

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Banjir

Banjir terjadi secara alami, tetapi juga dapat disebabkan oleh tindakan manusia. Banjir terjadi ketika permukaan air di sungai, danau, cekungan, atau laut melebihi ketinggian normalnya, sehingga membanjiri area di sekitarnya. Keselamatan publik dan lingkungan terancam akibat kejadian ini (Sugianto et al., 2022).

Banyak penyebab yang dapat menyebabkan banjir, tetapi penyebab utamanya adalah tindakan manusia seperti perubahan tata guna lahan, pertumbuhan penduduk, pembangunan perumahan, dan hilangnya ruang terbuka. Siklus air terdampak oleh keadaan-keadaan ini, yang juga mengurangi ketersediaan air bersih. Curah hujan yang tinggi, menurut Sugianto dkk. (2022), dapat meningkatkan debit sungai, yang dapat menyebabkan kerusakan pada infrastruktur pengelolaan air dan berdampak besar pada banjir.

Berbagai faktor dapat menyebabkan banjir, seperti curah hujan yang tinggi, penumpukan puing yang menghambat aliran sungai, perubahan tata guna lahan yang menurunkan daya serap air tanah, dan kurangnya strategi pencegahan. Berdasarkan referensi, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) (2023) mengategorikan banjir menjadi tiga jenis utama, yang akan dijelaskan lebih lanjut dalam bab-bab selanjutnya.

1. **Banjir fluvial** adalah ketika sungai meluap akibat debit air yang melebihi kapasitasnya.
2. **Banjir pluvial** terjadi ketika air hujan tidak lagi terserap oleh tanah atau ketika sistem drainase yang ada tidak berfungsi.
3. **Banjir rob** disebabkan pasang surut yang memasuki wilayah pesisir menyebabkan banjir pasang. Banjir pasang surut juga dapat disebabkan oleh luapan sungai yang bertemu dengan pasang surut, sehingga mengakibatkan aliran balik.

(Kodoatie & Sugiyanto, 2002) Penyebab banjir dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

1. Banjir Alami

Banjir Sebagaimana dijelaskan pada bagian-bagian berikut, faktor-faktor alami yang menyebabkan banjir meliputi curah hujan, erosi, penumpukan sedimen, topografi, dimensi sungai, kapasitas sistem drainase, dan pengaruh pasang surut. Volume air di sungai dipengaruhi oleh kuantitas air yang melewatinya, sebagai berikut:

a. Kapasitas Sungai

Banjir jenis ini dipicu oleh penumpukan sedimen akibat erosi di Daerah Aliran Sungai (DAS) dan di tepian sungai. Sedimentasi ini biasanya terjadi akibat praktik pengelolaan lahan yang buruk atauutupan vegetasi yang tidak memadai.

b. Kapasitas Drainase

Air hujan awalnya tertampung sementara di sistem sebelum dialirkan kembali ke sungai atau anak sungai. Namun, terdapat beberapa sistem drainase perkotaan kurang memadai dan tidak dapat menampung air hujan dalam jumlah besar, sehingga menyebabkan luapan ke permukiman di sekitarnya.

c. Erosi dan Sedimentasi

Erosi daerah aliran sungai (DAS) dapat mengurangi kapasitas tampung DAS. Erosi ini mengakibatkan penumpukan sedimen, yang memperlambat aliran air dan pada akhirnya dapat menyebabkan banjir di wilayah sekitarnya.

d. Intensitas Curah hujan

Indonesia, yang terletak tepat di garis khatulistiwa, dikenal sebagai negara hangat yang memiliki dua musim utama: satu musim hujan lebat dan satu musim kemarau. Selama musim hujan, hujan lebat seringkali membanjiri sistem drainase karena volume air yang sangat besar.

e. Fisiografi dan Geografi

Aspek geografis berperan dalam risiko banjir dengan memengaruhi karakteristik sungai. Faktor-faktor tambahan yang memengaruhi kerentanan terhadap banjir di suatu wilayah meliputi bentuk penampang sungai, kemiringan DAS, kedalaman alur sungai, dan jenis material penyusun dasar sungai.

2. Banjir Akibat Aktivitas Manusia

Dalam banyak kasus, banjir yang disebabkan oleh manusia disebabkan oleh perubahan lingkungan akibat tindakan manusia, yang dijelaskan dalam bagian berikut:

a. Permukiman Kumuh

Di permukiman kumuh yang terletak di sepanjang bantaran sungai, risiko luapan air ke daerah sekitarnya meningkat karena terbatasnya aliran air.

b. Sampah

Sungai-sungai perkotaan menghadapi masalah sampah yang signifikan akibat perilaku manusia, seperti membuang sampah sembarangan di sungai. Sampah ini menghambat aliran sungai, yang menyebabkan banjir.

c. Perubahan Kondisi Daerah Aliran Sungai

Perubahan kondisi daerah aliran sungai, seperti proyek pembangunan, pertumbuhan perkotaan yang meningkatkan luasan daerah perubahan tata guna lahan yang tidak tepat, kedap air, dan praktik pertanian yang kurang tepat, dan praktik pertanian yang tidak tepat, juga berkontribusi terhadap peningkatan aliran banjir di wilayah perkotaan.

d. Drainase Lahan

Pertumbuhan perkotaan dan pergeseran pemanfaatan lahan di dekat sungai telah mengurangi kapasitas sungai untuk menampung volume air yang besar.

e. Kerusakan pada Struktur Pengendalian Banjir

Ketika sistem pengelolaan banjir rusak, air dapat meluap, karena sistem tersebut kurang mampu mengendalikan ketinggian air, biasanya akibat kelalaian dan pemeliharaan yang buruk.

f. Perencanaan Sistem Pengendalian Banjir yang Tidak Memadai

Sistem pengendalian banjir yang tidak dirancang dengan baik dapat memperburuk banjir, karena kesalahan dalam perencanaan membuat sistem tidak dapat menangani banjir dengan baik.

g. Deforestasi

Pengelolaan lahan yang buruk mengakibatkan kerusakan tanaman alami, yang menyisakan lebih banyak lahan kosong dan lebih sedikit tanah untuk menyerap air, sehingga meningkatkan kemungkinan banjir.

2.2 Daerah Aliran Sungai

Daerah Menurut SNI 1724:2015 dan SNI 2415:2016, Daerah Aliran Sungai (DAS) didefinisikan sebagai wilayah yang mencakup sungai dan anak sungainya yang lebih kecil, yang dibatasi oleh fitur alam seperti pegunungan. DAS berfungsi sebagai area tempat berkumpulnya curah hujan dan mengalirkannya ke danau atau laut. Istilah alternatif untuk DAS adalah daerah tangkapan air. DAS secara signifikan memengaruhi tingkat banjir yang dapat diperkirakan. Bentuk dan pergerakan sungai memainkan peran penting dalam menentukan DAS, yang selanjutnya memengaruhi kualitas airnya. Elemen-elemen seperti bentuk lahan, ketinggian di atas permukaan laut, dan batas daerah aliran sungai dapat memengaruhi pola selanjutnya. Sebagaimana dinyatakan oleh Sosrodarsono dan Takeda (1977), terdapat berbagai kategori DAS:

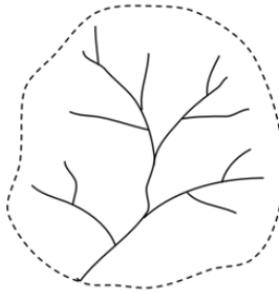
A. Bulu Burung



Gambar 2. 1 Bentuk DAS Bulu Burung (Sosrodarsono & Takeda, 1977)

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1, aliran sungai yang lebih kecil yang mengalir ke sungai utama mengalami banjir dengan tingkat yang lebih rendah. Perbedaan waktu yang dibutuhkan air banjir untuk mencapai sungai utama menyebabkan periode banjir yang lebih lama.

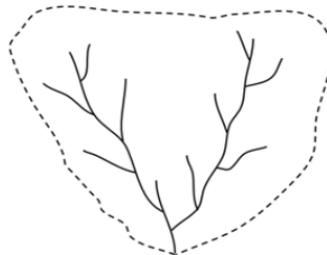
B. Radial



Gambar 2. 2 Bentuk DAS Radial (Sosrodarsono & Takeda, 1977)

Aliran puncak di daerah aliran sungai (DAS) yang besar lebih tinggi daripada aliran puncak di DAS yang kecil, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Hal ini dapat mengakibatkan banjir besar di titik pertemuan sungai.

C. Paralel



Gambar 2. 3 Bentuk DAS Paralel (Sosrodarsono & Takeda, 1977)

Menurut Gambar 2.3, Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan bentuk ini memiliki dua sungai paralel yang bertemu saat mengalir ke hilir. Hal ini dapat menyebabkan banjir di pertemuan anak-anak sungai.

Adapun Beberapa karakteristik DAS tercantum di bawah ini:

A. Karakteristik Topografi

Istilah topografi mengacu pada bentuk dan kualitas permukaan lahan. Topografi biasanya mencakup tumbuhan dan dampak pengaruh manusia terhadap ekosistem dan masyarakat di sekitarnya (Pattinaja, 2019).

Bentuk dan ciri lahan memengaruhi ukuran dan bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS), yang selanjutnya memengaruhi aspek hidrografi seperti aliran sungai dan muka air.

B. Karakteristik Geologi dan Jenis Tanah

Karakteristik geologi dan jenis tanah berkaitan dengan berbagai jenis batuan, lokasi, sifat fisik, stabilitas dan klasifikasinya, serta struktur dan tekstur tanah. Unsur-unsur ini berperan penting dalam proses erosi sungai dan pengendapan sedimen.

C. Karakteristik Tata Guna Lahan

Penggunaan lahan mengacu pada bagaimana lahan diukur dan dimanfaatkan. Berbagai jenis penggunaan lahan menunjukkan jumlah air yang mengalir dari permukaan dan seberapa baik tanah dapat menyerap air. Area dengan lebih banyak tanaman biasanya memiliki tingkat limpasan air yang lebih tinggi. Lahan yang memiliki vegetasi dapat membantu memperlambat aliran air di permukaan, meningkatkan daya serap air tanah, menjaga kestabilan tanah, dan mengurangi erosi tanah. Menurut pedoman yang ditetapkan oleh Menteri Agraria dan Tata Ruang serta Kepala Badan Pertanahan Nasional pada tahun 2022, kota-kota harus mengalokasikan setidaknya 30% lahannya untuk ruang terbuka hijau.

Koefisien limpasan permukaan, yang dikenal sebagai C , berkisar antara 0 hingga 1. Nilai 0 berarti semua air hujan meresap ke dalam tanah, sementara nilai 1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir dari permukaan. Nilai antara 0 dan 1 menunjukkan bagaimana kemampuan tanah untuk menyerap air berubah seiring dengan jumlah curah hujan yang berbeda. Berikut cara menemukannya:

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot A_i}{A_i} \quad (2.1)$$

Keterangan:

C = Koefisien aliran permukaan

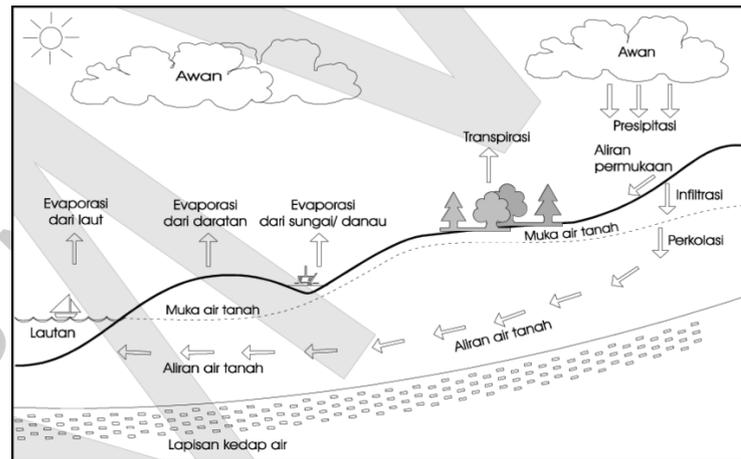
n = Jumlah jenis tutupan lahan

C_i = Koefisien aliran limpasan berdasarkan tutupan lahan i

A_i = Luas daerah tutupan lahan i (km^2)

2.3 Hidrologi

Hidrologi, sebagaimana didefinisikan oleh Soemarto (1999), adalah studi ilmiah tentang siklus air Bumi, yang berfokus terutama pada pergerakan, distribusi, dan kualitas air dalam berbagai bentuknya. Selain itu, hidrologi adalah kajian tentang bagaimana air bergerak dan menyebar, baik di permukaan maupun di bawah tanah, serta bagaimana tindakan manusia memengaruhi pasokan air dan kualitasnya.



Gambar 2. 4 Siklus Hidrologi (Soemarto, 1987)

Pemanfaatan hidrologi terutama terkait dengan perencanaan, perancangan, dan pengelolaan pengendalian dan penggunaan air, yang mencakup rekayasa pengelolaan sumber daya air. Ini meliputi sungai, bendungan, bendung, kolam retensi, dan bangunan lain yang memiliki pengaruh besar terhadap kuantitas dan kualitas air. Variabel yang digunakan dalam studi hidrologi adalah:

2.3.1 Curah Hujan Rata-Rata Kawasan

Milimeter digunakan untuk mengukur curah hujan selama durasi tertentu. Curah hujan dapat diukur dengan alat ini sebagai jumlah total air yang terkumpul selama periode tertentu. Tiga metode penghitungan curah hujan di Daerah Aliran Sungai (DAS), sebagaimana tercantum dalam SNI 2415:2016, adalah metode aritmatika, poligon Thiessen, dan isohyet.

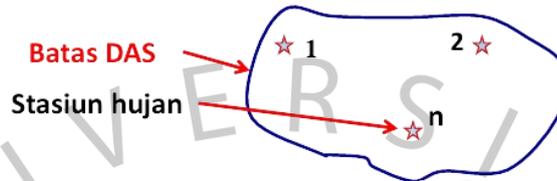
A. Metode Aritmatika

Cara paling mudah untuk menentukan curah hujan areal adalah metode aritmatika. Metode ini menghitung rata-rata curah hujan maksimum yang tercatat di setiap alat penakar hujan atau stasiun di dalam DAS. Pendekatan ini paling baik untuk DAS dengan luas permukaan kurang dari 500 kilometer persegi. Sebagaimana ditunjukkan dalam pendekatan aritmatika, perhitungan ini menggunakan Rumus (2.2):

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (2.2)$$

Keterangan:

- \bar{P} = Rerata curah hujan maksimum Kawasan (mm)
- $P_1 \dots P_n$ = Curah hujan maksimum setiap stasiun hujan (mm)
- n = Jumlah stasiun hujan



Gambar 2. 5 Metode Aritmatik (Arbaningrum, 2018)

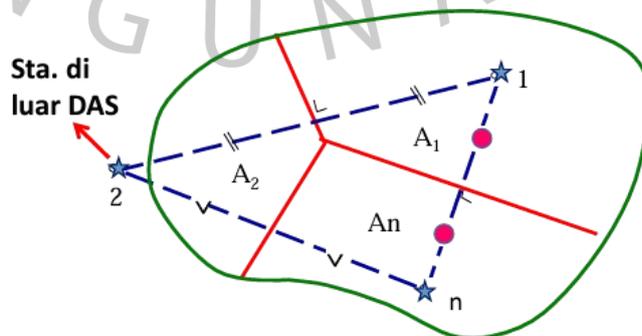
B. Metode Thiessen

Metode poligon Thiessen digunakan untuk menentukan rasio luas stasiun curah hujan terhadap seluruh DAS. Pendekatan ini, yang lebih akurat daripada metode aritmatika dan membutuhkan setidaknya tiga stasiun curah hujan, kurang tepat untuk wilayah pegunungan karena efek orografis. Metode ini digunakan untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) yang luasnya berkisar antara 500 hingga 5.000 kilometer persegi. Selain itu, perubahan pada poligon yang ada akibat penambahan atau penghapusan stasiun curah hujan dapat berdampak pada jumlah curah hujan di DAS tersebut. Pendekatan ini dihitung menggunakan persamaan (2.3).

$$\bar{P} = \sum \frac{P_i \times A_i}{A_t} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- \bar{P} = Tinggi Hujan Rata-rata Kawasan (mm)
- P_i = Curah Hujan Suatu Stasiun Pengukuran (mm)
- A_i = Luas Daerah yang Mewakili Suatu Stasiun (m^2)
- A_t = Luas Daerah Total (m^2)



Gambar 2. 6 Metode Poligon Thiessen (Arbaningrum, 2018)

C. Metode Isohyet

Metode ini menghitung curah hujan di suatu wilayah dengan tingkat akurasi yang sesuai untuk wilayah pegunungan dan dataran rendah (luas DAS > 5.000 km²) dengan menggunakan garis kontur untuk merepresentasikan jumlah curah hujan di suatu DAS (DAS). Beberapa stasiun curah hujan dan analisis yang komprehensif diperlukan untuk metode ini. Rata-rata tinggi curah hujan di sepanjang garis isohyet dikalikan luas setiap bagian di antara kedua garis, kemudian hasilnya dibagi dengan seluruh luas DAS untuk mendapatkan perhitungan. Persamaan (2.4) digunakan untuk perhitungan dalam metode ini..

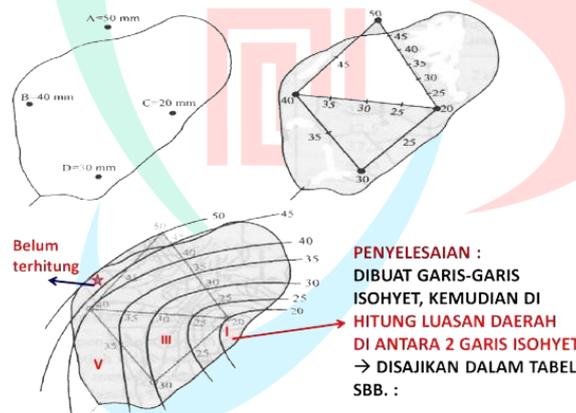
$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.4)$$

Keterangan :

\bar{P} = Tinggi Hujan Rata-rata Kawasan (mm)

I_i = Garis isohyet ke i (mm)

A_i = Luas daerah ke i yang dibatasi oleh garis Isohyet (m²)



Gambar 2. 7 Metode Isohyet (Arbaningrum, 2018)

2.3.2 Perhitungan Data Curah Hujan Kosong

Data mungkin hilang atau tidak tercatat di lokasi pengukuran curah hujan tertentu. Ketidakhadiran ini dapat disebabkan oleh kesalahan manusia atau masalah seperti kerusakan peralatan dan kejadian alam. Akibatnya, setiap stasiun pengukuran curah hujan perlu melakukan aproksimasi data curah hujan untuk memenuhi kebutuhan datanya. SNI 2415:2016 menguraikan dua teknik untuk memperkirakan data curah hujan yang tidak ada:

1. Metode pertama melibatkan penghitungan rata-rata curah hujan dari stasiun terdekat, dengan syarat selisih rata-rata curah hujan tahunan antara lokasi dengan data yang tersedia dan lokasi dengan data yang hilang kurang dari 10%.

2. Estimasi proporsi curah hujan tahunan relatif terhadap data dari alat pengukur hujan lainnya. Namun, metode ini mengharuskan rata-rata curah hujan tahunan di stasiun terdekat berbeda lebih dari 10%. Rumus (2.5) dapat digunakan untuk melakukan perhitungan ini.

$$P_x = \frac{1}{n} \left[P_a \frac{A_{nx}}{A_{na}} + P_b \frac{A_{nx}}{A_{nb}} + \dots + P_n \frac{A_{nx}}{A_{nn}} \right] \quad (2.5)$$

Keterangan :

- P_x = Curah hujan pada stasiun yang datanya tidak lengkap (mm);
 $P_{a,b,c}$ = Curah hujan pada stasiun a, b, c (mm);
 n = Jumlah Data;
 A_x = Curah hujan tahunan dari stasiun yang datanya tidak lengkap (mm);
 $A_{a,b,c}$ = Curah hujan tahunan dari pos a, b, c (mm).

Dengan menggunakan hasil estimasi data curah hujan untuk mengisi kekosongan data, proses verifikasi dapat diterapkan pada nilai estimasi curah hujan. Validasi ini bertujuan untuk menilai seberapa akurat data estimasi mencerminkan skenario dunia nyata dan untuk memastikan presisi data. Validasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa nilai curah hujan yang diestimasi konsisten dengan angka yang diamati dan dapat diandalkan untuk perhitungan selanjutnya. Berikut adalah beberapa prosedur yang terlibat dalam melakukan uji validasi:

1. Memilih lokasi observasi untuk validasi. Pilih beberapa lokasi yang mengukur curah hujan, yang tidak termasuk dalam proses estimasi, untuk dijadikan data validasi. Lokasi-lokasi yang dipilih ini harus mencerminkan keragaman karakteristik geografis dan lingkungan suatu wilayah, termasuk pusat-pusat perkotaan yang padat penduduk.
2. Membandingkan data asli dengan data estimasi: Catatan curah hujan aktual dibandingkan dengan nilai estimasi yang dihitung. Perbandingan ini dapat menggunakan berbagai ukuran statistik, seperti:
 - a. *Mean Absolute Error* (MAE): Ini mengukur selisih rata-rata antara curah hujan aktual dan estimasi. MAE yang lebih kecil menunjukkan bahwa estimasi lebih akurat.
 - b. *Root Mean Square Error* (RMSE): Ini menghitung akar kuadrat dari selisih kuadrat rata-rata antara nilai riil dan prediksi. RMSE yang lebih rendah menunjukkan bahwa nilai estimasi sangat sesuai dengan data aktual.

- c. *Koefisien determinasi* (R^2): Ini mengukur seberapa baik model menggambarkan perubahan data curah hujan yang kita lihat. Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan hubungan yang kuat antara data aktual dan data yang diprediksi oleh model.
3. Uji Signifikansi, untuk memverifikasi bahwa perbedaan antara data aktual dan prediksi bukan kebetulan, uji statistik seperti uji-t atau uji-F digunakan, dengan penyesuaian untuk jenis dan distribusi data. Analisis ini akan menunjukkan apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua set data.
4. Analisis spasial. Selain penilaian numerik, analisis spasial bertujuan untuk mengetahui apakah pola curah hujan dari data estimasi selaras dengan data asli di wilayah yang diteliti. Langkah ini penting untuk memastikan akurasi numerik dan spasial dari estimasi.

Setelah melakukan uji validasi, hasilnya akan menunjukkan kualitas dan akurasi estimasi. Jika hasilnya menunjukkan sedikit perbedaan antara data curah hujan aktual dan estimasi, estimasi tersebut dianggap cukup baik untuk digunakan dalam menganalisis informasi terkait air. Namun, jika terdapat perbedaan yang besar, teknik estimasi yang lebih baik atau titik observasi yang lebih banyak akan diperlukan untuk meningkatkan akurasi.

2.3.3 Analisis Frekuensi Data Hidrologi

Analisis frekuensi adalah teknik yang digunakan untuk mengetahui seberapa sering suatu kejadian hujan diperkirakan akan terjadi lagi, yang dikenal sebagai periode ulang hujan. Ini mewakili peluang statistik (P) bahwa suatu kejadian hujan tertentu akan terulang dalam jangka waktu tertentu. Dalam studi aliran air, pemahaman tentang konsep ini penting untuk meramalkan kejadian banjir, yang membantu dalam merencanakan sistem pengelolaan banjir dan meminimalkan risiko bencana. Untuk menghitung periode ulang hujan tahunan, rumus yang digunakan adalah: $T = 1/P$. Menurut SNI 2415:2016, langkah-langkah analisis frekuensi dijelaskan sebagai berikut:

2.3.3.1 Parameter Statistik

Analisis frekuensi melibatkan beberapa faktor. Faktor-faktor ini dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

A. Nilai Rata-rata (\bar{X})

Metode berikut digunakan untuk menghitung rata-rata curah hujan menurut Rumus (2.6):

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2.6)$$

Keterangan :

\bar{X} : Tinggi Rata-rata Curah Hujan (*mm*)

X_i : Curah Hujan Maksimum (*mm*)

n : Jumlah Data Hujan

B. Standar Deviasi (S_d)

Simpangan baku dihitung menggunakan Rumus (2.7) dengan cara berikut:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2.7)$$

Keterangan :

S_d : Standar Deviasi Curah Hujan (*mm*)

X_i : Curah Hujan Maksimum (*mm*)

\bar{X} : Tinggi Rata-rata Curah Hujan (*mm*)

n : Jumlah Data Hujan

C. Koefisien Variasi Curah Hujan (C_v)

Rumus (2.8) digunakan untuk menentukan Koefisien Variasi Curah Hujan dengan cara berikut:

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} \quad (2.8)$$

Keterangan :

S_d : Standar Deviasi Curah Hujan (*mm*)

\bar{X} : Tinggi Rata-rata Curah Hujan (*mm*)

C_v : Koefisien Variasi Curah Hujan

D. Koefisien Skewness (C_s)

Rumus (2.9) digunakan untuk menentukan Koefisien Kemiringan Curah Hujan dengan cara berikut:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)S_d^3} \quad (2.9)$$

Keterangan :

S_d : Standar Deviasi Curah Hujan (*mm*)

\bar{X} : Tinggi Rata-rata Curah Hujan (*mm*)

X_i : Curah Hujan Maksimum (*mm*)

n : Jumlah Data Hujan

C_s : Koefisien Skewness

E. Koefisien Kurtosis (C_k)

Koefisien Kemiringan Curah Hujan dihitung menggunakan Rumus (2.10) dengan cara berikut:

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4} \quad (2.10)$$

Keterangan :

S_d : Standar Deviasi Curah Hujan (mm)

\bar{X} : Tinggi Rata-rata Curah Hujan (mm)

X_i : Curah Hujan Maksimum (mm)

n : Jumlah Data Hujan

C_k : Koefisien Kurtosis

2.3.3.2 Pemilihan Jenis Sebaran/Distribusi

Dengan memanfaatkan data statistik curah hujan yang terkumpul, hasil perhitungan dapat dievaluasi sesuai dengan kriteria jenis distribusi yang ditentukan dalam SNI 2415:2016. Rincian ini ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Persyaratan Parameter Statistik Untuk Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Persyaratan
Normal	$C_s \approx 0$
	$C_k = 3$
Log Normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$
	$C_k = 5,383$
	$C_v \sim 0,06$
Log Pearson III	$C_s \neq 0$
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$
	$C_k \leq 5,4002$

Sumber: (SNI 2415, 2016)

2.3.3.3 Distribusi Frekuensi

Sebagaimana disebutkan dalam SNI 2415:2016, berbagai teknik dapat digunakan untuk menemukan distribusi frekuensi curah hujan untuk periode ulang tertentu. Metode-metode ini meliputi distribusi Normal, distribusi Log-Normal, distribusi Log-Pearson III, dan distribusi Gumbel. Masing-masing distribusi ini menerapkan proses yang unik untuk

menentukan distribusi frekuensi. Persamaan yang relevan adalah sebagai berikut:

A. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T S_d \quad (2.11)$$

Keterangan:

X_T = Tinggi curah hujan rencana periode ulang T (mm/hari)

\bar{X} = Tinggi curah hujan rata-rata (mm/hari)

K_T = Nilai variabel reduksi Gauss pada periode ulang T

S_d = Nilai standar deviasi distribusi normal

B. Distribusi Log Normal

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T S_{d \log x} \quad (2.12)$$

Keterangan:

X_T = Tinggi curah hujan rencana periode ulang T (mm/hari)

\bar{X} = Tinggi curah hujan rata-rata (mm/hari)

S_d = Nilai standar deviasi distribusi Log Normal

K^T = Nilai faktor probabilitas

C. Distribusi Log Pearson III

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T S_{d \log x} \quad (2.13)$$

Keterangan:

X_T = Tinggi curah hujan rencana periode ulang T (mm/hari)

\bar{X} = Tinggi curah hujan rata-rata (mm/hari)

S_d = Nilai standar deviasi distribusi Log Normal

K^T = Nilai faktor probabilitas

D. Distribusi Gumbel

$$X_T = \bar{X} + K_T S_d \quad (2.14)$$

$$K_T = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \quad (2.15)$$

Keterangan:

X_T = Tinggi curah hujan rencana periode ulang T (mm/hari)

\bar{X} = Tinggi curah hujan rata-rata (mm/hari)

S_d = Nilai standar deviasi distribusi Gumbel

K^T = Nilai faktor probabilitas

Y_T = Reduksi variat berdasarkan variabel

Y_n = Rata-rata reduksi variat

S_n = Standar deviasi reduksi variat

2.3.3.4 Uji Cara Grafis

Saat menentukan distribusi mana yang akan digunakan, penting untuk mematuhi pedoman yang tercantum dalam dokumentasi probabilitas. Analisis ini, yang dilakukan pada kertas probabilitas, menilai perbedaan antara titik data aktual dan kurva distribusi yang diantisipasi. Perbedaan yang paling signifikan diberi label sebagai nilai Δ_{maks} , yang seharusnya lebih kecil dari nilai Δ_{maks} yang ditentukan dalam SNI 2415:2016.

Titik-titik data disusun pada kertas probabilitas, baik dari yang terkecil hingga terbesar atau dalam urutan sebaliknya. Pada grafik di atas kertas probabilitas, probabilitas (P) diplot sepanjang sumbu X, sedangkan nilai Xi diplot pada sumbu Y. Rumus (2.16) yang diberikan digunakan untuk melakukan perhitungan probabilitas untuk evaluasi grafis.

$$P(X_m) = \frac{m}{n + 1} \times 100\% \quad (2.16)$$

Keterangan:

$P(X_m)$ = data yang telah diurutkan

m = Nomor urut

n = Jumlah data

2.3.3.5 Uji Kecocokan Distribusi

Uji kesesuaian distribusi dilakukan untuk menilai seberapa baik distribusi data aktual sesuai dengan fungsi distribusi teoretis yang diasumsikan mencirikan populasi data.

1) Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov umumnya disebut uji kesesuaian nonparametrik karena tidak menggunakan fungsi distribusi. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2018) menyatakan bahwa prosesnya adalah sebagai berikut:

1. Data disusun dalam urutan menurun atau menaik, dan kemungkinan setiap titik data ditentukan.

$$X_1 = P(x_1)$$

$$X_2 = P(x_2)$$

$$X_n = P(x_n)$$

2. Nilai probabilitas teoretis diurutkan menggunakan representasi data.

$$X_1 = P'(x_1)$$

$$X_2 = P'(x_2)$$

$$X_n = P'(x_n)$$

3. Selisih antara kedua nilai probabilitas digunakan untuk menentukan nilai D tertinggi.

$$D = \text{maksimum} [P'X_n - P'X_n] \quad (2.17)$$

4. Nilai D_{maksimum} harus dibawah dari nilai D_{kritis} ($D_{\text{maks}} < D_{\text{kritis}}$). Jumlah titik data dan tingkat keyakinan terkait menentukan nilai D_{kritis} .

2) Uji Chi-Kuadrat

Peungujian Chi-Kuadrat dilakukan untuk menentukan bahwa distribusi probabilitas yang terpilih mencerminkan karakteristik data dengan tepat. Persamaan berikut digunakan oleh Uji Chi-Kuadrat, sebagaimana tercantum dalam SNI 2415:2016:

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.18)$$

Keterangan:

X_h^2 = Parameter chi-kuadrat terhitung

G = Jumlah sub-kelompok

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub-kelompok i

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub-kelompok i

DK = Derajat kebebasan

P = Untuk distribusi normal dan binomial = 2

2.3.4 Intensitas Hujan

Istilah "intensitas curah hujan" menggambarkan kuantitas curah hujan yang diukur sebagai tinggi atau volume curah hujan selama periode waktu tertentu. Frekuensi dan lamanya hujan memengaruhi intensitas hujan. Hubungan antara intensitas, durasi, dan frekuensi curah hujan dianalisis menggunakan kurva Intensitas, Durasi, dan Frekuensi, yang sering dikenal sebagai kurva IDF. Data yang

dikumpulkan dari alat pengukur hujan otomatis diperlukan untuk kurva IDF karena alat ini hanya dapat merekam data curah hujan pada interval singkat, seperti 5, 10, dan 30 menit.

Persamaan Mononobe digunakan untuk menentukan intensitas curah hujan. Rumus intensitasnya adalah sebagai berikut, menurut Mononobe (SNI 2415:2016):

$$i = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (2.19)$$

Keterangan:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t = Durasi curah hujan (jam)

Curah hujan efektif mengacu pada jumlah total hujan yang menghasilkan limpasan langsung. Persamaan yang digunakan untuk menentukan curah hujan efektif (SNI 2415:2016):

$$R_e = R_t \cdot R_{24} \cdot C \quad (2.20)$$

$$R_t = t \cdot I_t - (t - 1) (I_{t-1}) \quad (2.21)$$

Keterangan:

R_e = Curah hujan efektif

R_t = Rasio distribusi hujan (%)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

C = Koefisien pengaliran permukaan

2.3.5 Debit Banjir dengan Aplikasi EPA SWMM

Berdasarkan prakiraan hujan di suatu wilayah tertentu (DAS), pemeriksaan debit banjir penting untuk mengelola banjir secara efektif. Alat yang digunakan untuk analisis debit banjir ini adalah Model Pengelolaan Air Badai (SWMM) Badan Perlindungan Lingkungan (EPA). Alat ini dipilih karena dapat meniru studi aliran air dan membuat prediksi tentang aliran sungai untuk wilayah tertentu. Agar model EPA SWMM berfungsi dengan baik, model tersebut perlu disesuaikan untuk memastikan pengaturan yang digunakan sesuai dengan keadaan spesifik yang sedang diamati. Contoh kalibrasi terkait hasil debit puncak ditunjukkan di bawah ini (Ariwibowo, Suripin, dan Atmojo, 2017):

A. Root Mean Squared Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{n}} \quad (2.22)$$

B. Nash-sutcliffe Efficiency (NSE)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (2.23)$$

Keterangan:

O_i = Debit yang diamati (m³/detik)

S_i = Hasil simulasi debit (m³/detik)

N = Jumlah titik data yang disimulasikan

\bar{O} = Rata-rata debit yang diamati

Tabel 2. 2 Nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)

Nilai NSE	Interpretasi
$NSE > 0,75$	Baik
$0,36 < NSE < 0,75$	Memenuhi
$NSE < 0,36$	Tidak Memenuhi

Sumber: (Arrokhman, Wahyuni, & Suhartono, 2021)

Salah satu metode untuk menentukan laju aliran banjir rancangan adalah melalui penggunaan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS), yang berfungsi sebagai persamaan dasar dalam perangkat lunak EPA SWMM. Meskipun terdapat beberapa metode alternatif, seperti *Rational*, *Melchior*, *Weduwen*, *Haspers*, *Java-Sumatra FSR*, dan *Flood Marking*, penelitian ini berfokus pada HSS Nakayasu. Untuk menerapkan teknik Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu, beberapa elemen harus diperhitungkan, termasuk ukuran Daerah Aliran Sungai (DAS), panjang sungai, koefisien aliran, dan curah hujan tertinggi dalam jangka waktu 24 jam. Berikut ini merupakan persamaan untuk Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu (Hadisusanto, 2011):

$$Q_p = \frac{c \cdot A \cdot R_{24}}{3,6 (0,3T_p + T_{0,3})} \quad (2.24)$$

$$Q_{base\ flow} = 0,5 Q_p \quad (2.25)$$

Keterangan:

Q_p = Debit puncak banjir (m³/detik)

C = Koefisien pengaliran permukaan

- A = Luas daerah tangkapan atau DAS hingga *outlet* (km²)
 R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)
 T_p = Tenggang waktu permulaan banjir hingga puncak hidrograf banjir (jam)
 $T_{0,30}$ = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak banjir (jam)

Selanjutnya Persamaan selanjutnya menghitung waktu tunda dari awal hujan hingga puncak banjir terjadi, yang disebut T_p :

$$T_p = T_g + 0,8 T_r \quad (2.26)$$

Keterangan;

- T_g = waktu konsentrasi (jam)
 = Untuk $L > 15$ km nilai $T_g = 0,4 + 0,058L$
 = Untuk $L < 15$ km nilai $T_g = 0,21L + 0,7$
 T_r = Waktu hujan efektif (jam)
 = $0,5 T_g$ sampai $1 T_g$

Untuk menentukan debit pada $T_{0,30}$, persamaan berikut digunakan:

$$T_{0,30} = \alpha \cdot T_g \quad (2.27)$$

Keterangan:

- α = Faktor koefisien berdasarkan bentuk hidrograf banjir pada DAS
 = Untuk nilai DAS aliran biasa = 2
 = Pada bagian hidrograf naik lambat dan turun cepat = 1,5
 = Pada bagian hidrograf naik cepat dan turun lambat = 3,0

Saat mengevaluasi debit per jam dalam hidrograf, penting untuk memperhitungkan saat jam terjadinya banjir. Penjelasannya adalah sebagai berikut:

- a. Bagian kurva naik atau *rising limb* ($0 < t < T_p = 3,33$)

$$UH = Qp \times \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \quad (\text{m}^3/\text{det}) \quad (2.28)$$

- b. Bagian kurva turun atau *decreasing limb* ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)

$$UH = Qp \times 0,3^{\frac{t}{T_p}} \quad (\text{m}^3/\text{det}) \quad (2.29)$$

- c. Bagian kurva turun atau *decreasing limb* ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$UH = Qp \times 0,3^{\frac{(t-T_p)+(0,5 \times T_{0,3})}{1,5 \times T_{0,3}}} \quad (\text{m}^3/\text{det}) \quad (2.30)$$

- d. Bagian kurva turun atau *decreasing limb* ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$UH = Qp \times 0,3^{\frac{(t-T_p)+(1,5 \times T_{0,3})}{2 \times T_{0,3}}} \quad (\text{m}^3/\text{det}) \quad (2.31)$$

Perhitungan debit banjir total yang dihasilkan dari distribusi curah hujan dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{tot} = U_1.R_{ei} + U_2.R_{ei1} + U_3.R_{ei3} + U_n.R_{ei(n-1)} + Q_b \quad (2.32)$$

Keterangan:

Q_{tot} = Debit banjir total per jam untuk periode ulang R tahun ($m^3/detik$)

U_a = Ordinat unit HSS; Q_i ; Q_r ; Q_t ($m^3/detik$)

R_{ef} = Hujan efektif pada distribusi hujan (mm)

Q_b = Aliran dasar/*base flow* (m^3/det)

2.4 Kala Ulang untuk bangunan Air

Perhitungan debit banjir yang diharapkan di daerah aliran sungai perlu dilakukan bersamaan dengan identifikasi periode ulang struktur. Untuk kolam retensi, frekuensi pengembalian ditentukan oleh luas daerah tangkapan air dan karakteristik kota tempat kolam tersebut berada. Selain itu, perhitungan yang diperlukan memerlukan pengumpulan informasi curah hujan minimal sepuluh tahun berturut-turut, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Nilai Kala Ulang Kolam Retensi Berdasarkan Tipologi Kota dan Luas DAS

Jenis Bangunan	Catchment Area (Ha)			
	<10	10-100	100-500	>500
Kota Metropolitan	2 Tahun	2-5 Tahun	5-10 Tahun	10-25 Tahun
Kota Besar	2 Tahun	2-5 Tahun	2-5 Tahun	5-20 Tahun
Kota Sedang/Kecil	2 Tahun	2-5 Tahun	2-5 Tahun	5-10 Tahun

Sumber: (Kementerian PUPR, 2020)

2.5 Kolam retensi

Kolam retensi merupakan struktur bangunan yang dirancang sebagai penampungan air. Ini membantu air meresap ke dalam tanah, yang membantu mengelola drainase dan mengurangi kemungkinan banjir. Saat merancang kolam retensi, langkah pertama adalah memeriksa apakah lokasi yang dipilih mengikuti aturan tertentu dan memiliki cukup ruang untuk kolam tersebut.

Selain itu, penting untuk menilai seberapa baik air dapat mengalir melalui tanah di setiap lokasi, termasuk material di permukaan dan di bawahnya, ukuran dasar kolam, dan seberapa dalam kolam tersebut nantinya. Aspek penting lainnya adalah mempertimbangkan potensi badai yang dapat membawa lebih banyak air daripada yang dapat ditampung kolam. Terakhir, ada beberapa faktor kunci yang perlu diingat, seperti biaya yang dikeluarkan untuk membangun, mengoperasikan, dan memelihara kolam (Travis dan Mays, 2008).

Kolam retensi tidak hanya berfungsi untuk menampung air; kolam ini juga dapat meningkatkan kualitas air melalui metode alami seperti sedimentasi, yang membantu menghilangkan kotoran, bakteri, dan logam. Beberapa proses lain yang memberikan

manfaat antara lain penguraian alami, sterilisasi oleh cahaya matahari, serta penyaringan alami melalui tanah. Tidak hanya berperan dalam meningkatkan mutu air, kolam retensi juga mampu menjadi habitat tambahan bagi ekosistem. Endapan yang terkumpul di dasar kolam dapat diolah secara biologis atau dimanfaatkan kembali, termasuk untuk kebutuhan irigasi lahan pertanian, sehingga memberikan berbagai manfaat tambahan (Mallin, Ensign, Wheeler, & Mayes, 2002).

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2020), terdapat berbagai jenis kolam retensi, antara lain:

1. Kolam Retensi Tipe di Samping Badan Sungai



Gambar 2. 8 Kolam Retensi di Samping Badan Sungai (Kementerian PUPR, 2020)

Gambar 2.8 mengilustrasikan kolam retensi di tepi sungai, yang mencakup berbagai komponen: saluran masuk dan saluran keluar, jalur landai untuk mengakses kolam, *spillway* samping, cekungan di depan saluran keluar, dan filter limbah beserta kolam ikan. Kolam semacam ini umumnya dibangun apabila terdapat lahan yang memenuhi persyaratan. Studi ini berfokus pada kolam retensi yang berada di samping sungai.

2. Kolam Retensi Tipe di dalam Badan Sungai



Gambar 2. 9 Kolam Retensi Tipe di Dalam Badan Sungai (Kementerian PUPR, 2020)

Gambar 2.9 menggambarkan kolam retensi yang terletak di dalam sungai, dengan berbagai komponen termasuk tanggul di sekitarnya, pintu keluar, meander, kolam sedimentasi, dan filter puing. Kolam retensi di daerah aliran sungai umumnya digunakan ketika tidak ada pilihan lahan lain yang tersedia untuk kolam ini. Namun, ukuran kolam ini seringkali cukup terbatas, dipengaruhi oleh lokasinya. Selain itu, proses pembangunan kolam ini cukup rumit, dan biaya pemeliharannya lebih besar dibandingkan dengan jenis kolam retensi lainnya. Kolam Retensi Air Berkepanjangan

3. Kolam Retensi Tipe *Storage* Memanjang



Gambar 2. 10 Kolam Retensi di Dalam Badan Sungai (Kementerian PUPR, 2020)

Gambar 2.10 menunjukkan kolam penyimpanan besar yang memiliki saluran yang lebih lebar. Seperti kolam retensi yang terdapat di daerah aliran sungai, jenis ini umumnya digunakan ketika pilihan lahan alternatif tidak tersedia. Kekurangannya meliputi kapasitas yang terbatas, kebutuhan untuk menunggu air hujan, dan proses konstruksi yang lebih rumit.

2.6 Analisis Hidrolika Kolam Retensi dengan EPA SWMM dan HEC RAS

Hidrolika adalah cabang ilmu yang menyelidiki aliran air, material yang dibawanya, dan gaya yang dihasilkan oleh aliran tersebut, menurut SNI 1724:2015. Analisis hidrolika terdiri dari dua jenis: aliran terbuka dan aliran tertutup. Seperti yang ditunjukkan pada rumus (2.33), persamaan *Manning* dapat digunakan untuk menghitung kapasitas penampang sungai, yang merupakan faktor krusial dalam analisis hidrolika.

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} A \quad (2.33)$$

Keterangan:

Q = Kapasitas debit penampang (m^3/det)

A = Luas Penampang (m^2)

R = Jari-jari hidrolis (M)

P = Keliling penampang (m)

S = Kemiringan dasar saluran

C = Koefisien Chezy

n = Koefisien kekasaran manning untuk saluran

y = Berat jenis bahan lapisan saluran

Koefisien *Manning* terdiri dari dua komponen: satu komponen berkaitan dengan dasar sungai, dan komponen lainnya berkaitan dengan jenis vegetasi atau medan. Kedua komponen tersebut memerlukan koefisien *Manning* karena lintasan aliran dipengaruhi oleh tekstur permukaan yang dilaluinya. Tabel 2.4 mengilustrasikan koefisien *Manning* untuk dasar sungai, dan juga menunjukkan lima kategori tutupan lahan.

Tabel 2. 4 Koefisien Kekasaran Manning Untuk Dasar Saluran

Jenis 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 belak	0.017 – 0,030
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0.014 – 0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0.018 – 0,030

Sumber: SNI 8066:2015

Tabel 2. 5 Koefisien Kekasaran Manning Untuk Tutupan Lahan

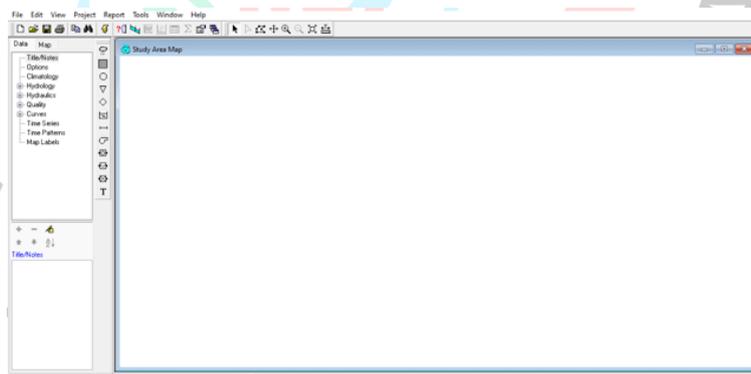
Jenis tutupan lahan	Koefisien manning	
Daerah Buatan	Daerah perkotaan dan industri	0,013
	Daerah pertambangan	0,013
	Tuang terbuka hijau buatan	0,025
Daerah Agrikultur	Daerah pertanian subur	0,03
	Daerah pertanian permanen	0,08
	Padang rumput	0,035
	Daerah pertanian dengan vegetasi alami	0,05

Jenis tutupan lahan		Koefesien manning
	Daerah agroforestry	0,06
Daerah Hutan	Daerah hutan	0,1
dan Semi	Daerah semak belukar	0,06
Alami	Daerah terbuka tanpa atau dengan sedikit vegetasi	0,03
Daerah Lahan Basah	Lahan basah	0,04
Badan Air	Badan air tawar	0,05
	Badan air laut	0,07

Sumber: (Papoioannou, et al., 2022)

2.6.1 EPA SWMM

Model Pengelolaan Air Badai Badan Perlindungan Lingkungan (EPA SWMM) adalah alat yang dibuat untuk mereplikasi kejadian curah hujan tertentu atau mensimulasikan secara berurutan berbagai kejadian curah hujan yang mengakibatkan limpasan di suatu wilayah DAS. Model EPA-SWMM umumnya digunakan untuk mengevaluasi pengelolaan DAS, merencanakan, mengelola, dan menganalisis limpasan air badai, serta membangun komponen sistem drainase. Sebagaimana dinyatakan oleh Al Amin M.B. pada tahun 2020, menu utama EPA SWMM menawarkan berbagai pilihan, sebagaimana tercantum di bawah ini:



Gambar 2. 11 Menu Utama EPA SWMM (Dokumentasi Pribadi, 2024)

A. Main Menu

Bagian ini mencakup beberapa menu yang penting agar program dapat berfungsi.

B. Toolbars

Perintah atau tombol program yang paling sering digunakan terdapat di bagian ini.

C. Project/Map Browser

Semua data proyek yang sedang dikerjakan dalam program ini dapat diakses melalui halaman ini.

D. *Study Area Map*

Wilayah ini digunakan untuk membuat model jaringan sistem drainase.

E. *Property Editor*

Bagian ini digunakan untuk mengubah variabel untuk setiap item sistem drainase yang terdapat pada peta wilayah studi.

F. *Status Bar*

Bagian ini berisi data tentang teknik penggambaran jaringan, penempatan saluran yang mengarah ke simpul, tingkat pembesaran, koordinat peta, dan satuan yang digunakan.

Di sisi lain, program EPA SWMM membutuhkan sejumlah *item* masukan, seperti yang tercantum di bawah ini (AL Amin M.B., 2020):

A. *Rain Gage*

Rain gage melaporkan data curah hujan pada daerah aliran sungai yang lebih kecil dalam suatu wilayah. Sistem membutuhkan input data dari alat ini.

B. *Outfall*

Outfall menjadi dari jaringan drainase umumnya disebut muara, yang terletak di ujung hilir suatu daerah aliran sungai.

C. *Subcatchment*

Subcatchment mengacu pada area lahan tertentu dalam suatu sistem hidrologi, yang dicirikan oleh komponen lanskap dan drainasenya yang mengatur limpasan permukaan yang diarahkan ke satu *outlet*.

D. *Junction*

Junction adalah lokasi pertemuan berbagai sistem drainase air limbah, aliran air alami, atau pipa penghubung.

E. *Conduit*

Conduit adalah jalur yang memungkinkan pergerakan air dari satu area ke area lain. Bentuknya bisa terbuka, tertutup, atau tidak beraturan.

F. *Flow Divider*

Flow divider berfungsi sebagai komponen drainase yang dapat terbagi menjadi dua saluran, yang mengarahkan aliran air yang masuk.

G. *Flow Regulators*

Flow regulators mengontrol atau mengarahkan pergerakan air.

H. *Pumps*

Pumps adalah sebuah alat yang memiliki berfungsi menaikkan permukaan air.

I. *Storage unit*

Storage Unit dapat berupa kolam, danau, atau badan air lainnya.

2.6.2 HEC-RAS

Brunner dkk. (2016) mencatat bahwa Sistem Analisis Sungai (HEC-RAS) dari Pusat Teknik Hidrologi adalah perangkat lunak yang dibuat untuk mensimulasikan aliran sungai. Perangkat lunak ini mencakup berbagai subjek dalam rekayasa hidrologi, termasuk simulasi waduk, studi limpasan curah hujan, hidrolika sungai, penilaian kerusakan banjir, dan prakiraan operasi bendungan. Awalnya, perangkat lunak ini hanya menyediakan analisis satu dimensi (1D), yang mampu mengevaluasi aliran tetap dan tidak tetap. Peningkatan terbaru telah memperkenalkan kemampuan untuk melakukan analisis aliran sungai untuk dua dimensi (2D). Untuk meningkatkan fungsi dari saluran, serta penampang sungai disegmentasi berdasarkan koefisien kekasaran *Manning* (n). Persamaan *Manning*, sebagaimana dijelaskan oleh Istiarto (2014), dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Q = KS^{\frac{1}{2}} \quad (2.34)$$

$$K = \frac{1,486}{n} AR^{\frac{2}{3}} \quad (2.35)$$

Keterangan :

Q = Debit banjir pada saluran air ($m^3/detik$)

K = Nilai pengantar untuk aliran pada unit

A = Luas permukaan penampang saluran

R = Jari-jari dari hidrolika

Bentuk yang digunakan dalam model dengan satu dimensi (1D) dan dengan dua dimensi (2D) dibuat menggunakan metode yang berbeda. Bentuk dalam model 1D terutama berasal dari hubungan antara data penampang sungai dan sistem hidroliknya. Untuk membedakan saluran utama dari dataran banjir, setiap area diberi nilai kekasaran yang berbeda. Dataran banjir ditunjukkan oleh jalur yang menghubungkan sel-sel, dengan setiap sel memiliki maksimal delapan permukaan, sementara saluran utama dalam model 2D mengikuti bentuk 1D. Kondisi batas dikaitkan dengan titik-titik pada struktur saluran 1D, dan jaringan yang dihasilkan dihubungkan dengan aliran dalam 1D. Kedalaman air di setiap lokasi juga diukur

selama perhitungan, beserta pergerakan air di antara permukaan-permukaan tersebut. (Yazdan, Kumar, dan Mehedi, 2022).

A. Aliran Permanen

Al-Hussein dkk. (2022) menggambarkan aliran permanen sebagai bentuk aliran satu dimensi di mana permukaan air tetap stabil dalam kondisi aliran konstan. Metode tradisional digunakan untuk menyelesaikan persamaan ini guna memprediksi tinggi muka air dan tingkat energi pada kedua penampang sungai yang berdekatan. Berikut merupakan persamaan energi yang terkait dengan aliran satu dimensi tunak:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{A_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{A_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (2.36)$$

Keterangan:

Z_1, Z_2 = Ketinggian dasar penampang saluran (m)

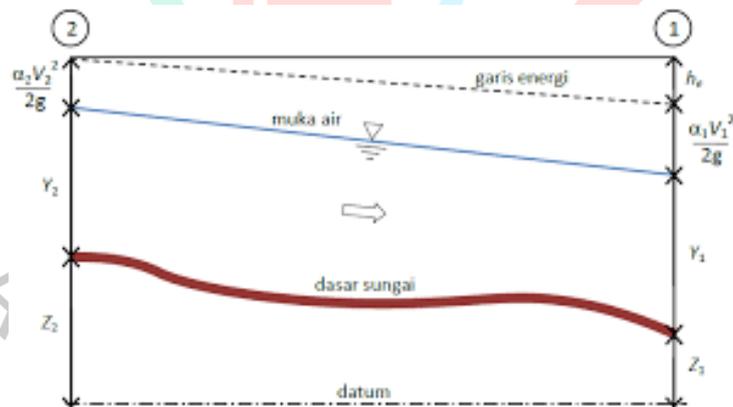
Y_1, Y_2 = Kedalaman tinggi air pada penampang saluran (m)

V_1, V_2 = Kecepatan aliran pada penampang saluran (m/s)

a_1, a_2 = Koefisien kecepatan aliran

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

h_e = Kehilangan energi pada aliran



Gambar 2. 12 Diagram Aliran Berubah Beraturan (Istiarto, 2014)

Harga h_e dapat ditemukan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$h_e = L \cdot S_f + C \left| \frac{A_2 V_2}{2g} - \frac{A_1 V_1}{2g} \right| \quad (2.37)$$

Keterangan:

L = Panjang antara 2 penampang dasar saluran

S_f = Kemiringan gesekan representatif pada penampang saluran

C = Koefisien untuk kehilangan energi

B. Aliran Tidak Permanen

Al-Hussein dkk. (2022) menjelaskan aliran tak tunak sebagai jenis aliran di mana permukaan air berubah kecepatan, kedalaman, dan volumenya seiring waktu. Studi tentang aliran tak tunak menerapkan persamaan air dangkal berdasarkan hukum kekekalan massa (persamaan kontinuitas) dan momentum. Persamaan di bawah ini relevan untuk aliran tak tunak, baik dalam kasus satu dimensi maupun dua dimensi (Al-Hussein, Khan, Ncibi, Hamdi, dan Hamed, 2022).

a. Satu Dimensi (1D)

1. Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} + q = 0 \quad (2.38)$$

Keterangan:

- Q = Laju aliran
- A = Luas penampang
- q = Aliran masuk lateral

2. Persamaan Momentum

$$\frac{\partial v}{\partial t} + g \frac{\partial}{\partial x} + \left(\frac{v^2}{2g} + h \right) = g(s_o - s_f) \quad (2.39)$$

Keterangan:

- V = Kecepatan aliran
- g = Percepatan gravitasi
- h = Kedalaman air
- S_o = Kemiringan dasar penampang
- S_f = Kemiringan gesekan representatif pada penampang saluran

b. Dua Dimensi (2D)

1. Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} + q = 0 \quad (2.40)$$

Keterangan:

- H = Elevasi permukaan air
- h = Kedalaman air
- u dan v = Kecepatan aliran dalam arah x dan y
- q = Aliran masuk lateral

2. Persamaan Momentum

Arah X

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} + Vt \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - C_f \cdot u + f_v \quad (2.41)$$

Arah Y

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = g \frac{\partial H}{\partial y} + Vt \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - C_f \cdot v + f_v \quad (2.42)$$

Nilai koefisien gesekan dapat dihitung melalui persamaan rumus *Manning*:

$$C_f = \frac{n^2 g |u|}{R^{\frac{4}{3}}} \quad (2.43)$$

Keterangan:

H = Elevasi Permukaan air

h = Kedalaman air

u dan v = kecepatan aliran rata-rata ke dalama arah x dan y

Vt = koefisien viskositas Eddy

C_f = Koefesien gesekan

g = Percepatan grafitasi

R = Jari-jari hidrolik

c. 1D-2D *Coupled Model*

Sebagaimana dinyatakan oleh Dasallas, Kim, dan An (2019), persamaan bendung untuk konstruksi lateral digunakan untuk mengintegrasikan model satu dimensi dan dua dimensi dalam sistem HEC-RAS, sehingga menghubungkan dinamika aliran sungai (1D) dengan dinamika dataran banjir (2D). Pendekatan ini dikenal sebagai model terintegrasi 1D-2D, yang berpotensi meningkatkan praktik pengelolaan air. Persamaan dua dimensi, yang dikenal sebagai persamaan bendung dalam Rumus (2.44), digunakan untuk menentukan luapan banjir dari struktur samping.

$$dQ = C(y_{ws} - y_w)^{\frac{2}{3}} dx \quad (2.44)$$

Keterangan:

dQ = Limpasan struktur (m)

dx = Jarak elemen (m)

y_{ws} = Elevasi muka air (m)

y_w = Elevasi struktur (m)

C = Koefesien *weir*

Tabel 2. 6 Koefesien Lateral Weir

Model lateral structure	Deskripsi	Koefesien weir
Tanggul > 100 cm dari permukaan tanah	Berperan menahan air agar tidak meluap	0,83 – 1,43
Tanggul 30 cm – 100 cm di atas permukaan tanah	Berperan menahan air agar tidak meluap namun mudah terendam	0,55 – 1,1
Tanggul alami dengan ketinggian 30 cm – 100 cm dari permukaan tanah	Tidak berperan menahan air agar tidak meluap, namun air harus meluap untuk menuju 2D flow area	0,28 - 0,5
Tidak ada tanggul	Air meluap dari sungai	0,06 – 0,28

Sumber: (Yazdan, Ahad, Kumar, & Mehedi, 2022)

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini memerlukan kajian literatur terkini untuk menginformasikan dan menghasilkan lebih banyak elemen untuk investigasi dan analisis. Tinjauan literatur akan membahas topik-topik berikut:

No.	Peneliti	Lokasi	Ringkasan	Metodologi	Hasil Penelitian
1.	Robby Aulia Syuhada, Yohanna Lilis Handayani, Bambang Sujatmoko, 2016	Universitas Riau, Indonesia.	Penelitian ini menyelidiki kejadian banjir di Sub-DAS Kampar Kiri, dengan fokus pada keandalan perangkat lunak EPA SWMM dibandingkan dengan HEC-HMS untuk analisis debit banjir. Penelitian ini bertujuan untuk menilai keakuratan model-model tersebut dengan menghitung kesalahan debit (DE) untuk periode ulang 5 dan 25 tahun.	Penelitian ini menggunakan kombinasi metodologi studi literatur, pengumpulan data, dan pengolahan data. Analisis hidrologi dilakukan, yang meliputi penentuan curah hujan harian maksimum dengan menggunakan distribusi statistik, dan melakukan uji kecocokan seperti uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.	Penelitian ini menyimpulkan bahwa perangkat lunak EPA SWMM 5.0 menunjukkan keandalan yang baik untuk analisis debit banjir di daerah pedesaan Sub DAS Kampar Kiri, dengan selisih kesalahan debit yang dihitung (DE) kurang dari 5% untuk periode ulang 5 tahun dan 25 tahun. Sebagai perbandingan, perangkat lunak HEC-HMS menunjukkan akurasi yang lebih baik, dengan nilai DE yang lebih rendah, yaitu 1,196% dan 2,072% untuk periode ulang yang sama.
2.	Yulia Feriska, Ahmad Izzuddin, 2022	Universitas Muhadi Setiabudi, Indonesia.	Penelitian ini bertujuan untuk menilai kapasitas penampang Sungai Sigulung di Kec. Brebes melalui analisis hidrologi dan hidrolika dengan menggunakan program HEC-RAS 4.1.0.	Studi ini menggunakan metode analisis hidrologi dan hidrolika untuk menentukan kapasitas penampang sungai Sigulung dengan menggunakan program HEC-RAS 4.1.0. Data curah hujan dianalisis	Metode rasional ditetapkan sebagai metode yang paling efektif untuk menghitung debit, dengan hasil yang paling tinggi dibandingkan dengan metode lainnya. Analisis data curah hujan dari tahun 2009-2018 menunjukkan bahwa distribusi

No.	Peneliti	Lokasi	Ringkasan	Metodologi	Hasil Penelitian
			Perhitungan hidrologi didasarkan pada data curah hujan dari tahun 2009-2018, menyimpulkan bahwa distribusi log normal adalah metode yang paling tepat untuk penelitian ini.	dengan menggunakan berbagai metode distribusi, dan menyimpulkan bahwa distribusi log normal adalah yang paling tepat untuk penelitian ini.	log normal adalah yang paling tepat untuk penelitian ini. Temuan ini menekankan pentingnya analisis hidrologi dan hidrolika dalam pengelolaan banjir dan penilaian kapasitas sungai
3.	Pengki Irawan, Junaedi Setiawan, Hendra, Novia Komala Sari, Shinta Awaliyah, 2024	Universitas Siliwangi, Indonesia.	Makalah penelitian ini menganalisis pola distribusi curah hujan lebat yang dominan di daerah aliran sungai Citanduy Hulu, Jawa Barat, dengan menggunakan data curah hujan dari delapan stasiun selama 5-14 tahun. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman tentang pola curah hujan sebagai bahan pertimbangan strategi mitigasi bencana banjir di wilayah tersebut.	Penelitian ini menggunakan metode analisis empiris, khususnya Metode Mononobe dan Metode Blok Bolak-Balik (ABM), untuk menganalisis pola curah hujan lebat di DAS Citanduy Hulu. Metode Mononobe menghitung intensitas curah hujan berdasarkan distribusi frekuensi, sedangkan ABM menyusun data curah hujan dengan nilai tertinggi berada di tengah-tengah durasi.	Penelitian ini menyimpulkan bahwa pola hujan lebat di DAS Citanduy Hulu sebagian besar dicirikan oleh durasi 4-6 jam, dengan Metode Mononobe memberikan pendekatan yang lebih dekat dengan distribusi curah hujan yang teramati dibandingkan dengan Metode Blok Bolak-Balik (ABM) Studi ini menyoroti bahwa distribusi curah hujan di wilayah ini tidak dipengaruhi oleh ketinggian,
4.	Alexander Nugri Pramono, Prasetyo Tri Saputro, 2020	Unika Soegijapranata, Universitas Katolik Soegijapranata, Indonesia.	Penelitian ini menyelidiki efektivitas kolam retensi dalam masalah banjir yang terus menerus terjadi di Semarang Utara, yang diperparah oleh perubahan tata guna lahan dan sistem	Penelitian ini menggunakan metode studi kasus yang dikombinasikan dengan pemodelan untuk menganalisis efektivitas pengendalian banjir. Pengumpulan data meliputi	Penelitian ini menyimpulkan bahwa kolam retensi dan sistem pompa yang ada di Polder Tawang tidak memadai untuk mengatasi masalah banjir di kawasan Kota Lama, terutama pada saat terjadi hujan lebat.

No.	Peneliti	Lokasi	Ringkasan	Metodologi	Hasil Penelitian
			<p>drainase yang buruk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis laju aliran puncak yang masuk ke dalam kolam retensi dan mengevaluasi kemampuan kolam dan pompa yang ada dalam memitigasi risiko banjir. Memanfaatkan program EPA SWMM, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja kolam retensi untuk melindungi infrastruktur penting dari banjir.</p>	<p>data primer (dimensi saluran, kapasitas kolam retensi, kapasitas pompa, arah aliran air, dan batas daerah aliran sungai) dan data sekunder (data curah hujan harian dan peta topografi). Studi ini meliputi pembuatan skema jaringan drainase, pemilihan jenis distribusi frekuensi, dan uji kecocokan untuk distribusi yang dipilih.</p>	<p>Volume limpasan yang signifikan yang melebihi kapasitas sistem, yang menyebabkan banjir di beberapa persimpangan, termasuk Bandarharjo, Empu Tantular, dan Usman Janatin. Studi ini menekankan perlunya optimalisasi kolam retensi dan sistem pompa, termasuk mendesain ulang kolam yang sudah ada.</p>
5.	Silta Yulan Nifen, Yessy Yusnita, 2022	Institut Teknologi Padang, Indonesia.	<p>Makalah penelitian ini berfokus pada evaluasi Kolam Retensi Cimpago di Padang sebagai sistem pengendali banjir. Penelitian ini menggunakan perhitungan hidrologi untuk menilai kapasitas dan efektivitas kolam dalam mengelola air banjir, dengan menggunakan data DEM, statistik curah hujan, dan pengaruh pasang surut air laut.</p>	<p>Studi ini menggunakan perhitungan hidrologi untuk mengelola banjir di area Kolam Retensi dan untuk menentukan volume kolam untuk aplikasi yang efektif. Data yang digunakan meliputi Digital Elevation Model (DEM), curah hujan, pasang surut, dan analisis hidrologi. Daerah tangkapan air danau diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Distribusi curah hujan rencana</p>	<p>Penelitian ini menunjukkan total kapasitas volume Kolam Retensi Danau Cimpago adalah 51.743,35 m³ pada elevasi muka air 1,7 mdpl. Pada saat pasang maksimum (1,5 mdpl), kolam ini terisi 47.774,06 m³ air pasang, sedangkan pada saat surut minimum (0,0 mdpl), kolam ini dapat menampung 11.537,63 m³. Volume banjir kumulatif sebesar 6.458,89 m³, dengan volume banjir maksimum 2.489,60 m³ dan kondisi surut minimum - 33.746,82 m³. Efektivitas kolam</p>

No.	Peneliti	Lokasi	Ringkasan	Metodologi	Hasil Penelitian
				ditentukan dengan menggunakan metode Gumbel.	retensi sebesar 61,70% pada kondisi pasang maksimum dan 625,06% pada kondisi surut minimum.
6.	Ersa Efrizal, Nor Hidayati, Yayan Adi Saputro, 2022	Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara, Indonesia.	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem drainase untuk mengusulkan alternatif pengelolaan banjir yang efektif, dengan menggunakan perencanaan hidrologi dan analisis hidraulik melalui perangkat lunak HEC-RAS dan EPA SWMM. Temuan menunjukkan bahwa kapasitas drainase yang ada tidak memadai, sehingga membutuhkan dimensi saluran baru sebesar B 0,6 m dan H 0,8 m untuk pengelolaan banjir yang efektif.	Makalah ini menggunakan analisis hidrologi untuk menghitung curah hujan rata-rata dengan menggunakan metode isohyet, yang mempertimbangkan dampak dari setiap titik penakar hujan. Metode ini mengasumsikan bahwa data curah hujan antara dua garis isohyet adalah seragam dan merata dari kedua garis tersebut. Analisis hidraulik dilakukan dengan menggunakan program perangkat lunak HEC-RAS dan EPA SWMM untuk mengevaluasi saluran drainase dan alternatif penanganan banjir.	Analisis sistem drainase di Jalan Raya Kelet - Bangsri menunjukkan bahwa masalah banjir sering terjadi karena saluran drainase yang tidak memadai, sehingga diperlukan dimensi desain baru B 0,6 m dan H 0,8 m untuk penanganan banjir yang efektif. Perangkat lunak EPA SWMM terbukti lebih efektif daripada HEC-RAS untuk merencanakan dimensi drainase , selaras dengan perhitungan manual. Studi ini menekankan pentingnya desain drainase yang tepat untuk memitigasi banjir dan melindungi infrastruktur jalan, terutama di daerah padat penduduk seperti Desa Kelet.
7.	Jeany Rahma Alay Saputri, 2023	Sumatera Selatan, Indonesia.	Makalah penelitian ini berfokus pada mitigasi bencana banjir di Palembang, Sumatera Selatan, melalui	Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif untuk mengeksplorasi implementasi mitigasi struktural bencana banjir	Pelaksanaan mitigasi bencana banjir melalui penggunaan kolam retensi di Palembang telah efektif namun membutuhkan peningkatan

No.	Peneliti	Lokasi	Ringkasan	Metodologi	Hasil Penelitian
			implementasi kolam retensi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kebijakan dan praktik Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Palembang terkait mitigasi banjir struktural. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif, dengan menggunakan wawancara, observasi, dan dokumentasi untuk pengumpulan data.	melalui kolam retensi di Palembang. Penelitian ini menggunakan teori implementasi dari Grindle. Pengumpulan data mencakup sumber-sumber primer seperti observasi dan wawancara. Teknik analisis data meliputi reduksi data, penyajian, dan penarikan kesimpulan untuk menjawab tantangan dalam penerapan strategi mitigasi banjir.	kualitas dan kuantitas kolam yang ada untuk memenuhi tingkat yang direkomendasikan. Secara keseluruhan, meskipun upaya mitigasi struktural mengalami kemajuan, ada kebutuhan untuk meningkatkan keterlibatan masyarakat dan alokasi sumber daya untuk memaksimalkan efektivitas.
8.	Aisyah Madiana Ali, Ratna Musa, Ali Mallombasi, 2021	Universitas Muslim Indonesia, Indonesia.	Makalah ini membahas masalah banjir di Kabupaten Luwu, dimana pembangunan perkotaan telah terjadi di daerah-daerah yang rawan banjir. Studi ini menekankan perlunya metode pengendalian banjir yang efektif, dengan mengidentifikasi kolam retensi sebagai solusi yang sesuai karena efektivitas biaya dan kemampuan pengelolaan banjir secara keseluruhan. Studi ini	Penelitian ini menggunakan metode deskriptif yang bertujuan untuk menganalisis debit banjir dan volume kolam retensi di Sungai Lamasi, Luwu. Metode ini berfokus pada pendeskripsian fenomena-fenomena baik yang bersifat alamiah maupun buatan manusia. Analisis hidraulik dilakukan untuk menghitung kapasitas penampang sungai untuk mengalirkan debit, memastikan desain kolam	Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengendalian banjir di Kabupaten Luwu dapat dikelola secara efektif dengan menggunakan kolam retensi , yang memberikan solusi optimal dalam hal biaya dan pengelolaan banjir. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif untuk menganalisis fenomena alam dan buatan manusia yang berkaitan dengan manajemen banjir

No.	Peneliti	Lokasi	Ringkasan	Metodologi	Hasil Penelitian
			menganalisis debit banjir rencana Sungai Lamasi dan volume kolam retensi dengan menggunakan metode deskriptif.	retensi memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan.	
9.	Syofyan. Z, 2022	Institut Teknologi Padang, Indonesia.	Makalah ini membahas tentang implementasi kolam retensi sebagai upaya pengendalian banjir di Daerah Aliran Sungai Batang Pangian, Dharmasraya, dimana banjir terjadi setiap tahun karena curah hujan yang tinggi dan sistem drainase yang tidak memadai. Studi ini menyoroti peran kolam retensi dalam menyimpan air banjir untuk sementara waktu guna mengurangi risiko banjir di daerah pemukiman.	Penelitian ini menggunakan metode Log Pearson III untuk menganalisis data curah hujan selama sepuluh tahun terakhir untuk menilai risiko banjir. Penelitian ini menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis, khususnya metode Nakayasu, untuk menghitung debit banjir rencana. Perhitungan hidrologi dilakukan untuk menentukan volume yang diperlukan untuk pengendalian banjir yang efektif.	Penelitian ini menyimpulkan bahwa kolam retensi efektif dalam mengelola risiko banjir di DAS Batang Pangian dengan cara menyimpan sementara kelebihan air hujan dan mengurangi debit puncak banjir. Penelitian ini menekankan pentingnya perencanaan dan penempatan kolam retensi yang tepat untuk meningkatkan efektivitasnya dalam sistem drainase perkotaan.
10.	Florince, Nur Arifaini, Idharmahadi Adha, 2015	Universitas Lampung, Indonesia.	Makalah penelitian ini membahas masalah banjir, yang diperparah oleh pertumbuhan penduduk dan perubahan tata guna lahan yang mengurangi resapan air hujan. Studi ini berfokus pada perencanaan	Makalah ini menggunakan metode Horton untuk menghitung kapasitas infiltrasi, yang sangat penting untuk memahami bagaimana air hujan berinteraksi dengan tanah. Metode ini mengakui bahwa	Studi ini menyimpulkan bahwa distribusi Log Pearson III cocok untuk menganalisis data curah hujan , menghasilkan nilai curah hujan rancangan untuk periode ulang 5 tahun sebesar 115,5815 mm. Perkiraan intensitas curah hujan untuk

No.	Peneliti	Lokasi	Ringkasan	Metodologi	Hasil Penelitian
			dan analisis efektivitas kolam retensi dalam mengelola risiko banjir di wilayah perkotaan Bandar Lampung, khususnya di Kelurahan Palapa.	kapasitas infiltrasi menurun seiring waktu hingga stabil pada nilai yang konstan. Analisis statistik, termasuk uji chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov, diterapkan untuk menilai kecocokan data sampel dengan fungsi distribusi probabilitas.	periode ini, dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe, adalah 19,2636 mm/jam.
11.	Stephen J. Birkinshaw, Vladimir Krivtsov	Newcastle University, UK	Makalah penelitian ini mengevaluasi efektivitas kolam retensi dalam mengurangi risiko banjir di daerah tangkapan air Braid Burn, Edinburgh, Skotlandia. Temuan menunjukkan bahwa lokasi kolam retensi sangat penting; kolam yang ditempatkan dengan tidak tepat dapat memperparah banjir di saluran pembuangan.	Penelitian ini menggunakan pendekatan pemodelan hidrologi terdistribusi dengan menggunakan model Shetran untuk menganalisis dampak kolam retensi terhadap risiko banjir di daerah tangkapan air Braid Burn. Proses pemodelan terdiri dari dua tahap: pertama, mengkalibrasi model terhadap data debit per jam dari stasiun pengukur Liberton, dan kedua, memasukkan kolam ke dalam model untuk menilai perubahan debit.	Lokasi kolam retensi sangat penting; jika ditempatkan terlalu dekat dengan daerah banjir, kolam retensi dapat memperburuk debit puncak. Kolam idealnya terletak di bagian hulu untuk menyelaraskan debit dengan debit puncak sungai. Kolam yang lebih besar memberikan pelemahan aliran yang lebih besar dan mengurangi aliran air yang berdekatan untuk waktu yang lebih lama.
12.	V. Pratiwi, B.P. Yakti, B.E. Widyanto	Institut Teknologi	Makalah penelitian ini menganalisis banjir lokal di	Studi ini menggunakan analisis hidrologi dan	Studi tersebut menyimpulkan bahwa saluran drainase yang ada

No.	Peneliti	Lokasi	Ringkasan	Metodologi	Hasil Penelitian
		Bandung, Indonesia	Gunung Sahari, Jakarta Pusat, yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi, drainase yang buruk, dan penurunan permukaan tanah. Penelitian ini menyoroti sedimentasi di saluran drainase, yang mengurangi kapasitas saluran. Studi ini mengusulkan pemasangan pompa 0,5 m ³ /detik dan kolam retensi untuk memitigasi banjir, dengan kolam retensi yang dirancang untuk mengurangi limpasan permukaan secara efektif.	kapasitas saluran untuk menilai saluran drainase dan pemodelan banjir dilakukan untuk mengevaluasi kondisi eksisting dan efektivitas tindakan pengurangan banjir. Penelitian ini mencakup desain kolam retensi, dengan luas 1 ha dan kedalaman 1,5 m, untuk memitigasi limpasan permukaan dan mengurangi banjir. Selain itu, penelitian ini juga mencakup pemasangan pompa dengan kapasitas 0,5 m ³ /detik untuk membantu mengurangi banjir.	di Gunung Sahari, Jakarta Pusat, dirancang untuk periode ulang 1-2 tahun, dengan kapasitas curah hujan 133,10 mm/hari. Karena perumahan yang padat, pelebaran dan normalisasi saluran mengakibatkan banjir, sehingga memerlukan penggunaan pompa untuk mengurangi banjir. Oleh karena itu, kolam retensi diusulkan, dirancang dengan luas 1 ha dan kedalaman 1,5 m, yang secara signifikan mengurangi banjir tahunan
13.	T.U. Karunia, N.S. Ersu, and M.F. Ikhwal	Institut Pertanian Bogor, Indonesia.	Makalah ini membahas banjir yang sering terjadi di Tangerang, dengan menekankan perlunya strategi pengendalian dan pengelolaan banjir yang efektif. Makalah ini mengusulkan pembangunan kolam retensi air sebagai solusi utama, didukung oleh studi komponen hidrologi seperti	Metodologi penanganan banjir di kawasan Kali Sabi meliputi beberapa tahap, dimulai dengan survei lapangan untuk menilai infrastruktur penanganan banjir yang ada. Tahap kedua meliputi pengumpulan data sekunder, seperti data topografi dan curah hujan. Analisis data dilakukan	Makalah ini menyimpulkan bahwa daerah dengan kecenderungan miring rentan terhadap banjir, Strategi pengelolaan banjir yang efektif meliputi pembangunan kolam retensi air, sumur biopori, dan normalisasi sungai.

No.	Peneliti	Lokasi	Ringkasan	Metodologi	Hasil Penelitian
			topografi, delineasi daerah aliran sungai, dan analisis curah hujan.	untuk menentukan solusi terbaik dalam penanganan banjir. Metode distribusi Gumbel digunakan untuk data perkiraan hujan.	
14.	V. Pratiwi, B.P. Yakti, A Rizaldi, I.R. Moe, D.P. Koesrindartono	Institut Teknologi Bandung, Indonesia.	Makalah penelitian ini membahas masalah banjir yang terus menerus terjadi di Kota Tangerang, khususnya di Saluran Cipabuaran, yang merupakan anak Sungai Cisadane. Penelitian ini menggunakan model numerik 1D-2D untuk mensimulasikan pengendalian banjir di bawah empat skenario yang berbeda, yang menunjukkan efektivitas yang berbeda-beda dalam pengurangan banjir.	Penelitian ini menggunakan pendekatan pemodelan numerik 1D-2D untuk simulasi pengendalian banjir di Saluran Cipabuaran. Metodologi yang adalah penerapan persamaan kontinuitas dan momentum, yang merupakan hal mendasar dalam pemodelan hidraulika. Skema pemodelan banjir menggunakan dua langkah: pertama, simulasi model 1D untuk menentukan ketinggian air dan debit sungai, diikuti dengan model 2D untuk menganalisis aliran di daratan.	Hasil simulasi menunjukkan efektivitas yang berbeda-beda dalam pengurangan banjir di berbagai skenario. Disimpulkan bahwa terdapat 1 skenario terbaik, yang melibatkan penggunaan kolam retensi di bagian hilir Saluran Cipabuaran dan normalisasi sungai, merupakan metode yang paling efektif untuk mengurangi banjir secara signifikan.
15.	Abdul Chalid, Bagus Prasetya	Institut Teknologi Bandung, Indonesia.	Makalah penelitian ini berfokus pada penanganan masalah banjir di Jakarta Timur, khususnya di	Makalah ini menggunakan Metode Blok Bolak-Balik (ABM) untuk membuat rencana hyetograph dari	Studi tersebut menyimpulkan bahwa Implementasi kolam retensi secara efektif mengurangi debit puncak

No.	Peneliti	Lokasi	Ringkasan	Metodologi	Hasil Penelitian
			Kecamatan Ciracas, dimana hujan lebat sering menyebabkan genangan air dan kelangkaan air di musim kemarau. Penelitian ini mengusulkan sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan dengan menggunakan kolam retensi untuk mengelola limpasan air selama musim hujan dan menyediakan pasokan air bersih.	kurva Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF), yang menghitung kedalaman curah hujan dengan mengalikan intensitas dengan durasi. Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu digunakan untuk perhitungan debit banjir, yang melibatkan penentuan karakteristik dan parameter daerah aliran sungai. Perangkat lunak HEC-RAS digunakan untuk memodelkan waduk yang direncanakan dan menganalisis debit banjir.	banjir sebesar 4,29 m³/detik , sehingga membantu pengendalian banjir dan meningkatkan ketersediaan air bersih selama musim kemarau.

Berdasarkan gap penelitian, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini akan membahas terkait dengan penggunaan kolam retensi sebagai bentuk mitigasi banjir akibat curah air hujan yang tinggi dan drainase yang kurang memadai. Salah satu upaya untuk menurunkan kejadian banjir yang diakibatkan oleh curah air hujan yang cukup tinggi terhadap Perumahan Pamulang Asri 2 dengan pemasangan kolam retensi. Studi-studi sebelumnya tersebut menjadi dasar bagi peneliti dalam melakukan analisis terkait topik yang telah ditetapkan. Berdasarkan tinjauan literatur, belum ada penelitian dengan tema serupa yang dilakukan di lokasi studi yang dipilih.