

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Banjir

Secara garis besar, banjir merupakan keadaan atau situasi menggenangnya air dalam jumlah yang banyak ke suatu area atau daerah tertentu. Banjir secara teknis didefinisikan sebagai aliran sungai yang melebihi kapasitas tampungannya, sehingga dapat menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan atau bahkan mengancam nyawa manusia (Khotimah & Nurhadi, 2013).

Banjir biasanya menggenangi daerah pemukiman masyarakat yang memiliki kemiringan tanah yang cukup tinggi ataupun pemukiman yang dibangun berdekatan dengan aliran sungai. Terjadinya banjir juga diperparah dengan buruknya sistem drainase yang ada, hingga menyebabkan air yang seharusnya bisa mengalir dengan baik menjadi tertahan. Hal ini biasanya terjadi akibat saluran drainase yang tertutupi sampah dan bangunan di sekitar. Pada saat perencanaan sistem drainase yang tidak tepat juga akan menyebabkan saluran drainase tidak cukup untuk menampung air dengan optimal karena melebihi kapasitasnya.

2.2 Jenis-Jenis Banjir

Banjir dapat dikategorikan menjadi lima jenis (Pusat Krisis Kesehatan Kementerian Kesehatan RI, 2016), beberapa diantaranya meliputi:

1. **Banjir Air**

Banjir yang berasal dari luapan air danau, sungai, atau pun selokan dengan intensitas yang tinggi. Banjir yang sudah umum terjadi ini, sering disebabkan saat hujan deras datang dengan durasi yang cukup lama.

2. **Banjir Lumpur**

Banjir yang melibatkan aliran massa lumpur dan biasanya membawa material seperti batu, tanah, dan puing-puing. Pada banjir lumpur ini juga terdapat gas yang sangat membahayakan.

3. Banjir Bandang

Banjir yang membawa lumpur sekaligus air. Banjir ini termasuk kategori yang sangat berbahaya karena dapat membawa pepohonan dan batuan besar, akibatnya akan terjadi kerusakan di pemukiman masyarakat atau bahkan menyebabkan munculnya korban jiwa.

4. Banjir Cileuncang

Banjir yang memiliki kesamaan seperti banjir air. Tetapi, jenis banjir ini dikarenakan hujan deras yang intens serta relatif lebih singkat.

5. Banjir Laut Air Pasang (Rob)

Banjir yang berawal dari meluapnya air laut ke daratan dan biasanya terjadi di daerah pesisir pantai. Air laut akan mengalir lebih cepat dari pada air sungai, sehingga menyebabkan tanggul menjadi runtuh dan meluap mengenai daratan.

2.3 Penyebab Banjir

Banjir adalah bencana yang kerap terjadi dan menyebabkan banyak kerugian bagi masyarakat dan berdampak ke segala sektor. Berbagai hal yang dapat menyebabkan terjadinya banjir, sebagai berikut:

1. Faktor Alam

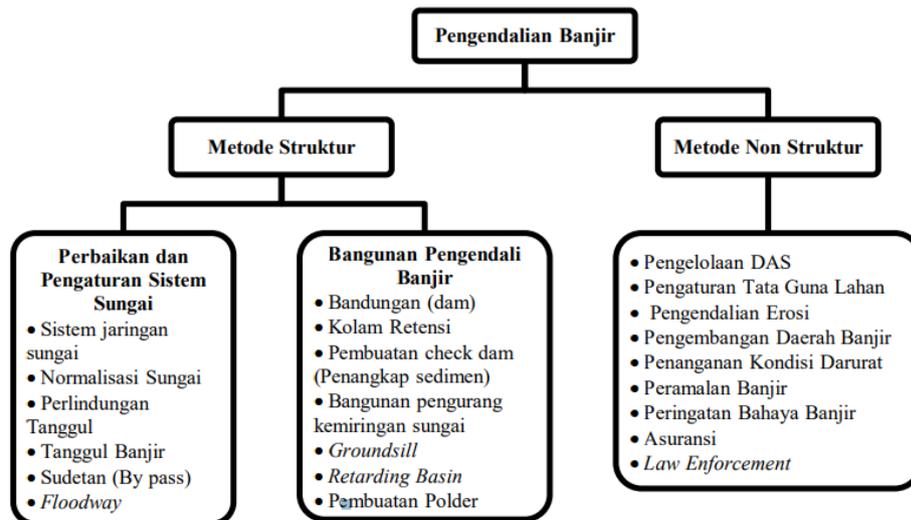
Banjir yang disebabkan karena faktor alam merupakan peristiwa tergenangnya air dalam jumlah yang banyak akibat proses-proses alami. Antara lain yaitu pengaruh kapasitas sungai, curah hujan, drainase yang tidak memadai, dan lain-lain.

2. Faktor Manusia

Banjir yang disebabkan karena faktor manusia merupakan peristiwa tergenangnya air dalam jumlah yang banyak akibat kegiatan atau aktivitas manusia yang memperparah banjir. Antara lain yaitu pembuangan sampah sembarangan, pembangunan di Daerah Aliran Sungai (DAS), penggundulan hutan, dan lain-lainnya.

2.4 Pengendalian Banjir

Pengendalian banjir adalah proses atau upaya untuk menurunkan tingkat risiko bahaya bagi manusia yang disebabkan oleh banjir, serta upaya merubahnya ke tingkat toleransi. Ada dua upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan banjir, yaitu upaya struktural dan nonstruktural (Prakoso, 2019).



Gambar 2. 1 Pengendalian Banjir Metode Struktur & Non Struktur
(Sumber: Kadoatie & Soegiyanto, 2002)

1. Upaya Struktural

Secara umum, upaya mengatasi banjir merupakan suatu kegiatan yang mencakup hal-hal berikut:

- a. Pembangunan infrastruktur pengendali banjir
- b. Peningkatan kapasitas saluran drainase
- c. Pembangunan tanggul dan penguatan bantaran sungai

2. Upaya Non Struktural

Analisis pengendalian banjir tanpa bangunan pengendali akan memiliki dampak yang signifikan terhadap perubahan debit sungai sepanjang tahun atau rezim sungai. Berikut ini merupakan contoh penanganan atau upaya tanpa menggunakan bangunan pengendali:

- a. Penataan Daerah Pengaliran Sungai (DPS) guna mengurangi limpasan air hujan DPS
- b. Kontrol pengembangan kawasan rawan banjir, termasuk regulasi terkait pemanfaatan lahan
- c. Sistem peringatan dini serta prediksi kejadian banjir

2.5 Kolam Retensi

Kolam retensi direncanakan guna menampung air hujan dalam kurun waktu tertentu, adanya kolam retensi digunakan untuk menurunkan tingkat banjir yang terjadi di dalam badan air atau pun sungai. Salah satu fungsi utama kolam retensi yaitu menadah jumlah air yang cukup ketika debit sungai mencapai puncaknya, dan mengalirkan air secara bertahap ketika debit sungai kembali normal (Rikza, 2018). Kolam ini berfungsi untuk tampungan air hujan secara langsung serta air yang berasal dari sistem sebelum meresap ke dalam tanah. kapasitas, volume, luas, serta kedalaman kolam akan sangat dipengaruhi oleh Perubahan lahan yang dialokasikan untuk pemukiman (Tawakkal dkk., 2022). Beberapa tipe kolam retensi meliputi:

1) Kolam retensi di samping badan sungai

Terdiri dari beberapa elemen utama, seperti kolam utama, saluran masuk air (*inlet*), bangunan pelimpah samping, saluran keluar air (*outlet*), akses jalan ke kolam, ambang rendah di depan *outlet*, saringan sampah, serta kolam perangkap sedimen. Model ini paling efektif jika tersedia area yang luas, sehingga mampu berfungsi dengan kapasitas optimal. Kelebihannya adalah tidak mengganggu aliran sungai yang sudah ada, serta kemudahan dalam proses pembangunan serta pemeliharannya.

2) Kolam retensi di dalam badan sungai

Terdiri dari beberapa elemen utama, seperti tanggul keliling, saluran keluar air (*outlet*), bendungan, penyaring sampah serta kolam sedimen. Model ini digunakan jika ketersediaan area sangat terbatas. Namun, kelemahannya terletak pada kapasitas yang lebih kecil, ketergantungan

pada aliran air dari hulu, proses konstruksi yang lebih kompleks, serta biaya perawatan yang tinggi.

3) Kolam retensi tipe *storage* memanjang

Jenis kolam retensi ini dilengkapi saluran dengan lebar dan kedalaman yang cukup besar, serta bendungan atau cek dam. Model ini diterapkan jika tidak memiliki area, sehingga perlu memaksimalkan penggunaan saluran drainase yang sudah ada. Kekurangan jenis ini adalah kapasitasnya yang sedikit, ketergantungan pada aliran air yang tersedia, serta proses pelaksanaan yang lebih sulit.

2.6 Pompa

Pompa merupakan jenis mesin air yang tergolong dalam kelompok mesin kerja. Perangkat mekanik ini beroperasi dengan tenaga mesin guna mengalihkan fluida atau cairan dari satu lokasi ke lokasi lainnya, perpindahan tersebut terjadi akibat perbedaan tekanan. Fungsi utama pompa adalah mengubah energi mekanis menjadi energi fluida dan tekanan melalui putaran poros. Selain mengalihkan fluida, pompa juga berperan dalam mengoptimalkan kecepatan, tekanan, serta ketinggian fluida (Alinti, 2019).

Pada dasarnya, pompa bisa terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu:

1. Pompa dengan Tekanan Statis (*Positive Displacement Pump*)

Pompa yang beroperasi dengan cara menyediakan tekanan secara berkala pada cairan yang terjebak di rumah pompa. Jenis ini terbagi dalam dua kategori pompa:

a) Pompa Putar (*Rotary Pump*)

Pada jenis pompa ini, cairan akan memasuki sisi isap, selanjutnya terperangkap di antara ruang rotor dan rumah pompa. Dengan pergerakan berputar dari rotor, fluida terdorong ke ruang tengah, sehingga tekanan statis meningkat dan cairan dikeluarkan melalui sisi tekan.

b) Pompa Torak (*Reciprocating Pump*)

Pompa ini memiliki komponen utama yaitu torak yang berjalan maju mundur di dalam silinder. Cairan masuk ke dalam silinder melewati katup isap (*Suction Valve*), kemudian torak menekan fluida sehingga menimbulkan tekanan stastisnya meningkat, memungkinkan cairan mengalir keluar melewati katup tekan (*Discharge Valve*).

2. Pompa dengan Tekanan Dinamis (*Rotodynamic Pump*)

Jenis pompa yang memanfaatkan energi kinetic yang dihasilkan oleh impeler yang berputar untuk meningkatkan tekanan pada fluida.

2.7 Analisis Hidrologi

Secara garis besar, analisis hidrologi ialah tahap awal pada perencanaan konstruksi hidraulik. Hal tersebut menunjukkan bahwa data dan parameter yang didapatkan dari analisis hidrologi memiliki pengaruh besar dalam proses analisis berikutnya. Perencanaan bangunan air memanfaatkan analisis hidrologi guna penentuan besaran debit banjir yang dijadikan acuan perancangan (Negoro & Pramawan, 2008). Berikut ini merupakan tahapan dalam proses analisis hidrologi:

proses analisis hidrologi:

- 1) Mengidentifikasi Daerah Aliran Sungai (DAS) serta luas
- 2) Menentukan besaran dampak dari beberapa stasiun hujan
- 3) Menghitung curah hujan harian rata-rata tertinggi Daerah Aliran Sungai berdasarkan data curah hujan yang tersedia
- 4) Menganalisis curah hujan yang direncanakan menggunakan periode ulang T tahun
- 5) Memilih jenis sebaran yang sesuai
- 6) Menentukan curah hujan periodik

2.8 Daerah Tangkapan Air

Daerah Tangkapan Air (DTA) merupakan elemen krusial dalam suatu DAS. Pada DAS terdapat sub-DAS, dan di dalam sub-DAS terdapat DTA. Air hujan yang tertampung di DTA akan mengalir melalui aliran permukaan, serta aliran dalam, sebelum akhirnya menuju sungai yang membentuk DAS (Gultom dkk., 2022).

Menurut (Triatmodjo, 2008), aliran permukaan di Daerah Tangkapan Air (DTA) atau pun Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat berlangsung dalam berbagai bentuk, yaitu:

- 1) Limpasan air di atas permukaan tanah
- 2) Aliran melewati parit atau selokan
- 3) Aliran yang melewati sungai-sungai kecil
- 4) Aliran yang bergerak melewati sungai utama

2.9 Curah Hujan Kawasan

Curah hujan wilayah atau kawasan adalah curah hujan yang diamati tidak hanya satu stasiun hujan, melainkan dari beberapa stasiun hujan yang datanya diolah (Nurdiansyah, 2022). Metode yang dapat diterapkan guna memperhitungkan rerata curah hujan di wilayah tertentu, yaitu:

- 1) Rerata Aritmatik (Aljabar)

Metode sederhana yang menghitung rata-rata tinggi hujan dari semua stasiun yang digunakan. Rerata aritmatik cocok untuk daerah datar dengan curah hujan homogen (PUPR, 2018).

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan:

\bar{P} = Hujan rerata kawasan,

P_1, P_2, \dots, P_n = Hujan di stasiun 1, 2, ..., n ,

n = Jumlah stasiun.

2) Poligon Thiessen

Metode yang digunakan guna memperkirakan besar wilayah yang diwakilkan setiap stasiun hujan serta menghitung curah hujan rata-rata berdasarkan daerah pengaruhnya. Poligon Thiessen diterapkan jika distribusi stasiun hujan di wilayah yang dikaji tidak seragam. (PUPR, 2018).

$$\bar{P} = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan:

\bar{P} = Hujan rerata kawasan,

P_1, P_2, \dots, P_n = Hujan di stasiun 1, 2, ..., n ,

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n .

3) Isohyet

Metode ini merupakan garis yang mengaitkan antar titik dengan curah hujan yang sama. Dalam metode isohyet, diasumsikan bahwa curah hujan di suatu wilayah antara dua buah garis isohyet bersifat tersebar merata serta memiliki nilai rerata dari kedua garis tersebut (PUPR, 2018).

$$\bar{P} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan:

\bar{P} = Hujan rerata kawasan,

I_1, I_2, \dots, I_n = Garis isohyet ke 1, 2, ..., $n, n+1$,

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang dibatasi oleh garis isohyet ke 1 dan 2, 2 dan 3, ..., n dan $n+1$.

2.10 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi berfungsi untuk menentukan hubungan terkait intensitas kejadian ekstrem dan frekuensi kemunculannya dengan menggunakan distribusi probabilitas. Hasil analisis ini, akan memperkirakan besarnya banjir di periode ulang tertentu, misalnya 10, 100, atau 1000 tahun, serta frekuensi terjadinya banjir dengan ukuran tertentu dalam jangka waktu tertentu (Triatmodjo, 2008).

Analisis ini didasarkan pada teori distribusi probabilitas, seperti log pearson tipe III, log normal, distribusi normal, dan gumbel. Perhitungan pada analisis ini diterapkan berdasarkan metode berikut:

1) Perhitungan Parameter Statistik;

Perhitungan parameter statistik merupakan proses analisis data untuk menentukan nilai-nilai statistik.

2) Pemilihan Jenis Sebaran;

Pemilihan jenis sebaran adalah langkah pada analisis statistik guna menentukan sebaran probabilitas yang paling cocok dengan data yang dianalisis.

3) Perhitungan Hujan Rencana.

Perhitungan hujan rencana adalah proses guna penentuan intensitas curah hujan yang diharapkan terjadi dalam suatu periode ulang.

Analisis frekuensi bisa digunakan pada data debit sungai atau pun data curah hujan. Pada perhitungan ini, data yang akan diterapkan yaitu curah hujan maksimum tahunan. Persamaan berikut digunakan pada analisis frekuensi:

$$X_T = \bar{X} + (K_T \times S) \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan:

X_T = Hujan rencana dengan periode ulang T,

- \bar{X} = Nilai rata-rata dari hujan X,
- K_T = Standar deviasi dari hujan X,
- S = Faktor frekuensi, nilai bergantung dari T.

2.11 Parameter Statistik

Analisis data hidrologi membutuhkan besaran numerik yang mencerminkan karakteristik data. Nilai apa pun yang menggambarkan sifat suatu kumpulan data dikenal sebagai parameter. Parameter yang diterapkan untuk menganalisis suatu variable dikenal sebagai parameter statistik, contohnya nilai rata-rata, deviasi, dan lainnya (Triatmodjo, 2008). Parameter statistik yang umum diterapkan untuk analisis data hidrologi meliputi:

1) Nilai Rata-Rata (\bar{X})

Ukuran pemusatan data yang didapatkan dengan cara menjumlahkan seluruh nilai data, dan dibagi dengan total elemen dalam data.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots 2.5$$

2) Standar Deviasi (Sd)

Jumlah selisih antara nilai sampel dengan nilai rerata.

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots 2.6$$

3) Koefisien Kemiringan (Cs)

Nilai yang menggambarkan sejauh mana ketidaksimetrisan dalam distribusi data.

$$Cs = \frac{n \sum(Xi - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} \dots\dots\dots 2.7$$

4) Koefisien Kurtosis (Ck)

Nilai yang mengukur tingkat ketajaman suatu kurva sebaran dan pada dasarnya disandingkan dengan distribusi normal.

$$Ck = \frac{1/n \sum (Xi - \bar{X})^4}{1/n \sum ((Xi - \bar{X})^2)^2} \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)} \dots\dots\dots 2.8$$

5) Koefisien Variasi (Cv)

Hasil Standar Deviasi (Sd) dibandingkan dengan nilai rerata (\bar{X}).

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \dots\dots\dots 2.9$$

Keterangan:

\bar{X} = Nilai rata-rata curah hujan (mm),

n = Jumlah data curah hujan,

Sd = Deviasi standar curah hujan,

Cs = Koefisien kemencengan curah hujan,

Ck = Koefisien kurtosis curah hujan,

Cv = Koefisien variasi curah hujan.

2.12 Pemilihan Jenis Sebaran

Setiap jenis sebaran memiliki karakteristik unik, sehingga perlu dilakukan pengujian untuk memastikan kesesuaiannya dengan sifat statistiknya. Kesalahan dalam memilih jenis sebaran dapat menyebabkan perkiraan yang kurang akurat. Menentukan jenis sebaran yang tepat dilakukan melalui perbandingan parameter statistik data dengan kriteria yang ditetapkan untuk jenis distribusi.

Tabel 2. 1 Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = 5,383$

No	Distribusi	Persyaratan
		$C_v \sim 0,06$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	Log Pearson III	$C_s \neq 0$

Sumber: SNI 2515:2016

Nilai C_s dan C_k akan diperoleh mengacu pada hasil perhitungan parameter statistik. Selanjutnya, jenis sebaran atau distribusi dipilih dan diuji untuk keperluan perbandingan.

1. Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

$$X = \bar{X} + kS \dots\dots\dots 2.10$$

Keterangan:

X = Besar peluang periode tertentu,

\bar{X} = Nilai rata-rata X ,

k = Nilai karakteristik dari distribusi,

S = Standar deviasi

2. Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson Tipe III

$$Y = \bar{Y} + kS \dots\dots\dots 2.11$$

Keterangan:

Y = Nilai logaritmik dari X ,

\bar{Y} = Nilai rata-rata Y .

2.13 Plotting Data

Untuk memverifikasi kecocokan sebaran probabilitas dengan data hidrologi, data tersebut diplot pada lembar probabilitas. Sebelum melakukan uji kesesuaian, langkah pertama adalah memplot data tersebut. Probabilitas setiap data dihitung menggunakan rumus berikut:

$$P(X_m) = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots 2.12$$

Keterangan:

$P(X_m)$ = Data urut dari besar ke kecil atau sebaliknya,

m = Nomor urut,

n = Jumlah data.

2.14 Uji Kecocokan Sebaran

Perlunya uji parameter guna menilai keselarasan (*the goodness of fit test*) antar sebaran frekuensi sampel data dengan manfaat distribusi peluang yang bisa merepresentasikan sebaran frekuensi tersebut.

1. Uji Chi-Kuadrat

Uji chi-kuadrat bertujuan guna penentuan kesesuaian distribusi yang dipilih dapat merepresentasikan distribusi statistik dari sampel data yang dianalisis. ketetapan dalam uji ini dapat ditentukan berdasarkan rumus berikut:

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(Fe - Ft)^2}{Ft} \dots\dots\dots 2.13$$

Keterangan:

χ_h^2 = Parameter Chi-Kuadrat teritung,

k = Jumlah kelas,

Fe = Frekuensi pengamatan kelas j ,

Ft = Frekuensi teoritis kelas j .

Menurut (Limantara, 2018), derajat bebas (Dk) dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

- a) $Dk = k-1$, apabila frekuensi yang ditentukan tidak memperhitungkan parameter sampel

b) $D_k = k-1-m$, apabila frekuensi yang ditentukan memperhitungkan m parameter sampel

Tabel derajat kepercayaan yang diterapkan dalam persamaan Chi-kuadrat adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Nilai kritis untuk distribusi Chi-Kuadrat (Uji satu sisi)

Dk	Derajat Kepercayaan, α							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,352	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188

Sumber: Suripin, 2004

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan nonparametik, juga dikenal sebagai uji Smirnov-Kolmogorov, tidak bergantung pada fungsi sebaran tertentu. pengujian ini dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100\% \dots\dots\dots 2. 14$$

Keterangan:

P = Probabilitas

m = Nomor urut data

n = Jumlah Data

Berikut adalah langkah-langkah pengujian dalam Uji Smirnov-Kolmogorov:

- a) Menyusun data harian tertinggi, baik dari nilai terbesar ke terkecil atau pun sebaliknya, kemudian menentukan peluang untuk setiap data
- b) Hitung peluang teoritis dari setiap nilai berdasarkan distribusi yang digunakan
- c) Identifikasi perbedaan nilai terbesar antara peluang empiris dengan peluang teoritis
- d) Gunakan nilai kritis untuk menentukan besaran D_0 . Distribusi teoritis dianggap sesuai jika nilai $D_{maks} < D_0$.

Tabel 2. 3 Nilai kritis D_0 dari uji Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat Kepercayaan, α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber: Suripin, 2004

2.15 Intensitas Hujan

Curah hujan yang turun ke permukaan bumi diukur dalam satuan tertentu (umumnya mm) serta diasumsikan terdistribusi dengan rata di seluruh wilayah tangkapan air. Intensitas hujan merujuk pada besaran curah hujan pada suatu rentang waktu tertentu, yang umumnya disebut dengan mm/jam, mm/hari, mm/minggu, mm/bulan, atau mm/tahun. Istilah ini umumnya dinyatakan sebagai hujan dengan skala jam, harian, mingguan, bulanan, atau tahunan (Triatmodjo, 2008).

Tabel di bawah ini menunjukkan bahwa curah hujan tidak meningkat secara proposional terhadap waktu. Saat durasi hujan semakin lama, penambahan curah hujan cenderung lebih sedikit dibandingkan dengan penambahan waktu, sebab hujan dapat berhenti atau mereda.

Tabel 2. 4 Keadaan Hujan dan Intensitas Hujan

Keadaan Hujan	Intensitas Hujan (mm)	
	1 Jam	24 Jam
Hujan Sangat Ringan	<1	<5
Hujan Ringan	1-5	5-20
Hujan Normal	5-10	20-50
Hujan Lebat	10-20	50-100
Hujan Sangat Lebat	>20	>100

Sumber: Triatmodjo, 2008

Jika data hujan dengan durasi singkat tidak diperoleh dan hanya terdapat data harian, maka untuk menentukan intensitas hujan diperbolehkan menggunakan persamaan Mononobe seperti berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots 2.15$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan (mm/jam),

R_{24} = Lamanya hujan (jam),

t = Curah hujan maksimum harian (mm).

2.16 Analisis Debit Banjir

Metode rasional sering digunakan sebagai perkiraan debit maksimum akibat hujan deras di Daerah Aliran Sungai (DAS) berukuran kecil. sebuah DAS dikategorikan kecil jika distribusi hujannya dapat dinyatakan merata dalam ruang dan waktu, serta durasi hujan yang umumnya lebih lama dari waktu konsentrasi. Metode ini memiliki prosedur yang sederhana dan kerap diterapkan dalam perencanaan sistem drainase perkotaan (Triatmodjo, 2008).

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots 2.16$$

Keterangan:

Q = Debit banjir rancangan (m^3/d),

C = Koefisien pengaliran yang nilainya seperti pada Tabel 2. 5

I = Intensitas hujan (mm/jam),

A = Luas daerah tangkapan (km^2)

Tabel 2. 5 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional

Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien Aliran, C
Business	
Perkotaan	0,70-0,95
Pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	
Rumah tunggal	0,30-0,50
Multiunit, terpisah	0,40-0,60
Multiunit, tergabung	0,60-0,75
Perkampungan	0,25-0,40
Apartemen	0,50-0,70
Industri	
Ringan	0,50-0,80
Berat	0,60-0,90
Perkerasan	
Aspal dan beton	0,70-0,95
Batu bara, paving	0,50-0,70
Atap	
	0,75-0,95
Halaman, tanah berpasir	
Datar 2%	0,05-0,10
Rata-rata, 2-7%	0,10-0,15
Curam, 7%	0,15-0,20
Halaman, tanah berat	
Datar, 2%	0,13-0,17
Rata-rata, 2-7%	0,18-0,22
Curam, 7%	0,25-0,35
Halaman kereta api	
	0,10-0,35
Taman tempat bermain	
	0,20-0,35
Taman, perkuburan	
	0,10-0,25

Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien Aliran, C
Hutan	
Datar, 0-5%	0,10-0,40
Bergelombang, 5-10%	0,25-0,50
Berbukit, 10-30%	0,30-0,60

Sumber: McGuen, 1989 dalam Suripin, 2004

2.17 Kala Ulang

Kala ulang merupakan waktu hipotetik yang mana debit atau hujan dengan nilai tertentu diperkirakan akan tercapai atau terlampaui satu kali dalam periode waktu tersebut. Hasil dari data debit atau hujan dengan menggunakan beberapa tahun pengamatan, dapat diprediksi debit atau hujan yang diharapkan tercapai atau terlampaui sekali dalam T tahun, dan biasanya dikenal sebagai debit atau curah hujan dengan periode ulang T tahun, atau debit T tahunan (Triatmodjo, 2008).

Kala ulang banjir dapat dipilih dan disesuaikan dengan tipe bangunan air yang akan dirancang. Berdasarkan jenis bangunan air, kriteria pemilihan kala ulang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 6 Kala Ulang Berdasarkan Jenis Bangunan Air

No	Jenis Bangunan Air	Kala Ulang (Tahun)
1	Bendungan Urugan Tanah/Batu	1000
2	Bendungan Beton/Batu Kali	500-1000
3	Bendung	50-100
4	Saluran Pengelak Banjir	25-50
5	Tanggul Sungai	10-25
6	Drainase Saluran di Sawah/Pemukiman	5-10

Sumber: Lasmana, 2017

2.18 Pemodelan Dalam Storm Water Model Management (SWMM)

Storm Water Management Model adalah pemodelan simulasi aliran hujan yang berfungsi untuk menganalisis jumlah dan tingkat limpasan permukaan, terutama di wilayah perkotaan. SWMM dapat mensimulasikan tahapan hidrologis yang menimbulkan limpasan, dengan variasi waktu, hujan yang tertampung, dan proses infiltrasi di lapisan tidak jenuh, dan sebagainya. Proses pemodelan memerlukan beberapa objek atau komponen pada *software* SWMM, yaitu:

1) *Rain Gage*

Rain Gage merupakan objek yang menggambarkan curah hujan di area yang sedang dimodelkan. Data hujan yang telah diolah akan digunakan sesuai dengan format yang diperlukan.

2) *Subcatchment*

Subcatchment merupakan area yang menampung hujan, yang kemudian mengalami infiltrasi atau berubah menjadi limpasan.

3) *Conduit*

Salah satu cara untuk menghubungkan satu *node* ke *node* lainnya adalah dengan menggunakan *conduit*. dengan bentuk saluran yang dapat dipilih dari berbagai standar geometri, baik terbuka, tertutup, maupun saluran tidak beraturan (alami).

4) *Junction Node*

Junction node merupakan lokasi di mana aliran bertemu antara saluran, parit dalam sistem saluran tertutup, atau saluran pembuangan. Air yang mengalir ke dalam sistem drainase harus melalui *junction*.

5) *Outfall*

Outfall atau *outfall nodes* adalah ujung dari sistem drainase. Titik ini menggambarkan tempat pembuangan akhir dari saluran drainase.

6) *Storage Unit*

Storage unit adalah sebuah kolam penampungan yang memiliki kapasitas tertentu dan berfungsi sebagai tempat penyimpanan air sementara.

7) *Pumps*

Pumps digunakan untuk meningkatkan elevasi atau mengalirkan air ke ketinggian yang lebih tinggi, sehingga memudahkan distribusi air dalam sistem drainase atau pengelolaan air.

2.19 Perencanaan Kolam Retensi

Perencanaan kolam retensi dilakukan untuk menentukan spesifikasi kolam retensi yang diperlukan dalam mengatasi banjir. Hal ini penting untuk mengetahui volume dan luas kolam retensi yang dibutuhkan. Berikut adalah rumus untuk menghitung volume kolam retensi dan luas kolam retensi (Kimi, 2015):

$$Volume\ Kolam\ retensi = Q\ flooding \times tc \dots\dots\dots 2.17$$

Keterangan:

$Q\ flooding$ = Debit banjir rencana ($m^3/detik$),

tc = Lama hujan (detik)

$$Luas\ kolam\ retensi = \frac{V\ kolam\ retensi}{h\ kolam\ retensi} \dots\dots\dots 2.18$$

Keterangan:

$V\ kolam\ retensi$ = Volume kolam retensi (m^3),

$h\ kolam\ retensi$ = Kedalaman kolam retensi (m)

2.20 Debit Saluran

Dalam perencanaan ukuran saluran drainase yang dapat menampung limpasan, maka diperlukannya analisis hidrolika. Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No. 12/PRT/M/2014, persamaan berikut ini digunakan untuk menghitung dimensi saluran pada acuan berbentuk persegi panjang.

- Luas Penampang Saluran (A)

$$A = B \times h \dots\dots\dots 2.19$$

- Keliling Basah Saluran (P)

$$P = (h \times 2) + B \dots\dots\dots 2.20$$

- Jari-jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots 2.21$$

- Kemiringan Dasar Saluran (S)

$$S = \frac{\Delta t}{L} \dots\dots\dots 2.22$$

- Kecepatan Aliran (V)

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots 2.23$$

- Debit Saluran (Q)

$$Q = V \times A \dots\dots\dots 2.24$$

Keterangan:

B = Lebar bawah (m)

h = Kedalaman Saluran (m)

Δt = Selisih elevasi (m)

L = Panjang saluran (m)

n = Koef. kekasaran manning

2.21 Penelitian Terdahulu

A. Analisis Simulasi SWMM Untuk Pengelolaan Banjir Dengan Pemodelan Kolam Retensi: Studi Kasus Jangli-Tembalang, Kota Semarang

Penelitian yang dilakukan oleh Benson Lembong dan Susilowati dari Universitas Diponegoro (2024) melakukan penelitian di daerah Jangli, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi dengan menggunakan *software Storm Water Management Model* (SWMM) untuk hujan-limpasan permukaan, menentukan debit banjir dan total volume drainase perumahan dengan kondisi eksisting tanpa kolam retensi, menentukan dimensi kolam retensi sebagai pencegahan banjir di perumahan dan mengetahui kendala kolam retensi terhadap debit banjir yang terjadi.

B. Pengembangan Kolam Retensi dalam Upaya Mereduksi Banjir Kali Jeroan Kabupaten Madiun

Penelitian yang dilakukan oleh Alfath T., Hendra W., Dwi I., dan Akhmad Y. Z. dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2022) melakukan penelitian di wilayah kabupaten Madiun, Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk menormalisasi sungai jeroan dengan membangun kolam retensi sebagai tampungan air.

C. Perencanaan Kolam Retensi Untuk Mengatasi Banjir Di Kecamatan Oebobo Kota Kupang

Penelitian yang dilakukan oleh I M. Udiana, Ruslan R., Partogi H. S., dan Rosmiyati A. B. dari Universitas Nusa Cendana (2020) melakukan penelitian di Kecamatan Oebobo, Kota Kupang. Penelitian ini berfungsi untuk merencanakan besarnya ukuran, jumlah dan lokasi kolam retensi yang akan dirancang di Kecamatan Oebobo, Kota kupang. Metode yang akan diterapkan pada penelitian ini adalah metode Gumbel Tipe I, Log Pearson Tipe III, serta metode Rasional.

D. Kajian Efektifitas Kolam Retensi Dalam Mereduksi Banjir Jalan Raya Porong Kabupaten Sidoarjo Dengan Storm Water Management Model

Penelitian yang dilakukan oleh Ahmas Hirson Khoiri, Ussy Andawayanti, dan Riyanto Hariwibowo dari Universitas Brawijaya (2022) melakukan penelitian di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Penelitian ini berfungsi guna menganalisis efektifitas kolam retensi yang dibangun di daerah terimbas semburan lumpur Sidoarjo dalam mengurangi risiko banjir, khususnya di sekitar Jalan Raya Porong. Simulasi banjir dilakukan dengan menggunakan data intensitas hujan berdasarkan periode ulang 5 tahun. Pemodelan dilakukan dengan perangkat lunak EPA SWMM 5.1 pada luas daerah penelitian sebesar 148,31 hektar.

E. Analisis Pengendalian Banjir Dengan Menggunakan Kolam Retensi Dan Pompa Banjir (Studi Kasus Jalan Tol Pondok Aren-Serpong KM.8+600)

Penelitian yang dilakukan oleh Rafi A. R. dari Universitas Pembangunan Jaya (2022) melakukan penelitian pada ruas Tol Pondok Aren-Serpong. Penelitian ini bertujuan guna mengatasi banjir dikarenakan luapan sungai Cibenda, dan tidak mampu memuat debit air saat intensitas hujan tinggi. Untuk melakukan analisis intensitas hujan, data curah hujan diolah menggunakan persamaan Mononobe.

