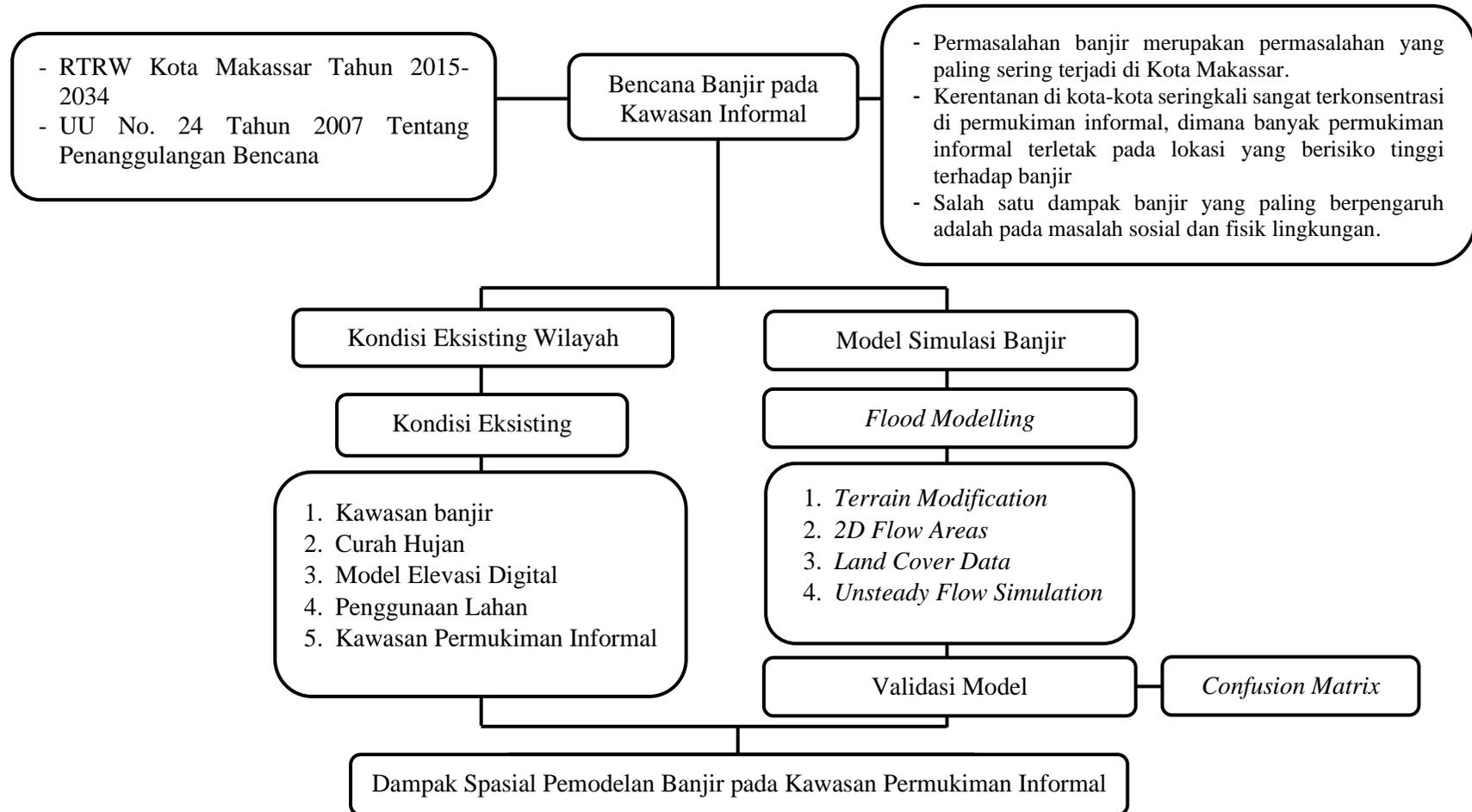
Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan dan Perbedaan Penelitian	Kesimpulan
Kuswantoro Marko, Amro Elfeki, Nassir Alamri, dan Anis Chaabani (2018)	Two Dimensional Flood Inundation Modelling in Urban Areas Using WMS, HEC-RAS and GIS (Case Study in Jeddah City, Saudi Arabia)	1. Analisis Spasial 2. Permodelan Banjir	1. Peta luasan banjir menggunakan DEM 2. Peta luasan banjir menggunakan DEM yang termodifikasi 3. Perbandingan hasil luasan banjir menggunakan DEM dan DEM yang termodifikasi	Penelitian ini sama-sama melakukan pemetaan peta wilayah banjir pada area perkotaan dan melakukan modifikasi DEM agar lebih detail, lalu perbedaannya adalah pada penelitian ini menggunakan WMS dan ArcGIS untuk melakukan modifikasi DEM sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan melakukannya langsung di HEC-RAS	Penelitian ini menghasilkan luas wilayah banjir dengan dua skenario, yaitu menggunakan DEM 90m dan DEM yang termodifikasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa DEM termodifikasi membantu simulasi banjir lebih presisi.
Meinarty Sinurat, Ahmad Perwira Mlia, dan Muhammad Faisal (2022)	Analisis Spasial Daerah Banjir Menggunakan HEC-RAS dan QGIS untuk Sub DAS Babura	1. Analisis Spasial	1. Peta jalan dan bangunan yang tergenang banjir 2. Peta jalur evakuasi banjir	Persamaan kedua penelitian ini terletak pada metode yang digunakan dan perbedaan dengan penelitian ini adalah penelitian yang akan dilakukan berfokus pada area perkotaan yang tidak hanya berfokus pada DAS di dalam area penelitiannya	Penelitian ini menghasilkan peta luas genangan banjir pada wilayah penelitian dan perbandingan antara jumlah luasan banjir hasil permodelan dengan luasan banjir hasil kuisioner/wawancara. Kemudian diketahuinya jenis bangunan yang rawan terkena banjir berdasarkan luas bangunan tersebut
Zafira Nur Pratiwi dan Purnama Budi Santosa (2021)	Pemodelan dan Visualisasi Genangan Banjir untuk Mitigasi Bencana di Kali Kasin, Kelurahan Bareng, Kota Malang	1. Analisis Spasial 2. Analisis Dampak Banjir, 3. Analisis hidrologi	1. Peta genangan banjir 2. Peta sebaran banjir, 3. Jumlah unit rumah terdampak banjir	Persamaannya adalah kedua penelitian ini sama-sama melakukan pemetaan dan pemodelan bencana banjir serta melakukan perhitungan dampak yang terdampak banjir. Tetapi perbedaannya pada penelitian terdahulu berfokus kepada wilayah daerah pinggir sungai, sedangkan penelitian yang akan dilakukan berfokus pada kawasan informal di area perkotaan	Penelitian ini menghasilkan peta genangan banjir di wilayah penelitian dengan menampilkan informasi mengenai cakupan genangan banjir, rumah atau bangunan terdampak, estimasi ketinggian, serta wilayah administrasi. Dan juga diketahuinya luasan dan

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan dan Perbedaan Penelitian	Kesimpulan
Rizki Kirana Yuniartanti (2018)	Rekomendasi Adaptasi dan Mitigasi Bencana Banjir di Kawasan Rawan Bencana (KRB) Banjir Kota Bima	1. Analisis Spasial 2. Analisis Hidrolik 3. Permodelan Banjir	1. Peta kawasan banjir 2. Tabel hasil pemodelan banjir kala ulang 5, 25, 50, dan 100 tahun 3. Rekomendasi adaptasi dan mitigasi di kawasan rawan bencana banjir	Persamaan pada kedua penelitian adalah sama-sama membuat peta kawasan banjir dan pemodelan banjir, lalu perbedaannya adalah pada penelitian terdahulu membuat arahan rekomendasi adaptasi dan mitigasi di kawasan rawan bencana banjir, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan tidak melakukan hal tersebut dan tidak melakukan pemodelan banjir kala ulang	jumlah unit bangunan terdampak banjir. Penelitian ini dapat menentukan rekomendasi alternatif pemanfaatan lahan berbasis pengurangan risiko bencana, yaitu adaptasi, mitigasi, dan perubahan peruntukkan ruang dengan berdasarkan hasil pemetaan kawasan terdampak dan pemodelan bahaya banjir
Sisi Muin, Rizaldi Boer, dan Yuli Suharnoto (2015)	Pemodelan Banjir dan Analisis Kerugian Akibat Bencana Banjir di DAS Citarum Hulu	1. Analisis Hidrolik 2. Analisis Spasial 3. Permodelan Banjir 4. Analisis Kerugian Akibat Banjir	1. Prediksi banjir untuk setiap periode ulang 5, 10, 15, 20, dan 25 tahun 2. Pemetaan distribusi spasial kerugian pada banjir periode ulang 5 dan 25 tahun 3. Tabel kerugian akibat banjir	Persamaan pada kesamaan pada kedua penelitian sama-sama melakukan pemodelan banjir dan menghitung dampak, lalu, perbedaannya adalah pada penelitian ini melakukan pemodelan banjir pada kala ulang 5-25 tahun dan menghitung kerugian finansial akibat banjir sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan hanya memodelkan banjir dengan data historis serta menghitung dampak spasial berupa luas area pada kawasan permukiman informal	Penelitian ini menunjukkan bahwa luas area dan durasi banjir akan meningkat dengan bertambahnya periode ulang serta mengetahui total kerugian banjir dengan menghitung area terdampak banjir

Sumber: Marko et al., (2018), Sinurat et al., (2022), Pratiwi dan Santosa (2021), Yuniartanti (2019), dan Muin dkk., (2015)

2.13 Kerangka Konsep Penelitian

Adapun kerangka pikir dalam penelitian ini disajikan pada **Gambar 4**, sebagai berikut:



Gambar 4. Kerangka konsep penelitian

Sumber: Penulis, 2023