

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 UMUM

Studi pustaka dalam laporan ini berisi dasar-dasar teori yang akan digunakan untuk mengkaji beberapa alternatif penanganan yang akan dilakukan untuk mengatasi masalah banjir rob di daerah Kelurahan Bandarharjo.

2.2 TOPOGRAFI

Topografi adalah uraian atau keterangan terperinci (dalam peta) tentang daerah atau tempat mengenai gunung-gunung, lembah-lembah, jalan dan sebagainya.

Kondisi topografi kota Semarang terbelah menjadi dua bagian, yaitu :

- a. Bagian Utara yang merupakan Semarang bagian bawah atau berupa dataran rendah seluas 12.820 ha, terletak antara garis pantai dan garis kontur 25 meter. Semarang bagian bawah Jalan Dr. Sutomo sampai Pelabuhan Tanjung Emas dengan kemiringan lahan 0.00% - 3.00%.
- b. Bagian Selatan yang merupakan Semarang bagian atas yang berupa daerah perbukitan seluas 25.120 ha, terletak di atas garis kontur 25 meter. Semarang atas dengan Jalan Sultan Agung ke atas dengan kelandaian > 3%.

Antara daerah Semarang bawah dan Semarang atas dibatasi oleh garis kontur rata-rata 25 meter yang membujur dari barat laut ke arah tenggara. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2.1 tentang Elevasi Muka Tanah diukur dari *Mean Sea Level* (MSL) kota Semarang dan tabel 2.2 tentang hubungan kemiringan-luas kota Semarang.

Tabel 2.1 Elevasi Kota Semarang diukur dari MSL

Nama Daerah	Elevasi (m)
Daerah Pantai	+ 0,75
Daerah Pusat Keramaian	+ 2,75
Kota (<i>Civic Center</i>)	+ 3,49
Candi Baru	+ 90,56
Jatingaleh	+ 196,00
Gombel	+ 270,00

Sumber : Soedarsono (1997)

Tabel 2.2 Hubungan Kemiringan-Luas Kota

Daerah	Kemiringan	Prosentase thd Luas Kota
Dataran Rendah	0 % - 2 %	11,40 %
Transisi	2 % - 15 %	65,22 %
Perbukitan	> 15 %	23,38 %

Sumber : Soedarsono (1997)

2.3 KLASIFIKASI BANJIR

Kota Semarang memiliki beberapa ancaman banjir yang dapat diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu :

1. Banjir Kiriman

Banjir kiriman adalah banjir yang terjadi akibat limpasan dari wilayah Semarang bagian atas, termasuk kabupaten Semarang. Menurut Soedarsono (1997) “Semakin bertambahnya pemukiman penduduk yang didirikan di daerah hulu perbukitan Semarang bagian selatan, maka akan meningkatkan volume limpasan air maupun sedimen”. Hal ini menjadi parah dengan kurang berfungsinya saluran pengendali banjir, sehingga kapasitas pengaliran cenderung turun dan rendah. Untuk menangani banjir kiriman ini, diupayakan air dapat tertahan di bagian hulu dengan adanya waduk atau perbaikan fungsi resapan daerah pengaliran sungai. Selain itu menormalisasi alur sungai yang disesuaikan dengan debit banjir. Banjir kiriman diupayakan langsung terbuang

ke laut dengan tidak mengganggu daerah hilir sungai, maka perlu dibuatkan tanggul.

2. Banjir Lokal

Banjir lokal adalah banjir di suatu wilayah yang disebabkan oleh curah hujan yang terlalu tinggi dengan durasi yang lama. Hal ini diperparah dengan kurangnya kesadaran masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan dan kurang terkoordinasinya instansi terkait dalam melaksanakan pekerjaannya, antara lain :

- a. Normalisasi/rehabilitasi saluran drainase kota masih belum selesai.
- b. Pemeliharaan saluran drainase yang masih belum memadai.
- c. Fasilitas bangunan bawah tanah (pipa PDAM, kabel Telkom dan PLN) kedudukannya mengganggu saluran drainase.

3. Banjir Rob

Beberapa tempat yang merupakan daerah langganan banjir (rob), ketinggian banjirnya rata-rata 2 cm per bulan, atau 24 cm setiap tahunnya. Sekitar sepuluh tahun lagi diperkirakan mencapai $\pm 2,5$ m yang berarti dapat menenggelamkan rumah di daerah pantai (Bambang Pranoto, 1999). Banjir akan bertambah besar jika terjadi hujan deras yang bersamaan dengan pasang air laut. Berdasarkan hasil pengamatan dan telaah teori terhadap kondisi yang ada maka penyebab banjir air pasang yang melanda Kota Semarang adalah karena faktor alam, faktor reklamasi pantai, penurunan tanah (*land subsidence*) dan sedimentasi.

Sedangkan banjir menurut peristiwa kejadiannya dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

1. Banjir yang terjadi karena limpasan air sungai atau saluran karena kapasitas sungai terlalu kecil untuk mengalirkan debit banjir yang terjadi.
2. Banjir yang terjadi pada suatu daerah di mana sebelumnya daerah tersebut belum pernah mengalami banjir.

2.4 PENGENDALIAN BANJIR

Pengendalian banjir pada dasarnya dapat dilakukan dengan berbagai cara, namun yang lebih penting adalah mempertimbangkan secara keseluruhan dan mencari sistem yang paling optimal. Adapun cara-cara pengendalian banjir yang dapat dilakukan dalam sistem pengendalian banjir di daerah Kelurahan Bandarharjo Semarang adalah :

1. Normalisasi sungai dan saluran.
2. Pengendalian banjir dengan bangunan pengendali banjir.

2.4.1 Normalisasi sungai dan saluran

Normalisasi sungai dan saluran dilakukan untuk pemulihan kembali keadaan sungai atau saluran pada fungsinya semula sehingga dapat mengalirkan air dengan baik. Normalisasi dilakukan karena beberapa sebab antara lain karena sungai atau saluran mempunyai kapasitas yang tidak mampu lagi menampung air akibat limpasan debit banjir saat diadakan perencanaan ulang ataupun karena keadaan sungai yang banyak terjadi sedimentasi sehingga kapasitas tampung berkurang.

Pekerjaan normalisasi meliputi kegiatan sebagai berikut :

1. Normalisasi bentuk penampang melintang saluran.
2. Mengatur penampang memanjang saluran.
3. Menstabilkan alur saluran.
4. Menentukan tinggi jagaan.
5. Mengurangi angka kekasaran dinding saluran.

2.4.1.1 Penampang Melintang Saluran

Penampang melintang saluran perlu direncanakan untuk mendapatkan penampang yang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan. Penampang ideal yang dimaksudkan merupakan penampang yang stabil terhadap perubahan akibat pengaruh erosi dan sedimentasi maupun pengaruh pola aliran yang terjadi. Penggunaan lahan yang efisien dimaksudkan untuk memperhatikan lahan yang tersedia, sehingga tidak menimbulkan permasalahan pembebasan tanah. Bentuk

penampang saluran sangat dipengaruhi oleh bentuk penampang berdasarkan pengaliran, rumus sebagai berikut :

$$Q = A * V$$

$$V = (1/n) * R^{2/3} * I^{1/2}$$

$$\frac{Q * n}{I^{1/2}} = A * R^{2/3}$$

$$A * R^{2/3} \longrightarrow \text{merupakan faktor bentuk}$$

di mana :

$$Q = \text{Debit aliran (m}^3/\text{detik)}$$

$$A = \text{Luas penampang saluran atau sungai (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Kecepatan aliran (m/detik)}$$

$$n = \text{Koefisien kekasaran manning}$$

$$R = \text{Jari-jari hidrolik (m)}$$

$$I = \text{Kemiringan dasar saluran}$$

Dengan demikian kapasitas penampang akan tetap walaupun bentuk penampang diubah-ubah. Berdasarkan karakteristik bentuk penampang sungai yang ada dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

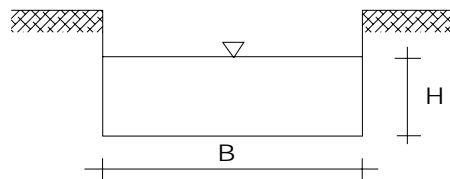
1. Penampang Tunggal

Bentuk penampang ini cukup ideal mengingat banyak hal yang mendukung antara lain :

- Luas lahan yang tersedia untuk penampang melintang yang terbatas (dibatasi oleh lebar jalan).
- Debit yang dialirkan melalui saluran-saluran kota yang ada tidak begitu besar.

Rumus-rumus yang digunakan untuk mendimensikan saluran dengan penampang tunggal adalah :

a. Penampang Tunggal Bentuk Persegi Empat (*Rectangular channel*)



Gambar 2.1 Penampang Tunggal Berbentuk Segi Empat

$$V = (1/n) * R^{2/3} * I^{1/2}$$

$$Q = V * A$$

$$P = B + 2H$$

$$A = B * H$$

$$R = A/P$$

dimana :

V = Kecepatan aliran (m/detik)

n = Koefisien kekasaran *manning*

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan saluran

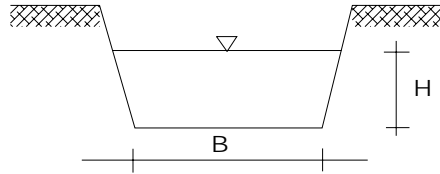
Q = debit aliran (m³/detik)

A = Luas penampang saluran atau sungai (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

m = Nilai perbandingan horisontal terhadap satu satuan vertikal

b. Penampang Tunggal Berbentuk Trapesium (*Trapezoidal channel*)



Gambar 2.2 Penampang Tunggal Berbentuk Trapesium

$$V = (1/n) * R^{2/3} * I^{1/2}$$

$$Q = V * A$$

$$P = B + 2H \sqrt{1 + m^2}$$

$$A = H(B + mH)$$

$$R = A/P$$

di mana :

V = Kecepatan aliran (m/detik)

n = Koefisien kekasaran *manning*

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan saluran

Q = debit aliran (m³/detik)

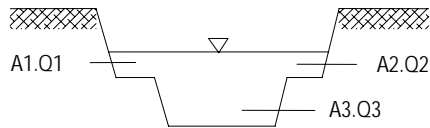
A = Luas penampang saluran atau sungai (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

m = Nilai perbandingan horisontal terhadap satu satuan vertikal

2. Penampang Ganda

Jenis penampang ini digunakan untuk mendapatkan kapasitas saluran yang lebih besar, sehingga debit yang dialirkan melalui saluran tersebut dapat lebih besar. Penampang ini juga digunakan jika lahan yang tersedia cukup luas.



Gambar 2.3 Penampang Saluran Ganda

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = A_1 * (1/n) * (A_1/P_1)^{2/3} * I^{0.5}$$

$$Q_2 = A_2 * (1/n) * (A_2/P_2)^{2/3} * I^{0.5}$$

$$Q_3 = A_3 * (1/n) * (A_3/P_3)^{2/3} * I^{0.5}$$

Sedangkan faktor lain yang perlu diperhatikan dalam penentuan bentuk penampang melintang saluran yaitu :

- Angkutan sedimentasi saluran
- Perbandingan debit banjir dominan dan debit banjir rendah

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah semakin mendekati sungai dan saluran-saluran utama kota yang lebih besar maka akan semakin besar dimensi dari saluran yang ada tersebut.

Tabel 2.3 Harga n

No	Jenis Saluran Terbuka	n (%)
1.	Lapisan semen mulis, kayu datar terbaik	0,11
2.	Kayu datar, saluran lapisan kayu baru, besi tuang berlapis	0,20
3.	Kanal-kanal tanah, lurus dan terpelihara	1,54
4.	Kanal-kanal tanah galian, kondisi biasa	2,36
5.	Kanal-kanal yang dipahat dalam batu	3,50
6.	Sungai dalam kondisi baik	3,00

Sumber : PU Pengairan Prop. Jateng.

2.4.1.2 Tinggi Jagaan dan Lebar Tanggul

Besarnya tinggi jagaan yang baik adalah berkisar antara 0,75 m – 1,5 m atau disesuaikan dengan besar kecilnya debit rencana. Hal lain yang mempengaruhi besarnya tinggi jagaan adalah penimbunan sedimen di dalam saluran, berkurangnya efisiensi hidrolis karena tumbuhnya tanaman, penurunan tebing dan kelebihan jumlah aliran selama terjadinya hujan.

Tabel 2.4 Harga tinggi jagaan dan lebar tanggul sesuai debit rencana

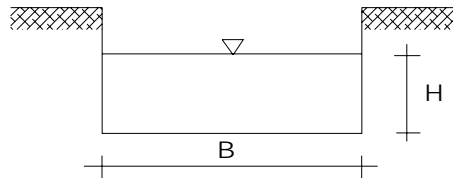
Debit Rencana (m ³ /det)	Tinggi Jagaan (m)	Lebar Tanggul (m)
200 < Q < 500	0.75	3.00
500 < Q < 2000	1.00	4.00
2000 < Q < 5000	1.25	5.00
5000 < Q < 10000	1.50	6.00
10000 < Q	2.00	7.00

Sumber : Kriteria Perencanaan Irigasi 01.

2.4.2 Kapasitas Sungai (*Existing*)

Perhitungan atau penentuan kapasitas saluran atau sungai dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

a. Penampang Tunggal Bentuk Persegi Empat (*Rectangular channel*)



Gambar 2.4 Penampang Sungai Berbentuk Segi Empat

$$V = K * R^{2/3} * I^{1/2}$$

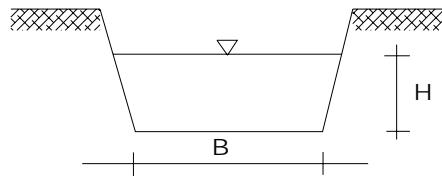
$$Q = V * A$$

$$P = B + 2H$$

$$A = B * H$$

$$R = A/P$$

b. Penampang Tunggal Berbentuk Trapesium (*Trapezoidal channel*)



Gambar 2.5 Penampang Sungai Berbentuk Trapesium

$$V = (I/n) * R^{2/3} * I^{1/2}$$

$$Q = V * A$$

$$P = B + 2H \sqrt{1 + m^2}$$

$$A = H(B + mH)$$

$$R = A/P$$

di mana :

V = Kecepatan aliran (m/detik)

K = Koefisien *strickler*

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan saluran

Q = debit aliran (m³/detik)

A = Luas penampang saluran atau sungai (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

m = Nilai perbandingan horisontal terhadap satu satuan vertikal

2.4.3 Bangunan Pengendali Banjir

2.4.3.1 Stasiun Pompa

Elevasi muka tanah di sebagian Kelurahan Bandarharjo Semarang berada di bawah muka air pasang, maka setiap harinya terjadi genangan atau rob. Pada waktu musim hujan, genangan yang terjadi bertambah parah terutama pada saat terjadi hujan deras bersamaan waktunya dengan air laut pasang, karena terjadi *back water* dari laut. Untuk mencegah terjadinya genangan yang cukup lama maka pada dataran rendah tersebut dibangun pompa air drainase. Pompa ini diperlukan pada saat terjadi banjir dan tinggi tekanan serta debitnya berubah-ubah sepanjang waktu atau saat terjadi banjir air pasang.

Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan pompa :

1. Debit air
2. Pengoperasian pompa
3. Kapasitas pompa

Rumus yang digunakan untuk menghitung daya pompa (D_p) tersebut adalah sebagai berikut :

$$D_p = \frac{H_p * Q \gamma_w}{\eta}$$

di mana :

D_p = Daya Pompa (*horse power* = hp)

H_p = $H_s + \Sigma_{hf}$ (m)

Q = Debit air (m^3/det)

γ_w = Berat jenis air ($9.81 \text{ kN}/m^3$)

η = Effisiensi pompa

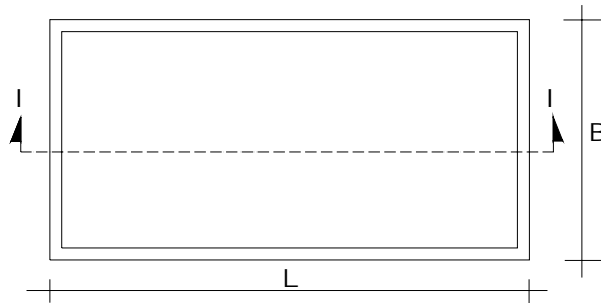
H_s = H statis (m)

Σ_{hf} = Jumlah kehilangan energi (m)

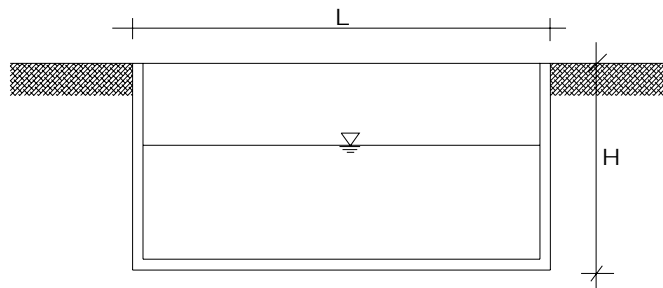
2.4.3.2 Kolam Penampungan

Kolam penampungan adalah suatu bangunan atau konstruksi yang berfungsi untuk menampung sementara air banjir atau hujan dan sementara itu sungai induknya tidak dapat menampung lagi debit banjir yang ada. Perencanaan kolam

penampungan ini dikombinasikan dengan pompa sehingga pembuangan air dari kolam penampungan bisa lebih cepat. Dimensi kolam penampungan ini didasarkan pada volume air akibat hujan selama t menit yang telah ditentukan artinya jika hujan sudah mencapai t menit, maka pompa harus sudah dioperasikan sampai elevasi air dikolam penampungan mencapai batas minimum. Untuk mengantisipasi agar kolam penampungan tidak meluap melebihi kapasitasnya maka petugas yang mengoperasikan pompa harus selalu siap pada waktu hujan.



Gambar 2.6 Denah Kolam Penampungan



Gambar 2.7 Potongan I – I Kolam Penampungan

2.5 HIDROLOGI

Untuk menghitung debit banjir kita memerlukan data curah hujan, intensitas hujan, banyaknya pos-pos hujan dan periode curah hujan. Semakin besar curah hujan yang terjadi pada suatu dataran maka semakin besar pula banjir yang akan diterima di daerah tersebut, begitu pula sebaliknya.

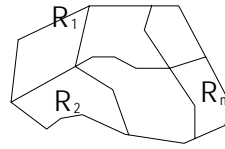
2.5.1 Penentuan Curah Hujan Area

Dalam menentukan curah hujan rata-rata pada suatu daerah terdapat tiga metode yang dapat digunakan, yaitu :

1. Metode Rata-rata Aljabar

Metode ini memberikan hasil yang memuaskan jika daerahnya datar, penempatan alat ukur hujan tersebar merata dan curah hujan tidak bervariasi banyak dari harga tengahnya. Di mana rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata adalah sebagai berikut :

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



Gambar 2.8 Metode Rata-rata Aljabar

di mana :

- R = Curah hujan rata-rata (mm)
- R₁, R₂, R_n = Curah hujan pada pos yang diamati (mm)
- n = Banyaknya pos hujan

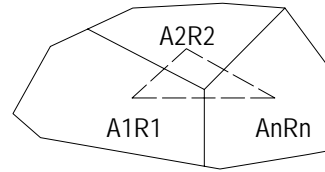
2. Metode Thiessen

Metode Thiessen ini dipakai apabila daerah pengaruh dan curah hujan rata-rata tiap stasiun berbeda-beda. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- Menentukan stasiun penakar curah hujan yang berpengaruh pada daerah pengaliran.
- Menghitung luas DAS pada wilayah yang dipengaruhi oleh stasiun penakar curah hujan tersebut.
- Menarik garis hubung dari stasiun penakar hujan/pos hujan tersebut.
- Menarik garis hubung dari tiap-tiap garis sumbu tersebut.

Di mana rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujannya adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$



Gambar 2.9 Metode *Thiessen*

di mana :

R = Besarnya curah hujan rata-rata (mm)

R_1, R_2 = Curah hujan di setiap pos/titik pengukuran (mm)

A_1, A_2 = Luas yang dibatasi garis polygon (km^2)

Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, koefisien *Thiessen* dapat dihitung :

$$C = \frac{A_n}{A} \times 100\%$$

di mana :

C = Koefisien *Thiessen*

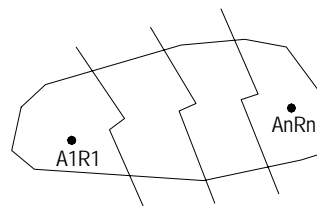
A_n = Luas pengaruh masing-masing stasiun (km^2)

A = Luas total DAS (km^2)

3. Metode *Isohyet*

Dalam hal ini harus ada peta *Isohyet* di dalam suatu daerah pengaliran. Sedangkan dalam rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan dengan metode rata-rata *Isohyet* adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{\sum_1^n \frac{A_i(R_i + R_{i+1})}{2}}{\sum_1^n A_i}$$



Gambar 2.10 Metode *Isohyet*

2.5.2 Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana ini ditujukan untuk mengetahui besarnya curah hujan harian maksimum dalam periode ulang tertentu yang nantinya dipergunakan untuk perhitungan debit banjir rencana. Metode yang umumnya digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana adalah metode *Gumbel*, metode *Log Pearson* tipe III, metode *Weduwen*, dan metode *Haspers*. Untuk menentukan metode tersebut terlebih dahulu kita menentukan jenis sebaran.

2.5.2.1 Menentukan Jenis Sebaran

Menentukan jenis sebaran memerlukan parameter-parameter statistik sebagai berikut :

- Standar Deviasi (*Deviation Standard*)

Standar deviasi (*deviation standard*) adalah ukuran sebaran yang paling banyak digunakan. Apabila penyebaran sangat besar terhadap nilai rata-rata, maka nilai Standar deviasi (*deviation standard*) akan besar, begitu juga sebaliknya. Standar deviasi (*deviation standard*) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

di mana :

S = Standar Deviasi (*Deviation Standard*)

X_i = Hujan rata-rata maksimum harian

\bar{X} = Hujan rata-rata

n = Jumlah data curah hujan

- Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*)

Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi (*deviation standard*) dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

di mana :

C_v = Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*)

S = Standar deviasi (*deviation standard*)

X = Hujan rata-rata

- Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*)

Koefisien kemencengan (*skewness coefficient*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan (*asymetri*) dari suatu bentuk distribusi. Apabila kurva frekuensi dari suatu distribusi mempunyai ekor memanjang ke kanan atau ke kiri terhadap titik pusat maksimum, maka kurva tersebut tidak akan berbentuk simetri. Keadaan tersebut disebut menceng ke kanan atau ke kiri. Pengukuran kemencengan adalah untuk mengukur seberapa besar kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri atau menceng. Ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan (*skewness coefficient*), dan dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

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

di mana :

C_s = Koefisien kemencengan (*skewness coefficient*)

S = Standar deviasi (*deviation standard*)

n = Jumlah data curah hujan

X_i = Hujan rata-rata maksimum harian

X = Hujan rata-rata

- Koefisien Kurtosis

Koefisien kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi dan sebagai pembandingnya adalah distribusi normal.

Koefisien kurtosis dirumuskan sebagai berikut :

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

di mana :

- C_k = Koefisien kurtosis
- S = Standar deviasi (*deviation standard*)
- n = Jumlah data curah hujan
- X_i = Hujan rata-rata maksimum harian
- \bar{X} = Hujan rata-rata

2.5.2.2 Metode Perhitungan Curah Hujan Rencana

Metode yang umumnya digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana ini adalah Metode *Gumbel*, Metode *Log Pearson Tipe III*, Metode *Weduwen*, dan Metode *Haspers*.

a. Metode *Gumbel*

$$X_{Tr} = \bar{X} + S * K_r$$

di mana :

- X_{Tr} = Curah hujan rencana dengan periode ulang t tahun
- \bar{X} = Curah hujan rata-rata
- S = Standar deviasi (*deviation standard*)
- K_r = Faktor frekuensi *Gumbel* = $[0,78 \{-\text{Ln}(-\text{Ln}(1-1/Tr))\} - 0,45]$

b. Metode Distribusi *Log Pearson Tipe III*

Langkah-langkah dalam metode distribusi *log pearson tipe III* yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Mengganti data $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi data dalam logaritma, yaitu :
 $\ln X_1, \ln X_2, \ln X_3, \dots, \ln X_n$.

2. Menghitung rata-rata dari logaritma data tersebut :

$$\ln \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln X_i}{n}$$

di mana :

X = Curah hujan rata-rata

X_i = Curah hujan rata-rata maksimum harian

n = Jumlah data curah hujan

3. Menghitung standar deviasi (*deviation standard*)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln X_i - \ln \bar{X})^2}{n-1}}$$

4. Menghitung koefisien kemencengan (*skewness coefficient*)

$$C_s = \frac{n * \sum_{i=1}^n (\ln X_i - \ln \bar{X})^3}{(n-1) * (n-2) * S^3}$$

di mana :

C_s = Koefisien kemencengan (*skewness coefficient*)

S = Standar deviasi (*deviation standard*)

n = Jumlah data curah hujan

X_i = Hujan rata-rata maksimum harian

X = Hujan rata-rata

5. Menghitung logaritma data pada interval pengulangan atau kemungkinan prosentase yang dipilih.

$$\ln R = (\ln X) + G_s$$

Harga G_s adalah harga untuk setiap nilai harga g dan interval pengulangan atau kemungkinan prosentase yang dipilih dan dapat diambil dari tabel.

Sedangkan $\ln R$ adalah logaritma curah hujan rencana yang mempunyai interval pengulangan atau kemungkinan prosentase yang sama.

c. Metode Weduwen

Dalam menghitung curah hujan harian maksimum dengan Metode *Weduwen*, rumus yang digunakan adalah :

$$R_T = m_n \times R_{70}$$

$$R_{70} = \frac{R_{11}}{m_T}$$

di mana :

R_T = Curah hujan harian maksimum dengan periode ulang T tahun (mm)

m_T = Indeks yang bergantung pada tahun periode ulang

m_n = Indeks yang bergantung pada tahun pengamatan

R_{11} = Curah hujan maksimum rata-rata (rangking 11) dari urutan yang besar ke yang kecil (mm)

d. Metode Haspers

Rumus yang digunakan :

$$X_t = X + S * \mu t$$

di mana :

X_t = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun

μt = Standar deviasi variabel untuk periode ulang T tahun

S = Standar deviasi

X = Curah hujan rata-rata

2.5.3 Intensitas Curah Hujan

Curah hujan jangka panjang biasanya dinyatakan dalam intensitas per jam yang disebut dengan intensitas curah hujan. Hujan dalam intensitas yang besar umumnya terjadi dalam waktu yang pendek. Hubungan intensitas hujan dengan waktu hujan banyak dirumuskan, yang pada umumnya tergantung pada parameter setempat. Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda biasanya disebabkan oleh lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan rata-rata

digunakan sebagai parameter perhitungan debit banjir dengan menggunakan cara Rasional dan *Storage Function*.

Ada banyak model untuk mengestimasi curah hujan rata-rata dari curah hujan harian. Beberapa rumus intensitas curah hujan yang berhubungan dengan hal ini disusun sebagai rumus-rumus empiris yang dapat dituliskan sebagai berikut :

- a. Untuk hujan dengan waktu < 2 jam, Prof. Talbot memberikan rumus :

$$I = \frac{a}{t + b}$$

di mana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = waktu hujan (jam)

a, b = konstanta yang tergantung dari keadaan setempat

- b. Untuk hujan dengan waktu > 2 jam, Prof. Sherman memberikan rumus :

$$I = \frac{c}{t}$$

di mana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

c = konstanta yang tergantung dari keadaan setempat

t = waktu hujan (jam)

- c. Rumus di atas dikembangkan oleh Dr. Ishigoro (1953) menjadi :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}}$$

di mana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = waktu curah hujan (menit)

a, b = konstanta yang tergantung dari keadaan setempat

d. Rumus di atas dikembangkan lagi oleh Mononobe menjadi :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3}$$

di mana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Rumus ini sering digunakan di Indonesia, karena rumus pada point a, b, dan c memerlukan data curah hujan dengan waktu pendek sampai kurang dari 24 jam. Sedangkan untuk data curah hujan harian rumus tersebut dapat digunakan.

2.5.4 Debit Banjir Rencana

Perhitungan atau perkiraan besarnya debit banjir rencana yang akan terjadi dapat dilakukan dengan metode sebagai berikut :

- Metode *Weduwen*
- Metode FSR Jawa-Sumatera
- Metode Rasional

Metode perhitungan di atas adalah metode perhitungan debit banjir rencana sesuai petunjuk perhitungan debit banjir rencana dari PU Pengairan Propinsi Jateng. Adapun uraian-uraian metode-metode di atas adalah sebagai berikut :

2.5.4.1 Metode *Weduwen*

Metode *Weduwen* biasa digunakan jika luas DAS kurang dar atau sama dengan 100 km² ($\leq 100 \text{ km}^2$). Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$Q_t = \alpha * \beta * q_n * f$$

di mana :

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta * q_n + 7}$$

$$q_n = \frac{R_n}{240} * \frac{67,65}{t + 1,45}$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{(t+1)}{(t+9)} * f}{120 + f}$$

$$t = \frac{0,476 * f^{3/8}}{(\alpha * \beta * \frac{q}{n})^{1/8} * 1^{1/4}}$$

keterangan :

Q_t = debit banjir periode ulang tertentu

α = koefisien pengaliran

β = koefisien pengurangan daerah untuk curah hujan DAS

t = lamanya (konsentrasi aliran)

f = luas daerah pengaliran

q_n = curah hujan

R_n = curah hujan maksimum dengan kemungkinan tak terpenuhi n %.

2.5.4.2 Metode FSR Jawa-Sumatera

Metode FSR Jawa-Sumatera adalah suatu cara yang sederhana untuk memperkirakan puncak debit banjir rencana yang telah dihasilkan oleh suatu studi selama 2 tahun dari tim gabungan yang terdiri dari Staf Direktorat Penyelidikan Masalah Air dan Staf Institute of Hidrologi (DPMA/IOH), September 1983. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$Q = GF_{(T,AREA)} * MAF$$

$$MAF = 8.10^{-6} * AREA^V * APBAR^{2,445} * SIMS^{-0,117} * (1 + LAKE)^{-0,85}$$

di mana :

Q = debit banjir rencana ($m^3/detik$)

GF = faktor pembesar regional

T = periode ulang tertentu

$AREA$ = luas DAS (km^2)

$APBAR$ = rata-rata tahunan dari hujan tahunan terbesar di daerah aliran

$SIMS$ = indeks kemiringan (m/km) = $H (m) / MSL (km)$

H = beda tinggi tempat pengamatan dengan batas terjauh DAS (m)

MSL = panjang sungai (km)

$LAKE$ = indeks danau, untuk Semarang = 0

$$V = 1,02 - 0,0275 \log * \text{AREA}$$

MAF = puncak banjir rencana rata-rata (m³/detik)

Tabel 2.5 Faktor Reduksi Area (ARF)

Luas DPS (km ²)	Faktor Reduksi Area
1 – 10	0,99
10 – 30	0,97
30 – 30.000	1,152 – 0,1233 * log A

Sumber : IOH / DPMA, September 1983

Tabel 2.6 Faktor Pembesar Regional GF_(T,AREA)

Periode ulang (tahun)	Luas Daerah Aliran Sungai (km ²)					
	< 180	300	600	900	1200	> 1500
5	1.28	1.27	1.24	1.22	1.19	1.17
10	1.56	1.54	1.48	1.44	1.41	1.37
25	1.88	1.84	1.75	1.70	1.64	1.59

Sumber : Banjir Rencana Untuk Bangunan Air, Ir. Joesron Loebis, M. Eng, BPPU

2.5.4.3 Metode Rasional

Metode rasional biasa digunakan untuk luas daerah aliran sungai sekitar kurang dari atau sama dengan 60 km² ($\leq 60 \text{ km}^2$).

Rumus :

$$Q_t = (1/3,6) * C * I * f \text{ (m}^3\text{/detik)}$$

di mana :

$$Q_t = \text{debit banjir periode ulang tertentu (m}^3\text{/detik)}$$

C = koefisien debit

$$I = (R/24) * (24/t)^{2/3}$$

f = luas DAS (m²)

Dari berbagai cara perhitungan debit banjir rencana, dipilih yang paling mendekati sesuai dengan kondisi yang ada.