

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

Dalam pembuatan sebuah laporan, dibutuhkan beberapa data pendukung yang *valid* untuk disertakan ke dalam dasar teori dari penelitian. Data pendukung yang *valid* berhubungan langsung dengan kekuatan dari sebuah laporan. Dalam proses perencanaan pembuatan kolam retensi, dibutuhkan data curah hujan untuk melakukan analisis hidrologi. Berikut adalah data beserta rumus-rumus yang diperlukan dalam penelitian ini.

2.1.1 Pengertian Banjir

Banjir adalah sebuah bencana yang dimana suatu tempat tergenang oleh air. Menurut Rahayu (2009) Banjir dapat di definisikan sebagai tergenangnya suatu tempat yang diakibatkan oleh meluapnya air karena melebihi kapasitas dari pembuangan air wilayah tersebut sehingga menimbulkan kerugian secara fisik, sosial, hingga ekonomi.

Bencana banjir dapat disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya adalah curah hujan yang tinggi, adanya limpasan air permukaan atau *runoff* yang tinggi dan kemudian meluap karena volume air melebihi kapasitas sistem aliran sungai atau sistem drainase, atau karena rendahnya kemampuan infiltrasi tanah sehingga tanah tidak dapat menyerap air lagi. Selain itu bencana banjir juga dapat terjadi akibat bendungan atau tanggul yang jebol, tersumbatnya sistem aliran sungai atau sistem drainase di suatu tempat, atau perubahan suhu yang menyebabkan es atau salju lebih cepat mencair (pemanasan global).

2.1.2 Jenis-Jenis Banjir

Banjir memiliki jenis yang berbeda-beda. Menurut Pusat Kritis Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, banjir menurut jenisnya dapat dibagi menjadi lima tipe, yaitu :

1. Banjir Bandang

Banjir Bandang adalah banjir besar yang berbahaya karena banjir ini mampu mengangkut apa saja. Banjir bandang dapat memberikan dampak

kerusakan yang parah. Banjir ini biasa diakibatkan kerusakan hutan akibat penebangan liar dan banyak terjadi di daerah pegunungan.

2. Banjir Pasang Air Laut (Banjir ROB)

Banjir ROB adalah banjir yang disebabkan oleh pasangannya air laut. Banjir ini biasa terjadi di daerah pesisir pantai dimana dapat menyebabkan area tersebut tergenang oleh air laut. Banjir ROB dapat terjadi akibat faktor alam atau disebabkan oleh kerusakan yang ditimbulkan oleh manusia.

3. Banjir Air

Banjir air adalah banjir yang paling umum terjadi, Banjir ini disebabkan oleh meluapnya air dari sungai, danau, atau saluran drainase akibat ketidakmampuan tempat penampungan air menampung air karena intensitas air yang tinggi.

4. Banjir Cileunang

Banjir Cileunang adalah banjir yang menurut definisinya memiliki kemiripan dengan banjir air. Perbedaan dari banjir cileunang adalah terjadi karena ketidakmampuan menampung air akibat hujan deras.

5. Banjir Lumpur

Banjir Lumpur adalah banjir yang keluar dari dalam bumi dan sampai ke daratan. Banjir ini berbahaya karena mengandung gas dan bahan kimia berbahaya yang dapat mengganggu kesehatan makhluk hidup.

2.1.3 Faktor Penyebab Banjir

Secara umum, faktor penyebab banjir dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Banjir Secara Alami

Penyebab banjir secara alami dapat terjadi akibat beberapa faktor. Faktor penyebabnya diantaranya adalah curah hujan yang tinggi, sedimentasi dan erosi yang dapat mengurangi kapasitas penampang sungai, atau pengaruh air pasang, pengaruh fisiografi, dan kapasitas drainase atau kapasitas sungai.

2. Banjir Akibat Aktivitas Manusia

Selain banjir secara alami, banjir juga dapat disebabkan oleh aktivitas manusia. Aktivitas manusia yang dapat menjadi penyebab banjir diantaranya adalah perubahan kondisi dari DAS, penebangan hutan secara sembarangan yang menyebabkan hilangnya vegetasi alami, Kawasan kumuh dan sampah

yang tidak dikelola dengan baik, Sistem drainase kota serta pengembangan sektor pertanian yang buruk, Kerusakan yang terjadi pada bangunan pengendali air seperti bendung jebol, dan kesalahan perencanaan sistem pengendalian banjir yang kurang tepat.

2.1.4 Pengendalian Banjir

Menurut (Kodoatie, 2008) Pengendalian banjir adalah bagian dari pengendalian sumber daya air (SDA) yang secara spesifik membahas tentang pengendalian debit banjir dengan cara pembuatan bendungan pengendali banjir, perbaikan sistem sungai dan drainase, serta pencegahan hal-hal yang berpotensi merusak dengan cara mengelola lahan dan daerah banjir. Oleh sebab itu, rencana penanggulangan banjir perlu dibuat agar dapat meminimalisir kerugian yang ditimbulkan. Atas dasar tersebut, pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat membuat panduan penanggulangan banjir atau yang dikenal juga dengan metode pengendalian banjir.

Hal utama yang perlu diperhatikan dalam pengendalian banjir adalah mencari sistem yang paling optimal untuk menanggulangi permasalahan banjir. Menurut lokasi atau daerah pengendaliannya, kegiatan pengendalian banjir dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bagian hulu dan bagian hilir. Pengendalian banjir di bagian hulu meliputi, pembangunan dam pengendali banjir untuk memperlambat waktu tiba banjir serta menurunkan besar debit banjir, penghijauan di DAS, dan pembuatan waduk lapangan agar pola hidrograf banjir dapat berubah. Sedangkan untuk pengendalian banjir di bagian hilir meliputi, normalisasi alur sungai dan tanggul, pemanfaatan daerah genangan sebagai *Retarding Pond*, dan pembuatan alur pengendalian banjir atau yang lebih dikenal dengan *Flood Way*.

Storage area yang dapat digunakan sebagai opsi metode pengendalian banjir adalah pembuatan kolam penampungan atau yang juga dikenal dengan kolam retensi. Kolam retensi sendiri adalah suatu bangunan yang berfungsi sebagai tempat penampungan sementara debit air banjir akibat terjadinya curah hujan yang tinggi. Proses perencanaan kolam retensi ini perlu dikombinasikan dengan pompa air sehingga proses pembuangan air dapat lebih cepat. Dimensi

dari kolam retensi ini juga harus disesuaikan dengan volume air hujan yang turun, sehingga dapat menampung debit air hujan yang turun.

2.1.5 Kolam Retensi

Kolam Retensi atau yang juga dikenal dengan nama *Retention Basin* adalah bangunan air berbentuk kolam yang berfungsi sebagai tempat penampungan debit hujan sementara waktu, sebelum akhirnya air dapat meresap ke dalam tanah atau dikembalikan ke aliran sungai ketika volume sungai sudah tidak melebihi kapasitas volume maksimum. Operasional dari bangunan air ini dapat dibantu dengan pompa air. Konsep Dasar dari kolam retensi sendiri adalah menampung debit hujan ketika sungai sudah mencapai kapasitas volume maksimumnya. Kemudian setelah debit air sungai sudah mulai kembali normal, secara perlahan debit air yang tertampung di dalam kolam retensi akan dipindahkan ke aliran sungai melalui pompa air/pintu air.

Berdasarkan jenisnya, kolam retensi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Kolam retensi di samping badan sungai

Kolam retensi jenis ini cocok di terapkan apabila di samping badan sungai terdapat lahan yang luas untuk dijadikan kolam retensi agar kapasitasnya dapat dimaksimalkan. Kolam retensi jenis ini tidak mengganggu sistem aliran sungai yang sudah ada, serta relatif lebih mudah dalam pelaksanaan serta pemeliharaannya.

2. Kolam retensi di dalam badan sungai

Kolam retensi jenis ini cocok di terapkan apabila tidak terdapat lahan untuk pembuatan kolam retensi. Kolam retensi jenis ini memiliki kapasitas kolam yang terbatas. Kolam retensi jenis ini harus menunggu aliran air dari hulu, pelaksanaannya lebih sulit, dan biaya pemeliharaannya relatif lebih mahal.

Terdapat beberapa hal penting yang perlu diperhatikan dari kapasitas tampungan kolam retensi, yaitu :

- a. Kapasitas Efektif, yaitu volume tampungan dari kolam retensi yang dapat dimanfaatkan sebagai pemenuh kebutuhan air yang ada.
- b. Kapasitas Mati, yaitu volume tampungan untuk sedimen. Kapasitas mati perlu diketahui untuk dijadikan sebagai dasar dari perencanaan bangunan air seperti bendung, *spillway*, dan *intake*.

- c. Kapasitas Tambahan atau yang biasa dikenal dengan *Surcharge Storage*, yaitu volume dari air diatas genangan normal selama banjir.

2.1.6 Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik menurut waktu dan ruang tentang kuantitas dan kualitas air dibumi termasuk proses hidrologi, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi, pengembangan dan manajemen (Singh, 1992). Sedangkan, menurut Sri Harto (1990) hidrologi secara umum adalah ilmu yang menyangkut permasalahan air. Hidrologi adalah ilmu yang membahas tentang sirkulasi air yang ada di bumi yang meliputi, kejadian, distribusi, dan pergerakan air, sifat fisik dan kimia air, serta hubungannya dengan lingkungan kehidupan, terutama air yang terdapat di atas, di bawah, atau dekat dengan permukaan tanah.

Unsur-unsur pokok dari hidrologi dapat disajikan dalam bentuk siklus hidrologi, yang terdiri dari presipitasi, evaporasi, evapotranspirasi, infiltrasi, interflow, perkolasi, aliran tanah, dan aliran permukaan. Salah satu peranan ilmu hidrologi dalam Teknik Sipil adalah untuk memperkirakan besaran banjir akibat hujan deras sehingga dapat merencanakan bangunan untuk pengendaliannya. Untuk itu, perlu dilakukan yang dinamakan analisis hidrologi.

2.1.7 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi adalah analisis awal yang dilakukan dalam perencanaan bangunan air. Analisis ini diperlukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi dari daerah yang akan diteliti. Analisis ini digunakan untuk menentukan besaran debit banjir rencana dari sebuah perencanaan bangunan air. Salah satu data yang dibutuhkan dalam analisis hidrologi adalah data curah hujan, yang dapat diperoleh dari stasiun hujan. Berikut adalah beberapa langkah yang perlu dilakukan dalam analisis hidrologi :

1. Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS);
2. Menentukan Stasiun Hujan;
3. Menentukan Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata berdasarkan data curah hujan yang didapatkan dari stasiun hujan;
4. Menganalisis Curah Hujan Rencana;

5. Melakukan Pemilihan Jenis Sebaran;
6. Menentukan Penentuan Curah Hujan Periodik.

2.1.8 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Asdak (2010) Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah daratan yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung secara topografik, yang dapat menampung dan menyimpan air hujan hingga akhirnya dialirkan ke laut melalui sungai utama. Jadi menurut definisi, Daerah Aliran Sungai atau (DAS) adalah suatu daerah yang dibatasi oleh topografi alami, yang dimana air hujan yang jatuh di dalamnya akan mengalir ke suatu sungai yang pada akhirnya akan bermuara ke laut.

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah data pertama yang diperlukan dalam analisis hidrologi. Data dari DAS diperlukan untuk menghitung hujan rencana beserta debit banjir rencana. Luasan DAS digunakan sebagai parameter dari perhitungan curah hujan rencana dan debit banjir rencana. Penentuan Luasan DAS dapat dilakukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis kontur yang terhubung dengan titik-titik tertinggi itulah yang disebut dengan DAS. Limpasan dari DAS berasal dari titik-titik tersebut menuju ke titik-titik rendah dengan arah tegak lurus terhadap garis kontur. Selain dengan peta topografi, saat ini analisis luasan DAS dapat dilakukan dengan menggunakan *software* seperti *google earth* atau *arc-gis*.

Setelah menentukan Luasan DAS, barulah diketahui metode apa yang bisa digunakan untuk menentukan curah hujan kawasan dengan memperhatikan faktor berikut :

Tabel 2. 1 *Kriteria Menentukan Metode untuk Penentuan Curah Hujan Kawasan Berdasarkan Luas DAS*

| | |
|--|--------------------------|
| DAS besar (>5000 km ²) | Metode isohyet |
| DAS sedang (500 s/d 5000 km ²) | Metode thiessen |
| DAS kecil (<500 km ²) | Metode rata-rata aljabar |

Sumber: Suripin, 2004

2.1.9 Curah Hujan Kawasan

Data curah hujan kawasan adalah data catatan curah hujan yang dapat diperoleh dari instansi terkait yang mencatat data curah hujan dari stasiun hujan (data sekunder). Data ini biasa di dapat dari stasiun pengamatan yaitu, stasiun klimatologi daerah atau Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD). Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian. Data ini kemudian dianalisis menggunakan salah satu dari tiga metode yang ada untuk dicari nilai curah hujan harian maksimum rata-ratanya dengan memperhatikan kriteria dari luas DAS. Berikut adalah beberapa metode perhitungan curah hujan rata-rata :

1. Metode Rata-rata Aljabar

Rumus :

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

Keterangan :

R = curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)

n = Jumlah stasiun pengamatan

R₁, R₂,...R_n = Curah hujan pada stasiun pengamatan (mm)

2. Metode Thiessen

Rumus :

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

Keterangan :

R = curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)

R₁, R₂,...R_n = curah hujan di tiap titik pengamatan stasiun hujan (mm)

A₁, A₂,...A_n = luas bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan (km²)

3. Metode Isohyet

Rumus :

$$R = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_2 + R_3}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n + R_{n+1}}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

R = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

R1, R2, ..., Rn = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)

A1, A2, ..., An = Luas daerah polygon 1, 2, ..., n (km²)

2.1.10 Analisis Frekuensi

Curah hujan rencana atau yang juga dikenal dengan hujan rencana adalah kemungkinan tinggi curah hujan yang terjadi pada kala ulang tertentu, yang merupakan hasil dari analisis hidrologi atau lebih spesifiknya analisis frekuensi. Analisis frekuensi merupakan prakiraan atau gambaran *probabilitas* dari sebuah peristiwa hidrologi dalam bentuk hujan rencana yang memiliki fungsi sebagai landasan atau dasar dari perhitungan perencanaan hidrologi sebagai antisipasi dari setiap kemungkinan yang dapat terjadi. Analisis ini menggunakan teori *probability distribution*, yaitu distribusi normal, log normal, log pearson tipe III, dan gumbel (Sri Harto, 1993). Berdasarkan metodenya, perhitungan ini dilakukan sebagai berikut :

1. Perhitungan Parameter Statistik;
2. Pemilihan Jenis Sebaran;
3. Perhitungan Hujan Rencana.

2.1.11 Parameter Statistik

Dalam perhitungan analisis frekuensi, dibutuhkan beberapa parameter untuk dijadikan acuan perhitungan. Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi diantaranya adalah, nilai rata rata (\bar{X}), simpangan baku atau standar deviasi (Sd), koefisien kemiringan (Cs), koefisien kurtosis (Ck), dan koefisien variasi (Cv). Penentuan dari parameter tersebut mengacu kepada data catatan curah hujan harian maksimum. Untuk mempermudah proses perhitungan, analisis dilakukan dengan menggunakan tabel. Berikut adalah rumus yang digunakan dari tiap parameter :

1. Nilai rata-rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.5)$$

3. Koefisien Kemiringan (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum(Xi-\bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots (2.6)$$

4. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{1/n \sum(Xi-\bar{X})^4}{1/n \sum((Xi-\bar{X})^2)^2} \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)} \dots\dots\dots (2.7)$$

5. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{s}{\bar{X}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

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

X = nilai 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

2.1.12 Pemilihan Jenis Sebaran

Pemilihan jenis sebaran atau distribusi digunakan untuk analisis frekuensi. Menurut Harto (1993), analisis frekuensi dilakukan dengan empat asumsi sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Syarat Pemilihan Jenis Distribusi

| No. | Jenis Sebaran | Syarat |
|-----|----------------------|---|
| 1 | Normal | Cs = 0 Ck = 3 |
| 2 | Log Normal | Cs = Cv ² + 3Cv = 0,292 Ck = 5,383 Cv ~ 0,06 |
| 3 | Log Pearson tipe III | Cs ≠ 0 |
| 4 | Gumbel | Cs = 1,14 Ck = 5,4 |

Sumber : Sri Harto, 1993

Mengacu pada hasil perhitungan parameter statistik, maka akan didapat harga C_s dan C_k . Setelah itu, dipilihlah jenis sebaran atau distribusi untuk selanjutnya diuji sebagai perbandingan.

1. Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel Tipe I

Berikut adalah persamaan dari distribusi normal dan distribusi gumbel tipe I :

$$X = \bar{X} + k \cdot S \dots\dots\dots (2.9)$$

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

Berikut adalah persamaan dari distribusi log normal dan distribusi log pearson tipe III :

$$Y = \bar{Y} + k \cdot S \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

- Y = Nilai logaritmik dari X
- \bar{Y} = Nilai rata-rata dari Y
- k = Nilai karakteristik dari distribusi
- S = Standar deviasi

2.1.13 Plotting Data

Sebelum melakukan uji kecocokan sebaran, data yang sudah ada perlu *plotting* data. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi probabilitas sudah sesuai dengan perhitungan data hidrologi. Skala ordinat dan absis diigambar pada kertas probabilitas dengan harapan berbentuk mendekati garis lurus. Kemudian data yang sudah ada dibuat garis teoritis yang mendekati titik data.

$$P(X_m) = m/(n+1) \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

- P (X_m) = Data urut dari besar ke kecil atau sebaliknya
- m = Nomor urut
- n = Jumlah Data

2.1.14 Uji Kecocokan Sebaran

Uji kecocokan sebaran adalah metode menentukan kecocokan distribusi frekuensi sampel data dari distribusi peluang dengan dugaan dapat menggunakan distribusi frekuensi. Uji kecocokan sebaran memerlukan dua pengujian parameter, yaitu :

1. Chi Kuadrat

Uji Chi Kuadrat atau Chi Square adalah uji yang dilakukan untuk melihat kesesuaian dari distribusi pengamatan data teoritis arah vertikal. Rumus Uji Chi Kuadrat adalah sebagai berikut :

$$X^2_{hitung} = \sum_{i=1}^k \frac{(F_e - F_t)^2}{F_t} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

- X²_{hitung} = Parameter chi kuadrat terhitung
- k = Jumlah kelas
- F_e = Frekuensi pengamatan kelas j
- F_t = Frekuensi teoritis kelas j

Menurut Soetopo dan Limantara (2017), derajat bebas atau Dk memiliki rumus sebagai berikut :

- a. Dk = k-1 (jika frekuensi dihitung tidak memperkirakan parameter sampel).
- b. Dk = k-1-m (jika frekuensi dihitung dengan memperkirakan m parameter sampel).

Berikut adalah tabel derajat kepercayaan yang digunakan dalam persamaan chi kuadrat :

Tabel 2. 3 Derajat Kepercayaan

| 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 | 9,248 | 11,345 | 12,838 |
| 4 | 0,207 | 0,297 | 0,484 | 0,711 | 9,488 | 11,143 | 13,277 | 14,860 |
| 5 | 0,412 | 0,54 | 0,831 | 1,145 | 11,010 | 12,832 | 15,086 | 16,750 |
| 6 | 0,676 | 0,872 | 1,237 | 1,635 | 12,592 | 14,449 | 16,812 | 18,548 |

Sumber : Bambang Triatmojo, 2008

2. Uji Smirnov-Kolmogrov

- Uji Smirnov-Kolmogrov atau yang juga dikenal dengan Uji Kecocokan Non-Parametrik adalah uji terhadap penyimpanan data arah horisontal, untuk menentukan kesesuaian data dengan jenis sebaran teoritis terpilih. Rumus Uji Smirnov-Kolmogrov adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan :

- P = Probabilitas
- m = Nomor urut data
- n = Jumlah data

Berikut adalah prosedur pengujian dari Uji Smirnov-Kolmogrov :

- a. Urutkan data harian maksimum (dari besar ke kecil maupun sebaliknya), lalu tentukan besar peluang dari masing-masing data;
- b. Tentukan peluang teoritis dari nilai masing-masing terhadap penggambaran data persamaan distribusi;
- c. Tentukan selisih terbesar dari kedua nilai peluang antara nilai peluang dan pengamatan dengan peluang teoritisnya;

- d. Berdasarkan dari tabel nilai kritis, tentukan harga D_0 . Distribusi teoritis yang dapat diterima untuk menentukan persamaan distribusi adalah apabila nilai $D_{maks} < D_0$.

Tabel 2. 4 Nilai Kritis D_0 dari Uji Smirnov-Kolmogorov

| N | A | | | |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 0.2 | 0.1 | 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 | 0.3 | 0.34 | 0.4 |
| 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 | 0.2 | 0.23 | 0.27 |
| 40 | 0.17 | 0.19 | 0.21 | 0.25 |
| 45 | 0.16 | 0.18 | 0.2 | 0.24 |
| 50 | 0.15 | 0.17 | 0.19 | 0.23 |
| $N > 50$ | $1.07/N^{0.5}$ | $1.22/N^{0.5}$ | $1.36/N^{0.5}$ | $1.63/N^{0.5}$ |

Sumber : Soewarno, 1995

2.1.15 Intensitas Hujan

Intensitas Hujan adalah nilai dari kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum dari hujan adalah semakin singkat waktu turun hujan, maka semakin tinggi dan besar periode ulangnya sehingga intensitas hujannya semakin tinggi. Jika data dari hujan jangka pendek tidak tersedia, Intensitas Hujan dapat dihitung menggunakan Persamaan Mononobe.

$$I = \frac{R^{24}}{24} \left[\frac{24}{tc} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

- I = Intensitas hujan (mm / jam)
- R = Curah hujan maks dalam hari (mm)
- tc = Lama hujan (jam)

2.1.16 Analisis Debit Banjir Rencana dengan Metode Rasional

Metode analisis debit banjir rencana dilakukan dengan menggunakan metode rasional. Metode ini digunakan ketika luas DAS $\leq 80 \text{ km}^2$ (Subarkah, 1980). Rumus yang digunakan adalah :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

- Q = Debit maks (m^3/detik)
- C = Koefisien *run off* (limpasan air hujan)
- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- A = Luas daerah pengaliran (km^2)

Menurut Seyhan (1990) nilai konstanta 0,278 pada Persmaan 2.15 didapat dari faktor konversi debit puncak ke satuan m^3/detik . Sedangkan untuk nilai dari koefisien *run off* atau limpasan air hujan, tergantung pada beberapa faktor tertentu. Faktor-faktor penentu tersebut diantaranya adalah luas tanah, kemiringan, jenis tanah, dan bentuk aliran sungai. Besar nilai koefisien *run off* pada analisis debit banjir rencana menggunakan metode rasional dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 5 Koefisien Runoff Untuk Metode Rasional

| Deskripsi Lahan / Karakter | | Koefisien Aliran, C |
|----------------------------|--|---------------------|
| Business | | |
| Perkotaan | | 0,70 - 0,95 |
| Pinggiran | | 0,50 - 0,70 |
| Perumahan | | |
| Rumah Tinggal | | 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 bata, Paving | | 0,50 - 0,70 |
| Atap | | |
| Halaman, Tanah Berpasir | | 0,75 - 0,95 |
| 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 |

Sumber : Mc Guen, 1989

2.1.17 Kala Ulang

Setiap bangunan air tentu memerlukan perhitungan hidrologi. Hal ini karena perhitungan hidrologi merupakan bagian dari proses perencanaan bangunan air. Pemilihan nilai kala ulang banjir rencana untuk bangunan air perlu disesuaikan dengan analisa statistik dari urutan kejadian banjir. Berikut adalah nilai kala ulang untuk bangunan air di sungai.

Tabel 2. 6 Nilai Kala Ulang untuk Bangunan Air di Sungai

| Jenis Bangunan | Kala Ulang |
|--|------------|
| Bendung sungai besar sekali | 100 |
| Bendung sungai sedang | 50 |
| Bendung sungai kecil | 20 |
| Tanggul sungai besar daerah penting | 25 |
| Tanggul sungai kecil daerah kurang penting | 10 |
| Jembatan jalan penting | 25 |
| Jembatan jalan tidak penting | 10 |

● Sumber : Sromoemi Doelchomid, 1987

2.1.18 Storm Water Model Management (SWMM)

Storm Water Model Management (SWMM) adalah *software* yang pada awalnya dikembangkan dan digunakan di Amerika Serikat oleh *Environmental Protection Agency* atau yang juga dikenal dengan EPA. *Software* ini mampu menganalisa permasalahan kualitas dan kuantitas air yang berkaitan dengan limpasan daerah perkotaan. SWMM sendiri tergolong ke dalam model hujan aliran dinamis yang digunakan untuk simulasi dengan rentang waktu yang panjang atau kejadian banjir sesaat. *Software* ini banyak dikembangkan untuk simulasi proses hidrologi perkotaan.

EPA SWMM pertama dibuat pada tahun 1971, dan terus mengalami perkembangan dari awal *software* ini dibuat. *Software* ini digunakan untuk analisis, perencanaan, dan desain terkait saluran pembuangan gabungan, saluran pembuangan sanitasi, limpasan air hujan, serta sistem drainase perkotaan dan non perkotaan. EPA SWMM bersifat gratis dan dapat di unduh di laman resmi dari US EPA. Versi terbaru dari *software* ini adalah EPA SWMM *Version 5.1*.

2.1.19 Pemodelan Dalam SWMM

Langkah paling utama dalam simulasi adalah pemodelan jaringan drainase pada *software* EPA SWMM. Sistem jaringan drainase lapangan dimodelkan ke dalam *software* EPA SWMM menjadi beberapa *subcatchment area*. Setelah itu, hasil survei di lapangan yang berbentuk ukuran dengan satuan dimasukkan ke dalam pemodelan. Berikut adalah beberapa objek pada pemodelan EPA SWMM 5.1 :

1. *Rain Gauge*

Rain Gauge adalah objek yang mewakili curah hujan pada area yang dimodelkan. Data yang digunakan adalah data hujan olahan dari format yang dibutuhkan. Berikut adalah beberapa format yang dapat digunakan dalam simulasi pemodelan :

- a. Intensitas curah hujan
- b. Curah hujan kumulatif
- c. Volume curah hujan
- d. Tipe data hujan
- e. Sumber data hujan
- f. Interval pencatatan curah hujan

2. *Subcatchment*

Subcatchment adalah unit hidrologi permukaan tanah yang memiliki elemen sistem drainase internal dan topografi yang mengalirkan limpasan permukaan ke satu titik (*outlet*).

3. *Junction*

Junction adalah titik pertemuan aliran. *Junction* menggambarkan pertemuan antara saluran, parit pada sistem saluran pembuangan, atau pada saluran tertutup. Aliran yang memasuki sistem drainase harus melalui *junction*. Kelebihan air pada titik ini dapat menyebabkan air meluap dan digambarkan sebagai banjir. Beberapa parameter yang perlu dimasukkan untuk simulasi pemodelan *junction* adalah :

- a. Elevasi dasar
- b. Tinggi hingga permukaan tanah
- c. Data debit air dari luar (*optional*)

d. Kolam tampungan ketika terjadi banjir (*optional*)

4. *Outfall*

Outfall atau *outfall nodes* adalah ujung dari rangkaian sistem drainase. Titik ini menggambarkan muara dari saluran. *Flow Divider*

Flow divider atau *flow divider nodes* adalah titik yang membagi sebagian aliran pada sebuah saluran ke saluran lain. Satu *divider* hanya dapat terbagi menjadi dua aliran.

5. *Conduit*

Conduit adalah pipa penghubung atau saluran yang dapat memindahkan air dari suatu *node* ke *node* lain dalam sistem pengairan. Penampang saluran *conduit* memiliki tiga tipe saluran, yaitu saluran terbuka, saluran tertutup, atau saluran tidak beraturan (alam).

6. *Storage Unit*

Storage unit adalah titik penyedia tampungan air dengan volume tertentu. *Storage unit* menggambarkan sebuah kolam tampungan air yang memiliki volume tertentu yang berfungsi sebagai tempat penampungan air sementara.

7. *Pumps*

Pumps digunakan untuk meninggikan elevasi atau menaikkan air.

2.1.20 Perencanaan Kolam Retensi

Perencanaan kolam retensi dilakukan untuk mengetahui spesifikasi kolam retensi yang dibutuhkan untuk menanggulangi banjir. Perencanaan kolam retensi diperlukan untuk mengetahui berapa volume serta luas kolam retensi yang dibutuhkan. Berikut adalah rumus perhitungan volume kolam retensi dan luas kolam retensi :

$$V \text{ Kolam Retensi} = Q_{\text{flooding}} \times t_c \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan :

Q_{flooding} = debit banjir rencana (m^3/detik)

t_c = Lama hujan (detik)

$$\text{Luas Kolam Retensi} = \frac{V \text{ kolam retensi}}{h \text{ kolam retensi}} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

V kolam retensi = Volume Kolam Retensi (m³)

h kolam retensi = Kedalaman Kolam Retensi (m)

2.2 Penelitian Terdahulu

2.2.1 Analisis Hidrologi dan Kapasitas Drainase Kota Surakarta

Penelitian ini dilakukan oleh Fajar Priyo Hutomo dan Rheza Firmansyah dari Universitas Negeri Semarang pada tahun 2016. Penelitian ini dilakukan di Kota Surakarta yang memiliki luas wilayah mencapai 44,04 km². Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah, data-data mengenai informasi kondisi kota saat ini seperti data peta topografi, data hidrologi, serta data analisis hidrologi. Berdasarkan hasil penelitian, kapasitas dari drainase eksisting tiap sub DAS sekunder yaitu, su DAS sekunder 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 dengan curah hujan Q₂₅ adalah 15,4 m³/s, 25,84 m³/s, 18,8 m³/s, 24,48 m³/s, 8,06 m³/s, dan 53,88 m³/s. Dari hasil tersebut, diketahui bahawa sub DAS sekunder 1, 3, dan 5 tidak dapat menampung debit banjir Q₂₅ tahun. Debit kapasitas dari saluran primer Kali Pepe Hilir memiliki volume sebesar 189,60 m³, sehingga dapat dipastikan kapasitas dari saluran Kali Pepe Hilir dapat menampung debit banjir. Kebutuhan dari sumur resapan ada pada sub DAS 1, 3, dan 5. Desain dari sumur resapan yang dibutuhkan adalah sumur resapan dengan kedalaman 3,0 m, diameter 0,75 m dengan debit banjir yang mampu ditampung (Q₀) = 0,0137 m³/s, 0,0094 m³/s, dan 0,00089 m³/s. Sehingga sumur resapan yang dibutuhkan masing-masing DAS sejumlah 1193, 1493, dan 1513 buah sumur resapan.

2.2.2 Kolam Retensi Sebagai Alternatif Pengendalian Banjir

Jurnal penelitian ini dibuat oleh Evy Harmani dan M. Soemantoro dari Universitas Dr. Soetomo Surabaya Program Studi pada tahun 2015. Tujuan dari dibuatnya jurnal ini adalah untuk membuat alternatif pengendalian banjir menggunakan kolam retensi. Permasalahan banjir di area perkotaan kerap terjadi akibat perubahan tata guna lahan setelah dilakukan pengembangan. Lahan yang

awalnya memiliki daya serap air yang tinggi karena lahan hijau yang tersedia, berubah ketika banyaknya pembangunan dan menyebabkan kecilnya daya serap. Paradigma baru pada pengendalian banjir adalah melakukan upaya menahan air selama mungkin di suatu lokasi tanpa membuat gangguan. Hal ini dilakukan untuk upaya mengendalikan banjir dan upaya konservasi. Jawaban dari semua kebutuhan tersebut adalah kolam retensi. Berdasarkan hasil beberapa penelitian, dilihat dari analisa hidrograf, pemakaian kolam retensi dapat mengendalikan besaran debit puncak dengan menekan atau memotong puncak banjir yang terjadi.

2.2.3 Aplikasi Storm Water Management Model (SWMM) untuk Daerah Aliran Sungai Deluwang Situbondo Jawa Timur

Penelitian ini dilakukan oleh Nadajadji Anwar dan Mahendra Andiek M. dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penelitian ini dilakukan di Daerah Deluwang, Situbondo. Secara umum, yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan pemodelan hujan Daerah Deluwang, Situbondo menjadi debit dengan menggunakan program SWMM. Pemodelan yang dilakukan adalah membagi DAS Deluwang Situbondo berdasarkan orde 5, yang memberikan hasil kalibrasi 2.652 untuk metode RMSE dan -0.507 untuk metode Nash. Untuk pemodelan berdasarkan orde 5, apabila dimasukkan nilai Thiessen memperoleh hasil kalibrasi 2.645 untuk metode RMSE dan -0.499 untuk metode Nash. Untuk pemodelan dengan orde 4, diperoleh hasil 4.118 untuk metode RMSE dan -2.635 untuk metode Nash. Sedangkan untuk pemodelan dengan orde 3, diperoleh hasil 1.923 untuk metode RMSE dan 0.204 untuk metode Nash. Untuk hasil pemodelan dengan orde 2 dan orde 1 secara berturut-turut adalah 0.759 dan 0.313 untuk metode RMSE dan 0.877 dan 0.979 untuk metode Nash. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model hujan debit yang dapat diterapkan dengan menggunakan dasar pembagian sub DAS berdasarkan orde sungai 1 dan orde sungai 2 untuk DAS Deluwang Situbondo.

2.2.4 Analisis Sumur Resapan Dalam Mengurangi Dampak Banjir di Perumahan Bukit Pamulang Indah

Penelitian ini dilakukan oleh Muhammad Yasser Akbar dari Universitas Pembangunan Jaya pada tahun 2021. Banjir pada perumahan Bukit Pamulang Indah adalah salah satu banjir terparah, yang disebabkan oleh ketidakmampuan kapasitas eksisting Sungai Petir menampung debit air yang melewati Kawasan Perumahan Bukit Pamulang Indah. Lahan terbuka hijau pada kawasan ini tidak seimbang dengan luas pemukiman. Dari hasil olahan data curah hujan, diketahui bahwa analisis intensitas curah hujan dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan *hyetograph*. Debit banjir rencana yang digunakan pada penelitian ini adalah Q_{20} atau kala ulang 20 tahun dengan nilai $15,839 \text{ m}^3/\text{detik}$. Setelah itu, dilakukan simulasi menggunakan aplikasi SWMM 5.1, yang berfungsi untuk mengetahui kemampuan saluran drainase menampung aliran air. Debit puncak yang didapat sebesar $20,38 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hasil dari penelitian ini adalah, perlunya dibuat sumur resapan pada taman di Perumahan Bukit Pamulang Indah sebanyak 15 buah, dengan reduksi beban drainase sebesar 61,31%.

2.2.5 Peningkatan Efektivitas Tampungan Situ Ciledug Pamulang Melalui Perbaikan Penampang

Penelitian ini dilakukan oleh Rifki Priyambodo dari Universitas Pembangunan Jaya pada tahun 2020. Penelitian ini dilakukan di Situ Ciledug Pamulang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan efektivitas kolam tampungan dengan menggunakan pemodelan pada *software* SWMM 5.1. Hasil dari analisis hidrologinya didapati curah hujan maksimum rencana tahun sebesar 107.000 mm dengan kala ulang yang digunakan adalah 100 tahun untuk mendapati diagram *hyetograph* sebagai data curah hujan pada *software* SWMM 5.1. dalam hasil pemodelan, dengan kedalaman 1,3 m, hasil besaran debit *inflow* yang masuk ke kolam situ $87,5037 \text{ m}^3/\text{detik}$. *Flooding* kolam situ sebesar $30,145 \text{ m}^3/\text{detik}$, sehingga diperlukan penambahan kedalaman kolam situ sebesar 0,7 m sebagai solusi untuk penanganan banjir yang diakibatkan oleh meluapnya Situ Ciledug Pamulang.

