

**SKRIPSI**

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

**Disusun dan diajukan oleh:**

**HUSNUL KHATIMAH  
D101 19 1079**



**PROGRAM STUDI SARJANA 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 Tamalate dan Kecamatan Rappocini, Kota Makassar)**

Disusun dan diajukan oleh

**Husnul Khatimah  
D101191079**

Telah dipertahankan di hadapan 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,



Isfa Sastrawati, S.T., M.T  
NIP 197412202005012001

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



Dr. Eng. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si. IPM  
NIP 197410062008121002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Husnul Khatimah  
NIM : D101191079  
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 Tamalate dan  
Kecamatan Rappocini, 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 risiko.

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, 20 NOVEMBER 2023

Yang Menyatakan



Husnul Khatimah

## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu wa Ta'ala* atas segala nikmat, karunia, serta petunjuknya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis *Flood Modelling* (Studi Kasus: Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini, Kota Makassar)” sebagai salah satu syarat kelulusan pada jenjang sarjana pada Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Indonesia memiliki kondisi geografis yang mengakibatkan Indonesia memiliki tingkat bencana yang tinggi (Islamy dkk., 2022). Kota Makassar merupakan salah satu kota rawan banjir menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Dalam kurun waktu 2019-2021 Kota Makassar mengalami 40 kasus banjir yang tercatat pada Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Makassar (BPS, 2022). Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini merupakan wilayah yang terletak di selatan Kota Makassar dengan kejadian banjir mencapai enam kali untuk Kecamatan Tamalate dan lima kali untuk Kecamatan Rappocini dalam kurun waktu tiga tahun terakhir yaitu tahun 2019-2021. Banjir dapat saja terjadi setiap tahunnya dengan frekuensi, intensitas, distribusi, dan kerusakan yang berbeda di lokasi yang sama. Kondisi ini dapat berdampak pada kawasan permukiman informal yang sering dibangun di kawasan rawan bencana banjir (Abunyewah *et al.*, 2018).

Skripsi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting wilayah, memodelkan banjir yang akan terjadi berdasarkan curah hujan maksimum, *Digital Elevation Model* (DEM), tutupan lahan, debit sungai, dan pasang surut air laut. Serta bertujuan untuk mengidentifikasi dampak spasial simulasi banjir pada kawasan permukiman informal di Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini. Dengan adanya penelitian ini, penulis berharap skripsi ini dapat memberi manfaat kepada pihak pemerintah, masyarakat, maupun peneliti kedepannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran dari pembaca sangat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini. Semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* senantiasa meridhai segala usaha kita.

---

Harap menuliskan sumber skripsi ini dengan cara penulisan sebagai berikut:

Khatimah, Husnul. 2023. Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis *Flood Modelling* (Studi Kasus: Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini, Kota Makassar). Skripsi Sarjana, Prodi S1 PWK Universitas Hasanuddin. Makassar.

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

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkah dan karunia-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Salam dan shalawat penulis haturkan kepada Rasulullah Muhammad *shallallahu 'alayhi wa sallam* yang menjadi *uswatun hasanah* bagi umat manusia dan membawa manusia dari jaman kebodohan menuju jaman Islamiyah yang terang benderang. Penyusunan skripsi ini tentu tidaklah lepas dari dukungan, bantuan, doa, dan motivasi dari berbagai pihak sehingga penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu terhebat (Ibu Mardiaty, SE.) dan saudara terkasih (Naurah Athiyah Fadhilah dan Muhammad Qadri El Haq) atas doa, dukungan, serta kasih yang tiada habisnya diberikan kepada penulis;
2. Ayah terhebat (Bapak Alm. Hasbi Rahman) yang semasa hidupnya terus memotivasi untuk tidak pernah berhenti belajar dan hidup dengan baik;
3. Rektor Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Ir. Djamaluddin Jompa, M.Sc.) atas segala kebijakannya selama penulis menempuh Pendidikan di Universitas Hasanuddin;
4. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST, MT, IPM) atas dukungan dan kebijakannya selama penulis menempuh Pendidikan di Universitas Hasanuddin;
5. 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 (Ibu Sri Aliah Ekawati, ST., M.T.) atas segala bimbingan akademik dan administrasi selama penulis menempuh pendidikan;
6. Dosen Penasihat Akademik (Bapak Mukti Ali, ST., MT., Ph.d.) atas bimbingan akademik dan administrasi selama penulis menempuh pendidikan;
7. Dosen Pembimbing Utama sekaligus kepala *LBE Regional Planning, Tourism, and Disaster Mitigation* (Bapak Dr. Eng. Ihsan, S.T., M.T) atas segala nasihat, bimbingan, kepercayaan, serta ilmu yang telah diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
8. Dosen Pembimbing Pendamping (Ibu Isfa Sastrawati, ST., MT) atas motivasi, dukungan, ilmu, nasihat, bantuan, dan kepercayaan yang telah diberikan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini;
9. Kepala Studio Akhir (Ibu Dr.techn. Yashinta K. D. Sutopo, ST., MIP.) atas segala nasihat, kasih, dan bimbingannya dalam menyelesaikan skripsi ini;
10. Dosen Penguji (Ibu Marly Valenti Patandianan, ST.,MT.,Ph.D dan Bapak Laode Muh. Asfan Mujahid, ST.,MT) atas segala masukan dan ilmu yang diberikan kepada penulis.
11. Seluruh dosen Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis selama menempuh perkuliahan;
12. Seluruh Staf Administrasi dan Pelayanan PWK Universitas Hasanuddin (Bapak Haerul Muayyar, S.Sos., Bapak Fahaaruddin, Kak Afifah Nabila, ST. dan Ibu Tini) atas kebaikan, kesabaran, dan bantuannya kepada penulis selama menempuh pendidikan;

13. Keluarga besar Palattei' atas bantuan, doa, dukungan, dan semangat yang tak henti diberikan kepada penulis hingga saat ini;
14. Teman-teman SEKTOR 2019 atas seluruh semangat, bantuan, dukungan, dan kebersamaan yang diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan;
15. Teman-teman LBE *Regional Planning, Tourism, and Disaster Mitigation* atas bantuan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan skripsi;
16. Teman-teman *Forecaster Ranger* (Muhammad Fadil Fajar, Muhammad Akbar, Muhammad Sapety Ardana Dahlan, Hikmah Angraini Bahar, Naura Zikrinadifa, dan Agil Parwan) yang terus kebersamai dan saling menyemangati dalam penyusunan skripsi ini;
17. Sahabat terkasih (Andini We Tenri Maharani) atas dukungan, doa, bantuan, dan semangat yang diberikan tanpa henti;
18. Teman yang sudah seperti saudara (Mohammad Mahdi Aliasgari) atas ilmu, semangat, doa, serta waktu yang diluangkan meskipun dengan perbedaan waktu Iran dan Indonesia yang cukup besar;
19. Teman-teman *Nolep* (Zean Amadeus Marcelino, Gabriella Christine Sumule, dan Ahmad Nurcahya) yang terus kebersamai dan saling menyemangati selama perkuliahan;
20. Teman-teman *Ztrezholder* (Putri Mumtazah, Muhammad Raihan Azhari, Kevin Jordan Pongtiku, Alfian Naha, Ahmad Fauzan Khabir, Andi Rivai Riburane, Fahra F. Yunus, Sitti Rahma Nur Asisa, dan Nurul Latifah Khairunnisa) yang tidak hentinya melakukan yang terbaik untuk terus merangkul dan kebersamai SEKTOR 2019;
21. Teman-teman penjelajah (Muhammad Mubarak Dimas Aditya, Attariq Novemberiandi, dan Layla Nurdiva Syauqina) atas seluruh lembah dan puncak yang telah dilalui;
22. Staff Tata Ruang Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Gowa (Ibu Shadrah Nur, ST., dan Bapak Mohammad Akhsan, S.PWK) yang telah memberi banyak kesempatan dan kepercayaan kepada penulis hingga saat ini;
23. Seluruh pihak yang telah berkontribusi dan membantu penulis dan tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Gowa, 13 Juli 2023

Husnul Khatimah

## ABSTRAK

**HUSNUL KHATIMAH.** *Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis Flood Modelling (Studi Kasus: Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini, Kota Makassar)* (dibimbing oleh Ihsan dan Isfa Sastrawati)

Banjir yang terjadi di Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini dapat berdampak pada kawasan permukiman informal. Permukiman informal merupakan permukiman yang umumnya terbangun di kawasan rawan banjir sehingga diperlukan upaya mitigasi bencana banjir yang dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi *flood modelling* dengan memanfaatkan data eksisting wilayah yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) mengidentifikasi kondisi eksisting faktor banjir Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini; 2) membuat model simulasi banjir; dan 3) mengidentifikasi dampak spasial dari model simulasi banjir pada kawasan permukiman informal. Identifikasi kondisi eksisting diperoleh dari analisis spasial pada tutupan lahan, ketinggian permukaan, persebaran kawasan banjir, kawasan permukiman informal, analisis curah hujan, serta analisis deksriptif kuantitatif pada data pasang surut air laut. Hasil identifikasi kondisi eksisting kemudian akan digunakan pada pemodelan banjir sebagai indikator penyebab banjir yang dijalankan dengan aplikasi HEC-RAS. Analisis yang digunakan yaitu modifikasi medan, digitasi geometri, nilai data tutupan lahan, simulasi aliran tidak tetap, dan *confusion matrix* untuk menghitung nilai akurasi model. Simulasi yang dihasilkan dari pemodelan dan persebaran permukiman informal diolah menggunakan analisis *overlay* pada ArcGIS untuk melihat dampak simulasi pada kawasan permukiman informal. Kondisi eksisting wilayah penelitian menunjukkan kondisi tutupan lahan didominasi oleh permukiman, ketinggian permukaan mencapai 19 mdpl, stasiun curah hujan barombong sebagai stasiun curah hujan dengan area terbesar, persebaran kawasan banjir di setiap kelurahan, dan kawasan permukiman informal yang tersebar di wilayah penelitian. Sedangkan pemodelan banjir mengilustrasikan bahwa simulasi banjir dengan indikator berbeda menghasilkan luas dan ketinggian yang berbeda serta banjir yang terjadi di wilayah penelitian dipengaruhi dan mempengaruhi wilayah lain disekitarnya. Serta hasil dari *overlay* kawasan permukiman informal menunjukkan banjir simulasi dapat mencapai ketinggian 2 m diukur dari ketinggian permukaan. Dengan ketinggian tersebut, rumah pada kawasan permukiman informal yang memiliki tinggi 3-5 m, padat, dan tidak teratur dapat mengalami kerusakan fisik hingga lingkungan.

Kata Kunci: Banjir, Pemodelan Banjir, Permukiman Informal

## **ABSTRACT**

**HUSNUL KHATIMAH.** *Spatial Impact of Flood Disaster on Informal Settlements Based on Flood Modelling (Study Case: Tamalate District and Rappocini District, Makassar City)* (supervised by Ihsan and Isfa Sastrawati)

The floods that occurred in Tamalate and Rappocini Districts could impacted the informal settlements. Informal settlements are settlements that are typically built in flood-prone areas, so it is necessary to take measures to mitigate flood disasters using existing data and flood modelling simulation. This research is aimed to; 1) identify existing conditions of the Tamalate and Rappocini districts; 2) create a flood simulation model; and 3) identify the spatial impact of the flood simulation model on informal settlement areas. Obtaining existing conditions from spatial analysis on land cover, surface elevation, flooding occurrence, informal settlement areas, rainfall analysis, and quantitative descriptive analysis on tidal changes. The results of the identification of existing conditions will then be used in the flood modeling as an indicator of the causes of the flooding, conducted with the HEC-RAS application. The analysis used is field modification, digitization of geometry, land cover data values, non-steady flow simulations, and confusion matrix for calculating model accuracy. The existing condition of the research region shows land cover dominated by residential areas, surface elevation reaching 19 m, Barombong as the largest rainfall station, flood distribution in each neighborhood, and spread of informal settlements in the study area. However, the flood modeling illustrates that simulations with different indicators yield different areas and heights of flooding, and floods in the study area are influenced and influence surrounding areas. The overlay of informal settlement areas also shows that simulation flooding may reach a maximum height of 2 m above surface level, and that residential homes up to 5 meters tall in the informal settlement areas may experience physical and environmental damage.

Keywords: Flood, Flood Modelling, Informal Settlement

## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>        | <b>i</b>    |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>               | <b>ii</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                    | <b>iii</b>  |
| <b>UCAPAN TERIMA KASIH.....</b>               | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRAK.....</b>                           | <b>vi</b>   |
| <b>ABSTRACT.....</b>                          | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                        | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                     | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                     | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....</b> | <b>xv</b>   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                  | <b>xvi</b>  |
| <br>  |             |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                 | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....                       | 1           |
| 1.2 Pertanyaan Penelitian.....                | 2           |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                    | 3           |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                   | 3           |
| 1.5 Ruang Lingkup.....                        | 3           |
| <br>  |             |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>           | <b>4</b>    |
| 2.1 Banjir.....                               | 4           |
| 2.1.1 Jenis Banjir.....                       | 4           |
| 2.1.2 Penyebab Banjir.....                    | 5           |
| 2.1.3 Dampak Banjir.....                      | 7           |
| 2.1.4 Parameter Bahaya Banjir.....            | 8           |
| 2.2 Curah Hujan.....                          | 9           |
| 2.2.1 Curah Hujan Kawasan.....                | 9           |
| 2.2.2 Intensitas Hujan.....                   | 10          |
| 2.2.3 Limpasan Curah Hujan.....               | 11          |
| 2.3 Debit Aliran Sungai.....                  | 11          |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| 2.4                                     | Pasang Surut Air Laut.....  | 12        |
| 2.5                                     | <i>Digital Elevation Model (DEM)</i> .....                                    | 13        |
| 2.6                                     | Tutupan Lahan.....  | 13        |
|   | 2.6.1 Koefisien Kekasaran <i>Manning</i> .....                                | 15        |
|   | 2.6.2 Koefisien Limpasan Permukaan.....                                       | 17        |
| 2.7                                     | Kawasan Permukiman Informal.....  | 18        |
| 2.8                                     | Pemodelan Bencana.....  | 21        |
| 2.9                                     | Sistem Informasi Geografis (SIG) .....  | 22        |
| 2.10                                    | ArcGIS.....   | 22        |
| 2.11                                    | <i>Hydrologic Engineering Center, River Analysis System (HEC-RAS)</i> .....   | 23        |
| 2.12                                    | Penelitian Terdahulu.....   | 24        |
| 2.13                                    | Kerangka Konsep Penelitian.....   | 28        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>   |   | <b>30</b> |
| 3.1                                     | Jenis Penelitian .....  | 30        |
| 3.2                                     | Waktu dan Lokasi Penelitian .....   | 30        |
| 3.3                                     | Jenis dan Sumber Data .....   | 32        |
| 3.4                                     | Teknik Pengumpulan Data .....   | 32        |
| 3.5                                     | Variabel Penelitian.....  | 33        |
| 3.6                                     | Teknik Analisis Data.....   | 37        |
|   | 3.6.1 Identifikasi Kondisi Eksisting.....                                     | 37        |
|   | 3.6.2 Simulasi Pemodelan Banjir.....  | 39        |
|   | 3.6.3 Dampak Spasial Simulasi Banjir pada Kawasan Permukiman<br>Informal..... | 44        |
| 3.7                                     | Definisi Operasional.....   | 45        |
| 3.8                                     | Kerangka Pikir Penelitian.....  | 47        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b> |   | <b>49</b> |
| 4.1                                     | Gambaran Umum.....  | 49        |
|   | 4.1.1 Gambaran Umum Kota Makassar.....  | 49        |
|   | 4.1.2 Gambaran Umum Wilayah Penelitian.....                                   | 50        |
| 4.2                                     | Kondisi Eksisting Wilayah Penelitian.....                                     | 52        |

|  |  |            |
|--|--|------------|
| 4.2.1                                  | Tutupan Lahan.....   | 52         |
| 4.2.2                                  | Curah Hujan.....   | 64         |
| 4.2.3                                  | Pasang Surut Air Laut.....   | 68         |
| 4.2.4                                  | Data DEM.....  | 71         |
| 4.2.5                                  | Persebaran Kawasan Banjir.....   | 73         |
| 4.2.6                                  | Permukiman Informal.....   | 84         |
| 4.3                                    | Pemodelan Banjir Wilayah Penelitian.....                                   | 95         |
| 4.3.1                                  | Modifikasi Medan ( <i>Terrain Modification</i> ).....                      | 95         |
| 4.3.2                                  | Data Geometri ( <i>Geometry Data</i> ).....                                | 96         |
| 4.3.3                                  | Data Tutupan Lahan ( <i>Land Cover Data</i> ).....                         | 97         |
| 4.3.4                                  | Data Aliran Tidak Tetap ( <i>Unsteady Flow Data</i> ).....                 | 98         |
| 4.3.5                                  | Hasil Simulasi Banjir.....   | 102        |
| 4.3.6                                  | Hasil Simulasi Banjir Berdasarkan Waktu.....                               | 110        |
| 4.3.7                                  | Arah Aliran Model Banjir.....  | 114        |
| 4.4                                    | Dampak Spasial Bencana Banjir Terhadap Kawasan<br>Permukiman Informal..... | 118        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b> |  | <b>123</b> |
| 5.1                                    | Kesimpulan.....  | 123        |
| 5.2                                    | Saran.....   | 124        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>             |  | <b>125</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                   |  | <b>140</b> |
| <i>CURRICULUM VITAE</i> .....          |  | 143        |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 1. Kerangka konsep penelitian.....  | 29 |
| Gambar 2. Delineasi wilayah penelitian.....  | 31 |
| Gambar 3. Kerangka pikir penelitian.....   | 48 |
| Gambar 4. Peta tutupan lahan wilayah penelitian.....   | 53 |
| Gambar 5. Danau Maccini Sombala.....   | 54 |
| Gambar 6. Kanal Jongaya.....   | 54 |
| Gambar 7. Kebun campuran di Kecamatan Rappocini.....   | 55 |
| Gambar 8. Terminal Mallengkeri.....  | 55 |
| Gambar 9. Kolam di Kecamatan Tamalate.....   | 56 |
| Gambar 10. Permukiman di Kecamatan Tamalate.....   | 56 |
| Gambar 11. PT Bumi Sarana Beton.....   | 57 |
| Gambar 12. Tambak di Kecamatan Tamalate.....   | 57 |
| Gambar 13. Tanah terbuka di Kecamatan Tamalate.....  | 58 |
| Gambar 14. Taman Maccini Sombala.....  | 58 |
| Gambar 15. Rawa di Kecamatan Tamalate.....   | 59 |
| Gambar 16. Saluran air di Kecamatan Tamalate.....  | 59 |
| Gambar 17. Sawah di Kecamatan Tamalate.....  | 60 |
| Gambar 18. Semak belukar di Kecamatan Tamalate.....  | 60 |
| Gambar 19. Sungai Jeneberang.....  | 61 |
| Gambar 20. Tegalan di Kecamatan Rappocini.....   | 61 |
| Gambar 21. Ruko di Jalan Permandian Alam, Kecamatan Tamalate.....                                      | 62 |
| Gambar 22. Jalan di wilayah penelitian.....  | 62 |
| Gambar 23. Drainase di wilayah penelitian.....   | 63 |
| Gambar 24. Hasil analisis <i>polygon thiessen</i> berdasarkan lima titik stasiun<br>Kota Makassar..... | 65 |
| Gambar 25. Grafik pasang surut air laut tiap sensor.....   | 69 |
| Gambar 26. Peta lokasi stasiun pasang surut Kota Makassar.....   | 70 |
| Gambar 27. DEM wilayah penelitian.....   | 72 |
| Gambar 28. Peta sebaran kawasan banjir wilayah penelitian.....   | 74 |
| Gambar 29. Permukiman informal.....  | 84 |

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 30. Peta permukiman informal.....  | 85  |
| Gambar 31. Modifikasi DEM wilayah penelitian.....   | 95  |
| Gambar 32. Data Geometri.....   | 97  |
| Gambar 33. Data tutupan lahan dalam HEC-RAS.....  | 98  |
| Gambar 34. Peta simulasi banjir skenario 2 curah hujan STA Barombong<br>skala kota.....                     | 104 |
| Gambar 35. Peta <i>confusion matrix</i> skala kota.....   | 105 |
| Gambar 36. Lokasi model dengan ketinggian tertinggi di wilayah<br>penelitian.....                           | 106 |
| Gambar 36. Peta model simulasi banjir skenario 2 curah hujan STA<br>Barombong skala wilayah penelitian..... | 108 |
| Gambar 37. Peta <i>confusion matrix</i> skala wilayah penelitian.....                                       | 109 |
| Gambar 38. Peta simulasi banjir skenario terpilih pada kondisi maksimal.....                                | 111 |
| Gambar 39. Peta simulasi banjir skenario terpilih pada jam ke-12.....                                       | 112 |
| Gambar 40. Peta simulasi banjir skenario terpilih pada jam ke-24.....                                       | 113 |
| Gambar 41. Arah aliran banjir pada jam ke-12.....   | 114 |
| Gambar 42. Arah aliran banjir pada jam ke-24.....   | 115 |
| Gambar 43. Arah aliran banjir pada batas wilayah penelitian.....  | 116 |
| Gambar 44. Peta arah aliran banjir.....   | 117 |
| Gambar 45. Peta <i>overlay</i> simulasi banjir dan kawasan permukiman<br>informal.....                      | 120 |
| Gambar 46. Ilustrasi ketinggian banjir pada kawasan permukiman<br>informal.....                             | 121 |
| Gambar 47. Peta titik ilustrasi banjir.....   | 122 |

## DAFTAR TABEL

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Tabel 1.  | Klasifikasi penutup lahan skala 1:250.000.....   | 13  |
| Tabel 2.  | Koefisien kekasaran <i>manning</i> .....   | 15  |
| Tabel 3.  | Nilai koefisien limpasan.....  | 17  |
| Tabel 4.  | Penelitian terdahulu.....  | 25  |
| Tabel 5.  | Variabel penelitian.....   | 34  |
| Tabel 6.  | Indikator permukiman informal.....   | 38  |
| Tabel 7.  | Asumsi nilai koefisien kekasaran <i>manning</i> .....  | 40  |
| Tabel 8.  | Asumsi nilai koefisien limpasan.....   | 41  |
| Tabel 9.  | <i>Confusion matrix</i> .....  | 43  |
| Tabel 10. | Luas Kecamatan di Kota Makassar.....   | 49  |
| Tabel 11. | Luas Kelurahan di Kecamatan Tamalate dan Kecamatan<br>Rappocini.....                           | 50  |
| Tabel 12. | Jumlah penduduk di Kecamatan Tamalate dan Kecamatan<br>Rappocini.....                          | 51  |
| Tabel 13. | Luas pengaruh stasiun klimatologi terhadap curah hujan<br>wilayah penelitian.....              | 66  |
| Tabel 14. | Hujan harian maksimum rata-rata Kota Makassar tahun<br>2018-2022.....                          | 66  |
| Tabel 15. | Hujan harian maksimum rata-rata Kota Makassar tahun 2021.....                                  | 67  |
| Tabel 16. | Data pasang surut air laut tiap sensor Kota Makassar.....                                      | 68  |
| Tabel 17. | Persebaran kawasan banjir di wilayah penelitian.....   | 75  |
| Tabel 18. | Persebaran permukiman informal di wilayah penelitian.....                                      | 86  |
| Tabel 19. | Intensitas curah hujan 24 jam stasiun yang mempengaruhi<br>curah hujan wilayah penelitian..... | 99  |
| Tabel 20. | Debit aliran air sungai 24 jam.....  | 100 |
| Tabel 21. | Pasang surut air laut 24 jam.....  | 101 |
| Tabel 22. | Hasil model simulasi dan nilai akurasi tiap skenario.....                                      | 102 |
| Tabel 23. | Luas dari tiap ketinggian yang dimodelkan.....   | 106 |
| Tabel 24. | Perhitungan <i>confusion matrix</i> skenario 2 curah hujan STA<br>Barombong pada wilayah.....  | 107 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 25. Perbedaan ketinggian dan luas simulasi banjir berdasarkan waktu..... | 110 |
| Tabel 26. Luas simulasi banjir pada wilayah permukiman informal.....           | 118 |

## 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>                               |
| DEMNAS            | DEM Nasional   |
| SNI               | Standar Nasional Indonesia                                   |
| n                 | Koefisien kekasaran <i>manning</i>                           |
| C                 | Koefisien aliran limpasan                                    |
| P                 | Hujan rerata kawasan   |
| I                 | Intensitas hujan   |
| ABM               | <i>Alternating Block Method</i>                              |
| $\Delta t$        | Interval waktu   |
| A                 | Luas daerah aliran   |
| TP                | <i>True Positive</i>   |
| TN                | <i>True Negative</i>   |
| FP                | <i>False Positive</i>  |
| FN                | <i>False Negative</i>  |

**DAFTAR LAMPIRAN**

|   |     |
|---|-----|
| Lampiran 1. Dokumentasi wawancara.....            | 135 |
| Lampiran 2. Lembar wawancara historis banjir..... | 137 |

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Banjir adalah kondisi dimana meluapnya air sungai ke daratan disekitarnya yang dapat mengakibatkan kerugian harta benda dan korban jiwa. Selain itu kerusakan bangunan, rusaknya sarana, dan prasarana juga merupakan dampak banjir yang mengancam wilayah-wilayah di Indonesia (Islamy dkk., 2022). Penyebab bencana banjir bukan hanya akibat ulah manusia namun juga dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti kelerengan, daya serap tanah, dan intensitas hujan (Wahyuningsih dkk., 2022). Seiring dengan perkembangan masyarakat, banjir menjadi dilema yang sulit untuk dikelola dan frekuensinya semakin meningkat dan berpotensi lebih tinggi mengakibatkan dampak yang lebih besar (Nuri dkk., 2019).

Kondisi geografis Indonesia yang terletak di pertemuan antara Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik mengakibatkan Indonesia menjadi negara dengan tingkat bencana yang tinggi (Islamy dkk., 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Azizah dkk., (2022) banjir merupakan bencana yang paling sering terjadi di Indonesia selama tahun 2010 hingga tahun 2020 yaitu sebanyak 7.166 kejadian. Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) (2022) pada tahun 2022 hingga Bulan Oktober 2022 bencana banjir yang terjadi di Indonesia mencapai 1.205 kasus.

Kota Makassar sendiri dikatakan sebagai salah satu kota dengan tingkat rawan banjir yang tinggi di Indonesia menurut BNPB. Pada tahun 2019 sebanyak 14 kecamatan di Kota Makassar terkena banjir termasuk Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini (BNPB, 2019). Kecamatan Tamalate adalah salah satu kecamatan di Kota Makassar dengan luas 20,21 km<sup>2</sup> dan memiliki kepadatan penduduk mencapai 8.982 penduduk/km<sup>2</sup>. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Makassar (2022), Kecamatan Tamalate mengalami enam kali bencana banjir dalam kurun waktu tiga tahun terakhir (2019-2021) dan pada tahun 2021 jumlah warga terdampak akibat bencana banjir di Kecamatan Tamalate mencapai 1.048 jiwa. Kecamatan Rappocini adalah salah satu kecamatan di Kota Makassar

dengan luas 9,23 km<sup>2</sup>. Menurut data BPS Kota Makassar, Kecamatan Rappocini mengalami lima kali bencana banjir pada tahun 2019-2021 (BPS, 2022).

Menurut Triagusta dkk., (2021) banjir berdampak pada lahan-lahan yang tergenang, sehingga semakin luas banjir yang terjadi semakin besar pula dampak yang dihasilkan. Dampak banjir pada kawasan perkotaan dapat berupa kerusakan pada berbagai sarana dan prasarana (Putra dkk., 2020). Selain itu, dampak banjir juga dapat berdampak lebih pada kawasan rawan bencana di kawasan perkotaan seperti permukiman informal. Permukiman informal sering kali ditandai dengan kondisi fisik bangunan yang tidak permanen (UN-Habitat, 2012), perumahan yang padat (Gevaert *et al.*, 2017), tidak memiliki kepemilikan yang sah (Kuffer *et al.*, 2016), dan berlokasi di kawasan rawan bencana seperti banjir, kebakaran, gempa bumi, dan tsunami (Abunyawah *et al.*, 2018).

Dalam sejarah bencana alam, bencana dapat berulang pada lokasi yang sama meskipun kerusakan, intensitas, frekuensi dan distribusinya berbeda (Yulianto dkk., 2021). Oleh karena itu, penataan ruang yang juga berperan dalam mengurangi risiko bencana memerlukan strategi dalam upaya manajemen risiko bencana (Rozita dan Setiadi, 2020). Salah satu strategi yang dapat dilakukan adalah pemetaan dan pemodelan banjir. Namun menurut Anwana dan Owojori (2023), studi tentang pemodelan banjir di kawasan permukiman informal masih belum memadai. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan jangkauan dari bencana banjir di Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini berdasarkan curah hujan, debit aliran air sungai, pasang surut air laut, dan tutupan lahan. Penelitian ini juga bertujuan untuk meninjau dampak luasan pada kawasan permukiman informal agar dapat menjadi referensi dalam penentuan kebijakan mitigasi bencana banjir pada kawasan permukiman informal di kedua kecamatan tersebut.

## **1.2 Pertanyaan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang, maka dapat diperoleh pertanyaan penelitian antara lain:

1. Bagaimana kondisi eksisting faktor banjir di Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini?
2. Bagaimana model simulasi banjir Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini menggunakan *flood modelling*?

3. Bagaimana dampak spasial dari pemodelan banjir pada kawasan permukiman informal di Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengidentifikasi kondisi eksisting faktor banjir di Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini.
2. Membuat pemodelan simulasi banjir di Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini menggunakan *flood modelling*.
3. Mengidentifikasi dampak spasial pemodelan banjir pada kawasan permukiman informal di Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi mahasiswa, penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi dan bahan masukan bagi mahasiswa yang ingin meneliti tentang pemodelan simulasi bencana banjir dan kawasan permukiman informal.
2. Bagi pemerintah, diharapkan dapat menjadi bahan masukan dalam pembuatan mitigasi banjir di kawasan permukiman informal untuk Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini serta menjadi pertimbangan dalam perumusan rencana tata ruang.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian bertujuan untuk menjelaskan permasalahan yang ada pada penelitian ini serta membatasi permasalahan agar tidak keluar dari kajian masalah. Adapun ruang lingkup wilayah pada penelitian ini adalah Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Rappocini, Kota Makassar. Sedangkan ruang lingkup substansi pada penelitian ini adalah pemodelan bencana banjir menggunakan perangkat lunak pemodelan banjir yaitu HEC-RAS dan dampak luasan yang dihasilkan pada kawasan permukiman informal.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Banjir**

Menurut Syahputra dan Rahmawati (2022), banjir adalah kondisi ketika curah hujan yang tinggi dibarengi kondisi drainase kurang berfungsi mengakibatkan air meluap dan tidak dapat disalurkan ke sungai. Kemudian menurut BNPB (2023), banjir adalah terendamnya sebuah daratan karena volume air yang meningkat. Selaras dengan itu, dalam Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, banjir didefinisikan sebagai suatu kondisi dimana suatu daratan terendam dikarenakan bertambahnya volume air. Menurut Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) BNPB (2023) dalam kurun waktu 2014-2023, banjir adalah bencana yang paling sering terjadi di Indonesia setelah puting beliung dengan jumlah kejadian yaitu 8.205 kasus.

##### **2.1.1 Jenis Banjir**

Menurut Syahril dan Kusuma (2009) jenis banjir terbagi atas dua yaitu sumber aliran permukaannya serta mekanisme terjadinya:

1. Berdasarkan sumber aliran permukaan, banjir terbagi dua yaitu:
  - a. Banjir bandang atau banjir kiriman merupakan banjir yang terjadi di suatu wilayah akibat curah hujan yang tinggi pada bagian hulu sungai.
  - b. Banjir lokal merupakan banjir yang terjadi akibat tingginya volume hujan pada lokasi setempat yang melebihi kapasitas pembuangan.
2. Berdasarkan mekanisme terjadinya, banjir terbagi 2 yaitu:
  - a. *Regular flood* merupakan banjir yang terjadi karena hujan.
  - b. *Irregular flood* merupakan banjir yang terjadi akibat hal lain selain curah hujan seperti adanya tsunami, gelombang pasang, serta hancurnya bendungan.

Sedangkan BNPB (2018) menjelaskan jenis banjir dalam buku Pedoman Latihan Kesiapsiagaan Bencana Nasional menjadi beberapa yaitu:

1. Banjir air sungai yang merupakan banjir yang disebabkan oleh luapan air sungai.
2. Banjir air danau yang merupakan banjir akibat luapan air danau.
3. Banjir bandang merupakan banjir yang tiba-tiba muncul dan terjadi di daerah dengan permukaan rendah akibat hujan berkepanjangan pada permukaan tinggi.
4. Banjir lumpur yang merupakan peristiwa penyemburan lumpur dari dalam perut bumi ke permukaan bumi.
5. Banjir laut pasang atau banjir rob merupakan banjir akibat pasangannya air laut, badai, atau tsunami.

Berdasarkan jenis banjir yang dikemukakan oleh Syahril dan Kusuma (2009), jenis banjir yang terjadi di wilayah penelitian berdasarkan sumber aliran permukaan adalah banjir lokal. Sedangkan berdasarkan mekanismenya, jenis banjir yang terjadi di wilayah penelitian adalah *regular flood* dan *irregular flood*. Selain itu berdasarkan jenis banjir yang dijabarkan oleh BNPB (2018), jenis banjir yang terjadi di wilayah penelitian adalah banjir air sungai dan banjir laut pasang atau rob.

### **2.1.2 Penyebab Banjir**

Di Indonesia potensi terjadinya banjir cukup besar ditinjau dari topografi daratan yang rendah, banyaknya cekungan, dan sebagian wilayah Indonesia merupakan lautan (Afrian, 2020). Selain itu, curah hujan tinggi yang disertai perilaku manusia mengakibatkan kerusakan alam seperti maraknya perubahan penggunaan lahan yang menyebabkan berkurangnya badan sungai juga akibat kebiasaan manusia membuang sampah di sungai yang mengakibatkan pendangkalan dapat meningkatkan potensi terjadinya banjir (Eristiawan dan Suharini, 2021). Menurut Maryono (2014), ada lima faktor penyebab banjir terjadi di Indonesia yaitu:

1. Faktor Curah Hujan

Hujan sendiri bukanlah faktor utama terjadinya banjir karena tidak selamanya banjir akan terjadi apabila curah hujan tinggi. Namun hujan dengan curah hujan tinggi disertai durasi yang lama dapat menyebabkan luapan air.

2. Faktor Daerah Aliran Sungai (DAS)

Perubahan fisik pada DAS dapat mempengaruhi kemampuan DAS untuk menahan air di hulu sungai. Perubahan lahan yang terjadi di DAS dapat

menyebabkan kemampuan DAS menahan air menurun dan sulit dialirkan serta sulit untuk diserap tanah.

### 3. Faktor kesalahan pembangunan alur sungai

Sejak abad ke-XIV hingga akhir abad ke-XX, penanggulangan banjir di seluruh dunia hampir sama yaitu pengalihan, pembuatan tanggul, pembeconan dinding, dan pemadatan ruas sungai. Begitu pula yang terjadi pada sungai Indonesia 30 tahun terakhir, konsep ini mengusahakan agar air segera mengalir ke hilir tanpa memperhitungkan banjir terjadi di hilir. Oleh karena itu apabila tampang sungai bagian hilir sudah tidak dapat menampung air, akan terjadi luapan pada daerah sekitar

### 4. Faktor pendangkalan

Pendangkalan dapat terjadi akibat sedimentasi (pengendapan) yang terus-menerus terjadi terutama pada bagian hilir sungai. Sedimentasi atau pengendapan dapat terjadi akibat erosi pada bagian hulu yang kemudian akan terbawa aliran ke hilir dan menyebabkan pendangkalan di hilir.

### 5. Faktor penataan ruang dan pembangunan sarana-prasarana

Semakin banyaknya perubahan penggunaan lahan pada bagian bantaran sungai yang tidak dikendalikan dapat menyebabkan munculnya kawasan rawan banjir baru. Menurut Ismoyojati dkk., (2018), perubahan penggunaan lahan dan daerah resapan yang berkurang dapat mengakibatkan kenaikan volume limpasan dan meningkatkan potensi banjir tiap tahunnya.

Selain itu, menurut Djamaluddin dkk., (2020) sistem jaringan drainase yang tidak tertata dengan baik juga menjadi penyebab terjadinya banjir khususnya pada kawasan perkotaan. Sistem drainase yang tidak terpadu dapat mempercepat timbulnya limpasan air yang menyebabkan banjir. Bukan hanya karena sistem drainase namun menurut Wiyono dan Rahyono (2019), kenaikan pasang pada wilayah juga dapat menjadi faktor terjadinya banjir. Pasang yang tinggi dapat menyebabkan air laut naik dan mencapai pemukiman warga pesisir serta mengakibatkan air yang mengalir pada drainase atau kanal tidak dapat mengalir ke laut dan dapat menggenang ke kawasan sekitarnya. Maka faktor terjadinya banjir adalah curah hujan yang tinggi, perubahan fisik DAS, kesalahan pada

pembangunan alur sungai, sedimentasi pada hilir sungai, pembangunan yang tidak teratur, kurang baiknya sistem jaringan drainase, dan pasang surut air laut.

### **2.1.3 Dampak Banjir**

Menurut Douglas (2017) banjir dapat menyebabkan kerusakan fisik, ekonomi, dan sosial, juga dapat menyebabkan cedera dan menelan korban jiwa, menyebabkan munculnya tunawisma, dan hilangnya pendapatan.

#### **1. Dampak Fisik**

Dampak fisik dari bencana banjir secara langsung seperti rusaknya rumah, kerusakan harta benda, dan kerusakan infrastruktur fisik dan prasarana sosial (Ginting, 2020). Selain itu, dari segi lingkungan banjir juga dapat menyebabkan kekumuhan lingkungan yang membuat lingkungan menjadi tidak nyaman (Salim, 2021).

#### **2. Dampak Ekonomi**

Menurut Eristiawan dan Suharini (2021) dampak ekonomi merupakan kondisi dimana sebuah bencana mempengaruhi perubahan kondisi ekonomi. Dampak ekonomi ini dibedakan menjadi dua oleh Santri dan Utama (2020) yaitu, kerugian langsung yang dialami masyarakat akibat banjir seperti perlunya biaya dalam mengatasi kerusakan bangunan, kehilangan barang, dan kerusakan barang. Sedangkan secara tidak langsung masyarakat membutuhkan biaya berobat serta kehilangan pendapatan akibat pekerjaan yang terhambat ketika banjir.

#### **3. Dampak Sosial**

Dalam lingkup sosial, menurut DIBI banjir dapat mengakibatkan korban baik korban jiwa, tenggelam, luka-luka, hilang, dan pengungsian. Menurut Soulisa (2019) dampak sosial banjir pada tingkat mikro dapat mempengaruhi pola interaksi masing-masing individu dimana korban yang terdampak banjir akan mengungsi dan akan menghadapi model hidup yang belum pernah dialami.

Selain itu menurut Findayani (2015), dampak banjir juga berupa sampah yang meluap hingga rusaknya infrastruktur sanitasi. Menurut Badan Koordinasi Penanganan Bencana (BKPB) (2007), indikator yang mempengaruhi besarnya dampak dan tingkat bahaya bencana banjir adalah luasan dan kedalaman banjir.

Oleh karena itu, semakin besar luasan dan semakin tinggi kedalaman banjir akan menambah dampak yang akan terjadi.

#### **2.1.4 Parameter Bahaya Banjir**

Dalam menentukan parameter atau tolak ukur bahaya banjir, Fiati dan Latubessy (2015) menyatakan bahwa parameter ancaman bahaya banjir dapat ditentukan berdasarkan:

1. Luas genangan

Luas genangan merupakan ukuran wilayah yang tergenang banjir. Menurut Maghfiroh (2018), klasifikasi luasan banjir terbagi tiga yaitu <100 Ha merupakan banjir dengan tingkat ancaman rendah, 100-300 Ha merupakan banjir dengan tingkat ancaman sedang, dan >300 Ha merupakan banjir dengan tingkat ancaman tinggi.

2. Kedalaman atau ketinggian banjir

Kedalaman banjir merupakan ketinggian genangan yang terjadi. Ketinggian banjir yang terjadi dapat membahayakan manusia dan menghambat aktivitas manusia (Mazlan dkk., 2020).

3. Kecepatan aliran banjir

Berdasarkan Ashidiq dan Puspita (2019), kecepatan aliran menjadi salah satu ancaman bahaya banjir karena kecepatan aliran banjir yang tinggi dapat meratakan lahan yang dilalui oleh banjir. Kecepatan aliran yang tinggi dapat ditemukan pada banjir bandang.

4. Material yang dihanyutkan aliran banjir

Material yang dihanyutkan saat banjir seperti batu, bongkahan, pohon, serta benda keras lainnya dapat membahayakan dan berpotensi memperbesar dampak yang ditimbulkan (Aryo dan Lubis, 2014). Selain itu berdasarkan Utomo dan Supriharjo (2012), material yang terbawa banjir dapat tersumbat di DAS dan menyebabkan air sungai tertahan dan berujung pada air bah.

5. Tingkat kepekatan air

Tingkat kepekatan air dapat dilihat dari endapan lumpur yang terbawa bersama banjir dalam satuan centimeter (cm) atau meter (m) (Fiati dan Latubessy, 2015)

## 6. Lamanya waktu genangan terjadi

Lamanya waktu genangan merupakan ukuran waktu banjir tergenang hingga surut. Semakin lama waktu genangan terjadi, kerugian yang ditimbulkan juga dapat semakin besar (Maghfiroh, 2018). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Mazlan dkk., (2020), lamanya genangan merupakan parameter bahaya banjir tertinggi.

Maghfiroh (2018) dalam penelitiannya mentabulasikan indikator dari beberapa penelitian dan buku untuk kemudian menjadi sub indikator dalam penelitian yang dilakukan. Adapun ancaman banjir yang dijadikan sebagai sub indikator pada penelitian Maghfiroh (2018) adalah luas genangan banjir, kedalaman atau tinggi genangan, dan lama genangan.

## 2.2 Curah Hujan

Curah hujan merupakan besaran jatuhnya hujan ke permukaan bumi pada waktu tertentu. Menurut Prasetyo dan Puspardini (2018), curah hujan di Indonesia terbagi menjadi tiga tipe yaitu tipe ekuatorial, tipe lokal, dan tipe monsoon. Adanya tipe curah hujan ini dipengaruhi oleh kondisi fisiografis kepada iklim atau cuaca di Indonesia yaitu posisi lintang, ketinggian daerah, pola angin, sebaran bentang darat dan air, serta pegunungan. Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) (2023), mengelompokkan curah hujan harian menjadi lima kategori yaitu berawan (0 mm/hari), hujan ringan (0,5-20 mm/hari), hujan sedang (20-50 mm/hari), hujan lebat (50-100 mm/hari), hujan sangat lebat (100-150 mm/hari), dan hujan ekstrem (>150 mm/hari). Sedangkan curah hujan bulanan dikelompokkan menjadi empat kategori oleh BMKG yaitu rendah (0-100 mm/bulan), sedang (100-300 mm/bulan), tinggi (300-500 mm/bulan), dan sangat tinggi (>500 mm/bulan).

### 2.2.1 Curah Hujan Kawasan

Curah hujan yang direkam melalui alat penakar hujan merupakan besaran hujan yang terjadi di satu stasiun karena curah hujan bervariasi dari tempat satu dan tempat lainnya. Oleh karena itu, untuk menentukan curah hujan di suatu wilayah diperlukan beberapa titik stasiun pengamatan curah hujan (Ajr dan Dwirani, 2019). Dalam menghitung curah hujan suatu wilayah yang cukup luas dengan beberapa titik pengamatan curah hujan yang menyebar tidak merata, dapat dilakukan dengan

metode *polygon thiessen* (Lashari dan Prakasa, 2017). Metode *polygon thiessen* digunakan untuk menghitung bobot masing-masing stasiun yang mewakili luasan dan memperhitungkan pengaruh tiap stasiun pada kawasan tersebut (Kurniawan dkk., 2019).

Dalam Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Studi Risiko Bencana, curah hujan adalah salah satu komponen dalam penilaian ancaman banjir. Curah hujan yang sangat tinggi yang terjadi pada satu waktu dapat menyebabkan banjir bandang sehingga curah hujan menjadi faktor utama dalam analisis spasial kerentanan banjir di suatu kawasan (Ali *et al.*, 2019). Maka dalam proses prediksi banjir dibutuhkan proyeksi curah hujan. Data curah hujan yang digunakan dalam menentukan suatu debit rencana merupakan curah hujan maksimum tahunan (*Annual Maximum Series*) yang dianggap mendekati intensitas hujan yang terjadi (Yamali dkk., 2019).

### **2.2.2 Intensitas Hujan**

Intensitas hujan merupakan ketinggian hujan yang terjadi persatuan waktu yang besarnya bergantung pada lama serta besarnya hujan terjadi (Schulz dan Nisa, 2021). Intensitas hujan yang tinggi menurut Pratama dkk., (2022) berpotensi untuk mengakibatkan banjir dan longsor, sehingga dalam mempersiapkan sebuah mitigasi bencana diperlukan prediksi curah hujan. Namun tak jarang data intensitas hujan merupakan data yang sulit didapatkan karena *time series* dari data curah hujan yang pendek dan tidak lengkap, minimnya ketersediaan data, dan sulitnya memperoleh data intensitas hujan dengan cepat (Amelia dkk., 2021).

Ketidaktersediaan intensitas hujan dalam jangka pendek menurut Astarini dkk., (2022), dapat dihitung menggunakan Metode *Mononobe*. Metode *Mononobe* dapat digunakan untuk mengubah data curah hujan jangka panjang menjadi data jangka pendek (Asbintari dkk., 2016). Oleh karena itu, Metode *Mononobe* dapat digunakan sebagai solusi menghitung intensitas hujan tiap jam jika data yang tersedia hanya data curah hujan harian (Faradiba, 2021). Kemudian setelah dilakukan penghitungan intensitas hujan tiap jam diperlukan pendistribusian curah hujan yang dapat dihitung dengan metode *Alternating Block Method (ABM)* (Wooyoung dan Chulsang, 2018).

Metode ABM merupakan cara membuat distribusi temporal curah hujan menggunakan intensitas, durasi, serta frekuensi curah hujan. Hasil dari metode ABM adalah hujan yang terjadi dalam  $n$  rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi  $\Delta t$  selama waktu  $T_d = n\Delta t$  (Saragi dkk., 2014). Oleh karena itu dalam menentukan intensitas hujan tiap jam dan mendistribusikannya dapat digunakan metode *Mononobe* sebagai metode untuk membagi curah hujan tiap jamnya dan metode ABM untuk mendistribusikan intensitas curah hujan berdasarkan interval waktu.

### **2.2.3 Limpasan Curah Hujan**

Limpasan merupakan aliran air yang muncul akibat curah hujan yang tinggi pada suatu kawasan disertai kurangnya daerah resapan dan buruknya sistem drainase sehingga dapat berakibat pada banjir (Ichsan dan Hulalata, 2018). Menurut Arsyad (2010) sifat aliran permukaan dipengaruhi oleh curah hujan, jenis tanah, luas daerah aliran, tutupan lahan, dan pengelolaan tanah. Selain itu menurut Salsabila dan Nugraheni (2020), limpasan terjadi akibat intensitas curah hujan melebihi kapasitas infiltrasi sehingga air mengisi cekungan di permukaan dan kemudian akan melimpas di atas permukaan tanah. Curah hujan yang melimpas dan mengisi area cekungan dapat menimbulkan genangan dan mengakibatkan banjir.

### **2.3 Debit Aliran Sungai**

Debit aliran merupakan volume atau besaran air yang masuk ke badan sungai tiap detiknya (Puteri dkk., 2019). Menurut Staddal dkk., (2016), volume air yang masuk ke badan sungai dipengaruhi beberapa faktor meliputi intensitas hujan, durasi hujan, dan distribusi curah hujan. Selain itu karakteristik DAS seperti luas dan bentuk DAS, topografi, dan tata guna lahan juga berpengaruh dalam aliran sungai. Debit aliran sungai adalah komponen penting dalam pengelolaan DAS sebagai indikator kondisi hidrologi suatu DAS dan salah satu informasi penting dalam pengelolaan sumber daya air dan pengelolaan banjir (Staddal, 2016).

Dalam menghitung estimasi debit aliran sungai pada sungai tanpa data pengamatan debit, dapat digunakan metode rasional (Lestari, 2016). Pada penelitian yang dilakukan oleh Rifqi dkk., (2017) pada DAS Beringin Kota Semarang, metode

rasional dilakukan karena tidak tersedianya data debit pada DAS Beringin sehingga diperlukan prakiraan debit aliran sungai pada DAS Beringin. Metode rasional merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi debit puncak sungai maupun juga saluran dengan daerah pengaliran yang jumlahnya terbatas (Kamiana, 2010). Berdasarkan SK SNI M-18-1989-f tentang Standar Metode Perhitungan Debit Banjir, metode rasional dapat digunakan untuk menghitung debit sungai pada daerah pengaliran kurang dari 5.000 Ha.

## **2.4 Pasang Surut Air Laut**

Pasang surut air laut adalah perubahan muka air laut akibat gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap air laut di bumi (Nugroho dkk, 2015). Berdasarkan Triatmodjo (2013), karena dipengaruhi oleh gaya tarik menarik benda langit maka kondisi pasang surut tiap daerah berbeda dan pada satu daerah pasang surut dapat terjadi satu atau dua kali dalam sehari dan bersifat dinamis. Jenis pasang surut terbagi empat yaitu pasang surut harian tunggal, pasang surut harian ganda, pasang surut campuran condong ke harian ganda, dan pasang surut campuran condong ke harian tunggal (Rizky dkk., 2020). Kota Makassar sendiri memiliki tipe pasang surut yaitu campuran condong ke harian tunggal (Nurfaida, 2009; Arifin dkk., 2012; dan Rizky dkk., 2020).

Pasang surut air laut merupakan salah satu penyebab banjir terutama pada daerah pesisir. Oleh karena itu dalam upaya penanggulangan dan pengendalian banjir di daerah pesisir perlu pemetaan potensi banjir akibat pasang surut air laut (Nurnawaty, 2023). Dalam hal ini, Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai lembaga yang bertugas untuk memberi informasi dalam bidang informasi geospasial memiliki lebih dari 200 stasiun pasang surut yang bertujuan untuk menunjang kegiatan mitigasi banjir rob (BIG, 2023). Dalam menunjang mitigasi banjir rob, BIG memiliki stasiun pengamatan pasang surut yang mencatat kenaikan air laut berdasarkan waktu tertentu dengan beberapa sensor pada tiap stasiun pengamatan. Menurut data BIG (2023), Kota Makassar memiliki tiga sensor dalam mencatat pasang surut air laut yang terjadi di Kota Makassar. Sensor yang disediakan oleh BIG merekam pasang surut air laut tiap menit dalam satuan meter.

## 2.5 Digital Elevation Model (DEM)

DEM atau model elevasi digital adalah visualisasi dari topografi yang dibuat berdasarkan hasil interpolasi deterministik (Putra dan Marfai, 2012). DEM berisi informasi mengenai posisi atau koordinat, dan elevasi pada tiap piksel yang dimilikinya (Budiyanto, 2010). Di Indonesia, data DEM nasional dikeluarkan oleh BIG dan disebut dengan DEM Nasional (DEMNAS) (Iswari dan Anggraini, 2018). DEMNAS terbentuk dari beberapa sumber data yaitu *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (IFSAR) dengan resolusi 5 m dan Alos Palsar dengan resolusi 11,23 m dan DEMNAS telah memiliki data mass point yang dapat digunakan dalam pemetaan peta rupabumi Indonesia (RBI) (Putra dan Marfai, 2012).

Pengaplikasian DEM dapat digunakan pada kebencanaan, juga untuk menentukan jalur evakuasi bencana alam (Iswari dan Anggraini, 2018). Data DEM dapat digunakan untuk mengidentifikasi beberapa bencana seperti kawasan rawan longsor (Sudarsono dkk., 2021), banjir rob (Krisnandi dkk., 2021), banjir (Lius dkk., 2021), dan tsunami (Subardjo dan Ario, 2015). Berdasarkan Shodiq dkk., (2022) DEMNAS dengan resolusi 8,25 m cukup potensial digunakan dalam studi pemodelan genangan banjir di Indonesia.

## 2.6 Tutupan Lahan

Tutupan lahan adalah bentuk fisik objek yang menutupi sebuah lahan dengan menghiraukan kegiatan manusia dalam lahan tersebut (Li *et al.*, 2022). Dalam SNI 7645:2010 tentang Klasifikasi Penutup Lahan, tutupan lahan merupakan tutupan biofisik yang dapat ditinjau dari permukaan bumi dan berasal dari hasil pengaturan, aktivitas, serta perlakuan dan aktifitas manusia. Kelas penutup lahan pada SNI 7645:2010 terbagi dua yaitu daerah vegetasi dan tidak bervegetasi.

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 |

| No  | Kelas Penutup Lahan                              |
|-----|--|
|     | 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                 |
| 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 tentang klasifikasi penutup lahan

SNI 7645:2010 membagi kelas penutup lahan menjadi daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi. Daerah bervegetasi terbagi menjadi daerah pertanian dan daerah bukan pertanian, sedangkan daerah tak bervegetasi terbagi menjadi lahan terbuka, permukiman dan lahan bukan pertanian, dan perairan. Menurut Li *et al.*, (2022), lahan merupakan salah satu sumber daya alam yang penting bagi kehidupan dan akan berubah seiring berjalannya waktu atau disebut dengan alih fungsi lahan. Alih fungsi lahan adalah perubahan fungsi sebagian atau seluruh kawasan dari fungsi semula menjadi fungsi lain yang berdampak negatif terhadap lingkungan dan potensi lahan.

Alih fungsi lahan juga memiliki pemaknaan lain sebagai perubahan bentuk lahan yang diakibatkan meningkatnya penggunaan serta kepemilikan lahan demi memenuhi kebutuhan lahan penduduk yang semakin meningkat (Sudrajat *et al.*, 2021). Menurut Rosyidie (2013) Adanya perubahan guna lahan atau alih fungsi lahan merupakan salah satu faktor terjadinya banjir. Selaras dengan itu, berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahminadini dkk., (2021), adanya perubahan guna lahan vegetasi menjadi terbangun pada DAS Cikapundung Kota Bandung dapat berakibat banjir.

### 2.6.1 Koefisien Kekasaran *Manning*

Kekasaran saluran atau kekasaran *manning* sangat berpengaruh pada karakteristik aliran, khususnya dalam menghitung debit aliran (Wibowo, 2018). Semakin besar koefisien kekasaran yang dimiliki suatu saluran, semakin kecil aliran yang terjadi dan begitu pula sebaliknya (Sanusi dan Pratiwi, 2019). Menurut Sanusi dan Pratiwi (2019), elemen yang mempengaruhi kekasaran *manning* yaitu komposisi material saluran, karakteristik fisik tanah, keteraturan saluran, serta vegetasi yang ada. Koefisien kekasaran *manning* biasanya digunakan pada program HEC-RAS untuk menghitung kehilangan energi yang terjadi akibat gesekan aliran dan permukaan dasar pada saluran dan nilai *manning* akhirnya menjadi parameter yang dapat diubah-ubah. Berdasarkan SNI 2830:2008 tentang tata cara perhitungan tinggi muka air sungai dengan cara pias berdasarkan rumus *manning*, koefisien kekasaran *manning* terbagi menjadi koefisien minimum, normal, dan maksimum.

Tabel 2. Koefisien kekasaran *manning*

| Kondisi dan Tipe Alur  | Kekasaran Manning |        |          |
|--|-------------------|--------|----------|
|  | Minimum           | Normal | Maksimum |
| Sungai Kecil (lebar muka air banjir <30 m)                               |                   |        |          |
| 1. Mengalir pada dataran rendah  |                   |        |          |
| a. Alur lurus, elevasi air penuh, dan tidak ada bagian yang dalam/kedung | 0,025             | 0,030  | 0,033    |
| b. Sama seperti diatas tapi memiliki lebih banyak batu dan vegetasi      | 0,030             | 0,035  | 0,040    |
| c. Alur bersih disertai bagian yang dalam dan dangkal                    | 0,033             | 0,040  | 0,045    |
| d. Sama seperti diatas, tapi memiliki lebih banyak batu dan vegetasi     | 0,035             | 0,045  | 0,050    |

| Kondisi dan Tipe Alur   | Kekasaran Manning |        |          |
|---|-------------------|--------|----------|
|   | Minimum           | Normal | Maksimum |
| e. Sama seperti diatas, tapi elevasi muka air lebih rendah, disertai perubahan kemiringan dan lebar yang signifikan               | 0,040             | 0,048  | 0,055    |
| f. Sama seperti diatas, tapi lebih banyak batu  | 0,045             | 0,050  | 0,060    |
| g. Aliran pelan, penuh dengan vegetasi dengan kolam yang dalam  | 0,050             | 0,070  | 0,080    |
| h. Alur memiliki banyak vegetasi, alur-alur yang dalam, atau lintasan banjir dengan tegakan vegetasi                              | 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: krikil, 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    |
| <b>Bantaran banjir</b>  |                   |        |          |
| 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    |
| 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    |
| <b>Sungai Besar (lebar muka air banjir &gt;30 m)</b>  |                   |        |          |
| 1. Mengalir pada dataran rendah   | 0,025             | -      | 0,060    |

| Kondisi dan Tipe Alur                                  | Kekasaran Manning |        |          |
|--|-------------------|--------|----------|
|  | Minimum           | Normal | Maksimum |
| a. Bagian yang teratur tanpa batu-batu besar dan semak | 0,035             | -      | 0,100    |
| b. Bagian yang tidak teratur dan kasar                 |                   |        |          |

Sumber: SNI 2830:2008 tentang tata cara perhitungan tinggi muka air sungai dengan cara pias berdasarkan rumus manning

## 2.6.2 Koefisien Limpasan Permukaan

Koefisien limpasan permukaan adalah angka yang menggambarkan perbandingan besar aliran permukaan yang timbul akibat curah hujan yang jatuh pada wilayah tertentu (Krisnayanti dkk., 2018). Nilai koefisien limpasan di Indonesia merujuk dari SNI 03-2415-1991 Revisi 2004 tentang tata cara perhitungan debit banjir yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai koefisien limpasan

| Jenis Daerah / Kondisi Permukaan           | Koefisien Aliran |
|--|------------------|
| <b>Daerah Perdagangan</b>                  |                  |
| - Kota                                     | 0,70-0,95        |
| - Sekitar Kota                             | 0,50-0,70        |
| <b>Daerah Permukiman</b>                   |                  |
| - 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        |
| <b>Daerah Industri</b>                     |                  |
| - Ringan                                   | 0,50-0,80        |
| - Padat                                    | 0,60-0,90        |
| Lapangan, Kuburan, dan Sejenisnya          | 0,10-0,25        |
| Halaman jalan kereta api dan sejenisnya    | 0,20-0,35        |
| Lahan tidak terpelihara                    | 0,10-0,30        |
| <b>Jalan Aspal</b>                         |                  |
| - Aspal dan Beton                          | 0,75-0,95        |
| - Baru bata dan batako                     | 0,70-0,85        |
| Atap Rumah                                 | 0,70-0,95        |
| <b>Halaman berumput</b>                    |                  |
| - Datar, 2%                                | 0,05-0,10        |
| - Rata-rata, 2-7%                          | 0,10-0,15        |
| - Curam, 7% atau lebih                     | 0,15-0,20        |
| <b>Halaman berumput, tanah pasir padat</b> |                  |

| Jenis Daerah / Kondisi Permukaan | Koefisien Aliran |
|----------------------------------|------------------|
| - 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 tentang tata cara perhitungan debit banjir

Nilai koefisien limpasan berkisar antara 0-1, semakin besar angka koefisien maka semakin besar air hujan yang jatuh menjadi aliran permukaan atau limpasan. Semakin besar air hujan yang menjadi limpasan maka dapat mengakibatkan air yang akan menjadi air tanah berkurang dan potensi banjir serta erosi juga bertambah (Salsabila dan Nugraeheni, 2020). Sedangkan semakin kecil koefisien limpasan maka air hujan yang menjadi aliran limpasan juga semakin kecil.

## 2.7 Kawasan Permukiman Informal

Secara umum, permukiman informal dapat didefinisikan sebagai kawasan yang berkembang diluar kendali negara atas desain, perencanaan, serta konstruksi perkotaan (UN-Habitat, 2009). Perkembangan pada permukiman informal sering tidak memperhitungkan aturan-aturan pembangunan serta tidak memperhatikan kebutuhan kesehatan masyarakat, lingkungan, pencahayaan, dan peraturan bangunan (Lombard, 2016). Perkembangan hunian informal juga didominasi perkembangan bertahap karena adanya penambahan ruang hunian secara mandiri dari penghuni (Kamalipour dan Dovey, 2019).

Proses pertumbuhan permukiman informal menurut Dovey dan King (2011) dapat dibedakan menjadi tiga yaitu menetap, masuk dalam kawasan tak berpenghuni, dan menempel pada kawasan formal. Pertama adalah menetap, masyarakat yang hidup di permukiman informal seringkali hanya menetap dari waktu yang lama di tanah yang tidak diklaim karena permukiman itu telah ada dari waktu yang lama. Kedua adalah masuk ke tanah yang tidak berpenghuni, terbengkalai, dan tidak terurus di perkotaan. Terakhir adalah menempel pada kawasan formal sebagai kawasan permukiman informal yang membangun permukiman sendiri di sekitar kawasan formal seperti perdagangan, perkantoran, permukiman, hingga pertambangan.

Msimang (2017) menyatakan bahwa karakteristik permukiman informal adalah kekurangan fasilitas persampahan, jalan, toilet, akses air bersih, drainase,

dan buruknya kondisi sanitasi. Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh Kohli *et al*, (2012), terdapat 11 elemen dasar yang dapat ditinjau dari citra yaitu luas bangunan, bahan atap, ketersediaan jalan, jalan yang tidak beraturan, kurangnya vegetasi dan ruang terbuka, kepadatan, bentuk permukiman yang tidak teratur, keterkaitan dengan polar uang sekitar, tekstur, dan lokasi sekitar. Hal ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Alzamil (2018), dimana terdapat delapan karakteristik utama dalam permukiman informal yaitu kondisi fisik rumah yang buruk, luas bangunan, kurangnya ruang dalam rumah (toilet dan dapur), kurangnya tempat bermain anak-anak, akses air bersih, pembuangan air limbah, buruknya sistem persampahan, dan kurangnya ruang terbuka hijau.

Menurut penelitian yang dilakukan Dovey & King (2011), permukiman informal dapat diidentifikasi berdasarkan delapan morfologi berikut:

1. Berbentuk Kawasan (*District*)

Permukiman kumuh yang paling terkenal tak jarang adalah permukiman informal yang telah berkembang menjadi lebih besar disertai dengan munculnya mixed-use bahkan pada kawasan industri.

2. Berada di Tepi Badan Air (*Waterfront*)

Permukiman informal tak jarang muncul di tepi badan air seperti sungai, kanal, dan pantai. Kawasan ini tak jarang merupakan lokasi tidak berkepemilikan sehingga perkembangan permukiman informal terus bertumbuh sekalipun kawasan tepi badan air merupakan kawasan rawan bencana.

3. Lereng (*Escarpmets*)

Permukiman informal kadang muncul di kawasan yang permukiman formal tidak dapat dibangun karena dianggap terlalu curam. Permukiman informal akan terus bertumbuh meskipun kawasan lereng merupakan kawasan rawan bencana longsor.

4. Lahan Pemakaian Terbatas (*Easement*)

Infrastruktur perkotaan utama seperti rel kereta api, tol, dan jaringan dengan ukuran besar tak jarang memiliki kawasan yang dapat dimanfaatkan secara terbatas atau sering disebut kawasan penyangga. Kawasan ini dapat dimanfaatkan untuk penyebaran permukiman informal.

#### 5. Trotoar (*Sidewalks*)

Trotoar memiliki kemungkinan yang sama dengan lahan pemakaian terbatas, dimana trotoar menjadi celah timbulnya permukiman informal. Perumahan informal yang muncul umumnya merupakan perumahan linear dengan satu ruangan namun tidak menutup kemungkinan memiliki beberapa lantai.

#### 6. Keterkaitan dengan kawasan Sekitarnya (*Ahherences*)

Jenis ini didasarkan pada prinsip ketergantungan informalitas permukiman pada kerangka formal yang sudah ada sebelumnya. Kawasan formal menjadi jangkar untuk apropriasi informal yang menempel atau menembus fasad publik formal.

#### 7. Bagian belakang (*Backstages*) kawasan formal

Jenis ini adalah di mana permukiman informal sebagian besar terbentuk melalui keterikatan atau penyisipan di antara bangunan kota yang ada. Zona perkotaan yang menjadi lebih informal saat menembus lebih dalam di belakang bagian formal. Kadang- kadang jalan masuk melalui dinding jalan tidak lebih dari celah setengah meter, di luar itu morfologi jalan umum memberi jalan dalam beberapa meter ke gang-gang semi-swasta di mana pemukiman informal menjadi morfologi yang relatif cair dan tidak teratur.

#### 8. Berbentuk berpagar (*Enclosure*)

Tipe ini adalah di mana permukiman informal secara fisik berada di dalam kawasan formal dan terlihat seperti membentuk pagar atau batas antara kawasan informal dan formal.

Permukiman informal dapat diamati dengan dua cara yang berkaitan yaitu pengamatan dari citra satelit, jurnal, buku, atau penelitian terkait dan pengamatan melalui pengamatan langsung ataupun google street view dengan memperhatikan seluruh aspek yang digunakan dalam mengidentifikasi permukiman informal (Kamalipour dan Dovey 2019). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ambugadu dan Hosni (2022), mayoritas indikator penelitian permukiman informal adalah indikator kuantitatif yaitu ketinggian bangunan, persebaran tutupan lahan, tekstur yang terlihat di citra, warna, dan area tidak terbangun. Sedangkan indikator kualitatif pada kawasan permukiman informal yaitu bahan bangunan, kepadatan

bangunan, jarak pada utilitas publik, kondisi atap, struktur bangunan, dan kondisi jalan.

## 2.8 Pemodelan Bencana

Pemodelan bencana adalah proses memperhitungkan atau memperkirakan dampak yang akan dihasilkan sebuah bencana (Mitchell-Wallace, 2017). Sedangkan menurut Farnham (2018), pemodelan bencana merupakan sistem yang menghasilkan serangkaian simulasi yang dapat memperkirakan besaran, intensitas, serta lokasi terjadinya bencana untuk meninjau jumlah kerusakan. Besaran, intensitas, dan lokasi yang dapat digunakan untuk meninjau jumlah kerusakan dapat berfungsi sebagai informasi tentang risiko bahaya yang dapat terjadi. Oleh karena itu, menurut Farnham (2018), pemodelan bencana merupakan metode terbaik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dampak dari sebuah bencana.

Selain dari keseluruhan kelebihan yang dimiliki oleh pemodelan bencana, tak dapat dipungkiri bahwa pemodelan bencana juga memiliki keterbatasan. Adapun bentuk keterbatasan yang dimiliki oleh pemodelan bencana adalah diperlukannya pemeriksaan dan evaluasi data untuk keakuratan hasil pemodelan (Farnham, 2018). Selain itu menurut Juneja (2015), kekurangan dalam pemodelan bencana yaitu keterbatasan data, perubahan iklim, diperlukannya penggunaan beberapa skenario, serta pemodelan bencana juga dapat menghasilkan hasil yang berbeda di tiap model. Oleh karena itu, dalam tiap penggunaan model bencana diperlukan data-data yang lebih rinci, skenario-skenario, dan evaluasi model yang telah dibuat.

Salah satu bentuk evaluasi yang dapat dilakukan pada pemodelan bencana adalah *confusion matrix*. Menurut Narkhede (2018), *confusion matrix* adalah salah satu metode pengukuran kinerja sebuah model dengan menampilkan dan membandingkan nilai aktual dan nilai model. Selain itu, metode ini juga dapat digunakan untuk menghitung tingkat akurasi sebuah model yang dilakukan berdasarkan piksel model yang telah dilakukan (Marfai, 2003). Beberapa bencana yang telah dievaluasi menggunakan metode ini adalah banjir (Darabi *et al.*, 2021; Marfai, 2003; dan Simatupang *et al.*, 2022), longsor (Faisal *et al.*, 2018), dan gempa (Ismail, 2021).

## 2.9 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geospasial (SIG) merupakan sistem informasi yang dapat digunakan untuk menginput, menyimpan, mengolah, menganalisis, serta menghasilkan data geografis atau data geospasial untuk pengambilan keputusan dalam perencanaan maupun pengelolaan penggunaan lahan, Sumber Daya Alam (SDA), lingkungan, transportasi, dan kebutuhan ruang lainnya (Elly, 2016). Menurut Hilda dan Elly (2019), SIG dapat digunakan dalam berbagai kajian dikarenakan kemampuan SIG yang dapat memetakan kawasan-kawasan yang dapat dimanfaatkan maupun dikembangkan untuk kepentingan tertentu.

Dalam pemetaan bencana, SIG telah banyak digunakan untuk memetakan potensi bencana seperti kebakaran lahan (Feriansyah dkk., 2020), pergerakan tanah (Merawati dkk., 2022), longsor (Hardianto dkk., 2020), banjir (Purnomo, 2019), dan tsunami (Widodo dkk., 2016). Dalam pemetaan bencana banjir, SIG dapat digunakan dalam memetakan serta menganalisis tingkat kerentanan bencana banjir (Miharja dkk., 2023) dan pemetaan dampak spasial bencana banjir (Pratiwi dan Santosa, 2021). Dalam pemetaan bencana banjir, SIG tidak hanya berfungsi untuk memetakan maupun menganalisis kerentanan namun juga dapat digunakan menjadi media informasi kerentanan bencana banjir (Frizani dkk., 2021).

## 2.10 ArcGIS

ArcGIS merupakan salah satu produk SIG yang dibuat untuk memenuhi kebutuhan akan database SIG. Produk utama dalam ArcGIS yaitu ArcGIS desktop dapat memenuhi kebutuhan pengguna dengan tiga fungsi utama yaitu *ArcView* yang berfokus pada penggunaan, pemetaan, dan analisis data yang komprehensif. Selanjutnya *ArcEditor* yang dapat digunakan untuk menambahkan pengeditan serta data geografis tingkat lanjut; dan *ArcInfo* yang merupakan desktop SIG professional dengan berbagai fungsi yang luas (Nurdiawan dan Putri, 2018). Salah satu contoh penggunaan ArcGIS adalah dalam pemetaan kerawanan bencana seperti banjir (Nurdiawan dan Putri, 2018), longsor (Wafa dan Astuti, 2016), gempa (Farisi, 2020), dan tsunami (Budiyanto dkk., 2020). Pemetaan kerawanan bencana dalam ArcGIS dapat dilakukan dengan berbagai metode yang dapat disesuaikan

dengan kebutuhan pengguna seperti analisis *intersect* maupun analisis skoring, hingga analisis *overlay*.

Analisis *overlay* berfungsi untuk menggabungkan dua atau lebih data untuk kemudian menghasilkan data baru yang merupakan gabungan dari data yang digunakan. ArcGIS sebagai produk SIG yang dapat digunakan untuk semua program pemetaan juga dapat menjalankan analisis *overlay* dengan syarat kedua data memiliki koordinat yang sama. Analisis *overlay* juga merupakan analisis yang sering digunakan dalam pemetaan kerawanan bencana karena (Nurdiawan dan Putri, 2018).

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

HEC-RAS adalah model hidrolik paling populer yang dikembangkan *United States Army Corps of Engineers (USACE)*. HEC-RAS adalah software gratis dengan tampilan grafis yang dapat memudahkan pengguna dalam mempelajari banjir (Quirogaa *et al.*, 2016). HEC-RAS memodelkan hidraulik air melalui sungai alami dan lainnya. perangkat ini memodelkan berbagai jenis struktur dan kemampuan untuk menganalisis aliran dalam keadaan tidak stabil dan memiliki grafik yang kuat sehingga HEC-RAS menjadi perangkat lunak yang dapat diterapkan dalam pemodelan banjir. Selain itu, HEC-RAS dapat digunakan untuk zonasi dataran banjir, penentuan jalur banjir dasar sungai, pengelolaan DAS, organisasi reservoir, dan penggunaan serupa lainnya.

Zonasi dataran banjir merupakan aplikasi penting dalam HEC-RAS, zonasi dataran banjir digunakan untuk membagi daerah dataran banjir menjadi zona risiko yang berbeda. Maka dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS dimungkinkan untuk menentukan tinggi permukaan air pada dataran yang terkena banjir dan daerah yang akan terkena dampaknya (Rezaei, 2018). Dalam laman resmi US Army Corps of Engineers (2023), HEC-RAS memiliki kemampuan untuk menjalankan beberapa program yang mengacu pada kemiringan lereng, curah hujan, serta debit aliran sungai seperti:

#### 1. Modifikasi medan (*Terrain modification*)

Modifikasi medan adalah salah satu alat yang dapat digunakan untuk meningkatkan tingkat akurasi dari kondisi daratan pada wilayah penelitian.

Modifikasi medan pada HEC-RAS digunakan untuk menambah informasi saluran, informasi jalan, maupun memodifikasi tingkat elevasi medan pada kawasan penelitian.

#### 2. Data geometri (*Geometry data*)

Data geometri digunakan untuk pengembangan data geometri sungai yang akan memodelkan arah aliran air. Data geometri terdiri dari model hidrolika 1D dan 2D, model 1D adalah model hidrolika yang mencakup garis jaringan sungai, garis tepian, penampang, hingga jembatan yang juga disebut *boundary lines condition*. Sedangkan model hidrolika 2D mencakup area aliran atau *2D flow area* dengan modifikasi ketinggian dan kedalaman.

#### 3. Data tutupan lahan (*Land cover data*)

Tutupan lahan yang berbeda juga dapat diklasifikasikan dan dapat ditentukan nilai koefisien limpasan dari tiap penggunaan lahan dengan menggunakan *Land cover data tools*. *Land cover data* dapat digunakan dengan membuat poligon tutupan lahan pada kawasan penelitian kemudian menginput nilai koefisien limpasan untuk menambah akurasi pemodelan banjir yang dilakukan.

#### 4. Data aliran tidak stabil (*Unsteady flow data*)

Data aliran tidak tetap dapat digunakan untuk membaca data-data aliran yang tidak tetap seperti curah hujan, intensitas hujan, serta debit aliran sungai.

Keempat program diatas dapat digunakan dalam pemodelan banjir di daerah perkotaan. Program-program tersebut membutuhkan indikator seperti kemiringan permukaan, curah hujan, DAS, debit air permukaan, koefisien limpasan, jalan, tepian pantai, serta intensitas hujan. Seluruh program diatas dapat dijalankan pada RAS Mapper, *Geometric Data*, dan *Unsteady Flow Simulation* yang merupakan komponen inti dari aplikasi HEC-RAS.

### 2.12 Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu yang digunakan dalam meninjau penelitian dapat dilihat di tabel berikut:

Tabel 4. Penelitian terdahulu

| No | Judul   | Penulis (Tahun)               | Hasil Penelitian   | Variabel  | Metode  | Sumber                                     |
|----|---|-------------------------------|--|---|---|--|
| 1  | <i>Two Dimensional Flood Inundation Modelling in Urban Areas Using WMS, HEC-RAS and GIS (Case Study in Jeddah City, Saudi Arabia)</i> | Marko <i>et al.</i> , (2019)  | Kombinasi penggunaan WMS, Hec-Ras, dan GIS memiliki kemampuan untuk mensimulasikan genangan banjir dengan menggunakan data DEM baik beresolusi tinggi maupun rendah. Meskipun perubahan ukuran grid tidak mempengaruhi elevasi, resolusi ukuran grid yang lebih tinggi membantu kualitas simulasi banjir pada kawasan perkotaan. | 1.Data DEM<br>2.Bangunan<br>3.Sungai                                      | 1. Modifikasi DEM<br>2. Pemodelan banjir                                    | <i>Springer Nature Switzerland AG</i> 2019 |
| 2  | <i>Rainfall-Runoff Simulation and Modelling Using HEC-HMS and HEC-RAS Models: Case Study Tabuk, Saudi Arabia.</i>                     | Alsubeai dan Burckhard (2021) | Dari hasil simulasi yang dilakukan, di bagian hulu sungai terdapat potensi banjir seperti meluapnya air sungai apabila sungai menerima curah hujan sebesar 25 mm, sedangkan air akan mencapai tepian sungai dengan curah hujan sebesar 35 mm. Dalamnya aliran yang timbul akan bergantung pada kondisi geografis sungai.         | 1.Curah hujan<br>2.Tutupan lahan<br>3.Data DEM                            | 1. Analisis curah hujan<br>2. Analisis tutupan lahan<br>3. Pemodelan banjir | <i>Natural Resources</i> , 12, 321-338     |
| 3  | Analisis Spasial Daerah Banjir Menggunakan HEC-RAS dan Q-GIS untuk Sub DAS Babura   | Sinurat dkk., (2022)          | Kelurahan yang terkena banjir akibat luapan DAS Babura ada 17 Kelurahan. Sedangkan tipe bangunan yang paling banyak terkena banjir adalah rumah sederhana.   | 1. Curah hujan<br>2. Peta DAS Babura<br>3. Data DEM<br>4. Jumlah bangunan | 1. Analisis spasial<br>2. Analisis Pemodelan Banjir                         | Jurnal <i>Syntax Admiration</i> . 3(1)     |
| 4  | Analisis Genangan Banjir Akibat Debit Puncak Di Das   | Nuzul dkk., (2021)            | Berdasarkan hasil analisis, potensi banjir pada DAS Sungai Baubau berdampak pada 3 kecamatan dengan ketinggian   | 1. Curah hujan 10 tahun<br>2. Guna lahan                                  | 1. Analisis Curah hujan periodic  | Jurnal <i>Pembangunan</i>                  |

| No | Judul   | Penulis (Tahun)               | Hasil Penelitian   | Variabel  | Metode   | Sumber                   |
|----|---|-------------------------------|--|---|--|--------------------------|
|    | Baubau Menggunakan Hec-Ras dan Gis  |                               | mencapai 5 meter hingga 25 tahun kedepan dan dapat mencapai diatas 5 meter diatas 50 tahun kedepan. Serta dapat dihasilkan prediksi penduduk dan bangunan terdampak.   | 3. Karakteristik DAS<br>4. Cross Section/Long Section Sungai<br>5. Alur sungai<br>6. Data BPS Kota Baubau | 2. Analisis Pemodelan banjir dengan HEC-RAS  | Wilayah dan Kota, 17(2). |
| 5  | <i>Flood Modelling Of Badeng River Using Hec-Ras In Singojuruh Sub-District, Banyuwangi Regency, East Java, Indonesia</i> | Bachri <i>et al.</i> , (2021) | Desa Alas Malang merupakan kawasan dengan potensi genangan yang signifikan dibandingkan Kawasan lain.  | 1. Panjang, lebar, kemiringan, dan kedalaman sungai<br>2. Data DEM<br>3. Curah hujan                      | 1. Analisis hidrologi<br>2. Analisis hidrolik  | Jurnal Geografi, 13(1)   |
| 6  | Studi Pemetaan Daerah Genangan Banjir Das Sei Sikambing Dengan Sistem Informasi Geografis                                 | Zevri (2019)                  | Debit banjir pada DAS Sikambing dalam periode kala ulang 25 tahun mencapai 211,94 m <sup>3</sup> /det dengan ketinggian antara 1,7 m sampai 3,7 m. Hasil yang ditunjukkan oleh Sistem Informasi Geografis bahwa 5 kecamatan di Kota Medan dapat terdampak oleh banjir. | 1. Curah hujan<br>2. Data DEM DAS Sikambing<br>3. Peta DAS Sikambing                                      | 1. Metode polygon thiessen<br>2. Metode Smirnov Kolmogorov<br>3. Metode normal<br>4. Metode log normal<br>5. Metode log person III<br>6. Metode gumbel<br>7. Metode HSS Nakayasu | Teras Jurnal, 9(2)       |

| No | Judul  | Penulis (Tahun)            | Hasil Penelitian  | Variabel                            | Metode  | Sumber   |
|----|--|----------------------------|---|-------------------------------------|---|--|
| 7  | Metode Thiessen Polygon untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu pada Wilayah yang Tidak Memiliki Data Curah Hujan | Ningsih (2012)             | Sebaran curah hujan di wilayah studi dapat dihitung untuk wilayah yang berdekatan yang tidak memiliki data curah hujan menggunakan metode thiessen polygon. Dimana untuk masing-masing stasiun curah hujan dapat ditentukan luas daerah pengaruhnya. Dengan metode ini dapat dihitung prediksi rata-rata curah hujan wilayah yang diinginkan. | 1. Curah hujan<br>2. Luas kecamatan | 1. Metode spasial interpolasi<br>2. Metode thiessen polygon<br>3. Metode analisis Kawasan curah hujan | Jurnal Teknologi Informasi<br>DINAMIK Volume 17, No.2, |
| 8  | <i>Forms of Informality: Morphology and Visibility of Informal Settlements</i>   | Dovey dan King (2016)      | Permukiman informal tumbuh secara cepat karena sulit untuk dihapuskan secara total. Permukiman informal akan terus dibangun secara in-situ dengan mengadaptasi morfologi yang ada. Visibilitas dan citra permukiman informal memiliki peran penting dalam menemukan dan memindahkan kawasan permukiman informal.                              | 1. citra satelit<br>2. eksisting    | Observasi   | <i>Built Environment</i> , 37(1)                       |
| 9  | <i>Delineation of Flood-Prone Areas in Data-Scarce Environment Using Linear Binary Classifiers</i>                           | Talampas dan Tarepe (2019) | Daerah rawan banjir pada DAS Cagayan de Oro ditentukan dengan klasifikasi Geomorphic Flood Index (GFI). Hasil menunjukkan kawasan rawan banjir terjadi pada kawasan yang memiliki data yang lebih sedikit.  | 1. DEM<br>2. Banjir Historis        | 1. Linear binary Classification<br>2. Confusion matrix  | <i>Mindanao Journal of Science and Technology</i> (17) |

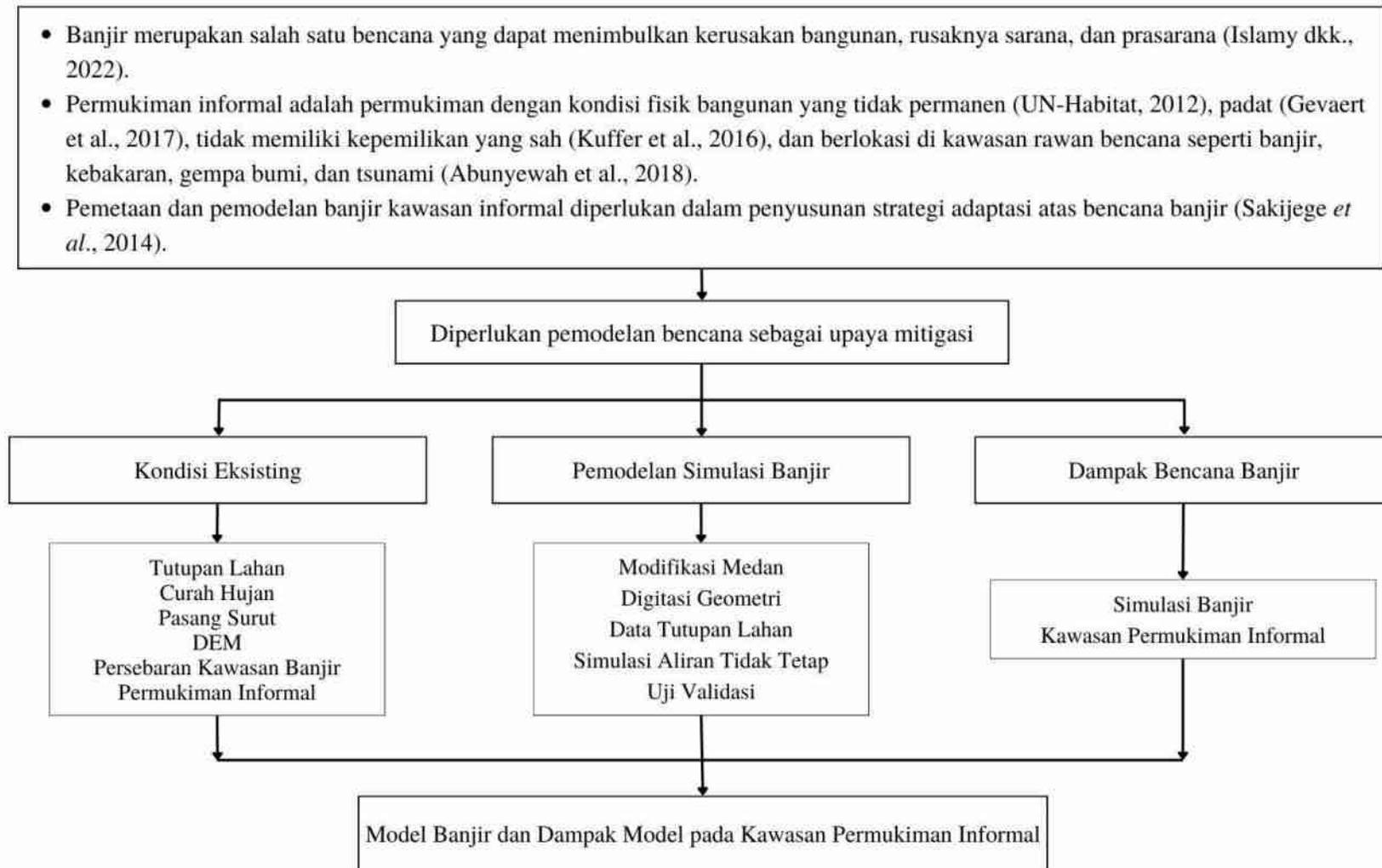
Penelitian pada Tabel 4 merupakan penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan. Persamaan dapat berupa kesamaan variabel, metode yang digunakan, maupun aplikasi yang digunakan. Seperti dalam penelitian yang dilakukan oleh Marko *et al.*, (2019) terdapat kesamaan aplikasi, variabel, metode, dan karakteristik lokasi dengan penelitian yang saat ini dilakukan yaitu pada area perkotaan. Adapun metode yang digunakan adalah metode modifikasi medan atau DEM di aplikasi HEC-RAS dalam menjalankan pemodelan banjir Kota Jeddah.

Selain itu pada penelitian pemodelan banjir yang dilakukan oleh Alsubeai dan Burchard (2021) di Kota Tabuk, Saudi Arabia, digunakan curah hujan, tutupan lahan, dan ketinggian permukaan berupa data DEM. Begitu juga dengan penelitian yang dilakukan oleh Sinurat dkk., (2022); Nuzul dkk., (2021); Bachri *et al.*, (2021); dan Zevri (2019) yang melakukan pemodelan banjir pada area sekitar DAS yang menggunakan curah hujan, ketinggian permukaan, data DAS sungai berupa debit aliran dan alur sungai yang diolah dengan analisis curah hujan dan pemodelan banjir. Kemudian dalam penelitian sebaran curah hujan yang dilakukan oleh Ningsih (2019), terdapat persamaan dalam penggunaan metode *polygon thiessen* untuk memperkirakan wilayah yang tidak memiliki data curah hujan. Penelitian tersebut menggunakan titik stasiun pengamat hujan, curah hujan bulanan, dan luas kecamatan untuk memperoleh sebaran curah hujan yang diinginkan. Metode *polygon thiessen* juga digunakan oleh Zevri (2019) dalam menentukan curah hujan.

Sedangkan untuk persamaan pada penelitian yang dilakukan Dovey dan King (2016) terletak pada metode menentukan kawasan permukiman informal. Dovey dan King (2016) menggunakan metode observasi untuk menentukan kawasan permukiman informal dan variabel yang digunakan adalah citra satelit dan kondisi eksisting kawasan. Dalam penelitiannya, Dovey dan King (2016) mengobservasi citra dan eksisting beberapa kota di beberapa negara termasuk Kota Jakarta, Surabaya, dan Yogyakarta di Indonesia untuk melihat kondisi morfologi dan visibilitas kawasan permukiman informal.

### **2.13 Kerangka Konsep Penelitian**

Adapun kerangka konsep pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Kerangka konsep penelitian