

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir termasuk peristiwa alam yang terjadi karena kapasitas tampungan saluran atau sungai tidak mampu menampung volume air yang melebihi kapasitas tampungan, sehingga terjadi luapan air di wilayah sekitar sungai. Banjir biasanya dapat terjadi karena curah hujan yang tinggi, penyempitan saluran, penggunaan tata guna lahan yang salah, sedimentasi yang tinggi, atau arus balik (Rintis, 2014). Luapan pada drainase perumahan adalah masalah yang sering terjadi, terutama pada saat musim hujan terjadi. Sehingga kondisi tersebut dapat menyebabkan banjir lokal dan mengganggu aktivitas para penghuni. Selain dari faktor alam yang dapat menyebabkan banjir, sistem drainase yang tidak memadai juga menjadi faktor utamanya. Sedimentasi endapan lumpur dan pasir di dasar drainase juga dapat mengurangi kapasitas aliran pada drainase.

Dampak banjir dapat merugikan secara materi, kesehatan, ekonomi, sosial, dan lingkungan, baik dalam jangka pendek maupun panjang. Mengingat frekuensi dan dampak banjir yang terus meningkat, diperlukan upaya yang berkelanjutan untuk mengurangi risiko banjir dan meningkatkan ketahanan wilayah terhadap bencana alam. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang permasalahan banjir yang terjadi di Kota Makassar tepatnya di Perdos Unhas MCV Moncongloe menjadi topik utama.

Perumahan Dosen Universitas Hasanuddin Megah *Country Village* (MCV) yang berlokasi di Jl. Poros Pammanjengan, Moncongloe, Kec. Moncongloe, Kab. Maros ini merupakan salah satu daerah yang sering tergenang banjir. Berdasarkan

wawancara dari narasumber pengawas Perumahan Dosen Universitas Hasanuddin Megah *Country Village* (MCV) ini memiliki luas sekitar 13 Ha yang terdiri dari empat *cluster* yaitu: *cluster leaf*, *cluster brands*, *cluster root*, *cluster Unhas*. Dengan jumlah unit rumah keseluruhan sebanyak 557 unit, 491 unit rumah yang *ready*, kemudian 210 unit diantaranya telah ditinggali, dan sebanyak 64 unit yang belum terbangun. Berdasarkan berita yang dilansir oleh media *online* Tribun-Timur.com 15 Desember 2023 menyebutkan bahwa ratusan rumah milik warga Perdos Unhas MCV Moncongloe, Kabupaten Maros terendam air banjir setinggi satu meter. Banjir tersebut merendam banyak fasilitas umum, antara lain rumah dosen Unhas dan warga sekitar, serta akses jalan menuju pemukiman warga. Situasi tahun lalu tersebut dapat dikatakan sangat buruk disebabkan sistem drainase yang tidak mengalirkan air keluar perumahan sehingga masih mengakibatkan genangan walaupun curah hujan dikategorikan sedang. Berdasarkan wawancara dari narasumber pengawas Perumahan Dosen Universitas Hasanuddin Megah *Country Village* (MCV), ketinggian banjir di jalan sampai mata kaki dan ketinggian banjir dalam rumah setinggi pinggang. Sehingga diperlukan tindakan mitigasi untuk mengatasi permasalahan banjir di kawasan ini.

Menurut Undang-Undang No.24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Sehingga mitigasi kendali banjir akan menjadi upaya sistematis yang dilakukan untuk mengurangi risiko dan dampak negatif yang ditimbulkan oleh banjir. Upaya ini akan melibatkan berbagai pihak, mulai dari

pemerintah, lembaga swadaya masyarakat, hingga masyarakat umum. Dimana memiliki tujuan utama untuk menciptakan lingkungan yang aman dan berkelanjutan. Beberapa strategi dan tindakan yang digunakan dalam mitigasi yaitu pengelolaan tata ruang dan lingkungan, sistem peringatan dini, pengembangan infrastruktur pengendalian banjir, rehabilitasi dan konservasi lingkungan, serta pendidikan dan peningkatan kesadaran masyarakat.

Mitigasi banjir, terutama pada area perumahan merupakan investasi jangka panjang yang krusial untuk mengurangi risiko akibat bencana alam tersebut. Mencegah kerugian yang lebih besar biaya mitigasi yang dikeluarkan di awal akan jauh lebih kecil dibandingkan dengan biaya perbaikan dan kerugian akibat banjir yang tidak terkendali, untuk itu diperlukan data besaran curah hujan yang terjadi di Perumahan Dosen Universitas Hasanuddin Megah *Country Village* (MCV). Selanjutnya diperlukan strategi tindakan mitigasi kendali banjir, seperti misalnya pembersihan drainase, pemeliharaan infrastruktur drainase dan pengelolaan air hujan seperti kolam retensi untuk mengurangi beban pada sistem drainase.

Pengimplemantasian mitigasi kendali banjir juga dapat membantu menanggulangi banjir, terutama dalam hal manajemen sistem drainase. Seperti, pemetaan wilayah yang rentan banjir, mengidentifikasi titik-titik rawan, dan merencanakan tindakan preventif secara lebih efektif. Berdasarkan permasalahan tersebut, akan dilakukan penelitian yang berjudul **“Mitigasi Kendali Banjir pada Perumahan Dosen Universitas Hasanuddin Megah *Country Village* (MVC)”**.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang terdapat pada penelitian tersebut, sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menghitung curah hujan yang tepat untuk perencanaan sistem drainase Perdos Unhas MCV yang efektif dalam mencegah banjir?
2. Seberapa efektifkah model SWMM dalam mensimulasikan kinerja drainase di Perdos Unhas MCV dan memprediksi potensi terjadinya banjir?
3. Bagaimana solusi dan mitigasi yang dapat diterapkan untuk mengatasi masalah banjir pada sistem drainase Perdos Unhas MCV?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian ini hanya berfokus pada:

1. Penelitian ini hanya menganalisis curah hujan ekstrem, mengkalibrasi model hidrologi SWMM, serta mengevaluasi kinerja sistem drainase perumahan dalam menanggulangi banjir di wilayah perumahan dosen Unhas MCV, Kecamatan Moncongloe, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.
2. Metode pengambilan data atau survei lapangan menggunakan metode RTK dengan alat GPS Garmin.
3. Data curah hujan yang digunakan dua stasiun curah hujan dalam 10 tahun terakhir.
4. Penelitian ini akan mengevaluasi efektivitas berbagai alternatif solusi mitigasi banjir, seperti pembangunan kolam retensi, peningkatan kapasitas saluran drainase, dan penerapan sistem drainase berkelanjutan.
5. Penelitian ini mencakup pengumpulan data curah hujan, survei lapangan

kondisi drainase, kalibrasi dan verifikasi model SWMM, serta perancangan skenario mitigasi.

6. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada analisis biaya-manfaat dari berbagai alternatif solusi banjir untuk perumahan bersubsidi di wilayah perumahan dosen Unhas MCV, Kecamatan Moncongloe, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai oleh peneliti adalah:

1. Memperoleh perhitungan curah hujan rencana melalui metode hidrologi yang tepat dan akurat yang menjadi dasar perencanaan sistem drainase Perdos Unhas MCV agar lebih efektif dalam mengurangi resiko banjir.
2. Memperoleh efektivitas model hidrologi EPA-SWMM dalam mensimulasikan kinerja drainase eksisting serta memprediksi potensi terjadinya banjir di Perdos Unhas MCV
3. Memperoleh dan mengetahui faktor penyebab banjir di kawasan Perdos Unhas MCV melalui penelitian yang juga bertujuan menghasilkan berbagai alternatif solusi serta strategi mitigasi banjir yang dapat diterapkan secara berkelanjutan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem drainase yang efektif dan berkelanjutan untuk mengurangi risiko banjir di kawasan perumahan dosen Unhas MCV. Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai referensi dalam perencanaan, pembangunan, dan pengelolaan sistem

drainase perumahan yang lebih baik. Dengan penelitian ini pula dapat diharapkan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan dan berperan aktif dalam upaya mitigasi banjir.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Banjir

2.1.1 Definisi Banjir

Banjir merupakan suatu peristiwa di mana debit aliran sungai berlebih dari debit biasanya akibat hujan di suatu wilayah secara terus menerus dalam kurun tertentu hingga tidak dapat ditampung oleh alur sungai sehingga terjadi limpahan keluar sungai dan menggenangi kawasan di sekitarnya (Peraturan Dirjen RPLS No.4 Tahun 2009). Banjir adalah peristiwa alam yang dapat menyebabkan kerugian harta benda serta kematian.

2.1.2 Penyebab Utama Banjir

Berdasarkan situs resmi dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Jawa Timur 19 Oktober 2023, menyatakan bahwa penyebab utama banjir sebagai berikut:

1. Curah hujan tinggi berkepanjangan atau hujan deras yang terjadi dalam waktu singkat dapat menyebabkan banjir.
2. Lelehan salju yang terjadi pada saat pergantian musim, akibat suhu yang meningkat drastis dapat menyebabkan banjir.
3. Kelebihan air sungai yang kemudian tidak dapat diatasi oleh saluran air yang ada.
4. Keadaan topografi dan sistem drainase yang buruk dapat mengakibatkan air tidak dapat mengalir dengan baik.

2.1.3 Jenis-jenis Banjir

Banjir merupakan bencana alam yang memiliki berbagai jenis, masing-masing dengan karakteristik dan dampak yang berbeda-beda. Dengan ini banjir dibedakan menjadi lima jenis, yaitu:

1. Banjir sungai (*River Flood*)

Banjir sungai terjadi ketika permukaan air naik di atas tepian sungai (*riverbanks*) diakibatkan hujan yang berlebih. Selain itu, banjir sungai juga terjadi akibat badai yang terus menerus terjadi di daerah yang sama dalam periode waktu yang lama, yang dimana curah hujan dan pencairan salju atau sumbatan akibat es. Banjir ini juga merupakan salah satu jenis banjir yang paling sering terjadi ketika air sungai melebihi kapasitasnya. Curah hujan yang tinggi dalam periode waktu yang cukup lama juga dapat menyebabkan banjir ini.

2. Banjir pantai (*Coastal Flood*)

Banjir pantai yang biasa disebut juga dengan banjir rob atau banjir laut pasang adalah penggenangan daratan di sepanjang daerah pantai, disebabkan oleh air pasang yang naik lebih tinggi dari kemudian diperburuk oleh curah hujan tinggi dan angin yang bertiup ke arah daratan dari laut. Daerah pesisir sering sekali mengalami badai hebat, terutama jika badai tersebut melaju kencang di samudera. Cuaca ekstrim dan gelombang pasang yang tinggi tersebut menyebabkan kenaikan permukaan laut yang kemudian mengakibatkan banjir di daerah pesisir.

3. Banjir Cileuncang

Banjir cileuncang adalah banjir yang terjadi akibat intensitas hujan tinggi sehingga membuat daerah resapan air tidak mampu menyerap volume air yang besar. Tidak hanya itu sungai, kali, dan selokan juga tidak dapat menampung volume air yang tinggi hingga pada akhirnya meluap ke area sekitar. Banjir cileuncang terjadi di daerah dataran tinggi yang memiliki curah hujan yang lebih tinggi, yakni sebesar 2.000 mm per tahun.

4. Banjir bandang (*Flash Flood*)

Banjir bandang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan tiba-tiba, yang dimana terjadi ketika air tanah tidak dapat menyerap air hujan yang jatuh terus-menerus. Pada umumnya, banjir bandang dapat terjadi kurang dari enam jam setelah hujan lebat dalam waktu yang singkat turun. Banjir bandang pun dapat terjadi tanpa didahului hujan, melainkan terjadi akibat jebolnya tanggul atau bendungan. Banjir jenis ini dapat dengan cepat surut namun sangat berbahaya.

5. Banjir Orografis

Banjir orografis adalah bencana banjir yang terjadi pada dataran tinggi. Banjir orografis terjadi saat adanya kenaikan pada suhu udara di atas gunung yang kemudian terkondensasi sehingga terjadilah hujan di daerah pegunungan. Hujan inilah yang kemudian dinamakan orografis karena hanya terjadi di daerah pegunungan saja.

2.1.4 Jenis banjir berdasarkan materialnya

Selain itu terdapat berbagai jenis banjir yang dikategorikan berdasarkan jenis material yang dibawanya, seperti:

1. Banjir lahar

Banjir lahar adalah banjir akibat dari lahar gunung erupsi atau letusan gunung berapi yang masih aktif. Akibat letusan gunung berapi, lahar dingin akan dimuntahkan kemudian akan menyebar ke lingkungan sekitarnya. Sehingga air dalam sungai akan mengalami pendangkalan dan ikut meluap kemudian merendam daratan.

2. Banjir lumpur

Banjir lumpur adalah banjir yang disebabkan oleh luapan lumpur. Banjir ini menyerupai banjir bandang tetapi bedanya lumpur keluar dari dalam bumi kemudian menggenangi daratan. Lumpur yang dikeluarkan berbeda dengan lumpur yang ada di daratan, karena lumpur ini terdapat kandungan bahan-bahan kimia berbahaya.

3. Banjir Glaster

Banjir ini biasanya terjadi di puncak gunung bersalju, seperti Gunung Himalaya dan Puncak Jayawijaya. Banjir glaster ini biasanya terjadi pada saat musim kemarau. Penyebab terjadinya akibat luapan air yang mencair dari puncak gunung. Pencairan ini sangat membahayakan para pendaki dan hewan-hewan yang berada di gunung tersebut. Karenanya banjir ini mengalir dengan deras dari puncak gunung ke kaki

gunung. Tidak hanya air, banjir ini biasanya mengangkut banyak bebatuan dan pepohonan yang tumbang.

2.1.5 Dampak Banjir

Secara umum dampak banjir dapat bersifat langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung relatif lebih mudah diprediksi dari dampak tidak langsung (Arief Rosyidie., 2013). Banjir merupakan salah satu bencana yang banyak menimbulkan dampak. Beberapa dampak tersebut antara lain:

1. Timbulnya kerusakan pada fasilitas umum serta kantor pelayanan publik yang diakibatkan oleh banjir.
2. Munculnya resiko kematian, resiko kesehatan, trauma mental juga menurunnya perokonimian.
3. Terjadinya kekurangan makanan, energi, air dan kebutuhan dasar lainnya.
4. Rusaknya tumbuhan di sekitar sungai yang diakibatkan oleh terbawa banjir serta pencemaran air yang disebabkan oleh bahan pencemar yang dibawa oleh banjir.

2.2 Curah Hujan

Analisis data curah hujan diperlukan pada berbagai perencanaan, khususnya perencanaan bangunan seperti jaringan drainase. Curah hujan (mm) adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir. (BMKG, 2023)

Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode berikut yaitu:

2.2.1 Metode Rerata Aritmatik (Aljabar)

Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi 17 dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan. Hujan rerata pada seluruh DAS diberikan oleh persamaan 2.1

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan:

R = Curah hujan rata rata (mm)

R_1, R_2, R_n = Curah hujan titik pengamatan 1, 2,n (mm)

n = Jumlah keseluruhan titik-titik/pos – pos pengamatan

2.2.2 Metode Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Perhitungan poligon Thiessen seperti pada persamaan seperti dibawah ini:

$$R = \frac{A_1 . R_1 + A_2 . R_2 + \dots + A_n . R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$R = \frac{A_1 . R_1 + A_2 . R_2 + \dots + A_n . R_n}{A_{total}} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$R = W_1 . R_1 + W_2 . R_2 \dots \dots + W_n . R_n \dots \dots \dots (2.4)$$

$$W_n = \frac{A_n}{A_t} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan:

R = Curah hujan rata rata (mm)

R_1, R_2, R_3, R_n = Curah hujan maksimum pada stasiun 1, 2, ..., dan n adalah jumlah titik – titik pengamatan (mm)

A_1, A_2, A_n, A_t = Luas daerah Polygon 1, 2, ..., n adalah jumlah titik pengamatan dan t adalah jumlah keseluruhan luas daerah Polygon (km²)

W_1, W_2, W_n = Koefisien Thiessen

2.2.3 Metode Isohiet

Isohiet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode isohiet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohiet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohiet tersebut.

Metode isohiet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rerata di suatu daerah, tetapi cara ini membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibandingkan dengan dua metode sebelumnya. Secara matematis hujan rerata tersebut dapat di tulis seperti pada persamaan 2.3 :

$$R = \frac{\frac{(R_1+R_2)}{2} \cdot A_1 \dots \frac{(R_1+R_2)}{2} \cdot A_2 \dots \frac{(R_n+R_n)}{2} \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan:

R = Curah hujan maksimum rata – rata (mm)

R_1, R_2, R_n = Curah hujan di stasiun 1, 2, 3 ... , n (mm)

A_1, A_2, A_n = Luas area diantara 2 Isohyet (km²)

Dalam analisis frekuensi terdapat beberapa distribusi probabilitas yaitu, Gumbel, normal, log normal, dan log Pearson tipe III. Setelah diketahui probabilitas yang dipakai maka dilakukan uji kecocokan probabilitas dengan metode Chi-Kuadrat. Dengan analisis frekuensi akan diperkirakan besarnya banjir dengan interval kejadian tertentu yaitu 2, 5, dan 10 tahun. Dari analisis frekuensi didapat hujan rancangan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Hujan Rencana Normal

$$X_t = x + k \cdot S \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

X_t : Nilai hujan rencana dengan periode ulang tertentu

x : Nilai curah hujan rata-rata

K : Faktor distribusi dari tabel normal

S : Standar deviasi

2. Log Person Type III

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - x)^3}{(n-1)(n-2) S^3} \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{LOG } X_t = \log x + S \cdot \log x \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

$\text{Log } X_t$: Nilai hujan rencana dengan periode ulang tertentu

$\text{Log } x$: Curah hujan rata rata

S : Standar deviasi

Cs : Koefisien skewness

3. Log Normal

Fungsi kerapatan probabilitas Log Normal sebagai berikut:

$$\log x = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n} \dots \dots \dots (11)$$

$$S \log x = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log x)^2}{n-1} \right]^{0,5} \dots \dots \dots (12)$$

$$Cv = \frac{S \log x}{\log x} \dots \dots \dots (13)$$

$$\log X_t = \log x + K_t \cdot \log x \dots \dots \dots (14)$$

Dimana:

X_t : Nilai hujan rencana dengan periode ulang tertentu

x : Nilai rata – rata

$S \log x$: Standar deviasi

K_t : Faktor frekuensi

4. Distribusi Gumbel

Metode distribusi Gumbel banyak dipakai dalam menganalisa frekuensi hujan yang mempunyai rumus sebagai berikut:

$$X_t = x + K \cdot S \dots \dots \dots (15)$$

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \dots \dots \dots (16)$$

$$Y_{Tr} = -\ln \left[-\ln \frac{Tr-1}{Tr} \right] \dots \dots \dots (17)$$

Dimana:

X_t : Nilai hujan rencana dengan periode ulang tertentu

x : Nilai rata – rata

S : Standar deviasi

K : Faktor probabilitas

Y_{tr}	: <i>Reduced variate</i>
Y_n	: Reduced mean yang tergantung pada jumlah/banyaknya sampel atau data n
S_n	: Reduced standard deviation yang tergantung pada jumlah/ banyaknya sampel
T_r	: PUH untuk data curah hujan tahunan rata-rata

2.3 Kapasitas Saluran

Analisis kapasitas saluran drainase eksisting dilakukan untuk mengetahui kemampuan saluran drainase dalam menampung air hujan. Berikut adalah persamaan yang dipakai untuk mencari kapasitas saluran drainase.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S_o^{1/2} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$Q_c = V \times A \dots \dots \dots (2.6)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan:

V = Kecepatan aliran dalam saluran drainase (m/s)

R = Radius hidrolis (m)

S_o = Kemiringan saluran drainase

A = Luas penampang basah saluran drainase (m²)

P = Keliling basah saluran drainase (m)

Q_c = Kapasitas tampung saluran (m³/s)

n = Koefisien kekasaran *manning*

Tabel 2. 1 Kekasaran Manning untuk saluran

Saluran	Keterangan	n Manning
Tanah	Lurus, baru, seragam, landai dan bersih	0,016 – 0,033
	Berkelok, landai dan berumput	0,023 – 0,040
	Tidak terawat dan kotor	0,050 – 0,140
	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035 – 0,045
Pasangan	Batu Kosong	0,023 – 0,035
	Pasangan batu belah	0,017 – 0,030
Batu	Halus, sambungan baik dan rata	0,014 – 0,18
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,18 – 0,030

Sumber: (Ir. Darmadi, 2016)

Tabel 2. 2 Tipikal harga koefisien kekasaran Manning, n, yang sering digunakan

No	Tipe saluran dan jenis bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1	Beton			
	• Gorong – gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013 0,014
	• Gorong – gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011	0,013	
	• Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	• Saluran pembuangan dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017

Lanjutan tabel 2.2 pada halaman sebelumnya

2	Tanah, lurus dan seragam			
	• Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	• Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	• Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	• Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3	Saluran alam			
	• Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	• Bersih, berkelok – kelok	0,033	0,040	0,045
	• Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
	• Dataran banjir berumput pendek – tinggi	0,025	0,030	0,035
	• Saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

Sumber: (Ir. Darmadi, 2016)

Tabel 2. 3 Harga–harga kekasaran koefisien Strickler (k) untuk saluran-saluran tanah

Debit Rencana m^3/dt	k $m^{1/3/dt}$
$Q > 10$	45
$5 < Q < 10$	42,5
$1 < Q < 5$	40
$Q < 1$	35

Sumber: (Ir. Darmadi, 2016)

2.4 Storm Water Management Model (SWMM)

2.4.1 Konsep Dasar SWMM

Storm Water Management Model (SWMM) adalah model hidrologi–hidraulika yang mensimulasikan limpasan hujan perkotaan serta pergerakannya dalam jaringan drainase (pipa/saluran, kolam, orifice, weir, pompa), termasuk modul kualitas air dan *Low Impact Development* (LID). SWMM dikembangkan dan dipelihara oleh U.S. EPA dan menjadi standar de facto di banyak studi drainase perkotaan.

2.4.2 Arsitektur & Komponen Model

Objek utama mencakup *subcatchment* (tangkapan), *node* (*junction/outfall/storage*), link (*conduit, orifice, weir, pump*), serta *rain gage* sebagai sumber data hujan. Skema ini memisahkan proses limpasan permukaan (*curah hujan → intersepsi → infiltrasi → aliran permukaan*) dan rute aliran dalam jaringan (*routing dinamik/kinematik*). Manual resmi menjelaskan detail persamaan, opsi *routing*, serta parameter LID (*bioretensi, permeable pavement, rain barrel, green roof, dsb*).

2.4.3 Data & Parameter Kunci

Kinerja simulasi sangat dipengaruhi oleh:

1. Hujan (*intensitas-resolusi*),
2. Morfometri *subcatchment* (*luas, kemiringan, %impervious*),
3. Parameter permukaan (*N-Manning, storage*),
4. Infiltrasi (*Horton/Green–Ampt/Curve Number*), serta
5. Karakteristik jaringan (*diameter, roughness, boundary conditions*).

Manual dan referensi EPA menyediakan pedoman satuan, format file, serta praktik terbaik penentuan parameter.

2.4.4 Alur Kerja SWMM

1. Inisiasi Proyek: set unit (SI), waktu simulasi, opsi numerik.
2. Bangun Skema Hidrologi: definisikan *rain gage* dan *subcatchment* (*impervious/impervious with depression storage, slope, width*).
3. Bangun Skema Hidraulik: tempatkan *junction, outfall, storage*; hubungkan dengan *conduit* (panjang, kemiringan, *roughness*).
4. Opsional LID: tambahkan *LID control & LID usage per subcatchment*.
5. Input Hujan: deret waktu historis atau hujan rancangan.
6. Jalankan Simulasi: cek *status report, continuity error*, grafik debit/kedalaman.
7. Kalibrasi/Validasi: sesuaikan parameter (mis. *N, storage, infiltrasi*) hingga kesesuaian metrik mencapai target (*NSE, RMSE, volume error*). Pedoman detail langkah-langkah ini tersedia di *User's Manual* dan *Reference Manual (Vol. III–Water Quality & LID)*.

2.5 Mitigasi

2.5.1 Definisi Mitigasi

UU Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, menjelaskan bahwa mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana.

2.5.2 Tujuan dan Manfaat Mitigasi

Tujuan utama mitigasi adalah untuk mengurangi risiko serta dampak bencana.

Adapun tujuan lain dari mitigasi antara lain:

1. Menekan risiko dan/atau dampak yang mungkin terjadi karena suatu bencana. Misalnya tentang korban jiwa, kerugian ekonomi, serta kerusakan sumber daya alam.
2. Pedoman bagi pemerintah dalam membuat perencanaan pembangunan di suatu tempat dengan pertimbangan potensi bencana yang akan terjadi.
3. Membantu meningkatkan kesadaran dan pengetahuan masyarakat dalam menghadapi risiko dan dampak bencana.

Adapun manfaat mitigasi dalam berbagai aspek kehidupan. Berikut manfaat utama dari mitigasi:

1. Mengurangi Kerugian Ekonomi

Mitigasi dapat membantu mengurangi kerugian ekonomi yang disebabkan oleh bencana alam, perubahan iklim, atau peristiwa lainnya. Dengan melakukan tindakan mitigasi yang tepat, manusia dapat menghemat biaya pemulihan dan perbaikan.

2. Mengurangi Dampak Lingkungan

Tindakan mitigasi juga berkontribusi pada pelestarian lingkungan. Misalnya, upaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca membantu melindungi atmosfer dan mengurangi pemanasan global.

3. Meningkatkan Keberlanjutan

Mitigasi juga berperan dalam mewujudkan keberlanjutan. Dengan mengurangi pemakaian sumber daya alam yang terbatas, manusia dapat memastikan bahwa sumber daya tersebut tetap tersedia untuk generasi mendatang

2.6 Drainase

2.5.1 Definisi Drainase

Drainase merupakan suatu sistem pembuangan saluran yang berfungsi untuk mengalirkan air limbah secara efisien dari daerah pemukiman, industri, dan lain sebagainya untuk mencegah genangan air dari kerusakan akibat kelebihan air. Drainase terbagi menjadi dua jenis, yaitu drainase alamiah dan drainase buatan.

Drainase merupakan sebuah sistem yang bertujuan untuk mengatasi air berlebih yang tidak diperlukan yang mengalir di atas permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah. Kelebihan air ini dapat berasal dari air buangan limbah dari pemukiman atau limpasan hujan yang berlebihan (Saidah et al., 2021).

Sistem Drainase merupakan cara pengaliran air dengan membangun saluran (tersier) untuk menampung air hujan yang mengalir di atas tanah. Air ini kemudian dialirkan ke sistem yang lebih besar (sekunder dan premier) dimana kemudian mengalir ke sungai dan laut. Terdapat berbagai jenis drainase yang diklasifikasikan atas berbagai aspek dan sudut pandang. Klasifikasi tersebut dapat didasarkan pada sejarah pembentukan, peletakan saluran, fungsi, konstruksi, pola jaringan, dan bentuk saluran.

1. Berdasarkan Sejarah Pembentukannya

a. Drainase Alami

Drainase alami (*natural drainage*) merupakan drainase yang terbentuk secara alami tanpa adanya bangunan-bangunan pendukung seperti bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong, dan sebagainya. Drainase alami dapat terbentuk karena gerakan air akibat gravitasi bumi. Gerakan air tersebut akan menggerus permukaan tanah sehingga terbentuklah jalur aliran air yang berfungsi secara permanen (Anonim, 1997).



Gambar 2. 1 Drainase Alami

Sumber: (Linda, 2022)

b. Drainase Buatan

Drainase buatan (*artificial drainage*) merupakan drainase yang sengaja dibangun oleh manusia untuk tujuan tertentu. Oleh karena itu, drainase tersebut membutuhkan beberapa bangunan khusus antara lain selokan pasangan beton maupun batu, pipa, gorong-gorong, dan sebagainya.



Gambar 2. 2 Drainase Buatan

Sumber: (Linda, 2022)

2. Berdasarkan Peletakan Saluran

a. Drainase Permukaan

Drainase permukaan (*surface drainage*) merupakan drainase yang terletak di atas permukaan tanah. Drainase ini digunakan untuk mengalirkan air limpasan dan genangan di permukaan.



Gambar 2. 3 Drainase Permukaan

Sumber: (Linda, 2022)

b. Drainase Bawah Tanah

Drainase bawah tanah (*subsurface drainage*) merupakan drainase yang berfungsi untuk mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah. Sistem drainase dengan

media pipa bawah tanah ini dibangun untuk tujuan-tujuan tertentu, yaitu:

1) Tuntutan estetika

Lingkungan akan menjadi lebih rapi karena tidak ada pipa saluran yang terlihat dari luar.

2) Tuntutan fungsi permukaan tanah

Digunakan pada permukaan tanah yang tidak diperbolehkan adanya saluran. Contoh: Lapangan sepak bola dan lapangan terbang.



Gambar 2. 4 Drainase Bawah Tanah

Sumber: (Linda, 2022)

3. Berdasarkan Fungsi Drainase

a. *Single Purpose*

Drainase *single purpose* merupakan drainase yang dibuat khusus untuk mengalirkan satu jenis air pembuangan saja.

Contohnya, di suatu wilayah dibangun saluran drainase untuk air

hujan, maka saluran tersebut tidak boleh dicampur dengan air pembuangan lainnya.

b. *Multi Purpose*

Drainase *multi purpose* merupakan drainase yang berfungsi untuk mengalirkan beberapa jenis air pembuangan, baik dialirkan dalam bentuk air campuran maupun dialirkan secara bergantian. Contohnya, drainase di sebuah perumahan digunakan untuk menyalurkan limbah rumah tangga sekaligus air hujan.

4. Berdasarkan Konstruksi

a. Saluran Terbuka

Drainase yang memiliki bagian atas terbuka ini berfungsi untuk mengalirkan air yang tidak mengandung limbah berbahaya seperti air hujan. Drainase saluran terbuka sangat cocok jika diterapkan pada daerah yang memiliki luasan cukup.



Gambar 2. 5 Saluran Terbuka

Sumber: (Linda, 2022)

b. Saluran Tertutup

Drainase yang memiliki bagian atas tertutup ini umumnya dibangun untuk mengalirkan air limbah yang dapat mengganggu

kesehatan/lingkungan. Drainase ini kerap ditemukan di wilayah perkotaan/permukiman.



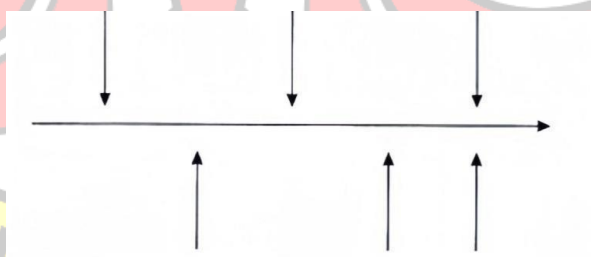
Gambar 2. 6 Saluran Tertutup

Sumber: (Linda, 2022)

5. Berdasarkan Pola Jaringan

a. Bentuk Siku

Drainase bentuk siku biasanya dibangun di wilayah dengan kondisi permukaan lebih tinggi daripada sungai. Umumnya, sungai yang menjadi saluran pembuangan akhir terletak di tengah kota.



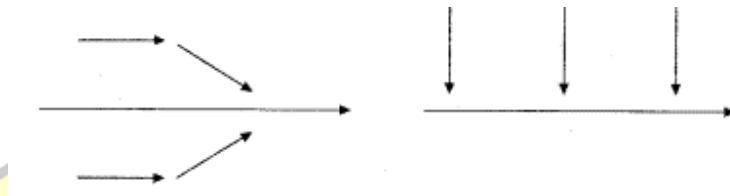
Gambar 2. 7 Bentuk Siku

Sumber: (H.A. Halim Hasmar, 2012)

b. Bentuk Paralel

Drainase bentuk paralel memiliki saluran utama yang berada sejajar dengan saluran cabang. Adanya saluran cabang (sekunder)

yang berjumlah cukup banyak dan pendek, saluran-saluran tersebut dapat disesuaikan dengan keadaan apabila terjadi pengembangan kota.

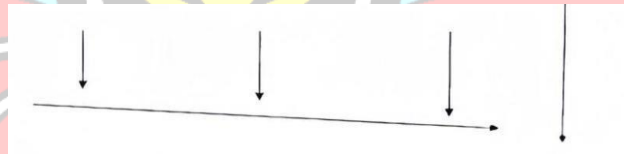


Gambar 2. 8 Bentuk Pararel

Sumber: (Halim Hasmar, 2012)

c. Bentuk Grid Iron

Drainase bentuk *grid iron* biasanya digunakan di daerah yang memiliki sungai di pinggiran kota.

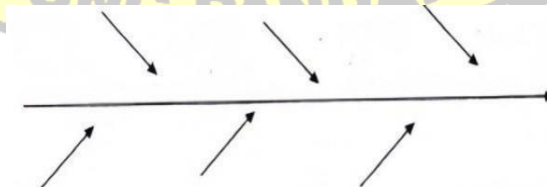


Gambar 2. 9 Bentuk Grid Iron

Sumber: (Hasmar, 2012)

d. Bentuk Alamiah

Drainase bentuk alamiah pada dasarnya sama seperti bentuk siku, namun beban sungai pada pola alamiah cenderung lebih besar.

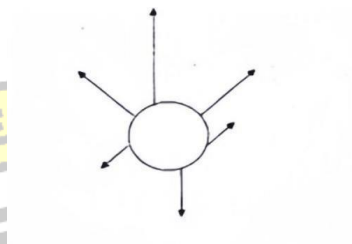


Gambar 2. 10 Bentuk Alamiah

Sumber: (Hasmar, 2012)

e. Bentuk Radial

Drainase bentuk radial biasanya terletak di daerah perbukitan, sehingga bentuknya memancar ke segala arah.

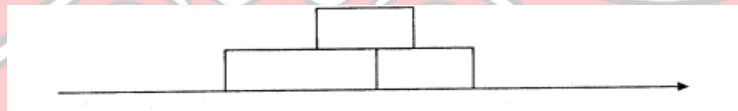


Gambar 2. 11 Bentuk Radial

Sumber: (Hasmar, 2012)

f. Bentuk Jaring-Jaring

Drainase bentuk jaring-jaring merupakan drainase yang arahnya mengikuti jalan raya. Umumnya, drainase ini diaplikasikan pada daerah dengan topografi mendatar.

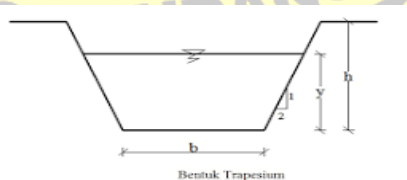


Gambar 2. 12 Bentuk Jaring-jaring

Sumber: (Hasmar, 2012)

6. Berdasarkan Bentuk Saluran

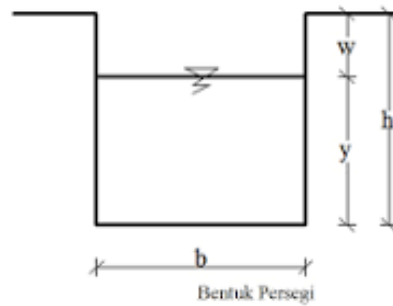
a. Trapesium



Gambar 2. 13 Bentuk Trapesium

Sumber: (Rina Ulfa Saroh, 2019)

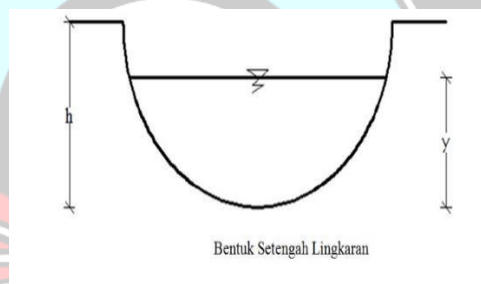
b. Persegi Panjang



Gambar 2. 14 Bentuk Persegi panjang

Sumber: (Rina Ulfa Saroh, 2019)

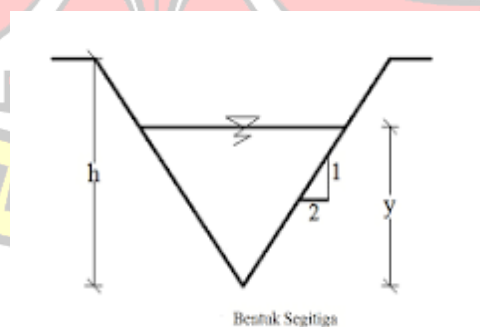
c. Setengah Lingkaran



Gambar 2. 15 Bentuk Setengah Lingkaran

Sumber: (Rina Ulfa Saroh, 2019)

d. Bentuk Segitiga



Gambar 2. 16 Bentuk Segitiga

Sumber: (Rina Ulfa Saroh, 2019)

2.5.2 Tujuan dan Fungsi Drainase

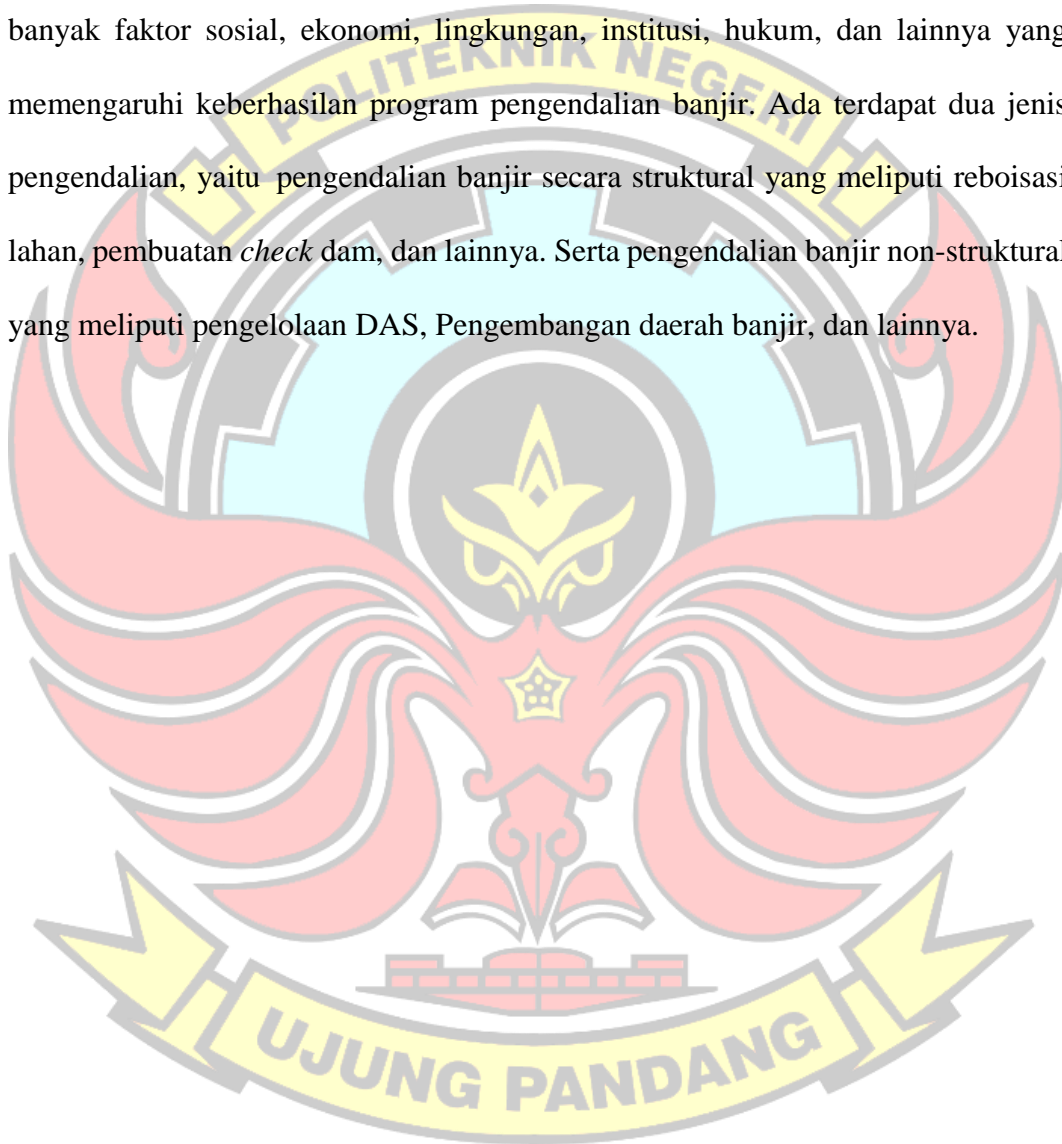
Pada prinsipnya drainase memiliki beberapa tujuan, antara lain yaitu untuk meningkatkan kesehatan pada lingkungan pemukiman, serta melakukan pengendalian kelebihan air permukaan secara lancar, aman, dan efisien dan juga dapat mendukung kelestarian lingkungan sejauh mungkin.

Seiring berkembangnya kesadaran akan kebutuhan teknologi berwawasan lingkungan serta berkembangnya ilmu pengetahuan, masyarakat mulai meninggalkan keyakinan lama drainase yaitu air yang berlebihan harus segera dibuang ke saluran atau badan air penerima terdekat. Masyarakat kini mulai meyakini bahwa penanganan masalah drainase saat ini adalah memberi air sebanyak mungkin untuk meresap ke dalam tanah sebelum akhirnya dibuang melalui sistem saluran. Adapun fungsi drainase secara teknik yang merupakan sebagai berikut:

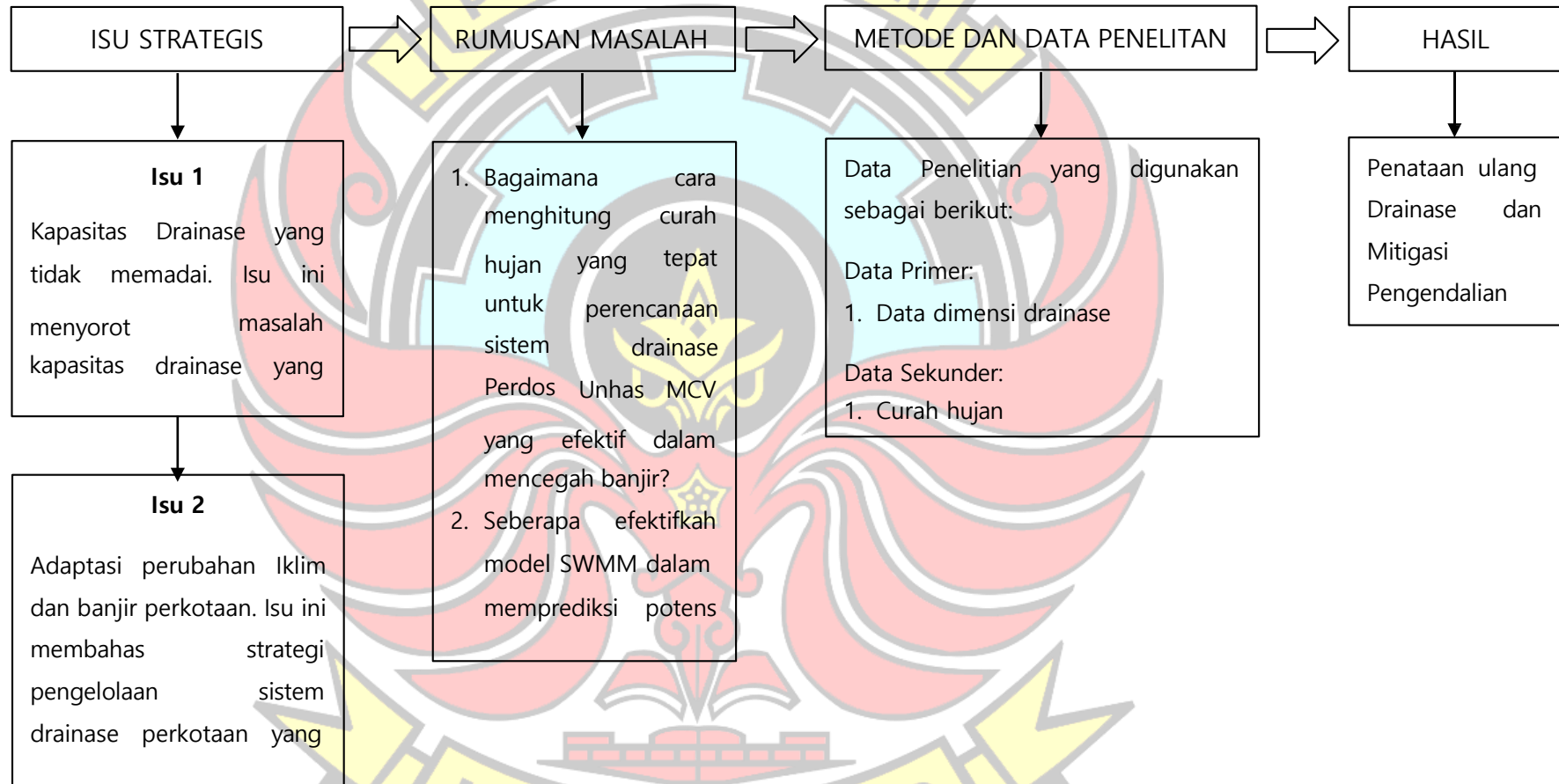
1. Kelebihan air permukaan yang dialirkan ke badan air terdekat agar tidak menggenangi maupun membanjiri kota yang dapat menyebabkan rusaknya harta benda dan infrastruktur kota.
2. Menghentikan genangan di area perkotaan dan segera membuang ke badan air penerima yang terdekat.
3. Mencegah erosi, kerusakan jalan serta bangunan-bangunan.
4. Mengontrol elevasi muka air tanah melalui sistem drainase bawah permukaan.
5. Mengurangi kerusakan jalan dan bangunan, hingga dapat memperpanjang usia ekonomis yang ada.

2.7 Sistem Pengendalian Banjir

Pengendalian banjir merupakan suatu yang kompleks. Banyak ilmu teknik yang terlibat dalam dimensi rekayasanya, seperti hidrologi, erosi DAS, rekayasa sistem pengendalian banjir, sistem drainase kota, bangunan air, dll. Selain itu, banyak faktor sosial, ekonomi, lingkungan, institusi, hukum, dan lainnya yang memengaruhi keberhasilan program pengendalian banjir. Ada terdapat dua jenis pengendalian, yaitu pengendalian banjir secara struktural yang meliputi reboisasi lahan, pembuatan *check* dam, dan lainnya. Serta pengendalian banjir non-struktural yang meliputi pengelolaan DAS, Pengembangan daerah banjir, dan lainnya.



2.8 Kerangka Berpikir



Gambar 2. 17 Kerangka Berfikir

2.9 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

No	Nama Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Reyna Modeong, Rieneke L.E. Sela, Michael M. Rengkung (2024)	Mitigasi Bencana Banjir Pada Perumahan Dan Kawasan Permukiman Di Kabupaten Bolaang Mongondow Timur.	<p>Penelitian ini bisa mengetahui tingkat risiko bencana banjir yang akan terjadi dan merekomendasikan konsep mitigasinya. Konsep mitigasi banjir pada perumahan dan kawasan permukiman di Kabupaten Bolaang Mongondow Timur mengacu pada tahapan mitigasi yang diuraikan dalam Peraturan Menteri Perumahan dan Kawasan Permukiman Rakyat Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2014 Tentang Pedoman Mitigasi Bencana Alam Bidang Perumahan dan Kawasan Permukiman. Strategi Mitigasi bencana banjir pada perumahan dan kawasan permukiman dengan resiko tinggi dengan konsep.</p> <ol style="list-style-type: none"> Konsep Mitigasi Struktural: <ol style="list-style-type: none"> Tanggul Sungai; Jaringan drainase; Jalur evakuasi bencana banjir; Perencanaan biopori. Konsep Mitigasi Non Struktural: <ol style="list-style-type: none"> Program peningkatan produktifitas dan kreatifitas masyarakat seperti mengadakan pelatihan untuk mengasah kreatifitas bagi masyarakat kurang mampu. BPBD dan lembaga terkait melakukan pelatihan dan simulasi mitigasi bencana banjir terhadap masyarakat terkhususnya pada desa yang berisiko tinggi sebagai prioritas utama. Edukasi terhadap pemeliharaan sungai dan saluran drainase kepada seluruh

Lanjutan tabel 2.1 pada halaman sebelumnya

masyarakat serta membuat larangan untuk membuat sampah ke sungai.

- d. Sistem peringatan dini banjir yang direkomendasikan untuk di pasang pada setiap bendungan. Berikut merupakan contoh alat untuk sirine ketika debit air sudah meningkat.

Perbandingan Penelitian:

Pada penelitian yang dilakukan oleh Reyna Modeong, dkk (2024) tentang tingkat risiko bencana banjir yang akan terjadi pada Perumahan Dan Kawasan Permukiman Di Kabupaten Bolaang Mongondow Timur dan merekomendasikan konsep mitigasinya. Sedangkan dalam konteks ini, penulis memberikan kontribusi khusus dengan menonjolkan penggunaan SWMM sebagai alat yang efektif untuk memperoleh mitigasi pengendalian banjir di perumahan Perdos Unhas MCV.

2	Eka Rudi Ridwan. (2023)	Yuniarto, Latief, Terhadap Banjir di Perumahan Mutiara Permai Kecamatan Somba Opu Kabupaten Gowa	Arahan Pengendalian	<p>Penelitian ini membahas bahwa sistem drainase pada kompleks perumahan Mutiara Permai a tidak mampu menampung debit air limpasan berupa banjir kiriman yang terjadi ketika musim penghujan. Pendangkalan drainase yang tanpa memperhitungkan saluran drainase penyebab menurunnya kapasitas sistem drainase. Arahan Pengendalian banjir di perumahan Mutiara Permai dapat dilakukan dengan dua cara yakni, Pertama:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Upaya mitigasi bencana banjir melalui debit rencana jaringan drainase dengan cara memperbesar debit saluran drainase dalam bentuk kegiatan memperluas penampang drainase dan mempercepat pengaliran air drainase saluran dengan mengatur elevasi drainase. 2. Upaya mitigasi bencana banjir melalui debit limpasan dengan memperkecil Koefisien <i>Run Off</i>, melalui penghijauan ruang publik.
---	-------------------------	--	---------------------	---

Perbandingan Penelitian:

Pada penelitian yang dilakukan oleh Eka Yuniarto, dkk (2023) tentang upaya mitigasi bencana banjir melalui debit rencana jaringan drainase dengan cara memperbesar debit saluran drainase dalam

Lanjutan tabel 2.1 pada halaman sebelumnya

bentuk kegiatan memperluas penampang drainase dan mempercepat pengaliran air. Sedangkan dalam konteks ini, penulis memberikan kontribusi khusus dengan menonjolkan penggunaan SWMM sebagai alat yang efektif untuk memperoleh mitigasi pengendalian banjir di perumahan Perdos Unhas MCV.

3	Meilani Belladona, Widya Ningrum, Fenty Wisnuwardhani, Alex Surapati (2023)	Pemodelan Sistem Drainase Menggunakan EPA SWMM 5.1 Untuk Mengatasi Genangan Kelurahan Kebun Tebeng Bengkulu	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting sehingga ditemukan solusi yang dapat digunakan untuk menangani masalah genangan di daerah ini. Pemodelan sistem drainase pada penelitian ini menggunakan program EPA Storm Water Management Model (SWMM) 5.1.
---	--	--	--

Perbandingan Penelitian:

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ningrum, dkk (2023) tentang Ningrum Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting sehingga ditemukan solusi yang dapat digunakan untuk menangani masalah genangan di daerah ini.. Sedangkan dalam konteks ini, penulis memberikan kontribusi khusus dengan menonjolkan penggunaan SWMM sebagai alat yang efektif untuk memperoleh mitigasi pengendalian banjir di perumahan Perdos Unhas MCV.

