

**SKRIPSI**

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

**MUHAMMAD AKBAR  
D101 19 1085**



**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 MARISO DAN KECAMATAN MAMAJANG, KOTA MAKASSAR)**

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD AKBAR  
D101191085**

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,



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

Pembimbing Pendamping,



**Laode Muh. Aslan Mujahid, S.T., M.T.**  
NIP. 199303092019031014

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



**Dr. Eng. Abdul Kacimman Rasyid, S.T., M.Si**  
NIP. 197410062008121002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Muhammad Akbar

NIM : D101191085

Program Studi : Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK)

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**DAMPAK SPASIAL BENCANA BANJIR PADA KAWASAN  
PERMUKIMAN INFORMAL BERBASIS *FLOOD MODELLING*  
(STUDI KASUS: KECAMATAN MARISO DAN KECAMATAN  
MAMAJANG, 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.

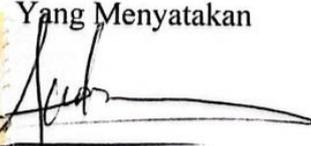
Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul 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, 21 November 2023

Yang Menyatakan



 Muhammad Akbar

## ABSTRAK

**MUHAMMAD AKBAR.** *Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis Flood Modelling (Studi Kasus: Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar)* (dibimbing oleh Isfa Sastrawati, ST., MT dan Laode Muhammad Asfan Mujahid, ST., MT)

Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Makassar 2015-2034 yang tidak mencakup Kecamatan Mariso dan Mamajang dalam daerah rentan banjir, padahal kedua kecamatan ini telah mengalami banjir. Untuk meneliti permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada pemodelan banjir berbasis *flood modeling*. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi kondisi spasial eksisting di wilayah penelitian, dengan melakukan pemodelan simulasi banjir di kedua kecamatan tersebut, dan menganalisis dampak spasial dari pemodelan banjir pada kawasan permukiman informal. Penelitian dilaksanakan selama empat bulan, mulai dari bulan April hingga Juli 2023. Data yang digunakan meliputi data primer dan sekunder yang diperoleh dari instansi pemerintah serta melalui observasi lapangan. Data spasial merupakan kawasan banjir aktual, tutupan lahan, dan DEM-NAS, sedangkan data non-spatial melibatkan curah hujan dan pasang surut air laut. Metode penelitian mencakup analisis kualitatif dan kuantitatif. Analisis spasial digunakan untuk menganalisis sebaran kawasan banjir, kondisi elevasi, curah hujan, tutupan lahan, kawasan permukiman informal, dan peta model banjir. Sementara itu, analisis kuantitatif melibatkan analisis data angka dalam tabulasi dan grafik, seperti intensitas curah hujan, pasang surut air laut, koefisien kekasaran *manning*, nilai limpasan, dan jumlah piksel dalam model banjir. Hasil penelitian mencakup empat informasi utama yaitu, analisis eksisting wilayah mengidentifikasi 125 area banjir. Elevasi wilayah di pesisir umumnya rendah, dengan elevasi tertinggi di daratan mencapai 23 meter. Terdapat 11 jenis tutupan lahan dan curah hujan masuk dalam kategori curah sedang hingga tinggi. Kemudian pemodelan banjir menghasilkan simulasi secara makro dan mikro, dalam tingkat ketinggian air dan aliran banjir. Sementara itu hasil validasi menunjukkan tingkat akurasi pemodelan sebesar 69.03%. Sedangkan dampak spasial pemodelan banjir menghasilkan 60 area sebaran banjir dengan ketinggian variasi antara 10 cm hingga 300 cm, dengan tipologi belakang kawasan permukiman informal menjadi yang paling terdampak. Penelitian ini memberikan informasi dalam memahami karakteristik banjir di wilayah permukiman informal di Kecamatan Mariso dan Mamajang, Kota Makassar, melalui metode berbasis pemodelan banjir yang komprehensif.

**Kata Kunci:** Banjir, SIG, Pemodelan Banjir, Permukiman Informal.

## **ABSTRACT**

**MUHAMMAD AKBAR.** *Spatial Impacts of Flood Disasters in Informal Settlement Areas Based on Flood Modelling (Case Study: Mariso and Mamajang Sub-district, Makassar City)* (supervised by Isfa Sastrawati, ST., MT and Laode Muhammad Asfan Mujahid, ST., MT).

*The Spatial and Regional Plan (RTRW) of Makassar City 2015-2034 does not cover the Mariso and Mamajang Sub-districts in flood-prone areas, even though both districts have experienced flooding. To investigate this issue, this research focuses on flood modeling-based flood modeling. The aim of this research is to identify the existing spatial conditions in the research area by conducting flood simulation modeling in both districts and analyzing the spatial impact of flood modeling on informal settlement areas. The research was conducted over four months, from April to July 2023. The data used includes primary and secondary data obtained from government agencies and field observations. Spatial data includes actual flood areas, land cover, and DEM-NAS, while non-spatial data involves rainfall and tidal data. The research methods include qualitative and quantitative analyses. Spatial analysis is used to analyze the distribution of flood areas, elevation conditions, rainfall, land cover, informal settlement areas, and flood model maps. Meanwhile, quantitative analysis involves data analysis in tabulation and graphs, such as rainfall intensity, tidal data, Manning's roughness coefficient, runoff values, and the number of pixels in the flood model. The research results include four main pieces of information: an existing area analysis identifying 125 flood areas. The elevation of the coastal area is generally low, with the highest elevation on land reaching 23 meters. There are 11 types of land cover, and rainfall falls into the moderate to high category. Flood modeling results in macro and micro, simulations in terms of water levels and flood flow. Validation results show a modeling accuracy level of 69.03%. Meanwhile, the spatial impact of flood modeling results in 60 flood distribution areas with varying heights between 10 cm and 300 cm, with informal settlement areas behind the most affected. This research provides information to understand the flood characteristics in informal settlements in the Mariso and Mamajang Sub-districts of Makassar City through a comprehensive flood modeling-based approach.*

**Keywords:** *Flood, GIS, Flood Modeling, Informal Settlement.*

## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....                      | <b>i</b>    |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....                            | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK</b> .....  | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                       | <b>iv</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                     | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                  | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                   | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL</b> .....               | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                | <b>xiii</b> |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                 | <b>xiii</b> |
| <b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....                            | <b>xv</b>   |
| <br>  |             |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                                    |             |
| 1.1 Latar Belakang.....                                     | 1           |
| 1.2 Pertanyaan Penelitian.....                              | 5           |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                                  | 5           |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                                 | 5           |
| 1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....                           | 6           |
| <br>  |             |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                              |             |
| 2.1 Banjir.....   | 7           |
| 2.1.1 Kenis-jenis banjir.....                               | 7           |
| 2.1.2 Faktor-faktor terjadinya banjir.....                  | 9           |
| 2.1.3 Identifikasi karakteristik banjir.....                | 12          |
| 2.1.4 Klasifikasi ketinggian bahaya banjir.....             | 13          |
| 2.2 Curah Hujan.....  | 15          |
| 2.2.1 Curah hujan kawasan/daerah.....                       | 15          |
| 2.2.2 Pola distribusi intensitas hujan.....                 | 17          |
| 2.2.3 Limpasan curah hujan.....                             | 18          |
| 2.3 Kawasan Permukiman Informal.....                        | 19          |
| 2.3.1 Identifikasi kawasan permukiman informal.....         | 21          |
| 2.4 Basis Data Spasial.....                                 | 22          |
| 2.4.1 Model data raster.....                                | 23          |
| 2.4.2 Model data vektor.....                                | 23          |
| 2.5 <i>Digital Elevation Model Nasional (DEM-NAS)</i> ..... | 24          |
| 2.6 Tutupan Lahan.....                                      | 25          |
| 2.5.2 Koefisien kekasaran <i>mannig</i> .....               | 26          |
| 2.5.2 Koefisien limpasan.....                               | 29          |
| 2.7 Sistem Informasi Geografis (SIG) .....                  | 30          |
| 2.8 <i>Flood modelling Software</i> .....                   | 31          |
| 2.8.1 <i>HEC-RAS software</i> .....                         | 31          |
| 2.8.2 <i>ArcGIS software</i> .....                          | 33          |
| 2.9 Validitas Model.....                                    | 34          |
| 2.10 Penelitian Terdahulu.....                              | 34          |
| 2.11 Kerangka Konsep.....                                   | 39          |

### **BAB III METODE PENELITIAN.**

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 3.1 | Jenis Penelitian.....  | 40 |
| 3.2 | Waktu dan Lokasi Penelitian.....   | 40 |
| 3.3 | Jenis dan Sumber Data.....   | 42 |
| 3.4 | Teknik Pengumpulan Data.....   | 43 |
| 3.5 | Variabel Penelitian.....   | 44 |
| 3.6 | Teknik Analisis Data.....  | 46 |
|     | 3.6.1 Mengidentifikasi kondisi faktor banjir secara spasial di wilayah penelitian                                | 46 |
|     | 3.6.2 Memodelkan simulasi banjir di wilayah penelitian.....  | 48 |
|     | 3.6.3 Mengidentifikasi dampak spasial bencana banjir pada kawasan permukiman informal di wilayah penelitian..... | 53 |
| 3.7 | Definisi Operasional.....  | 54 |
| 3.8 | Kerangka Pikir Penelitian.....   | 56 |

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 4.1 | Gambaran Umum Kota Makassar.....   | 56  |
|     | 4.1.1 Gambaran umum wilayah penelitian.....                                | 57  |
| 4.2 | Eksisting Wilayah Penelitian.....  | 59  |
|     | 4.2.1 Sebaran banjir aktual.....   | 59  |
|     | 4.2.2 Kondisi elevasi.....   | 73  |
|     | 4.2.3 Kondisi tutupan lahan.....   | 75  |
|     | 4.2.4 Curah hujan.....   | 83  |
|     | 4.2.5 Pasang surut air laut.....   | 89  |
|     | 4.2.6 Kawasan permukiman informal.....                                     | 90  |
| 4.3 | Pemodelan Banjir ( <i>Flood Modelling</i> ).....                           | 102 |
|     | 4.3.1 <i>Modifikasi medan (terrain modification)</i> .....                 | 102 |
|     | 4.3.2 Area aliran air 2 dimensi ( <i>2D flow area</i> ).....               | 105 |
|     | 4.3.3 Data tutupan lahan ( <i>land cover data</i> ).....                   | 107 |
|     | 4.3.4 Data Hidrologi ( <i>Hydrological data</i> ).....                     | 109 |
| 4.4 | Hasil Pemodelan Banjir.....  | 114 |
|     | 4.4.1 Skenario model banjir skala makro.....                               | 115 |
|     | 4.4.2 Skenario berdasarkan faktor banjir skala mikro.....                  | 120 |
|     | 4.4.3 Simulasi laju tingkat ketinggian air berdasarkan waktu genangan..... | 126 |
|     | 4.4.4 Simulasi aliran air banjir berdasarkan waktu genangan.....           | 132 |
| 4.5 | Validasi Pemodelan Banjir.....   | 136 |
|     | 4.5.1 Validitas model banjir.....  | 137 |
| 4.6 | Dampak Spasial Banjir Pada Kawasan Permukiman Informal.....                | 140 |
|     | 4.6.1 Sebaran kawasan dampak spasial banjir.....                           | 141 |
|     | 4.6.2 Ilustrasi 1 dimensi model dampak spasial banjir.....                 | 163 |

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

|     |                 |     |
|-----|-----------------|-----|
| 5.1 | Kesimpulan..... | 166 |
| 5.2 | Saran.....      | 167 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b> | 169 |
|----------------------------|-----|

|                      |     |
|----------------------|-----|
| <b>LAMPIRAN.....</b> | 175 |
|----------------------|-----|

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <i>Curriculum Vitae</i> ..... | 179 |
|-------------------------------|-----|

## DAFTAR GAMBAR

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Gambar 1  | Klasifikasi banjir berdasarkan ketinggian.....                      | 13  |
| Gambar 2  | Metode rata-rata aljabar.....                                       | 16  |
| Gambar 3  | Metode <i>polygon thiessen</i> .....                                | 16  |
| Gambar 4  | Metode <i>isohyet</i> .....   | 17  |
| Gambar 5  | Metode <i>alternating block method</i> .....                        | 18  |
| Gambar 6  | Model data <i>raster</i> .....                                      | 23  |
| Gambar 7  | Model data vektor.....  | 24  |
| Gambar 8  | Model digital ketinggian permukaan bumi.....                        | 24  |
| Gambar 9  | Kerangka konsep penelitian.....                                     | 39  |
| Gambar 10 | Peta lokasi penelitian.....   | 41  |
| Gambar 11 | Kerangka pikir penelitian.....                                      | 55  |
| Gambar 12 | Peta administrasi wilayah penelitian.....                           | 58  |
| Gambar 13 | Peta sebaran kawasan banjir aktual wilayah penelitian.....          | 60  |
| Gambar 14 | Peta elevasi wilayah penelitian.....                                | 74  |
| Gambar 15 | Peta tutupan lahan wilayah penelitian.....                          | 76  |
| Gambar 16 | Tempat kegiatan di wilayah penelitian.....                          | 77  |
| Gambar 17 | Tegalan di wilayah penelitian.....                                  | 78  |
| Gambar 18 | Tanah terbuka di wilayah penelitian.....                            | 78  |
| Gambar 19 | Tambak di wilayah penelitian.....                                   | 79  |
| Gambar 20 | Semak belukar di wilayah penelitian.....                            | 79  |
| Gambar 21 | Saluran air di wilayah penelitian.....                              | 80  |
| Gambar 22 | RTH di wilayah penelitian.....                                      | 80  |
| Gambar 23 | Rawa di wilayah penelitian.....                                     | 81  |
| Gambar 24 | Permukiman di wilayah penelitian.....                               | 81  |
| Gambar 25 | Permukaan diperkeras di wilayah penelitian.....                     | 82  |
| Gambar 26 | Jalan di wilayah penelitian.....                                    | 82  |
| Gambar 27 | Grafik curah hujan Kota Makassar pada tahun 2021.....               | 87  |
| Gambar 28 | Peta curah hujan kawasan di wilayah penelitian.....                 | 88  |
| Gambar 29 | Peta sebaran kawasan permukiman informal di wilayah penelitian..... | 101 |
| Gambar 30 | Modifikasi lahan reklamasi.....                                     | 103 |
| Gambar 31 | Modifikasi drainase.....  | 103 |
| Gambar 32 | Modifikasi jalan.....   | 104 |
| Gambar 33 | Hasil modifikasi medan .....  | 104 |
| Gambar 34 | <i>Resample terrain</i> .....                                       | 105 |
| Gambar 35 | Perimeter kawasan dan komputasi <i>cell</i> .....                   | 106 |
| Gambar 36 | <i>Boundary condition lines</i> .....                               | 106 |
| Gambar 37 | Peta sebaran nilai N koefisien kekasaran <i>manning</i> .....       | 108 |
| Gambar 38 | Peta sebaran nilai C koefisien limpasan.....                        | 109 |
| Gambar 39 | Grafik intensitas curah hujan wilayah penelitian.....               | 111 |
| Gambar 40 | Grafik pasang surut air laut Kota Makassar.....                     | 114 |
| Gambar 41 | Peta skenario II skala Kota Makassar.....                           | 118 |
| Gambar 42 | Peta uji coba akurasi model banjir skala Kota Makassar.....         | 119 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 43 Peta skenario 1 berdasarkan faktor variabel.....                           | 121 |
| Gambar 44 Peta skenario 2 berdasarkan faktor variabel.....                           | 122 |
| Gambar 45 Peta skenario 3 berdasarkan faktor variabel.....                           | 123 |
| Gambar 46 Peta skenario 4 berdasarkan faktor variabel.....                           | 124 |
| Gambar 47 Peta simulasi banjir pada jam ke-12 dalam skenario I .....                 | 127 |
| Gambar 48 Banjir tertinggi di jam ke-12 dalam skenario I.....                        | 128 |
| Gambar 49 Peta simulasi banjir pada jam ke-24 dalam skenario I.....                  | 129 |
| Gambar 50 Banjir tertinggi di jam ke-24 dalam skenario I.....                        | 130 |
| Gambar 51 Peta simulasi banjir maksimal dalam skenario I.....                        | 131 |
| Gambar 52 Banjir tertinggi maksimal dalam skenario I.....                            | 132 |
| Gambar 53 Simulasi aliran pada air jam ke-12.....                                    | 133 |
| Gambar 54 Simulasi aliran air pada jam ke-24.....                                    | 134 |
| Gambar 55 Peta arah aliran air terlimpas dan tergenang di sekitar wilayah penelitian | 135 |
| Gambar 56 Peta validasi model banjir terhadap banjir aktual.....                     | 138 |
| Gambar 57 Peta dampak spasial banjir pada kawasan permukiman informal...             | 141 |
| Gambar 58 Ilustrasi banjir tipologi berbentuk pagar.....                             | 163 |
| Gambar 59 Ilustrasi banjir tipologi bagian belakang kawasan.....                     | 164 |
| Gambar 60 Ilustrasi banjir tipologi berbentuk kawasan.....                           | 165 |
| Gambar 61 Ilustrasi banjir tipologi berada di tepi badan air.....                    | 165 |

## DAFTAR TABEL

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| Tabel 1  | Klasifikasi penutup lahan skala 1:250.000.....                                       | 25  |
| Tabel 2  | Koefisien kekasaran <i>manning</i> .....   | 27  |
| Tabel 3  | Koefisien aliran limpasan. ....  | 29  |
| Tabel 4  | Penelitian terdahulu.....  | 36  |
| Tabel 5  | Tahapan peneltian.....   | 40  |
| Tabel 6  | Variabel penelitian.....   | 44  |
| Tabel 7  | Variabel permukiman informal .....   | 47  |
| Tabel 8  | Nilai koefisien kekasaran <i>manning</i> yang digunakan.....                         | 50  |
| Tabel 9  | Nilai koefisien limpasan yang digunakan.....   | 51  |
| Tabel 10 | Uji validitas dalam <i>confusion matrix</i> .....                                    | 52  |
| Tabel 11 | Luas kecamatan di Kota Makassar.....   | 56  |
| Tabel 12 | Luas kelurahan di Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang....                        | 57  |
| Tabel 13 | Sebaran banjir aktual wilayah penelitian.....  | 61  |
| Tabel 14 | Rata-rata curah hujan harian maksimum dalam perbulan 2018-2022<br>Kota Makassar..... | 84  |
| Tabel 15 | Pasang surut air laut Kota Makassar.....   | 89  |
| Tabel 16 | Persebaran kawasan permukiman informal .....   | 91  |
| Tabel 17 | Nilai koefisien kekasaran <i>manning</i> .....                                       | 107 |
| Tabel 18 | Nilai koefisien limpasan.....  | 108 |
| Tabel 19 | Intensitas hujan dalam 24 jam di wilayah penelitian.....                             | 110 |
| Tabel 20 | Data debit aliran air sungai 24 jam.....   | 112 |
| Tabel 21 | Data pasang surut air laut Kota Makassar.....  | 113 |
| Tabel 22 | Hasil model simulasi dan nilai akurasi tiap skenario.....                            | 116 |
| Tabel 23 | Luas dampak banjir model se-Kota Makassar.....                                       | 117 |
| Tabel 24 | Ketinggian air dan luas banjir pada jam ke-12.....                                   | 128 |
| Tabel 25 | Ketinggian air dan luas banjir pada jam ke-24.....                                   | 130 |
| Tabel 26 | Validitas model banjir skala mikro.....  | 139 |
| Tabel 27 | Perincian sebaran dampak spasial banjir terhadap kawasan<br>permukiman informal..... | 143 |

## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

| Lambang/Singkatan | Arti dan Keterangan  |
|-------------------|--|
| AHP               | <i>Analitycal Hierarchy Process</i>                            |
| ABM               | <i>Alternating Block Method</i>                                |
| BPS               | Badan Pusat Statistika   |
| BIG               | Badan Informasi Geospasial                                     |
| BNPB              | Badan Nasional Penanggulangan Bencana                          |
| BPBD              | Badan Penanggulan Bencana Daerah                               |
| DEM               | <i>Digital Elevation Model</i>                                 |
| GIS               | <i>Geographic Information System</i>                           |
| HEC-RAS           | <i>Hidrologycal Engineering Center – River Analisyt System</i> |
| IDF               | Intensitas Durasi Frekuensi                                    |
| NOAA              | <i>National Oceanic dan Atmospheric Administration</i>         |
| NSSL              | <i>The National Severe Storms Laboratory</i>                   |
| PUPR              | Pekerjaan Umum Penataan Ruang                                  |
| RTRW              | Rencana Tata Ruang Wilayah dan Kota                            |
| SIG               | <i>Sistem Informasi Geografis</i>                              |
| SNI               | Standar Nasional Indonesia                                     |
| SK                | Surat Keputusan  |
| WHO               | World Health Organization                                      |
| km                | Kilometer  |
| m                 | Meter  |
| cm                | Centimeter   |
| m                 | Milimeter  |
| x, y, z           | Titik Koordinat  |
| <i>n</i>          | Nilai Curah Hujan  |
| N                 | Kekerasan <i>Manning</i>                                       |
| C                 | Koefisien Limpasan   |
| %                 | Persentase   |
| $\Delta t$        | Interval Waktu   |
| <i>Td</i>         | Durasi Hujan   |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |     |
|--|-----|
| Lampiran 1 Dokumentasi pengambilan data (observasi).....     | 175 |
| Lampiran 2 Dokumentasi pengambilan data (wawancara) .....    | 176 |
| Lampiran 3 Lembar wawancara banjir aktual.....               | 177 |
| Lampiran 4 Lembar observasi kawasan permukiman informal..... | 178 |

## KATA PENGANTAR



Segala puji hanya bagi Allah, Tuhan semesta alam. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad Shalallahu Alaihi Wassallam, utusan Allah yang diutus sebagai rahmat bagi seluruh alam.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis ingin mengungkapkan kekaguman dan rasa syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat, petunjuk, dan kekuatan yang diberikan-Nya. Skripsi ini berjudul "Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis *Flood Modelling* (Studi Kasus: Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar)"

Terima kasih kepada Camat, Lurah, serta seluruh jajaran staff dari Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang. Atas bantuan dan dukungannya selama masa pengumpulan data di lokasi studi penelitian saya.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua pembimbing, Ibu Isfa Sastrawati, ST., MT, dan Bapak Laode Muhammad Asfan Mujahid, ST., MT, dan juga Kepala *LBE Regional, Disaster Mitigation and Tourism*, Bapak Dr. Eng. Ihsan, ST., MT. Atas arahan, bimbingan, serta dukungan yang tak terhingga selama penulisan skripsi ini. Bimbingan dan ilmu yang diberikan Bapak dan Ibu telah menjadi pembelajaran bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini.

Penulis juga ingin menyampaikan apresiasi kepada keluarga dan teman-teman yang memberikan dukungan moril dan doa selama penulisan skripsi ini. Dukungan dan semangat yang diberikan menjadi penguat bagi penulis untuk tetap berjuang dalam menyelesaikan penelitian ini. Selain itu, penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak lepas dari segala kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis menerima dengan tulus kritik dan saran yang membangun guna perbaikan dan pengembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang berguna dalam pemahaman terkait dampak spasial banjir berbasis *flood modelling* pada kawasan permukiman informal, terutama di Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar. Penulis berharap penelitian ini dapat menjadi langkah awal yang bermanfaat dalam upaya pencegahan dan mitigasi bencana banjir, serta meningkatkan keselamatan dan kesejahteraan masyarakat di kawasan tersebut.

Akhir kata, *KEEP ON FIGHTING TILL THE WE ARE THE CHAMPION!* semoga segala upaya kita dalam penelitian ini mendapatkan ridha dan keberkahan-Nya. Segala hasil dari usaha dan kerja keras kita semata-mata hanya kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala. Semoga penulisan skripsi ini dapat menjadi amal jariyah yang bermanfaat dan menjadi langkah kebaikan dalam khazanah keilmuan perencanaan wilayah dan kota.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Gowa, 20 November 2023

(Muhammad Akbar)

---

**Sitasi dan Alamat Kontak:**

Harap menuliskan sumber skripsi ini dengan cara penulisan sebagai berikut:

Akbar, Muhammad. 2023. *Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis Flood modelling di Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar*. Skripsi Sarjana, Prodi S1 PWK Universitas Hasanuddin. Makassar.

Demi peningkatan kualitas dari skripsi ini, kritik dan saran dapat dikirimkan ke penulis melalui alamat email berikut ini: [muhammadakbarmalik23@gmail.com](mailto:muhammadakbarmalik23@gmail.com)

## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allah, Tuhan semesta alam. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad Salallahu Alaihi Wassallam, utusan Allah yang menjadi teladan bagi umat manusia.

Dalam penulisan skripsi ini, kami ingin menyampaikan rasa syukur yang dalam kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala nikmat dan petunjuk-Nya. Skripsi ini berjudul "Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal Berbasis *Flood Modelling* di Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar." ucapan terima kasih yang tulus kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan kekuatan untuk menyelesaikan skripsi ini. Kami menyadari bahwa tanpa pertolongan dan anugerah-Nya, kami tidak akan mampu merampungkan penelitian ini.

Dalam penyelesaian penyusunan laporan akhir ini, penulis menyadari banyak sekali pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung serta dukungan kepada penulis. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, (Ayah Umar dan Ibu Munirah) sebagai *support system* dan untuk semua cinta serta doa yang tiada hentinya pengorbanan yang selalu diberikan sehingga penulis bisa sampai ke tahap ini;
2. Kakak tercinta, (Nahda Nurifah Amin, S.Ak) atas doa, motivasi yang sangat berharga dan selalu membantu dalam membangun usaha bersama;
3. Adik-adik tersayang, (Kiki, Fandi dan Refi) yang juga turut menyemangati selama berkuliah di tempat perantauan ini.
4. Rektor Universitas Hasanuddin, (Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.) atas segala bentuk kebijakan dan kepemimpinannya selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin;
5. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, (Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT.) atas segala bentuk dukungan dan kebijakannya selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin;

6. Kepala Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin, (Bapak Dr. Eng. Ir. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si. IPM) atas arahan, bimbingan, motivasi dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan;
7. (Ibu Sri Aliyah Ekawati, ST., MT.) sebagai Sekretaris Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin, dan dosen Penasehat Akademik peneliti. Terima kasih atas arahan, bimbingan, motivasi dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan
8. Sekretaris Mahasiswa Departemen Prodi S1-Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Hasanuddin, (Bapak Gaffar Lakatupa, ST., M.Eng) atas adanya ruang komunikasi keresahan para mahasiswa khususnya penulis selama masa kuliah;
9. Kepala Studio Akhir, (Dr.techn. Yashinta K. D. Sutopo, ST., MIP) yang telah memberi semangat, meluangkan waktu, kesempatan dan tenaganya untuk membimbing penulis dalam penyelesaian tugas akhir, serta selalu membimbing mahasiswa dalam menjaga ketaqwaan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala;
10. Dosen pembimbing dan pendamping, (Ibu Isfa Sastrawati, ST., MT. dan Bapak Laode Muh. Asfan Mujahid, ST., MT). Ketua *Labo-based Education (LBE) Regional, Disaster Mitigation and Tourism*, (Bapak Dr. Eng. Ihsan, ST., MT) yang telah meluangkan waktu, kesempatan dan tenaganya untuk membimbing penulis dalam penyelesaian tugas akhir;
11. Seluruh dosen dan staf administrasi 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 Tim *Forecaster Rangers*, (Agil Parwan, Ardana Dahlan, Fadil Fajar, Husnul Khatimah, Hikmah Angraini, dan Naura Zikrinadifa) sebagai tim terbaik di *Labo-based Education Regional, Disaster Mitigation and Tourism*;

13. Teman-teman Kontrakan Orange (Ahmad Aufa, Yasser Ali Akbar, Ravly Jaya Zulkarnain, Dheo dan Ahmad Zulfikar) terima kasih telah menjadi teman seperjuangan hidup dalam kontrakan orange selama masa perkuliahan;
14. Rekan-rekan Komunitas Pengelola Sampah URBAN WASTE (Imam adryzal, Andi Safira Rosa, Ahmad Fauzan Khabir, Anisah Darinda, Dwi Febriza, Nurul Fauziyah, Asma Amne, Wilma Yanti, Iin Angraini, Fiqry Akbar dan Mohamad Adhar) telah membantu peneliti dalam menyesuaikan usaha sampah urban waste selama Pekan Mahasiswa Kewirausahaan Universitas Hasanuddin.
15. Terkhusus kepada (Husnul Khatimah, Laode Raynaldi Faturahman, dan Alfian Naha, S.T) saya ucapkan terima kasih banyak karena telah sangat membantu peneliti dalam menyesuaikan penyusunan tugas akhir ini;
16. SEKTOR 2019 sebagai ruang berbagi keluh kesah, sedih dan bahagia selama masa perkuliahan di Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin;
17. Teman Alumni Angkatan 1 MAN IC Kota Kendari, AZVACA'EIN, yang telah mendukung dan berbagi keceriaan selama penelitian;
18. 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 yaa Rabbal 'alamin.*

Gowa, 20 November 2023

(Muhammad Akbar)

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Menurut Vladu (2006) dikutip dalam Malino dkk. (2021) menjelaskan bahwa perubahan iklim merupakan fenomena alam yang terjadi dikarenakan oleh perubahan nilai dari parameter cuaca. Perubahan iklim sangat dipengaruhi oleh kondisi alam ataupun akibat penyimpangan lingkungan oleh manusia. Potensi dampak dari adanya perubahan iklim adalah perubahan pola curah hujan, peningkatan suhu udara dan kenaikan permukaan laut.

Salah satu dampak yang diakibatkan adanya perubahan iklim adalah bencana banjir dimana bencana ini dijelaskan oleh pengamat Sastrodihardjo (2012) bahwa banjir dapat disebabkan oleh kondisi alam yang statis seperti geografis, topografis, dan geometri alur sungai. Peristiwa alam yang dinamis seperti curah hujan yang tinggi, pembendungan dari laut/pasang pada sungai induk, amblesan tanah dan pendangkalan akibat sedimentasi, serta aktivitas pembangunan manusia yang dinamis seperti adanya penggunaan lahan di lahan dataran banjir yang tidak sesuai, yaitu mendirikan pemukiman di bantaran sungai, kurangnya prasarana pengendalian banjir, amblesan permukaan tanah dan kenaikan muka air laut akibat *global warming*.

Faktor perubahan iklim tersebut menimbulkan terjadinya curah hujan yang ekstrim dan mengakibatkan potensi bahaya bencana pada manusia dan lingkungan sekitar. Intensitas curah hujan tinggi merupakan salah satu faktor terjadinya risiko bencana banjir. Dilansir pada Polri TV dalam Dailymotion (2021) menurut Deputi Bidang Meteorologi Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Guswanto, terkait faktor terjadinya banjir diakibatkan tidak hanya karena intensitas curah hujan tinggi namun juga dipengaruhi oleh siklon tropis yaitu kecepatan angin yang mengakibatkan badai di perairan menuju ke daratan.

Berdasarkan pengamatan Syahbuddin dikutip dalam (Ainurrohmah dan Sudarti, 2022) kondisi iklim di beberapa wilayah Indonesia diterangkan oleh stasiun klimatologi bahwa terdapat 13 tempat di Indonesia telah terjadi peningkatan jumlah curah hujan tahunan berkisar antara 490 mm per tahun

(Sulawesi Selatan) hingga 1400 mm per tahun (Jawa Timur), suhu siang dan malam hari meningkat antara 0,5-1,1°C dan 0,6-2,3°C. Sedangkan di bagian barat Indonesia terdapat penurunan curah hujan tahunan sekitar 135 mm-860 mm per tahun, suhu siang dan malam hari meningkat antara 0,2-0,4°C dan 0,2-0,7°C. (Runtunuwu dan Kondoh, 2008) dalam (Ainurrohmah dan Sudarti, 2022). Melihat hal itu perubahan iklim tersebut menjadikan wilayah-wilayah di Indonesia khususnya di Sulawesi Selatan rentan mengalami peningkatan curah hujan dan bencana banjir.

Salah satu wilayah Indonesia yang menjadi dampak perubahan iklim tersebut adalah Kota Makassar. Mahardy (2014) menjelaskan bahwa Kota Makassar memiliki karakteristik topografi dan intensitas curah hujan yang berpotensi terjadinya banjir. Kondisi pada kontur tanah bagian barat ke arah utara topografi cenderung lebih rendah yang dekat dengan pesisir pantai dan sungai sedangkan bagian timur kondisi topografi cenderung berbukit dan sedikit lebih tinggi. Berdasarkan intensitas curah hujan Kota Makassar masuk kedalam daerah yang beriklim tropis. Suhu minimum rata-rata bulanan yang dicapai berkisar antara 25,3° C sampai dengan 28,4° C dan suhu udara maksimum rata-rata bulanan berkisar antara 30,1° C hingga 22,3° C pada bulan tertentu dengan intensitas curah hujan yang bervariasi. Dilansir pada [Tribun-Timur.com](http://Tribun-Timur.com), selama 40 tahun terakhir dari tahun 1981-2022 Kota Makassar sering kali mengalami beberapa cuaca ekstrim seperti yang terjadi pada tahun-tahun 1981, 1999, 2000, 2021 hingga 2022 (Thahir, 2023). Oleh karena kondisi topografi yang cenderung rendah dan landai, serta tingginya intensitas curah hujan akan menyebabkan timbulnya genangan air bahkan banjir di sejumlah wilayah Kota Makassar.

Badan Informasi Geospasial (BIG) melalui data kebencanaan Ina-Geoportal dipetakan bahwa secara umum wilayah Kota Makassar menjadi kawasan rawan banjir dengan tingkat kerawanan tinggi pada area perkotaan serta tingkat kerawanan menengah dan rendah pada area pinggiran kota (BIG, 2019). Selain itu, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Makassar membuat form pendataan banjir dalam [five.epicollect.net](http://five.epicollect.net) mencatat bahwa wilayah Kota Makassar telah mengalami 6 kali bencana banjir pada bulan Januari hingga Oktober di tahun 2022, dengan jumlah 35 titik pengungsian yang tersebar di empat Kecamatan dalam

Kota Makassar, yaitu Kecamatan Biringkanaya, Manggala, Panakukang, dan Rapocini (BPBD Kota Makassar, 2021). Berdasarkan rekam jejak kebencanaan tersebut menjadikan Kota Makassar sebagai wilayah rentan terjadi banjir sebagaimana yang telah ditetapkan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Makassar tahun 2015-2034, menetapkan kawasan rawan bencana banjir di sebagian Kecamatan Wajo, sebagian Kecamatan Biringkanaya, sebagian Kecamatan Tamalanrea, sebagian Kecamatan Tallo, Kecamatan Bontoala, sebagian Kecamatan Manggala, sebagian Kecamatan Tamalate, sebagian Kecamatan Panakkukang, sebagian Kecamatan Rappocini, dan sebagian Kecamatan Ujung Tanah. (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Makassar, 2015)

Pada ketetapan tersebut Kecamatan Mariso dan Mamajang tidak termasuk kedalam Kawasan rawan bencana banjir, namun pada kondisinya dilansir dari Pusat Pengendalian Operasi Badan Nasional Penanggulangan Bencana (PPOBNPB) menyebutkan wilayah yang terdampak berada di tujuh kecamatan, yaitu Kecamatan Manggala, Kecamatan Ujung Pandang, Kecamatan Rappocini, Kecamatan Mamajang, Kecamatan Tamalanrea, Kecamatan Biringkanaya, dan Kecamatan Makassar. Bencana banjir ini telah terjadi pada 13 Februari tahun 2023 lalu yang menyebabkan dampak kerugian, fisik lingkungan dan sosial pada masyarakat (R. S. Putra, 2023). Kemudian dijelaskan oleh Sakijege (2013) bahwa dampak dari situasi ini juga bisa mempengaruhi pemukiman tidak resmi yang sebagian besar berada di daerah rawan bencana, terutama banjir. Permukiman informal merupakan faktor utama dalam meningkatnya risiko banjir akibat kekurangan infrastruktur dasar dan kurangnya koordinasi terhadap aktivitas masyarakat.

Ketidakselarasan tersebut menjadikan RTRW Kota Makassar 2015-2034 perlu diperhatikan kembali karena ketetapan wilayah rawan bencana banjir di Kota Makassar khususnya Kecamatan Mariso dan Mamajang tidak sesuai dengan kondisi yang faktual. Peninjauan tersebut dilakukan untuk mengetahui curah hujan maksimum tahunan dan banjir dengan menggunakan pemodelan spasial bencana banjir yang berfungsi untuk melihat pergerakan air hujan yang terlimpas ke permukaan serta air hujan yang tergenang di wilayah perkotaan. Hal ini

dijelaskan oleh Eslamian dan Eslamian (2022) bahwa teknologi sistem informasi geografis (SIG) berbasis komputasi digital dalam pemodelan curah hujan dan banjir dapat memudahkan dalam menganalisa fenomena banjir yang disimulasikan.

Berdasarkan tinjauan beberapa *flood modelling software*, HEC-RAS dan ArcGIS menjadi *software* yang tepat untuk menganalisis potensi dampak banjir. *Software* HEC-RAS, atau *Hydrologic Engineering Center - River Analysis System* yang dikembangkan oleh Korps Insinyur Angkatan Darat Amerika Serikat, adalah *software* yang memungkinkan pengguna untuk melakukan perhitungan hidrodinamika sungai dalam aliran yang tidak stabil. Kemampuan *software* ini untuk memodelkan berbagai jenis struktur dan kemampuan untuk menganalisis aliran dalam keadaan tidak stabil, disertai gambaran grafik peningkatan air, menjadikan *software* ini salah satu jenis rekayasa model aliran air yang paling dapat diterapkan. Menurut Goodarzi dan Abessalan (2014) dalam Eslamian dan Eslamian (2022) *software* ini terdiri dari tiga komponen yaitu analisis hidrolis satu dimensi untuk perhitungan profil muka air pada aliran stabil, dan simulasi aliran tidak stabil. Salah satu penerapan yang penting dari *software* HEC-RAS adalah zonasi dataran banjir untuk menentukan penggunaan lahan di sekitar sungai dan pembagian wilayah dataran banjir menjadi zona klasifikasi risiko banjir. Hal ini dijelaskan oleh Rezaei (2018) dalam Eslamian dan Eslamian (2022) bahwa peta zonasi dataran banjir juga banyak digunakan dalam studi manajemen perkotaan. Oleh karena itu, dengan menggunakan *Software* HEC-RAS sangat memungkinkan untuk menentukan seberapa tinggi permukaan air di dataran banjir, dan daerah mana yang terkena dampaknya.

Berlandaskan pada masalah dan metode tersebut peneliti tertarik dalam menganalisis potensi banjir dan dampak spasial kawasan permukiman informal yang berpotensi terjadi pada studi kasus di kecamatan yang tidak ditetapkan kawasan rawan banjir dalam RTRW Kota Makassar 2015-2034 yaitu Kecamatan Mariso dan Mamajang dengan menggunakan teknologi SIG berbasis komputasi digital. Sehingga dengan itu dilakukan penelitian mendalam dengan judul skripsi “Dampak Spasial Bencana Banjir pada Kawasan Permukiman Informal

Berbasis *Flood Modelling* (Studi Kasus: Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar)”

## 1.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah, maka di rumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting faktor banjir secara spasial di Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar?
2. Bagaimana model simulasi banjir Kecamatan Mariso dan Mamajang, Kota Makassar menggunakan *flood modeling*?
3. Bagaimana dampak spasial dari pemodelan banjir pada kawasan pemukiman informal di Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pertanyaan penelitian yang telah diajukan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi kondisi eksisting faktor banjir secara spasial di Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar;
2. Memodelkan simulasi banjir di Kecamatan Mariso dan Mamajang, Kota Makassar;
3. Mengidentifikasi dampak spasial dari pemodelan banjir pada kawasan pemukiman informal di Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini disusun atas tiga, antara lain:

1. Bagi akademisi, diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi bahan referensi bagi peneliti maupun mahasiswa lain guna menambah keilmuan dan pemahaman terkait pemodelan banjir dan juga dampak banjir di Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar;
2. Bagi masyarakat, dapat menambah informasi terkait bencana banjir di sekitar wilayah tempat tinggal;

3. Bagi pemerintah, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dan acuan serta masukan bagi pemerintah untuk menangani mitigasi bencana banjir di wilayah yang terkena dampaknya khususnya di Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar.

### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Wilayah studi penelitian pemodelan banjir ini dibatasi untuk mendapatkan hasil yang lebih mendetail, pelaksanaan penelitian dilakukan dalam waktu kurang lebih tiga bulan yang berada pada Kecamatan Mariso dan Mamajang, Kota Makassar. Penelitian ini memiliki ruang lingkup substansi dalam menganalisis data-data non-spasial dan spasial, data penelitian didapatkan dari beberapa *Website GIS* dan juga instansi penyedia data sistem informasi geografis, pemodelan banjir berfokus pada penggunaan *software* HEC-RAS dan ArcGIS dengan memodelkan variasi skenario secara makro (Kota Makassar) dan mikro (Wilayah Penelitian) untuk mengetahui pengaruh banjir yang disebabkan dari luar wilayah penelitian, kemudian dampak banjir spasial diolah untuk menjadi sebuah data informasi non-geografis dan geografis serta peta interaktif spasial banjir yaitu pada kawasan permukiman informal di Kecamatan Mariso dan Mamajang, Kota Makassar.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Bencana Banjir**

Menurut *NOAA Severe Storms Laboratory* (2021) banjir adalah meluapnya air ke tanah yang biasanya kering. Banjir dapat terjadi saat hujan lebat, saat gelombang laut datang ke pantai, saat salju mencair dengan cepat, dan saat bendungan atau tanggul jebol. Banjir dapat terjadi dalam beberapa menit atau dalam jangka waktu yang lama, dan dapat berlangsung sehari-hari, berminggu-minggu, atau lebih lama.

*World Health Organization* (WHO) juga menjelaskan banjir sering disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan atau gelombang badai dari siklon tropis atau pasang air laut di daerah pesisir. WHO menyebutkan bahwa terdapat tiga jenis banjir yang umum terjadi, yaitu: (a) Banjir Bandang yang disebabkan oleh curah hujan yang cepat dan berlebihan yang dapat menaikkan ketinggian air dengan cepat pada sungai, aliran sungai, saluran atau jalan; (b) Banjir sungai yang disebabkan ketika hujan atau pencairan salju yang terus menerus memaksa sungai melebihi kapasitas; dan (c) Banjir pesisir disebabkan oleh gelombang badai yang terkait dengan siklon tropis dan kenaikan muka air laut (WHO, 2017).

Mahardi (2014) menyatakan bahwa banjir menurut beberapa masyarakat dan pemerintah mengatakan banjir merupakan sebuah air yang tergenang, karena hal tersebut menjadikan informasi terhadap bencana banjir kurang tepat. Genangan merupakan luapan air yang terjadi dalam hitungan jam setelah terjadinya hujan. Genangan terjadi akibat meluapnya air hujan pada saluran pembuangan sehingga menyebabkan air terpusat dan tertahan pada suatu tempat dengan tinggi muka air 5 sampai > 20cm. Sedangkan daripada itu banjir merupakan meluapnya air hujan dengan debit yang besar tertahan pada suatu tempat atau wilayah terendah dengan tinggi muka air 30 hingga > 200cm.

#### **2.1.1 Jenis – jenis banjir**

Kondisi banjir yang terjadi di beberapa wilayah Indonesia dapat dipengaruhi oleh beberapa sebab. Menurut Raharjo (2021) membagi jenis banjir

berdasarkan keadaan/tempat dan material atau jenis air. Adapun jenis-jenis banjir sebagai berikut:

#### 1. Jenis Banjir Berdasarkan Tempat/Keadaan

Pada situs resmi *The National Severe Storms Laboratory (NSSL)*, *National Oceanic dan Atmospheric Administration (NOAA)* Amerika Serikat membedakan banjir menjadi lima jenis, yaitu :

- a. Banjir sungai (*river flood*) ketika permukaan air naik di atas tepian sungai (*riverbanks*) karena hujan berlebihan. Banjir sungai terjadi akibat badai terus menerus yang terjadi di daerah yang sama dalam periode waktu lama, gabungan curah hujan dan pencairan salju atau sumbatan akibat es. Banjir sungai adalah satu jenis banjir pedalaman yang paling umum terjadi ketika badan air melebihi kapasitasnya. Ketika sebuah sungai meluap ke tepiannya, biasanya karena curah hujan yang tinggi dalam periode waktu yang lama.
- b. Banjir pantai (*coastal flood*) di Indonesia disebut dengan banjir rob atau banjir laut pasang. Banjir pantai atau penggenangan area daratan di sepanjang pantai, disebabkan oleh pasang naik yang lebih tinggi dari rata-rata dan diperburuk curah hujan tinggi dan angin yang bertiup ke arah darat dari laut
- c. Gelombang badai (*storm surge*) merupakan kenaikan permukaan air yang tidak normal di daerah pantai, dan di atas gelombang astronomis biasa. Gelombang badai disebabkan oleh kekuatan yang dihasilkan dari angin badai yang hebat, gelombang dan tekanan atmosfer yang rendah.
- d. Banjir di daratan (*inland flooding*) merupakan masuknya air dari daratan dalam jumlah yang berlebihan, baik melalui aliran sungai ke muara ataupun limpasan air permukaan ke pesisir pantai karena besarnya curah hujan di daratan dapat mengakibatkan perubahan kondisi lingkungan perairan secara drastis. Perubahan ini akan berdampak pada ketidakseimbangan peran ekosistem di perairan. Efek banjir di daratan yang melalui aliran sungai lebih berdampak dari pada banjir dari limpasan permukaan air. Semua materi, baik yang bersifat racun maupun tidak akan terkumpul di sepanjang aliran sungai. Biasanya, pada aliran sungai yang padat aktivitasnya, sampah-sampah akan terkumpul sampai ke muara sungai.

- e. Banjir bandang (*flash flood*) banjir disebabkan oleh curah hujan yang deras dan tiba-tiba, kadang terjadi ketika tanah tidak dapat menyerap air secepat jatuhnya. Banjir bandang disebabkan hujan lebat atau berlebihan dalam waktu singkat, umumnya kurang dari enam jam.

2. Jenis banjir berdasarkan jenis air atau materialnya

Jenis banjir juga dijelaskan oleh Raharjo (2021) dalam *Enviromental Technology* bahwa jenis banjir lainnya berdasarkan jenis air atau material, yaitu :

- a. Banjir air tanah (*groundwater flood*) berbeda dengan banjir bandang, sebab membutuhkan waktu untuk bisa terjadi. Saat hujan turun dalam waktu yang lama, tanah menjadi jenuh dengan air sampai tidak dapat menyerap lagi. Ketika ini terjadi, air naik di atas permukaan tanah dan menyebabkan banjir. Jenis banjir ini dapat bertahan selama berminggu-minggu atau bahkan berbulan-bulan.
- b. Banjir selokan (*drain and sewer flooding*) banjir ini tidak selalu terkait dengan cuaca sepertinya halnya curah hujan. Banjir selokan dapat terjadi akibat penyumbatan atau kegagalan dalam sistem drainase. Banjir selokan bisa bersifat internal di dalam bangunan atau eksternal.
- c. Banjir lahar, merupakan banjir akibat lahar dari erupsi atau letusan gunung berapi yang masih aktif. Akibat letusan gunung berapi tersebut, lahar dingin akan dimuntahkan kemudian menyebar ke lingkungan sekitarnya, akibatnya, air dalam sungai akan mengalami pendangkalan sehingga ikut meluap kemudian merendam daratan.
- d. Banjir lumpur, merupakan banjir yang disebabkan oleh luapan lumpur. Meski menyerupai banjir bandang tetapi bedanya lumpur keluar dari dalam bumi kemudian menggenangi daratan. Lumpur yang keluar dari dalam bumi tersebut tidak sama dengan lumpur yang ada di permukaan bumi sebab terdapat kandungan gas-gas kimia berbahaya.

### **2.1.2 Faktor-faktor terjadinya banjir**

Bencana disebabkan oleh faktor alam dan non alam serta aktifitas manusia. Berdasarkan BNPB juga mendefinisikan bencana alam banjir adalah peristiwa atau

keadaan dimana terendamnya suatu daerah atau daratan karena volume air yang meningkat.

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya banjir di Kota Makassar disebabkan oleh beberapa faktor alam dan aktifitas masyarakat. Dalam mengkaji sebab-sebab tersebut di Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, Kota Makassar saat ini teknologi SIG dapat digunakan untuk menganalisis dengan menggunakan data-data faktor pendukung dan penghambat bencana banjir yaitu curah hujan, kemiringan lereng, drainase, debit air sungai, dan nilai kekerasan penggunaan lahan.

Berdasar pada kajian para pengamat Sudirman dkk. (2017) dijelaskan beberapa faktor penyebab banjir diantaranya:

1. Perubahan tata guna lahan membawa dampak terhadap infiltrasi tanah;
2. Jenis tanah, dimana tanah dengan tekstur sangat halus memiliki peluang kejadian banjir yang tinggi, sedangkan tekstur yang kasar memiliki peluang kejadian banjir yang rendah;
3. Kontur daerah, dimana berdasarkan sifat air yang mengalir mengikuti gaya gravitasi yaitu mengalir dari daerah tinggi ke daerah rendah. Dimana daerah yang mempunyai ketinggian yang lebih tinggi lebih berpotensi kecil untuk terjadi banjir
4. Kelandaian lahan, terutama pada lokasi dengan topografi dasar dan kemiringan rendah, seperti pada kota-kota pantai. Hal ini menyebabkan kota-kota pantai memiliki potensi/peluang terjadinya banjir yang besar disamping dari ketersediaan saluran drainase yang kurang memadai, baik saluran utama maupun saluran yang lebih kecil;
5. Faktor curah hujan juga menjadi salah satu penduga penyebab terjadinya banjir, hujan akan menimbulkan banjir jika intensitasnya cukup tinggi dan jatuhnya dalam waktu yang relatif lama;
6. Kenaikan muka air laut; faktor ini menjadi penyebab terjadinya banjir disekitar pesisir pantai ataupun laut.
7. Banjir kiriman merupakan faktor banjir yang terjadi akibat aliran air dari daerah lain;
8. Penurunan muka tanah mengakibatkan wilayah mudah terendam air.

Adapun faktor pendukung terjadinya bencana banjir berdasar beberapa kajian yang relevan dengan studi kasus adalah:

1. Faktor curah hujan menurut Nugroho (2002) bahwa banjir yang telah terjadi di Jakarta pada tahun 2002 disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi diakrenakan adanya pusat tekanan rendah di atas Selat Sunda dan di Samudera Hindia hal ini menyebabkan uap air yang basah terkumpul menjadi sebuah badai hujan. Sedangkan menurut Haslinda B. Anriani dkk. (2019) menyebutkan bahwa hujan yang berlangsung selama satu sampai dua jam dengan tingkat intensitas curah hujan tinggi dapat menimbulkan genangan di jalan-jalan besar Kota Makassar.
2. Faktor kemiringan lereng menjadi salah satu faktor pendukung terjadinya banjir sebagaimana Darmawan dan Suprayogi (2017) mendefinisikan bahwa kemiringan lereng adalah perbandingan persentase antara jarak tinggi lahan dengan jarak panjang lahan datar. Semakin landai kemiringan lerengnya maka akan sangat berpotensi terjadinya banjir, sebaliknya jika semakin curam kemiringannya maka akan semakin jauh dari potensi bencana banjir.
3. Faktor drainase, berdasarkan pemangku kepentingan yang diwawancarai oleh Rachmat dan Pamungkas (2014) bahwa kondisi drainase yang tidak memadai menjelaskan keadaan infrastruktur utama pengendali banjir yang tidak berfungsi dengan optimal khususnya saat terjadi bencana banjir. Banjir semakin besar yang dikarenakan kondisi drainase yang belum terbangun, interkoneksi drainase yang buruk. Hal ini dijelaskan kembali dalam Haslinda B. Anriani dkk. (2019) berdasarkan beberapa hasil penelitian penyebab banjir Kota Makassar drainase yang tidak memadai juga menjadi penyebab terjadinya banjir hal ini disebabkan oleh perencanaan drainase perkotaan yang buruk dan komponen yang tidak terkoneksi satu sama lain.
4. Faktor debit air sungai, merujuk dalam Talumepa dkk. (2017) menyatakan bahwa sungai memiliki peran yang sangat penting dalam siklus air, dengan jatuhnya hujan ke daratan maka air akan kembali ke laut melalui sungai. Melalui perhitungan periode ulang debit air yang mengalami penambahan setiap waktu akan menyebabkan meluapnya air pada suatu sungai sehingga

terjadi bencana banjir. Selain dari pada itu kecepatan aliran sungai menjadi lambat dan tinggi muka air menjadi lebih besar.

5. Faktor penggunaan lahan juga menjadi salah satu sebab terjadinya banjir berdasarkan kajian karakteristik banjir Kota Makassar menurut Haslinda B. Anriani dkk. (2019) menyebutkan bahwa genangan air yang terjadi diakibatkan adanya perubahan lahan yang akan berdampak pada kesulitan daya serap aliran air ke dalam tanah. Kondisi ini biasanya banyak terjadi di pusat kota yang merupakan wilayah pembangunan pusat kota dengan kepadatan bangunan tinggi. Pembangunan guna lahan tersebut antara lain pemukiman, pertokoan, dan perkantoran, dengan rata-rata aliran permukaan 0-53 mm.

### **2.1.3 Identifikasi karakteristik banjir**

Karakter banjir dapat diketahui dengan kondisi fisik air. Menurut Widyaningrum dkk. (2022) menganalisa bahwa karakteristik genangan air dengan beberapa indikator berikut.

#### **1. Laju Infiltrasi dan Intensitas Curah Hujan**

Merupakan identifikasi genangan dari curah hujan yang turun dan analisa infiltrasi hitung, sehingga dapat terlihat rekapitulasi data genangan air.

#### **2. Tinggi Genangan**

Identifikasi banjir ini diketahui dari data infiltrasi hitung untuk melihat ketinggian genangan air pada suatu titik kasus wilayah. Semakin besar curah hujan maka rerata tinggi genangan juga akan semakin bertambah.

#### **3. Waktu Genangan**

Identifikasi waktu genangan didapatkan dari data waktu curah hujan. Semakin besar intensitas curah hujan maka rerata waktu genangan juga akan meningkat.

#### **4. Volume Genangan**

Dalam mengidentifikasi volume genangan membutuhkan data curah hujan dan tinggi genangan untuk menghitung panjang, luas, serta lebar volume air, dimana semakin bertambahnya tingkat curah hujan maka tinggi dan volume semakin meningkat.

## 2.1.4 Klasifikasi ketinggian bahaya banjir

*Australian Government Bureau of Meteorology* (2017) mengidentifikasi dan menentukan klasifikasi banjir berdasarkan laporan kejadian banjir yang pernah terjadi pada suatu wilayah. Klasifikasi banjir dibagi tiga kelas yaitu banjir kecil, banjir sedang dan banjir besar, adapun parameter banjir tersebut sebagai berikut.

### 1. Banjir kecil

Banjir kecil berdampak pada dataran rendah dimana air yang tergenang menutupi sebagian jalan, halaman rumah, dan jembatan. Banjir kecil diklasifikasi pada rentang ketinggian air 1.55 meter – 2.30 meter.

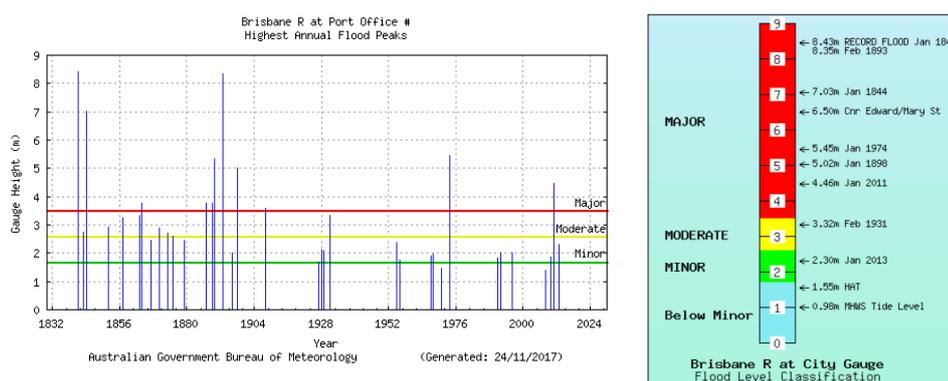
### 2. Banjir sedang

Banjir sedang merupakan luas genangan yang lebih besar berdampak pada permukiman dan lalu lintas perkotaan yang memerlukan evakuasi daerah yang terdampak banjir. Dimana klasifikasi banjir sedang ini adalah 2.30 meter – 3.32 meter.

### 3. Banjir besar

Banjir besar secara dampak sama dengan banjir kecil dan sedang namun pada banjir ini tingkat kedalaman lebih tinggi dari banjir lainnya yaitu diklasifikasikan antara 4.46 meter – 8.43 meter.

Klasifikasi banjir berdasarkan ketinggian ditampilkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Klasifikasi banjir berdasarkan ketinggian  
Sumber: [www.bom.gov.au](http://www.bom.gov.au), 2017

Klasifikasi ketinggian banjir dikelompokkan ke dalam tiga kelas bahaya banjir yaitu kelas rendah, kelas sedang dan kelas tinggi berdasarkan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang dikemukakan oleh para ahli. Parameter

ketinggian bahaya banjir diklasifikasikan oleh Prayudhatama dan Faizah (2013) sebagai berikut.

#### 1. Tinggi genangan

Semakin tinggi genangan yang terjadi, maka tingkat bahaya di suatu wilayah juga semakin tinggi. Parameter tinggi genangan banjir diklasifikasikan sebagai berikut :

- 1)  $< 76$  cm (rendah),
- 2)  $76 - 150$  cm (sedang),
- 3)  $> 150$  cm (tinggi)

#### 2. Lama genangan

Semakin lama genangan yang terjadi, maka tingkat bahaya wilayah tersebut akan semakin besar. Adapun parameter lama genangan diklasifikasikan sebagai berikut :

- 1)  $< 12$  jam (rendah),
- 2)  $12 - 24$  jam (sedang),
- 3)  $> 24$  jam (tinggi)

#### 3. Frekuensi genangan

Semakin tinggi kejadian atau frekuensi genangan banjir yang menimpa suatu wilayah maka semakin tinggi juga tingkat bahaya banjir wilayah tersebut. Parameter frekuensi genangan diklasifikasikan sebagai berikut :

- 1)  $0 - 5$  kali (rendah),
- 2)  $6 - 20$  kali (sedang),
- 3)  $> 20$  kali (tinggi)

#### 4. Luas genangan

Begitupun dengan luas genangan apabila genangan suatu wilayah semakin meluas maka tingkat bahaya banjir juga meluas. Adapun parameter tingkat bahaya luasan genangan sebagai berikut :

- 1)  $< 100$  m<sup>2</sup> (rendah),
- 2)  $100$  m<sup>2</sup> -  $300$  m<sup>2</sup> (sedang),
- 3)  $> 300$  m<sup>2</sup> (tinggi)

## 2.2 Curah Hujan

Balai Besar BMKG menjelaskan curah hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir, unsur hujan satu milimeter (mm) artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air hujan setinggi satu mm atau tertampung air hujan sebanyak satu liter. BMKG membagi intensitas curah hujan menjadi enam klasifikasi yaitu :

- 1) 0-100 mm/bulan : Rendah
- 2) 100-300 mm/bulan : Sedang
- 3) 300-500 mm/bulan : Tinggi
- 4) > 500 mm/bulan : Sangat tinggi

Daerah yang mempunyai curah hujan yang tinggi maka daerah tersebut akan lebih berpengaruh terhadap kejadian banjir. Berdasarkan hal tersebut maka untuk pemberian skor ditentukan aturan yaitu semakin tinggi curah hujan maka skor untuk tingkat kerawanan semakin tinggi. (Pano, 2019) dalam (Akbar, 2023)

### 2.2.1 Curah hujan kawasan

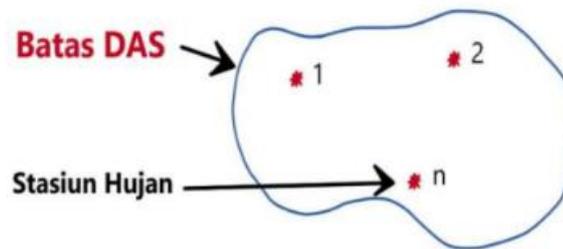
Curah hujan yang jatuh kepermukaan bumi tidak hanya jatuh pada satu tempat, hal ini menjadikan curah hujan tidak hanya diserap oleh tanah. Sama seperti pada siklus hidrologi hujan, curah hujan dapat berakhir dalam beberapa kondisi, ada yang diserap oleh vegetasi, ada yang terlimpas oleh permukaan, dan ada pula yang menguap (evaporasi). Curah hujan kawasan/wilayah merupakan curah hujan yang bukan hanya dilihat dari satu stasiun hujan saja, namun melainkan dari beberapa stasiun hujan yang datanya diolah dengan beberapa metode seperti rata-rata aritmatika, metode *polygon thiessen*, dan metode *isohyet* (Nurdiansyah, 2022).

Tallar (2023) menjelaskan dasar-dasar hidrologi tentang terapan metode perhitungan curah hujan sebagai berikut.

#### 1. Rata-Rata Aritmatika (Aljabar)

Metode ini merupakan metode dasar dan paling sederhana dalam menganalisa rerata curah hujan yang jatuh dalam suatu wilayah/kawasan. Metode

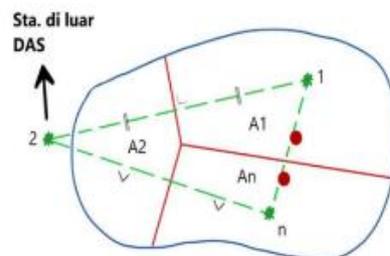
ini akan dapat akurat jika wilayah yang diteliti tergolong datar dan stasiun curah hujan tersebar secara merata. Metode tersebut ditampilkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2 metode rata-rata aljabar  
Sumber : Arbaningrum, upj.ac.id, 2015

## 2. *Polygon thiessen*

Metode *polygon thiessen* menitikberatkan pada analisis curah hujan dengan rata-rata berat kuantitas hujan (*weighted average*) pada wilayah yang ditinjau. Dalam hal itu metode ini menganalisis seberapa besar bobot pengaruh dari penyebaran tiap-tiap stasiun hujan pada daerah tersebut. metode ini dianggap lebih baik dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Metode tersebut diilustrasikan pada **Gambar 3**.

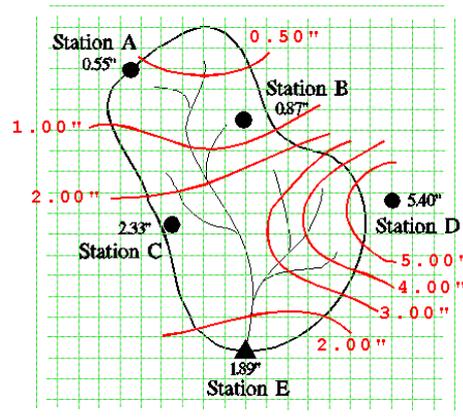


Gambar 3 Metode *polygon thiessen*  
Sumber : Arbaningrum, upj.ac.id, 2015

## 3. *Isohyet*

*Isohyet* merupakan metode yang cukup sering digunakan dalam menganalisis rata-rata curah hujan wilayah yang menggunakan garis bantu dari nilai curah hujan yang setara. Metode ini mengamsusikan hujan pada suatu wilayah di antara dua garis isohyet yang merata dan sama dengan nilai rata-rata dari kedua garis isohyet wilayah. Metode ini cocok dengan topografi wilayah pegunungan maupun wilayah landai. Pada karakteristik curah hujan yang waktunya relatif pendek dan pos stasiun curah hujan yang merata cukup

representatif dalam menganalisis sebaran curah hujan. Metode tersebut diilustrasikan pada **Gambar 4**.



Gambar 4 Metode *isohyet*

Sumber : *National Weather Service, weather.gov., 2021*

### 2.2.2 Pola distribusi intensitas hujan

Pola distribusi hujan merupakan suatu pola sebaran hujan dimana pencatatan hujan biasanya dilakukan dengan suatu interval waktu tertentu, dimana pada umumnya dilakukan dalam satuan waktu harian, jam-jaman atau menit. Agar distribusi hujan selama terjadinya hujan dapat diketahui pencatatan lebih baik dilakukan dengan interval waktu yang singkat (Gustoro, 2018). Selain itu, menurut Suroso (2006) dalam Gustoro (2018) bahwa intensitas hujan merupakan ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut terkonsentrasi, dengan satuan mm/jam. Tingginya intensitas curah hujan sangat penting dalam perhitungan debit banjir rencana berdasar metode rasional durasi yaitu lamanya suatu kejadian hujan.

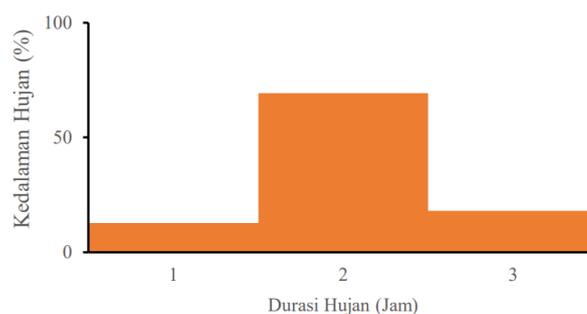
#### 1. Pola Distribusi Modified Mononobe

Intensitas hujan yang diperlukan untuk memperkirakan aliran banjir rencana dengan cara hidrograf satuan. Berdasar hal itu perlu diketahui sebaran hujan perjam dengan suatu interval tertentu. Data hujan perjam tersebut digunakan untuk membuat lengkung *Intensity Duration Frequency* (IDF) dengan persamaan Talbot, Sherman, atau Ishiguro. Apabila yang tersedia adalah data hujan harian, Triatmodjo (2008) dalam Gustoro (2018) namun apabila data yang tersedia hanya hujan harian maka intensitas hujan perjam dapat dihitung dengan menggunakan

rumus mononobe. Metode ini merupakan metode untuk menghitung intensitas hujan selama 24 jam apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia dan hanya memiliki data curah hujan harian (Erwanto dkk. 2021).

## 2. Pola Distribusi *Alternating Block Method* (ABM)

Chow dkk, (1988) dalam Gustoro (2018) menjelaskan bahwa *Alternating Block Method* (ABM) salah satu cara sederhana untuk membuat *hyetograph* rencana yaitu hujan rencana yang didistribusikan ke dalam hujan perjam menjadi kurva *Intensity Duration Frequency* (IDF). *Hyetograph* rencana yang dihasilkan metode ini yaitu hujan yang terjadi dalam  $n$  rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi  $\Delta t$  selama waktu  $Td = n \Delta t$ . Untuk periode ulang tertentu, intensitas hujan diperoleh dari kurva IDF pada setiap durasi waktu turut berturut  $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, \dots, n\Delta t$ . Ketebalan hujan diperoleh dari perkalian antara intensitas hujan dan durasi waktu tersebut. Perbedaan antara nilai ketebalan hujan yang berurutan merupakan pertambahan hujan dalam interval waktu  $\Delta t$ . Pertambahan hujan tersebut (blok-blok), diurutkan kembali ke dalam rangkaian waktu dengan intensitas maksimum berada pada tengah-tengah durasi hujan  $Td$  dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak-balik pada kanan dan kiri dari blok tengah. Contoh gambar *hyetograph* metode ABM dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Metode *alternating block method*  
Sumber : Gustoro, dspace.uii.ac.id, 2018

### 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 tersebut terjadi dari berbagai sumber, sebagai berikut.

1. Aliran permukaan

Merupakan bagian dari air hujan yang mengalir secara langsung di atas permukaan tanah dalam lapisan tipis. Aliran permukaan dapat terkonsentrasi.

2. Aliran antara

Merupakan 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

Merupakan 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

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.

5. Aliran sungai

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 Kawasan Permukiman Informal**

Permukiman informal merujuk pada daerah pemukiman yang tidak mematuhi dan memenuhi persyaratan otoritas kota. Daerah pemukiman ini

bersifat tidak resmi dan biasanya terletak di lahan yang bukan ditujukan untuk perumahan. Pertumbuhan permukiman ini disebabkan oleh urbanisasi yang berlangsung lebih cepat daripada kemampuan pemerintah dalam menyediakan lahan, infrastruktur, dan hunian yang memadai. (*Western Cape Government, 2013*)

Menurut *Western Cape Government (2013)*, permukiman informal memiliki beberapa ciri khas, termasuk infrastruktur yang tidak memadai, lingkungan yang tidak sesuai, kepadatan penduduk yang tidak terkendali, rendahnya kualitas kesehatan, tempat tinggal yang tidak layak, akses yang buruk ke fasilitas pendidikan, kesehatan, dan kesempatan kerja, serta pemerintahan dan manajemen yang tidak efektif. Oleh karena itu, daerah permukiman informal ini memiliki risiko tinggi terhadap masalah kesehatan, kejahatan, dan kebakaran.

*Western Cape Government (2013)* permukiman informal muncul sebagai hasil dari sejumlah faktor, termasuk pertumbuhan penduduk dan migrasi ke kota, kesulitan akses terhadap perumahan yang terjangkau bagi masyarakat miskin di perkotaan, tata kelola yang kurang optimal (khususnya dalam kebijakan, perencanaan, dan pengelolaan lahan perkotaan yang berpotensi menyebabkan konflik sengketa lahan), tingkat kerentanan ekonomi dan pekerjaan yang berupah rendah, diskriminasi terhadap kelompok marjinal, serta relokasi akibat bencana alam, konflik, dan perubahan iklim.

Dalam mengidentifikasi wilayah yang termasuk ke dalam kawasan permukiman informal, terdapat beberapa karakteristik khas dari permukiman informal tersebut. Menurut Kohli et al. (2012) dalam menentukan kawasan permukiman informal, penelitian telah memberikan sejumlah karakteristik yang dapat diidentifikasi melalui pengamatan citra satelit. Beberapa karakteristik ini mencakup ukuran bangunan, jenis material atap, ketersediaan jalan, adanya jalan yang tidak teratur, kurangnya ruang terbuka, kepadatan atau kerapatan bangunan, serta pola permukiman yang tidak teratur. Menurut Alzamil (2018) dalam mengidentifikasi karakteristik bahwa khas dari permukiman informal meliputi ukuran atau luas bangunan, kondisi fisik bangunan yang buruk, kekurangan fasilitas di dalam bangunan seperti toilet dan dapur, kurangnya area bermain anak, akses air bersih yang buruk, sistem pembuangan air limbah yang tidak memadai,

pengelolaan sampah yang tidak memadai, dan terbatasnya ketersediaan ruang terbuka hijau. Sementara itu, Msimang (2017) menyoroti karakteristik dengan mengidentifikasi beberapa aspek infrastruktur seperti kurangnya sarana prasarana pengelolaan sampah, aksesibilitas, fasilitas toilet, sanitasi yang memadai, ketersediaan air bersih, serta sistem drainase yang buruk dalam permukiman informal.

### **2.3.1 Identifikasi kawasan permukiman informal**

Dovey dan King (2011) menguraikan bahwa berbagai indikator yang dapat dipakai untuk mengidentifikasi kawasan permukiman informal melalui pemetaan dengan menggunakan tipologi. Beberapa di antaranya adalah:

1. Kawasan campuran (mixed-use districts)

Kawasan permukiman kumuh di perkotaan umumnya merupakan permukiman informal yang semakin berkembang menjadi kawasan campuran yang mencakup perdagangan dan industri.

2. Berada di tepi badan air (waterfront margins)

Permukiman informal umumnya berlokasi pada tepian badan air seperti sungai, kanal, danau, atau pantai. Permukiman ini seringkali merupakan lokasi yang sebelumnya rawan bencana banjir.

3. Berada di lereng terjal (escarpment)

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

4. Hak guna terbatas (easement areas)

Kawasan permukiman informal kerap kali menempati lokasi yang merupakan hak guna terbatas atau zona penyangga, seperti kawasan di sekitar rel kereta, di bawah jembatan, atau di bawah jalan layang, serta berbagai lokasi yang dapat dihuni.

5. Trotoar (sidewalks)

Dalam kondisi serupa dengan hak guna terbatas, trotoar juga dapat menjadi lokasi bagi permukiman informal. Permukiman informal menempati ruang yang tersisa di trotoar sebagai batas antara kawasan tertentu dan trotoar.

#### 6. Mengikuti (adherences)

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

#### 7. Area belakang kawasan (backstage areas)

Tipologi ini hampir sama dengan tipologi "Mengikuti" di mana permukiman informal muncul pada jeda antara bangunan formal yang sudah ada dan bergantung pada kawasan formal atau legal.

#### 8. Membentuk pagar (enclosed areas)

Permukiman informal sering ditemukan di dalam lingkungan kawasan formal seperti bangunan besar, tanah kosong, atau kompleks institusi yang menjadi batas antara kawasan formal dengan kawasan lainnya, membentuk pagar atau batas bagi kawasan formal.

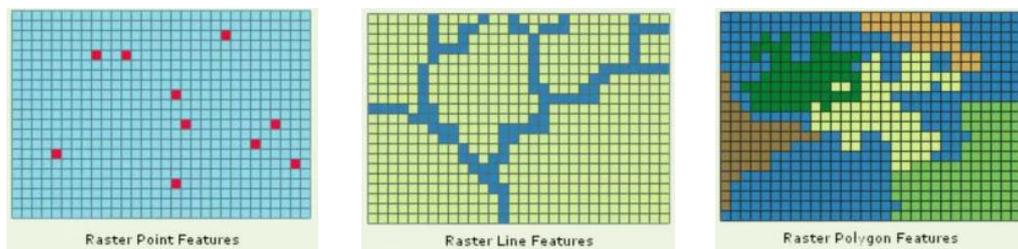
## 2.4 Basis Data Spasial

Muntikawati (2020) menjelaskan basis data spasial yang digunakan dalam memeroses analisis wilayah. Data spasial adalah data yang berhubungan dengan lokasi geografis dan menggunakan sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensi. Dalam konteks Sistem Informasi Geografis (SIG), sebagian besar data yang dikelola adalah data spasial. Data spasial memiliki dua komponen penting yang membedakannya dari jenis data lainnya, yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (atribut).

1. Informasi lokasi (spasial) merupakan informasi yang berkaitan dengan suatu koordinat baik koordinat geografi (lintang dan bujur) maupun koordinat Cartesian  $x$ ,  $y$ ,  $z$  (absis, koordinat dan ketinggian), termasuk diantaranya sistem proyeksi.
2. Informasi deskriptif (atribut) atau informasi non-spasial merupakan informasi suatu lokasi yang memiliki beberapa keterangan yang berkaitan dengan lokasi tersebut, contohnya jenis vegetasi, populasi, luasan, kode pos, dan sebagainya. Informasi atribut seringkali digunakan pula untuk menyatakan kualitas dari lokasi.

### 2.4.1 Model data raster

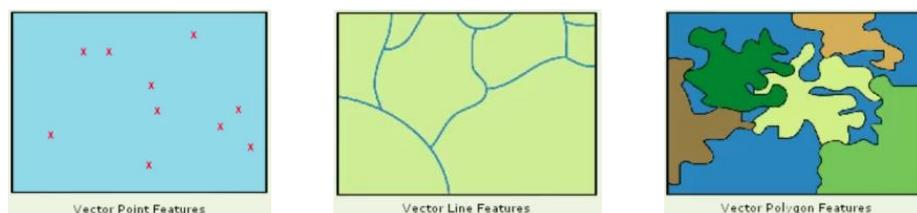
Menurut Muntikawati (2020) data raster, juga dikenal sebagai sel grid, adalah jenis data yang dihasilkan oleh sistem penginderaan jauh. Dalam data raster, objek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel grid yang disebut piksel (*picture element*). Resolusi dalam data raster ditentukan oleh ukuran piksel. Dengan kata lain, resolusi piksel menggambarkan ukuran sebenarnya dari permukaan bumi yang direpresentasikan oleh setiap piksel dalam citra. Semakin kecil ukuran permukaan bumi yang direpresentasikan oleh satu sel, semakin tinggi resolusi citra tersebut. berikut **Gambar 6** ilustrasi model raster.



Gambar 6 Model data raster  
Sumber : [www.paulipu.com](http://www.paulipu.com), 2023

### 2.4.2 Model data vektor

Data vektor merupakan bentuk representasi bumi yang menggunakan kumpulan garis, area (daerah yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama), titik, dan nodes (titik perpotongan antara dua garis). Keunggulan utama dari format data vektor adalah kemampuannya dalam merepresentasikan fitur titik, batas, dan garis lurus dengan akurasi tinggi. Hal ini sangat bermanfaat dalam analisis yang memerlukan ketepatan posisi, seperti pada basis data batas kadaster. Contoh penggunaan lainnya adalah dengan menentukan hubungan spasial antara beberapa fitur (Muntikawati, 2020). berikut **Gambar 7** ilustrasi model vektor.

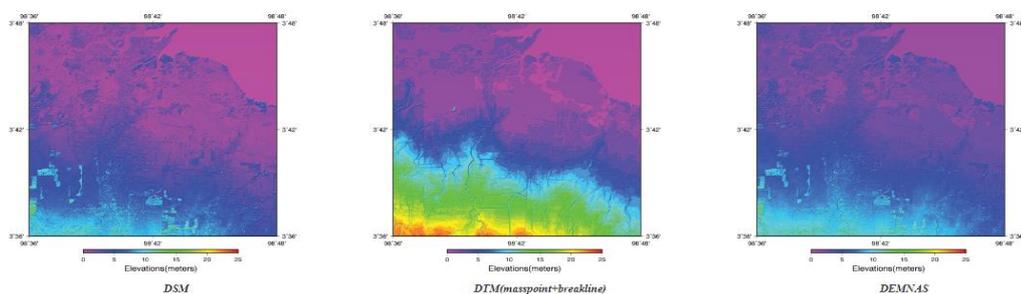


Gambar 7 Model data vektor  
Sumber : [www.paulipu.com](http://www.paulipu.com), 2023

## 2.5 Digital Elevation Model Nasional (DEM-NAS)

BIG dalam Iswari dan Anggraini (2018) menyatakan bahwa data *Digital Elevation Model* (DEM) secara nasional diterbitkan oleh BIG dan dikenal dengan nama DEM-NAS *Digital Elevation Model* Nasional. DEM-NAS merupakan hasil integrasi beberapa sumber data ketinggian, termasuk data IFSAR (resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi 5m), dan ALOS PALSAR (11.25m). Dengan menggunakan berbagai jenis data ini, DEM-NAS memiliki resolusi spasial sebesar  $0.27 \text{ arc-second}$ .

Proses asimilasi pada data DEM-NAS dilakukan menggunakan *GMT-surface* dengan nilai tension sebesar 0,32. Mengacu pada penjelasan Hell dan Jakobsson (2011) dalam Iswari dan Anggraini (2018) bahwa datum atau referensi vertikal yang digunakan dalam DEM-NAS adalah *Earth Gravitational Model* 2008 (EGM 2008). Selain itu juga dijelaskan bahwa data yang telah terintegrasi ini juga dilengkapi dengan titik-titik ikat yaitu titik-titik yang menyimpan informasi koordinat tiga dimensi, yaitu x, y, dan z di permukaan bumi. Berdasarkan hal itu, DEM-NAS menyediakan representasi digital tentang ketinggian permukaan bumi secara nasional, dengan tingkat resolusi yang tinggi. Data ini memiliki banyak hasil olah data di berbagai bidang, termasuk pemodelan topografi, hidrologi, analisis lereng, dan pemetaan yang akurat. berikut **Gambar 8** merupakan ilustrasi dari DEM.



Gambar 8 Model digital ketinggian permukaan bumi  
Sumber : Badan Informasi Geospasial, tanahair.indonesia.go.id, 2018

## 2.6 Tutupan Lahan

Menurut standar SNI 7645:2010 tentang klasifikasi lahan, tutupan lahan didefinisikan sebagai tutupan biofisik yang terlihat di permukaan bumi, yang 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 terdiri dari dua bagian utama, yaitu daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi. Daerah bervegetasi dibagi menjadi tiga jenis, yaitu daerah pertanian dan daerah bukan pertanian. Sementara itu, daerah tak bervegetasi dibagi menjadi tiga jenis pula, yaitu lahan terbangun, lahan tidak terbangun, dan perairan. Pada **Tabel 1** merupakan standar dalam menyajikan klasifikasi penutup lahan yang dapat digunakan sebagai acuan.

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   | Hampanan 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                           |

| No    | Kelas Penutup Lahan              |
|-------|----------------------------------|
| 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 lahan

Lusi dan Utama (2020) menjelaskan perubahan penggunaan lahan merujuk pada transformasi suatu kawasan yang sebelumnya memiliki karakteristik resapan air menjadi kawasan terbangun. Perubahan ini umumnya terjadi karena sebagian besar area resapan air dikembangkan menjadi lokasi perkembangan kota, industri, kegiatan ekonomi, dan pemukiman. Peningkatan jumlah penduduk yang memerlukan tempat tinggal menjadi faktor utama yang mengurangi luasnya area resapan air, yang pada gilirannya menyebabkan peningkatan aliran permukaan dan risiko banjir.

### 2.7.1 Koefisien kekasaran *mannig*

Chow (1997) dalam Sanusi dan Pratiwi (2020) menerangkan salah satu metode untuk menghitung debit aliran air adalah metode *mannig*, yaitu mempertimbangkan kondisi lingkungan sekitar saluran dan komponen saluran itu sendiri. Besarnya debit aliran dalam saluran dipengaruhi oleh tingkat kekasaran dasar saluran. Pengaruh kekasaran pada saluran dinyatakan dengan nilai yang disebut koefisien kekasaran *mannig*. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai koefisien kekasaran *mannig* meliputi bahan penyusun permukaan basah saluran, sifat fisik tanah, ketidakteraturan saluran, vegetasi yang tumbuh di dalam saluran, serta proses pengendapan dan penggerusan di dalam saluran. Jika saluran terdiri dari bahan seperti kerikil dan kerakal, maka nilai *mannig* (N) biasanya tinggi, terutama saat tinggi atau rendahnya permukaan air dalam saluran.

Menurut standar SNI 2830:2008 tentang tata cara perhitungan tinggi muka air sungai dengan cara pias berdasarkan rumus *mannig*, koefisien kekasaran *mannig* dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu sungai besar, bantaran banjir, dan sungai kecil. Sungai kecil sendiri terbagi menjadi dua jenis, yaitu sungai yang

mengalir di dataran rendah dan sungai yang mengalir di pegunungan. Sementara itu, sungai besar hanya memiliki satu jenis, yaitu sungai yang mengalir di dataran rendah. Selain itu bantaran banjir juga memiliki empat jenis, yaitu bantaran yang digunakan sebagai padang gembalaan tanpa semak belukar, bantaran yang digunakan sebagai tegalan, bantaran yang ditumbuhi semak belukar, dan bantaran yang memiliki pohon-pohon tumbuh di sekitarnya. (Badan Standardisasi Nasional, 2008)

Pemilihan koefisien kekasaran *manning* yang sesuai dengan jenis sungai atau bantaran sungai tertentu sangat penting dalam perhitungan debit aliran air. Koefisien kekasaran *manning* mempengaruhi nilai kekasaran dasar saluran, yang pada akhirnya memengaruhi laju aliran air. Oleh karena itu, dengan menggunakan klasifikasi yang tercantum dalam standar SNI 2830:2008, dapat dilakukan penyesuaian yang tepat dalam estimasi debit aliran air untuk sungai dan bantaran banjir yang spesifik pada **Tabel 2**.

Tabel 2 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   |                          |        |          |
| 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: krikil, krakal, dengan   |                          |        |          |

| Kondisi dan Tipe Alur  | Kekasaran <i>Manning</i> |        |          |
|--|--------------------------|--------|----------|
|  | Minimum                  | Normal | Maksimum |
| 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    |
| 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 tentang Tata Cara Perhitungan Tinggi Muka Air Sungai dengan Cara Pias Berdasarkan Rumus Manning

Metode penilaian *manning* ini digunakan untuk mengestimasi debit aliran air dalam saluran dengan mempertimbangkan karakteristik fisik saluran dan kondisi lingkungan sekitarnya. Dengan memperhitungkan faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien kekasaran *manning*, metode ini membantu dalam perencanaan dan perhitungan hidrologi yang berkaitan dengan aliran air dalam saluran.

## 2.7.2 Koefisien Limpasan

Bersadarkan Hadiyaturrohmi (2021) menerangkan definisi koefisien limpasan adalah parameter yang digunakan untuk mengukur proporsi air hujan yang mengalir permukaan dan tidak dapat diserap oleh tanah atau infiltrasi. Koefisien limpasan memberikan perbandingan antara volume aliran permukaan dengan volume hujan yang jatuh di suatu wilayah. Dalam konteks hidrologi, ketika hujan jatuh di suatu wilayah, sebagian air akan diserap oleh tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya akan mengalir di permukaan (limpasan). Koefisien limpasan digunakan untuk mengetahui seberapa besar persentase air hujan yang menjadi limpasan permukaan dibandingkan dengan total volume hujan yang jatuh. Nilai koefisien limpasan dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor, termasuk karakteristik tanah, tutupan lahan, topografi, curah hujan, dan kondisi hidrologi wilayah tersebut. Penentuan nilai koefisien limpasan yang akurat dan representatif merupakan bagian penting dalam analisis hidrologi, perencanaan tata air, dan manajemen sumber daya air.

Menurut standar SNI 03-2415-1991 revisi 2004 tentang tata cara perhitungan debit banjir rencana, nilai pada koefisien limpasan (C) dibagi menjadi sembilan kategori yang berbeda. Kategori tersebut mencakup daerah perdagangan, daerah permukiman, daerah industri, lapangan, halaman jalan kereta api, lahan tidak terpelihara, jalan, halaman berumput, dan halaman berumput tanah pasir padat. Setiap kategori memiliki nilai koefisien limpasan yang berbeda, yang mencerminkan karakteristik hidrologi khusus dari setiap jenis area tersebut. Nilai koefisien limpasan digunakan untuk menghitung atau memperkirakan jumlah limpasan permukaan yang dihasilkan oleh air hujan pada masing-masing jenis area (Badan Standardisasi Nasional, 2004). **Tabel 3** merupakan pembagian Koefisien limpasan.

Tabel 3 Koefisien aliran limpasan

| <b>Jenis Daerah / Kondisi Permukaan</b> | <b>Koefisien Aliran</b> |
|---|-------------------------|
| Daerah Perdagangan                      |                         |
| - Kota                                  | 0,70-0,95               |
| - Sekitar Kota                          | 0,50-0,70               |
| Daerah Permukiman                       | 0,30-0,50               |
| - Satu Rumah                            | 0,40-0,60               |
| - Banyak Rumah, terpisah                | 0,60-0,75               |

| <b>Jenis Daerah / Kondisi Permukaan</b> | <b>Koefisien Aliran</b> |
|---|-------------------------|
| - Banyak Rumah, Rapat                   | 0,25-0,40               |
| - Permukiman, Pinggiran Kota            | 0,50-0,70               |
| - Apartemen                             |                         |
| Daerah Indsutri                         | 0,50-0,80               |
| - Ringan                                | 0,60-0,90               |
| - Padat                                 |                         |
| 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               |
| 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                        | 0,05-0,10               |
| - Datar, 2%                             | 0,10-0,15               |
| - Rata-rata, 2-7%                       | 0,15-0,20               |
| - Curam, 7% atau lebih                  |                         |
| 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 Revisi 2004 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana

Standar SNI tersebut menyajikan nilai koefisien limpasan untuk setiap kategori tersebut. Tabel ini dapat digunakan sebagai referensi untuk mengestimasi limpasan permukaan berdasarkan jenis area atau penggunaan lahan tertentu. Pemilihan nilai koefisien limpasan yang sesuai dengan jenis area atau penggunaan lahan yang relevan sangat penting dalam analisis hidrologi, perencanaan tata air, dan manajemen air yang efektif.

## 2.7 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Esri (2018) sebagai perusahaan yang bergerak di bidang aplikasi informasi geografi mendefinisikan sistem informasi geografis (SIG) adalah sistem yang membuat, mengelola, menganalisis, dan memetakan semua jenis data. SIG menghubungkan data ke peta, mengintegrasikan data lokasi dengan semua jenis informasi deskriptif. Hal ini memberikan landasan untuk pemetaan dan analisis yang digunakan dalam sains dan hampir setiap industri. SIG membantu pengguna memahami pola, hubungan, dan konteks geografis. Manfaatnya meliputi peningkatan komunikasi dan efisiensi serta manajemen dan pengambilan keputusan yang lebih baik.

Sugandi dkk. (2009) menjelaskan SIG merupakan suatu sistem yang dirancang untuk bekerja dengan data yang bereferensi spasial atau berkoordinat geografi. Sedangkan daripada itu Anon (2001) dalam Sugandi dkk. (2009) berpendapat bahwa SIG adalah teknologi sistem informasi yang dapat memadukan antara data grafis (spasial) dengan data teks (atribut) objek yang dihubungkan secara geografis di bumi (*georeference*). SIG juga dapat menggabungkan data, mengatur data dan melakukan analisis data yang menghasilkan keluaran yang dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi.

## **2.8 Flood Modelling Software**

Mengutip dari Goodarzi dan Eslamian (2022) menjelaskan terkait *flood modelling software* atau aplikasi pemodelan banjir digunakan untuk menunjukkan kemampuan *software* dalam meramalkan dan memperkirakan banjir serta aliran sungai, penggunaannya dalam daerah aliran sungai, dan penekanan pada penggunaannya pada skala yang lebih besar daripada aliran sungai untuk manajemen pemodelan banjir.

### **2.8.1 HEC-RAS software**

Aplikasi HEC-RAS, dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan bagian dari *US Army Corps of Engineers*. *Software* ini dirancang untuk memodelkan aliran saluran terbuka dan saluran lainnya menggunakan pemodelan aliran satu dimensi, baik dalam kondisi aliran stabil maupun tidak stabil (*steady* dan *unsteady flow model*). (Eslamian dan Eslamian, 2022)

Eslamian dan Eslamian (2022) menjelaskan HEC-RAS memiliki empat komponen utama yang membutuhkan data geometri yang sama, rutinitas perhitungan hidraulika yang sama, dan fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah perhitungan profil muka air dilakukan. Keempat komponen tersebut adalah:

1. Perhitungan profil muka air aliran stabil (*Steady Flow*), komponen ini digunakan untuk memodelkan aliran pada *steady flow* dalam saluran terbuka

dengan memperhitungkan pengaruh geometri saluran dan kekasaran dasar saluran.

2. Simulasi aliran tidak stabil (*Unsteady Flow*), komponen ini digunakan untuk memodelkan aliran pada *unsteady flow* dalam saluran terbuka dengan mempertimbangkan perubahan waktu dalam debit aliran dan profil muka air. Hal ini memungkinkan analisis terhadap perubahan kondisi aliran dari waktu ke waktu, termasuk banjir.
3. Perhitungan angkutan sedimen, komponen ini digunakan untuk memodelkan transportasi sedimen dalam saluran terbuka. Hal ini memungkinkan analisis terhadap pergerakan sedimen dan perubahan karakteristik saluran terkait dengan angkutan sedimen.
4. Perhitungan kualitas air, komponen ini digunakan untuk memodelkan kualitas air dalam saluran terbuka, seperti parameter pencemaran atau zat-zat kimia yang terlarut. Hal ini membantu dalam menganalisis dampak lingkungan dan kebutuhan pengelolaan kualitas air.

HEC-RAS dapat digunakan dalam penelitian dampak spasial banjir pada kawasan permukiman informal di Kecamatan Mariso dan Kecamatan Mamajang, untuk menyimulasikan model banjir dalam visualisasi satu dimensi dan dua dimensi. *US Army Corps of Engineers* (2023) sebagai pengembang *software* HEC-RAS memberikan informasi penggunaan fitur- fitur untuk menyimulasikan sebagai berikut.

1. *Software* HEC-RAS memiliki berbagai program yang dapat digunakan, termasuk modifikasi medan (*terrain modification*), perhitungan data tutupan lahan (*land cover data*), proses data geometri, dan simulasi aliran tidak tetap (*unsteady flow simulation*) dengan menggunakan curah hujan dan debit aliran sungai sebagai acuan.
2. Program *terrain modification* dalam HEC-RAS digunakan untuk mengubah medan dengan menambahkan fitur-fitur penting seperti dasar saluran, jaringan drainase, tanggul, dan jalan raya. Ini membantu menyempurnakan data medan agar dapat merepresentasikan permukaan tanah dengan lebih baik.
3. *Land cover* data digunakan untuk mengklasifikasikan penggunaan lahan berdasarkan koefisien kekasaran *manning* dan persentase ketahanan lahan atau

koefisien limpasan. Hal ini berguna dalam permodelan banjir pada lahan yang akan digunakan.

4. *Geometry data* digunakan untuk mengembangkan model hidrolika sungai dengan representasi medan yang akurat, sehingga dapat memprediksi pergerakan air melalui sistem. Data geometri mencakup area aliran 2D dengan permukaan yang telah dimodifikasi berdasarkan elevasi dan kedalaman medan.
5. *Unsteady flow simulation* menggunakan perhitungan hidrolis yang sama seperti perhitungan hidraulik lainnya. Persamaan aliran tidak stabil diselesaikan menggunakan metode pemecahan *matriks skyline* yang dikembangkan oleh Dr. Robert Barkau. Program ini membaca data terkait aliran tidak stabil seperti curah hujan, intensitas hujan, dan debit aliran sungai.

### **2.8.2 ArcGIS Software**

Tricahyono dan Dahlia (2017) menjelaskan bahwa ArcGIS adalah sebuah *software* Sistem Informasi Geografis (SIG) yang memiliki peran utama dalam mengolah serta menganalisis data peta dan informasi geografis yang tersimpan dalam basis data. Selain itu, kemampuan ArcGIS tidak terbatas hanya pada manipulasi dan analisis, tetapi juga mencakup kemampuan untuk menciptakan representasi visual berupa peta, mengelola serta mengorganisir data geografis dengan efisien, menjalankan beragam analisis pemetaan yang mendalam, serta mengintegrasikan berbagai macam informasi geografis dalam konteks yang berbeda sesuai dengan kebutuhan. Dengan segala fitur tersebut, ArcGIS menjadi alat yang sangat berguna dalam aplikasi dan implementasi informasi geografis pada berbagai bidang dan situasi.

ArcGIS terdiri dari beberapa komponen, antara lain *ArcGIS Desktop*, *ArcGIS.com*, *ArcGIS Explore*, *Mobile GIS*, *ArcGIS Mobile*, dan *ArcGIS Server*. *Software* ini dilengkapi dengan berbagai alat atau fitur seperti *Standar Bar*, *Table of Content*, *Drawing Bar*, *Tools Bar*, *Main Menu*, dan *Edit Toolbar*. ArcGIS telah menjadi salah satu SIG yang banyak digunakan oleh pengguna dari berbagai bidang untuk mengakses dan mengelola informasi yang berkaitan dengan geografi.

## 2.9 Validitas Model

Marfai dan King (2007) memaparkan terkait validasi model yang dilakukan terhadap pemodelan banjir bahwa validasi merupakan tahap pengujian dalam menghitung tingkat akurasi model. Nilai akurasi tersebut menjadi parameter yang akurat dalam suatu model, nilai akurasi diperoleh dengan menggunakan metode *confusion matrix* yaitu membandingkan nilai valid dan eror untuk mendapatkan persentase akurasi model dalam konteks ini dapat dibandingkan berdasarkan spasial pemodelan banjir yang dikomparasikan dengan spasial banjir aktual yang telah terjadi. Metode validasi ini telah dilakukan oleh Marfai dan King (2007) yaitu dengan menggabungkan peta model prediksi banjir sungai selama 100 tahun yang diperoleh dari JICA pada tahun 1993 terhadap peta banjir pasang surut air laut yang diperoleh dari Kantor Pekerjaan Umum Semarang pada tahun 2001, kemudian dari hasil tersebut didapatkan irisan spasial yang tervalidasi banjir sehingga dapat dilakukan metode uji akurasi model pada tabulasi *confusion matrix*.

Talampas dan Tarepe (2019) telah melakukan uji validitas pemodelan banjir pada sungai Cagayan de Oro untuk mengetahui tingkat akurasi model dengan menggunakan metode *overlay map* pada dua peta banjir yang berbeda yaitu peta banjir aktual dan peta model banjir. Kemudian melakukan metode perhitungan jumlah piksel raster dengan metode menggunakan *confusion matrix*. Pada penelitian tersebut menghasilkan beberapa indikator validasi model salah satu diantaranya adalah nilai sensitifitas kebenaran, spesifikasi kesalahan, nilai error dan tingkat akurasi model.

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Kajian pustaka terdahulu digunakan sebagai sumber rujukan dalam penelitian dampak spasial banjir pada kawasan, menentukan variabel-variabel yang sesuai dan sebagai pembeda studi kasus terkait dari penelitian dampak spasial bencana banjir pada kawasan permukiman informal berbasis *flood modelling* di wilayah penelitian. Berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan dengan fokus dan metode yang berbeda. Penelitian oleh Peña et al. (2022) mengevaluasi banjir air tanah di Cekungan Arch Creek, North Miami, dengan

mempertimbangkan dampak kenaikan permukaan laut dan proyeksi iklim. Sementara itu, penelitian Candrayana dkk. (2021) menggunakan HEC-RAS 2D untuk mengetahui tinggi dan durasi genangan air di Banjir Sungai Pedolo. Penelitian Syahputra dan Rahmawati (2018) memprediksi debit banjir pada sungai Kreung Tukah dengan menggunakan HEC-RAS, sedangkan Sinurat dkk. (2022) menganalisis daerah banjir di Sub DAS Babura dengan bantuan HEC-RAS dan QGIS. Penelitian Darabi dkk. (2020) menggabungkan teknik pembelajaran *software* lain, GIS, dan faktor kondisi lingkungan untuk peta risiko banjir di Kota Amol, Iran. Terakhir, penelitian Taromideh dkk. (2022) membandingkan model hasil *software* seperti CART, RF, BRT, dan SVM untuk membuat peta risiko banjir perkotaan dengan melibatkan keputusan pengelola banjir dan pengambil keputusan dalam mitigasi banjir perkotaan. Secara menyeluruh, penelitian ini membahas mengenai dampak bencana banjir pada suatu kawasan. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pengintegrasian *flood modeling* berbasis SIG. Dengan demikian, penelitian ini mampu menghadirkan gambaran yang komprehensif tentang bagaimana peristiwa banjir secara spasial.

Selain itu, penelitian ini turut melibatkan perbandingan dengan sejumlah penelitian terdahulu yang lebih rinci dan variatif dalam pendekatan dan fokusnya. Informasi yang lebih mendalam mengenai perbandingan tersebut dijelaskan secara lebih rinci dalam **Tabel 4**, yang memberikan perbandingan antara temuan dan pendekatan dalam penelitian ini dengan temuan dari studi-studi sebelumnya.

Tabel 4 Penelitian terdahulu

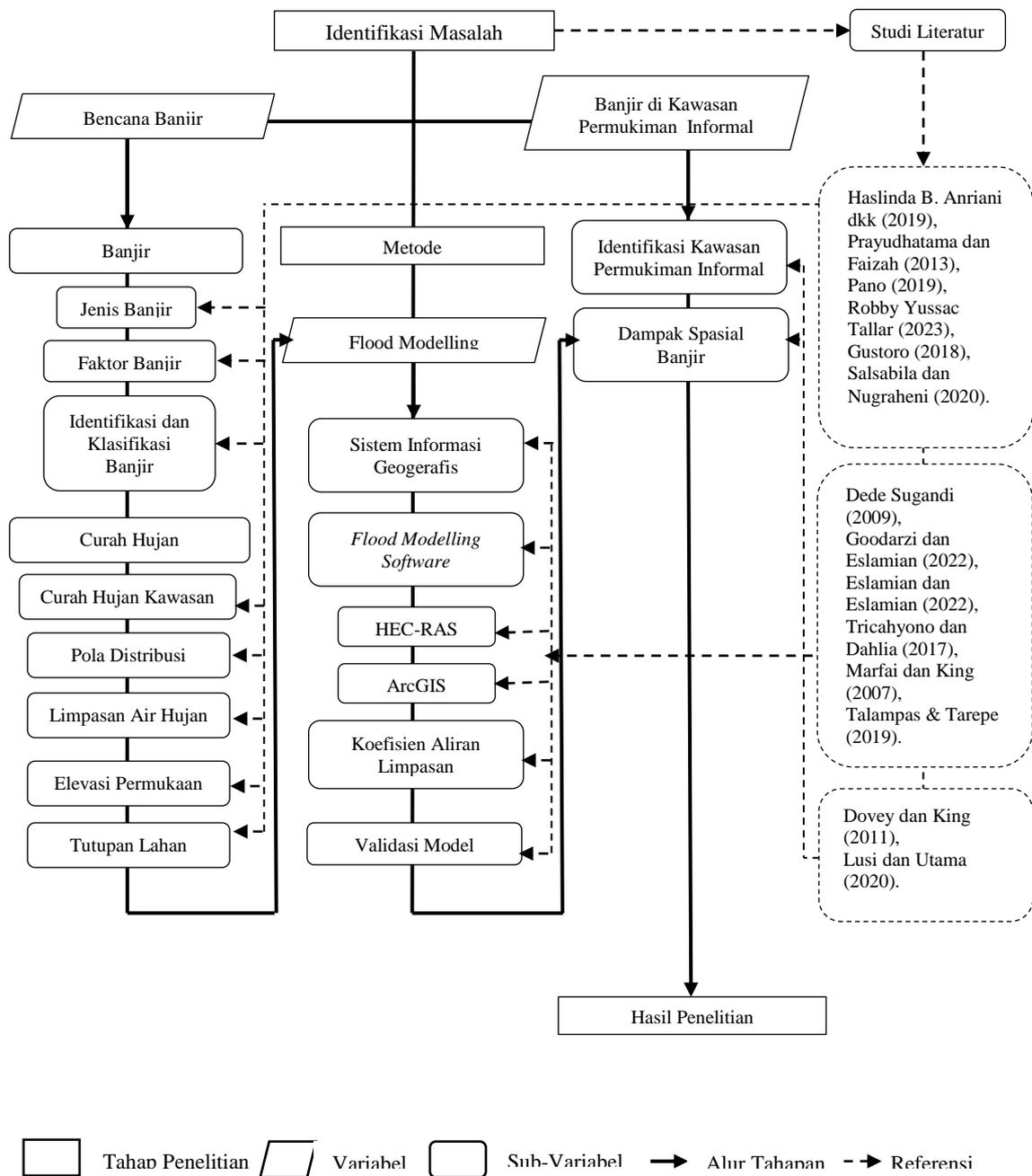
| No | Nama Peneliti          | Judul Penelitian   | Tujuan Penelitian   | Variabel Penelitian  | Metode  | Hasil  |
|----|------------------------|--|---|--|---|--|
| 1. | Peña et al. (2022)     | <i>Compound flood modeling framework for surface–subsurface water interactions</i>                         | Menilai relevansi banjir air tanah di Cekungan Arch Creek, North Miami dan menilai dampak yang diperparah oleh pasang surut tinggi dan kenaikan permukaan laut pada meja air dalam proyeksi iklim saat ini dan masa depan pada lingkungan karst pesisir | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Curah hujan intensitas singkat</li> <li>2. Tingkat pasang surut rata-rata</li> <li>3. Tingkat air tanah tinggi</li> <li>4. Tinggi air laut</li> <li>5. Kenaikan permukaan laut</li> <li>6. proyeksi iklim saat ini dan masa depan</li> <li>7. Dampak pada interaksi air permukaan dan air bawah permukaan di lingkungan karst pesisir</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. FLO-2D dan MODFLOW-2005 untuk mensimulasikan interaksi air permukaan dan air bawah permukaan</li> <li>2. Model dikalibrasi berdasarkan kerugian banjir berulang dan divalidasi menggunakan informasi geografis.</li> <li>3. Proyeksi Iklim saat ini ke masa depan.</li> </ol> | Hasil penelitian ini menggunakan tiga kejadian dengan curah hujan intensitas singkat, tingkat pasang surut rata-rata, dan tingkat air tanah tinggi untuk menilai relevansi banjir air tanah di Cekungan Arch Creek, North Miami dan menunjukkan bahwa pengetahuan risiko banjir air tanah penting untuk lingkungan karst pesisir dengan elevasi rendah karena timbulnya air di permukaan tanah dapat menyebabkan gangguan sosial, dampak buruk pada layanan penting, dan kerusakan pada infrastruktur. |
| 2. | Candrayana dkk. (2021) | <i>Analisis Depth-Area-Duration Dengan HEC-RAS 2D Dalam Penentuan Infrastruktur Pengendalian Banjir di</i> | Mengetahui rendah dan tingginya air banjir serta durasi genangan air menggunakan Simulasi HEC-RAS 2D.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. HEC-RAS</li> <li>2. Durasi banjir</li> <li>3. Pengendalian Banjir</li> </ol>   | Analisis Kuantitatif curah hujan, debit banjir rancangan dan <i>Depth Area</i>  | Hasil dari analisis penelitian ini mendapatkan HEC-RAS 2D, DAD, dan waktu genangan banjir.   |

| No | Nama Peneliti                   | Judul Penelitian  | Tujuan Penelitian   | Variabel Penelitian   | Metode   | Hasil  |
|----|---------------------------------|---|---|---|--|--|
|    |                                 | Banjir Sungai Pedolo.   |   |   | <i>Duration</i><br>(DAD).  |  |
| 3. | Syahputra dan Rahmawati. (2018) | <i>Software</i> Program HEC-RAS 5.0.3 Pada Studi Penanganan Banjir  | Mengetahui prediksi debit banjir pada sungai Kreung Tukah untuk mendapatkan periode debit banjir maksimum sungai sebagai arahan penanganan banjir.  | 1. HEC-RAS<br>2. Prediksi Banjir  | 1. Analisis hujan rencana, debit banjir rencana<br>2. Analisis pemodelan banjir pada HEC-RAS.        | Setelah mendapat debit banjir sungai periode 50 tahun, dianalisis sungai hanya dapat menampung pada debit banjir di periode 25 tahun. Sehingga dari analisa tersebut diarahkan untuk menggunakan konstruksi <i>SheetPile</i> untuk penanganan banjir.  |
| 4. | Sinurat dkk. (2022)             | Analisis Spasial Daerah Banjir Menggunakan HEC-RAS dan QGIS Untuk Sub DAS Babura                            | Penelitian ini membandingkan antara prediksi kerugian banjir berdasarkan genangan hasil analisa curah hujan dan LIDAR dengan data kuisisioner dengan masyarakat sekitar sungai Babura, Medan, Sumatera Utara. | 1. HEC-RAS<br>2. Prediksi dampak banjir<br>3. Curah Hujan<br>4. LIDAR (DEM)               | 1. Analisis Kuantitatif prediksi kerugian banjir.<br>2. analisis spasial menggunakan plugin InaSafe. | Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah perbandingan prediksi kerugian banjir tiap periode, menentukan jumlah genangan yang berdampak pada perumahan sederhana yang memiliki luasan 90m <sup>2</sup> dan dibawah 300m <sup>2</sup> . Luasan banjir terluas terdapat pada kelurahan Kuala Bekala. |
| 5. | Darabi et al. (2020)            | <i>Urban Flood Risk Mapping Using Data-Driven Geospatial Techniques For A Flood-Prone Case Area In Iran</i> | Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menggabungkan teknik pembelajaran <i>software</i> lain , GIS, dan data faktor kondisi lingkungan untuk menghasilkan peta risiko banjir, membandingkan teknik    | 1. Curah Hujan<br>2. Penggunaan lahan<br>3. Elevasi dan slope<br>4. Sungai<br>5. Drainase | Analisis Spasial banjir kerentanan sosial menggunakan <i>Flood modelling software</i>                | Mendapatkan akurasi model kerawanan banjir dari <i>software</i> SVM, RF, MAXENT, BRT, MARS, GLM, dan GAM melalui penilaian ROC-AUC untuk membandingkan antar <i>software</i> .   |

| No | Nama Peneliti            | Judul Penelitian  | Tujuan Penelitian  | Variabel Penelitian  | Metode   | Hasil   |
|----|--------------------------|---|--|--|--|---|
|    |                          |   | pembelajaran <i>software</i> baru dengan yang sebelumnya, dan menerapkan kumpulan model berbagai faktor yang sesuai kondisi dalam prediksi bahaya banjir perkotaan untuk mengevaluasi kerentanan banjir di Kota Amol, Iran.  | 6. Kedalaman air tanah<br>7. Kepadatan bangunan dan penduduk   |  |   |
| 6. | Taromideh et al., (2022) | <i>Urban Flood-Risk Assessment: Integration of Decision-Making and Machine Learning</i> | Penelitian ini membandingkan model <i>software</i> , seperti CART, RF, BRT, MDA, MARS, dan SVM, untuk membuat peta risiko banjir perkotaan dengan mengidentifikasi indikator yang paling di perhatikan dalam menentukan bahaya dan kerentanan terhadap banjir. Peta risiko banjir yang dihasilkan harus memiliki potensi untuk digunakan sebagai jalan pengambilan keputusan bagi pemangku kepentingan pengelola banjir dan pengambil keputusan perkotaan. | 1. DEM<br>2. HEC-RAS<br>3. Kerentanan banjir kota<br>4. Evaluasi kerawanan banjir<br>5. Elevasi<br>6. Curah hujan<br>7. Jarak antar sungai<br>8. Jarak antar jalan<br>9. Jarak antar drainase<br>10. Kerapatan drainase kota<br>11. Penggunaan Lahan | 1. AHP<br>2. <i>Fuzzy Value</i><br>3. Analisis Overlay<br>4. Analisis Kerentanan | Hasil dari keenam model dengan menggunakan 11 parameter telah didapatkan validasi >80% untuk pembuatan peta bahaya banjir. Setelah mendapatkan peta kemudian dilakukan proses AHP kepada para pengamat profesional untuk mendapatkan pertimbangan dampak bahaya banjir. |

## 2.11 Kerangka Konsep

Kerangka konsep penelitian merupakan alur dari penelitian yang akan dilakukan. Identifikasi masalah hingga studi penelitian didapatkan dari hasil observasi masalah dan studi literatur dalam menemukan berbagai variabel untuk menjawab pertanyaan penelitian. Berikut adalah kerangka konsep penelitian, dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9 Kerangka konsep penelitian  
Sumber : Penulis, 2023