

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. TINJAUAN UMUM

Perencanaan penanganan drainase di daerah perumahan Bukit Golf Mediterania Pantai Indah Kapuk Jakarta memerlukan kajian pustaka untuk mengetahui dasar-dasar teori dalam perencanaan sistem drainase dan pengendalian banjirnya. Selain itu tinjauan pustaka ini juga mencantumkan dasar-dasar teori tentang alternatif perencanaannya .

2.2. HIDROLOGI

Intensitas hujan adalah tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data curah hujan baik secara statistik maupun secara empiris.

Curah hujan yang diperlukan untuk pembuatan rancangan dan rencana (perhitungan potongan melintang dan lain-lain) adalah curah hujan jangka waktu yang pendek dan bukan curah hujan jangka waktu yang panjang seperti curah hujan tahunan atau bulanan. Curah hujan tersebut berdasarkan volume debit (yang disebabkan oleh curah hujan) dari daerah pengaliran yang kecil seperti perhitungan debit banjir, rencana peluap suatu bendungan, gorong-gorong melintasi jalan dan saluran, selokan-selokan samping, (Suyono Sostrodarsono & Kensaku Takeda,1976).

2.2.1. Analisis Curah Hujan Rencana

Dalam penentuan curah hujan data dari pencatat atau penakar hanya didapatkan curah hujan di suatu titik tertentu (*point rainfall*). Untuk mendapatkan harga curah hujan areal dapat dihitung dengan beberapa metode :

a Metode rata-rata Aljabar

Curah hujan didapatkan dengan mengambil rata-rata hitung (*arithematic mean*) dari penakaran pada penakar hujan areal tersebut. Cara ini digunakan apabila :

- Daerah tersebut berada pada daerah yang datar
- Penempatan alat ukur tersebar merata
- Variasi curah hujan sedikit dari harga tengahnya

Rumus :

$$\bar{R} = 1/n (R_1+R_2+\dots\dots\dots+R_n)$$

Di mana :

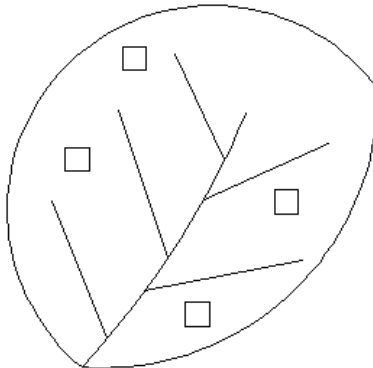
\bar{R} = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

n = Jumlah stasiun pengamatan

R_1 = Curah hujan pada stasiun pengamatan satu (mm)

R_2 = Curah hujan pada stasiun pengamatan dua (mm)

R_n = Curah hujan pada stasiun pengamatan n (mm)



Gambar 2.1. Metode Rata-rata Aljabar

b Metode Thiessen

Cara ini didasarkan atas cara rata-rata timbang, di mana masing-masing stasiun mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun. Luas daerah tiap stasiun dapat dihitung dengan planimeter. Jumlah luas total daerah dari tiap-tiap stasiun harus sama dengan luas yang telah diketahui terlebih dahulu. Masing-masing luas lalu diambil persentasenya dengan jumlah total = 100%. Kemudian harga ini dikalikan dengan curah hujan daerah distasiun yang bersangkutan dan setelah dijumlah hasilnya merupakan curah hujan yang dicari.

Hal yang perlu diperhatikan dalam metode ini adalah sebagai berikut :

- Jumlah stasiun pengamatan minimal tiga buah.
- Penambahan stasiun akan mengubah seluruh jaringan
- Topografi daerah tidak diperhitungkan.
- Stasiun hujan tidak tersebar merata

Rumus :

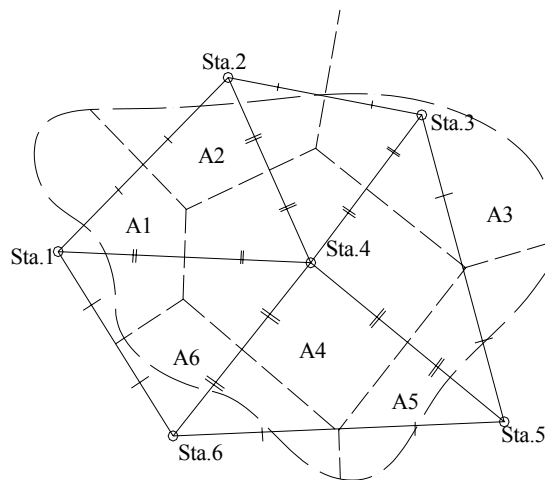
$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Di mana :

\bar{R} = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah pada polygon 1, 2, ..., n (Km^2)



Gambar 2.2. Polygon Thiessen

c Metode Isohyet

Pada metode ini, dengan data curah hujan yang ada dibuat garis-garis yang merupakan daerah yang mempunyai curah hujan yang sama (*isohyet*), seperti terlihat Gambar 2.3.

Kemudian luas bagian di antara isohyet-isohyet yang berdekatan diukur, dan harganya rata-ratanya dihitung sebagai rata-rata timbang dari nilai kontur, kemudian

dikalikan dengan masing-masing luasnya. Hasilnya dijumlahkan dan dibagi dengan luas total daerah maka akan didapat curah hujan areal yang dicari.

Metode ini ini digunakan dengan ketentuan :

- Dapat digunakan pada daerah datar maupun pegunungan
- Jumlah stasiun pengamatan harus banyak
- Bermanfaat untuk hujan yang sangat singkat

Rumus

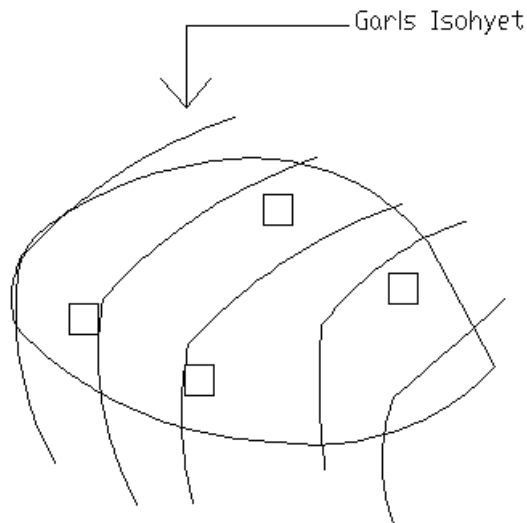
$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_3 + R_4}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n + R_{n-1}}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Di mana :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata (mm)

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan stasiun 1, 2, ..., n (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas bagian yang dibatasi oleh isohyet-isohyet (Km²)



Gambar 2.3. Metode Isohyet

2.2.2. Curah Hujan Rencana Dengan Periode Ulang Tertentu

2.2.2.1. Analisis Frekuensi

Dari curah hujan rata-rata yang diperoleh dari berbagai stasiun yang ada di daerah aliran sungai, selanjutnya dianalisis secara statistik untuk mendapatkan pola sebaran data curah hujan yang sesuai dengan pola sebaran data curah hujan rata-rata.

Pada kenyataannya bahwa tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Variasi atau dispersi adalah besarnya derajat dari sebaran varian disekitar nilai rata-ratanya. Cara mengukur besarnya dispersi disebut pengukuran dispersi.

Adapun cara pengukuran dispersi antara lain :

a. Deviasi Standart (S)

Rumus :

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

Di mana :

S = Deviasi standart

X_i = Nilai varian ke i

X = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

b. Koefesien *Skewness* (CS)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi.

Rumus :

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

Di mana :

CS = Koefesien *Skewness*

X_i = Nilai varian ke i

X = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

S = Deviasi standar

c. Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

Rumus :

$$CK = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4}$$

Di mana :

CK = Koefisien Kurtosis

X_i = Nilai varian ke i

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

S = Deviasi standar

d. Koefisien Variasi (CV)

Koefisien Variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung suatu distribusi.

Rumus :

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

Di mana :

CV = Koefisien variasi

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

Dari nilai-nilai di atas, kemudian dilakukan pemilihan jenis sebaran yaitu dengan membandingkan koefisien distribusi dari metode yang akan digunakan.

2.2.2.2. Pemilihan Jenis Sebaran

Ada berbagai macam distribusi teoritis yang kesemuanya dapat dibagi menjadi dua yaitu distribusi diskrit dan distribusi kontinyu. Yang diskrit adalah Binomial dan Poisson, sedangkan yang kontinyu adalah Normal, Log Normal, Gama, Beta, Pearson dan Gumbel.

Untuk memilih jenis sebaran, ada beberapa macam distribusi yang sering dipakai yaitu :

a. Distribusi Normal

Dalam analisis hidrologi distribusi normal sering digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan. Distribusi tipe normal, mempunyai koefisien kemencengan (*Coeffisien of skwennes*) atau $CS = 0$ atau bisa ditoleransi sampai dengan $\pm 0,3$.

b. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil transformasi dari distribusi Normal, yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X. Distribusi ini dapat diperoleh juga dari distribusi Log Pearson Tipe III, apabila nilai koefisien kemencengan $CS = 0$. Distribusi tipe Log Normal mempunyai koefisien kemencengan (*Coeffisien of skwennes*) atau $CS = 3 CV + CV^3$

c. Distribusi Gumbel I

Distribusi Tipe I Gumbel atau Distribusi Extrim Tipe I digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekwensi banjir. Distribusi Tipe I Gumbel, mempunyai koefisien kemencengan (*Coeffisien of skwennes*) atau $CS = 1,14$.

d. Distribusi Pearson Tipe III

Distribusi Pearson Tipe III digunakan untuk analisis variabel hidrologi dengan nilai varian minimum misalnya analisis frekuensi distribusi dari debit minimum (*low flows*). Distribusi Pearson Tipe III digunakan apabila nilai CS tidak memenuhi untuk Distribusi Gumbel maupun Distribusi Normal.

Tabel 2.1. Syarat – Syarat Nilai Pengujian Dispersi

Jenis Distribusi	Syarat
Distribusi Normal	$CS = 0$ $CK \approx 0$
Distribusi Log Normal	$CS = 3CV + CV^2$
Distribusi Gumbel	$CS \approx 1,14$ $CK \approx 5,4002$
Distribusi Pearson Tipe III	-

2.2.2.3. Uji keselarasan Distribusi

Uji keselarasan distribusi ini digunakan pengujian dengan metode sebagai berikut:

a. Metode Chi-kuadrat

Chi-kuadrat yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Rumus :

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$$

Di mana:

X^2 = Harga Chi-Kuadrat

G = Jumlah sub-kelompok

Of = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

Ef = Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya.

Adapun prosedur pengujian Chi-kuadrat adalah sebagai berikut :

- Urutkan data pengamatan dari yang terbesar ke yang terkecil atau sebaliknya
- Hitung jumlah kelas yang ada yaitu $Nc = 1 + 1,33 \ln(N)$
- Dalam pembagian kelas disarankan agar dalam masing-masing kelas terdapat minimal tiga buah data pengamatan.
- Tentukan derajat kebebasan $DK = G - P - 1$ (nilai P = 2 untuk distribusi normal dan binomial, untuk distribusi poisson dan Gumbel nilai P = 1)
- Hitung n
- Nilai EF = jumlah data (N) /Jumlah kelas
- Tentukan nilai Of untuk masing-masing kelas
- Jumlah G Sub-group $\frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$ untuk menentukan nilai Chi-kuadrat
- Didapat nilai X^2 , harus $< X^2 CR$

Apabila setelah diuji dengan metode Chi-kuadrat jenis sebaran yang telah dipilih tersebut memenuhi syarat distribusi, maka curah hujan rencana dapat dihitung.

b. Metode Smirnov-Kolmogorof

Dikenal dengan uji kecocokan non-parametric karena pengukuannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- Urutkan data terbesar ke data terkecil atau sebaliknya dan tentukan peluangnya dari masing-masing data tersebut $\{P(X_i)\}$
- Tentukan nilai variabel reduksi $\{f(t)\}$

$$f(t) = \frac{(X - \bar{X})}{S}$$

- Tentukan peluang teoritis $\{P'(X_i)\}$ dari nilai $f(t)$ dengan tabel
- Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih antara pengamatan dan peluang teoritis.

$$D_{\text{maks}} = \text{Maks} \{ P(X_i) - P'(X_i) \}$$

- Berdasarkan tabel nilai kritis Smirnov-Kolmogorof tentukan harga D_0

2.2.3. Intensitas Curah Hujan

Data yang digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan adalah curah hujan jangka pendek yang dinyatakan dalam intensitas per jam yang disebut intensitas curah hujan (mm/jam). Besarnya intensitas curah hujan itu berbeda-beda yang disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya.

Untuk mengestimasi intensitas curah hujan, dalam perencanaan ini biasanya digunakan salah satu dari rumus di bawah ini :

1. Metode Talbot

Rumus ini dikemukakan oleh Prof. Talbot pada tahun 1881 yang dijabarkan sebagai berikut:

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

Dimana nilai a dan b didapatkan dengan cara sebagai berikut (Metode *Least Square*)

$$a = \frac{[I_t] \cdot [I^2] - [I_t^2] \cdot [I]}{N[I^2] - [I] \cdot [I]}$$

$$b = \frac{[I_t] \cdot [I] - N[I_t^2]}{N[I^2] - [I] \cdot [I]}$$

Di mana:

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

a,b = Tetapan

[] = Jumlah angka-angka dalam setiap suku

N = Banyaknya data

2. Metode Sherman

Rumus ini dikemukakan oleh Prof. Sherman pada tahun 1905 yang dijabarkan seperti berikut :

$$I = \frac{a}{t^n}$$

Dimana nilai a dan n dapat diperoleh dengan persamaan di bawah ini (Metode *Least Square*)

$$\log a = \frac{[\log I] \cdot [(\log t)^2] - [\log I \cdot \log t] \cdot [\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t] \cdot [\log t]}$$

$$n = \frac{[\log I] \cdot [\log t] - N[\log I \cdot \log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t] \cdot [\log t]}$$

Di mana :

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

a,b = Tetapan

[] = Jumlah angka-angka dalam setiap suku

N = Banyaknya data

3. Metode Ishiguro

Rumus ini dikemukakan oleh Dr. Ishiguro pada tahun 1953 yang dijabarkan sebagai berikut:

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

Dimana nilai a dan b dapat diperoleh dengan persamaan di bawah ini (metode *Least Square*).

$$a = \frac{[I \cdot \sqrt{t}] \cdot [I^2] - [I^2 \cdot \sqrt{t}] \cdot [I]}{N[I^2] - [I] \cdot [I]}$$
$$b = \frac{[I \cdot \sqrt{t}] \cdot [I^2] - [I^2] \cdot [I]}{N[I^2] - [I] \cdot [I]}$$

Di mana :

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

a,b = Tetapan

[] = Jumlah angka-angka dalam setiap suku

N = Banyaknya data

Dari ketiga rumus diatas hasilnya dapat ditabelkan, kemudian dipilih salah satu persamaan yang mempunyai deviasi paling rendah. Kemudian dipakai sebagai rumus intensitas curah hujan yang dapat ditampilkan sebagai persamaan kurva durasi intensitas curah hujan.

4. Metode Mononobe

Metode ini diperkenalkan oleh Dr. Mononobe yang dijabarkan sebagai berikut :

Rumus :

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \left(\frac{24}{t} \right)^{0,667}$$

Di mana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya waktu konsentrasi (jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

2.2.4 Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi, T_c adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air hujan dari titik terjauh menuju suatu titik tertentu ditinjau pada daerah pengaliran. Umumnya waktu konsentrasi terdiri dari waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir pada permukaan tanah menuju saluran terdekat (T_o) dan waktu untuk mengalir dalam saluran ke suatu tempat yang ditinjau (T_d).

$$T_c = T_o + T_d$$

Dengan metode Rasional, waktu konsentrasi T_o dapat pula didekati dengan Rumus Kirpich sebagai berikut :

$$T_o = 56,7 \cdot L^{1,156} D^{-0,385}$$

$$T_d = L/60 \cdot V$$

Di mana :

- T_c = Waktu konsentrasi durasi hujan (menit)
- T_d = Waktu pengaliran dalam saluran (menit)
- T_o = Waktu pengaliran pada permukaan saluran (menit)
- L = Panjang saluran (m)
- D = Beda tinggi antara titik terjauh (m)
- V = Kecepatan aliran air dalam saluran (m/dt)

Tabel 2.2. Tabel Kecepatan untuk Saluran Alami

Kemiringan rata-rata dasar saluran (%)	Kecepatan rata-rata (m/dtk)
< 1	0,40
1 – 2	0,60
2 – 4	0,90
4 – 6	1,20
6 – 10	1,50
10 - 15	2,40

Tabel 2.3. Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material

Jenis Bahan	Kecepatan (m/dtk)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau aluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75

Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton	1,50
Beton bertulang	1,50

2.2.5. Debit Banjir Rencana

Metode yang biasa digunakan untuk menghitung debit banjir rencana pada suatu ruas sungai atau saluran ada beberapa metode, diantaranya:

1. Metode Rasional

Metode rasional dapat menggambarkan hubungan antara debit dengan besarnya curah hujan untuk DPS dengan luas sampai 500 Ha, dan merupakan metode yang paling tua untuk menaksir debit puncak banjir berdasarkan data curah hujan. Debit banjir yang dihitung berdasarkan parameter hujan dan karakteristik DPS.

Rumus :

$$Q_p = \frac{1}{360} \cdot C \cdot C_s \cdot I \cdot A$$

$$= 0,00278 \cdot C \cdot C_s \cdot I \cdot A$$

Di mana :

Q_p = Debit maksimum rencana (m^3/dt).

A = Luas daerah aliran (Ha)

C = Koefisien aliran (mm/jam)

C_s = Koefisien penyimpanan (*storage coefficient*)

I = Intensitas curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air berkonsentrasi. (mm/jam).

2. Metode Weduwen

Persamaan dasar yang dikembangkan untuk daerah aliran sungai sebagai berikut (Soewarno,1991). Rumus ini digunakan bila luas Daerah Pengaliran Sungai < 100 km^2 .

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f$$

Di mana :

Q = Debit banjir rencana (m^3/dtk)

- α = Koefisien aliran
- β = Koefisien reduksi
- q = Hujan maksimum setempat dalam sehari (*Point Rainfall*) ($m^3/km^2/dt$)
- f = Luas daerah aliran (km^2)

Pada penerapan metode ini langkah perhitungan debit puncak banjirnya adalah sebagai berikut:

Rumus :

$$\alpha = 1 - \left(\frac{4,1}{(\beta q + 7)} \right)$$
$$\beta = \frac{120 + \left[\frac{(t+1)}{(t+9)} \right] f}{120 + f}$$
$$q = \frac{67,64}{(t + 1,45)}$$

Di mana :

- α = Koefisien aliran
- β = Koefisien reduksi
- T = Lamanya hujan maksimum (1/6 sampai 12 jam)
- q = Curah hujan maksimum ($m^3/km^2/dt$)
- f = Luas DPS (km^2) kurang dari 100 km^2

Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus :

$$t = \frac{L}{8Q^{0,125} \times i^{0,25}}$$
$$i = \frac{H}{0,9L}$$

Di mana :

- t_c = Waktu konsentrasi (menit)
- L = Panjang sungai (m)

i = Kemiringan

Pada penerapan metode Weduwen, pertama-tama ditentukan harga t perkiraan untuk menghitung harga β , kemudian hitung harga q dan α , kemudian hitung harga t perhitungan, dengan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{0,467 \times f^{0,375}}{(\alpha \times \beta \times q)^{0,125} \times i^{0,25}}$$

Di mana :

1. Apabila harga t perkiraan belum sama dengan t perhitungan maka tentukan t yang lain.
2. Apabila harga t perkiraan sudah sama dengan t perhitungan maka debit puncak banjirnya dapat dihitung.

3. Metode Haspers

Rumus :

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f$$

Di mana :

Q = Debit banjir rencana (m^3/dtk)

α = Koefisien aliran

β = Koefisien reduksi

q = Hujan maksimum setempat dalam sehari (*Point Rainfall*) ($m^3/km^2/dt$)

f = Luas daerah aliran (km^2)

Pada penerapan metode ini langkah perhitungan debit puncak banjirnya adalah sebagai

berikut:

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \cdot f^{0,7}}{1 + 0,075 \cdot f^{0,7}}$$

$$\beta^{-1} = 1 + \left(\frac{t + 3,7 \cdot 10^{-04t}}{t^2 + 15} \right) \left(\frac{f^{0,75}}{12} \right)$$

$$q = r / 3,6 t$$

Di mana:

r = Intensitas curah hujan ($m^3/dtk/km^2$)

$$\frac{t.R_{24}}{t+1-0,008.(260-R_{24}).(2-t)^2} \quad \text{untuk } t < 2 \text{ jam}$$

$$= \frac{t.R_{24}}{t+1} \quad \text{untuk } 2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam}$$

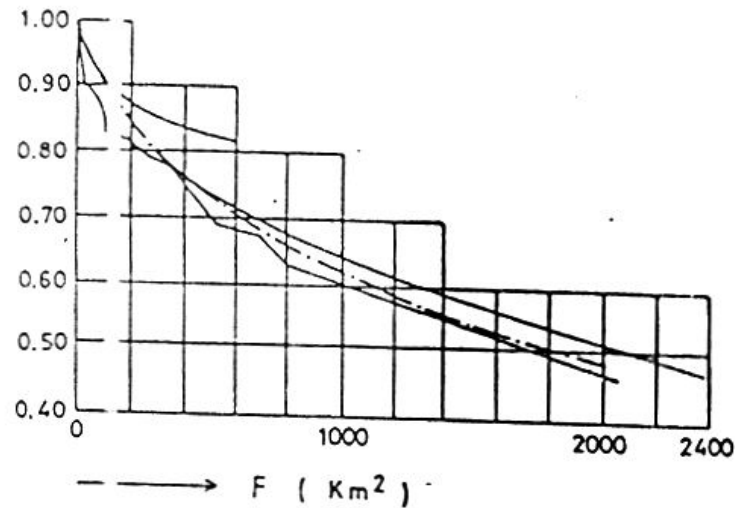
$$= 0,707.R_{24}.\sqrt{t+1} \quad \text{untuk } 19 \text{ jam} < t < 30 \text{ hari}$$

R_{24} = Curah hujan = $R + \mu.S_H$

T = Lamanya hujan (jam) = $0,1.I^{0,8}I^{0,3}$

L = Panjangnya aliran sungai

I = Kemiringan sungai

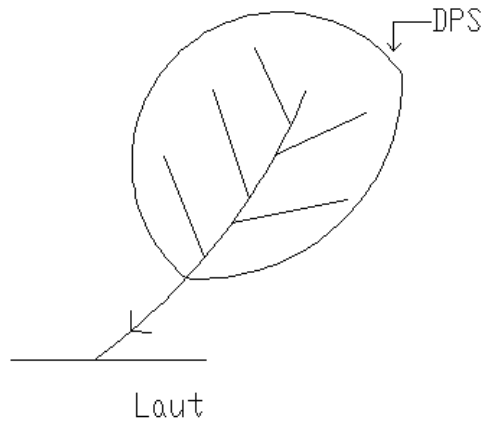


Gambar 2.4. Grafik Hubungan antara β dan F

4. Metode FSR Jawa- Sumatera

Rumus :

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



Gambar 2.5. Daerah Pengaliran Sungai (DPS)

Di mana :

Q = Debit banjir rencana (m^3/dt)

G = Faktor pembesar regional

T = Periode ulang tertentu (tahun)

AREA = Luas DPS (km^2)

MAF = Puncak banjir rata-rata (m^3/dt)

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

SIMS = Indeks kemiringan (m/km)

LAKE = Indeks danau

V = $1,02 - (0,0275 * \log AREA)$

APBRA = Hujan rata-rata tahunan (mm)

$$= PBRA * ARF$$

ARF = Faktor reduksi

$$= 0,99 \text{ untuk } 1 < DPS < 10 \text{ km}^2$$

$$= 0,97 \text{ untuk } 10 < DPS < 30 \text{ km}^2$$

$$= 1,152 - 0,1233 * \log AREA \text{ untuk } > 30 \text{ km}^2$$

Tabel 2.4. Faktor pembesaran $GF_{(T,AREA)}$

Periode Ulang	Luas daerah Pengaliran Sungai (km ²)					
	≤ 180	300	600	900	1200	≥ 1500
5 th	1,28	1,27	1,24	1,22	1,19	1,17
10 th	1,56	1,54	1,48	1,44	1,41	1,37
20 th	1,88	1,84	1,75	1,70	1,64	1,59
50 th	2,35	2,30	2,18	2,10	2,03	1,95
100 th	2,78	2,72	2,57	2,47	2,37	2,27
200 th	3,27	3,20	3,01	2,89	2,78	2,66
500 th	4,01	3,92	3,70	3,56	3,41	3,27
1000 th	4,68	4,58	4,32	4,16	4,01	3,85

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

5. Hidrograf satuan Sintetis Gamma I

Parameter-parameter hidrograf satuan Gamma I berdasarkan peta topografi yang merupakan parameter DTA yang secara hidrologik mudah dijelaskan pengaruhnya terhadap hidrograf. Parameter-parameter yang dimaksud dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Faktor sumber (SF) yaitu perbandingan antara jumlah panjang sungai-sungai tingkat satu dengan jumlah panjang sungai-sungai semua tingkat.
2. Frekwensi sumber (SN), yaitu perbandingan antara jumlah pangsa sungai-sungai tingkat satu dengan jumlah pangsa sungai-sungai semua tingkat.
3. Faktor lebar (WF), yaitu perbandingan antara lebar DAS yang diukur di titik sungai yang berjarak 0,75 L dengan lebar DAS yang diukur di titik sungai yang berjarak 0,25 L dari stasiun hidrometri.
4. Luas DAS sebelah hulu (RUA), yaitu perbandingan antara luas DAS yang diukur di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara stasiun hidrometri dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DAS, melewati titik tersebut.

5. Faktor simetri (SIM), yaitu hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas DAS sebelah hulu (RUA).
6. Jumlah pertemuan sungai (JN) adalah jumlah semua pertemuan sungai di dalam DAS tersebut. $JN = \text{jumlah pangsa sungai tingkat satu dikurangi satu}$.
7. Kerapatan jaringan kuras (D), yaitu jumlah panjang sungai semua tingkat tiap satuan luas DAS.

Penetapan parameter-parameter yang disebutkan di atas, dapat ditentukan dengan menggunakan peta topografi skala 1:50.000. Selanjutnya, hidrograf satuan diberikan dalam empat variabel pokok, yaitu waktu naik (TR), debit puncak (Qp), waktu dasar (TB) dan koefisien tampungan (K) dengan persamaan-persamaan berikut ini.

$$Q_t = Q_p \cdot e^{-t/k}$$

$$TR = 0,43 (L/100 SF)^3 + 1,0665 SIM + 1,2775$$

$$Q_p = 0,1836 A^{0,5886} TR^{-0,4008} JN^{0,2381}$$

$$TB = 27,4132 TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA$$

$$K = 0,5617 A^{0,1798} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452}$$

$$Q_t = Q_p e^{-t/k}$$

Koordinat hidrograf satuan sintetis gamma ditentukan sebagai berikut :

1. Waktu hujan (t) yaitu waktu hujan dalam sehari selama 24 jam dan terdapat waktu puncak (TR), dalam satuan jam.
2. Unit hidrograf (Qt) yaitu persamaan debit unit hidrograf pada waktu hujan terjadi, ditunjukkan pada waktu kurva naik ($0 < t < t_p$) $Q_t = t \cdot (Q_p/TR)$ dan pada saat kurva turun ($t_p < t < TR$) $Q_t = Q_p \cdot e^{-(t/TR)/k}$.

2.3. TATA GUNA LAHAN

Data tata guna lahan ada kaitannya dengan besarnya aliran permukaan. Aliran permukaan ini menjadi besaran aliran drainase. Besarnya aliran permukaan tergantung dari banyaknya air hujan yang mengalir setelah dikurangi banyaknya air hujan yang meresap. Berapa besarnya air yang dialirkan bergantung pula kepada tingkat kerapatan permukaan tanah, dan ini berkaitan dengan penggunaan lahan.

Besarnya koefisien limpasan (C) pada berbagai macam kondisi daerah aliran disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2.5. Koefisien Limpasan (Dr. Mononobe)

No.	Tata Guna Lahan	C
1	Areal Perdagangan	0,95
2	Sekitar Areal Perdagangan	0,70
3	Pemukiman -Pemukiman tidak padat -Pemukiman sedang Pemukiman padat	0,50 0,65 0,75
4	Daerah pinggiran	0,40
5	Apartemen / real estate	0,70
6	Areal pendidikan	0,80
7	Kawasan industri	0,80-0,90
8	Tempat bermain	0,35
9	Taman/kebun	0,25
10	Kawasan berkembang	0,30

Selain koefisien limpasan diatas, ada juga yang disebut koefisien penyimpanan (C_s). Koefisien Penyimpanan adalah suatu koefisien pengurangan debit banjir rencana akibat adanya penyimpanan / penampungan debit banjir di saluran maupun genangan yang terjadi di daerah tangkapan. Untuk suatu saluran tersier dengan daerah tangkapan kecil dan daerah tersebut bebas banjir, maka koefisien penyimpanannya mempunyai nilai 1 (satu). Untuk saluran primer dengan luas daerah tangkapan yang besar dan pada daerah tersebut masih diizinkan terjadi genangan, maka koefisien penyimpanannya mempunyai nilai kurang dari 1 (satu).

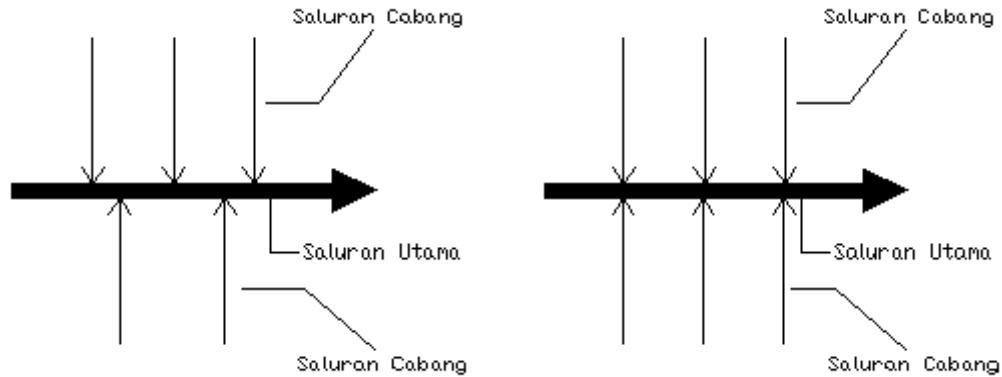
2.4. HIDROLIKA SALURAN

2.4.1. Pola Jaringan Drainase

Dalam perencanaan sistem drainase suatu kawasan harus memperhatikan pola jaringan drainasenya. Pola jaringan drainase pada suatu kawasan atau wilayah tergantung dari topografi daerah dan tata guna lahan kawasan tersebut. Adapun tipe atau jenis pola jaringan drainase sebagai berikut.

a. Siku

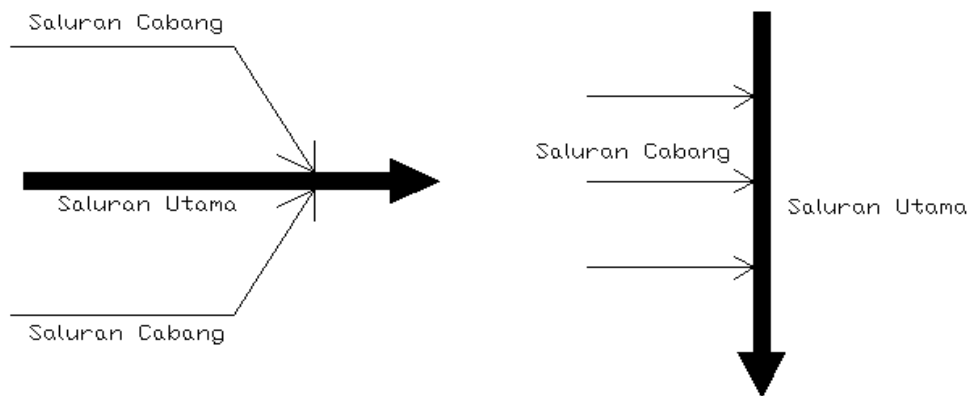
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota.



Gambar 2.6. Pola Jaringan Drainase Siku

b. Paralel

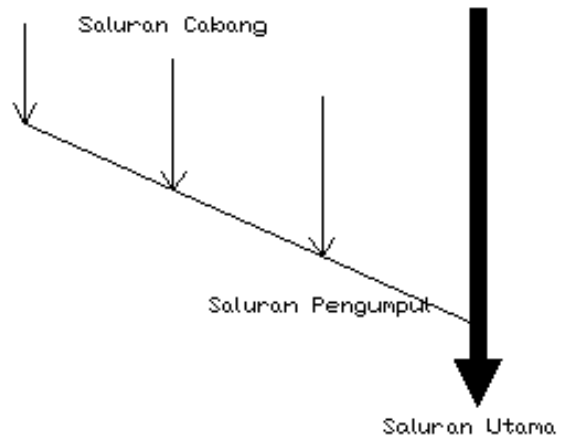
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



Gambar 2.7. Pola Jaringan Drainase Paralel

c. Grid Iron

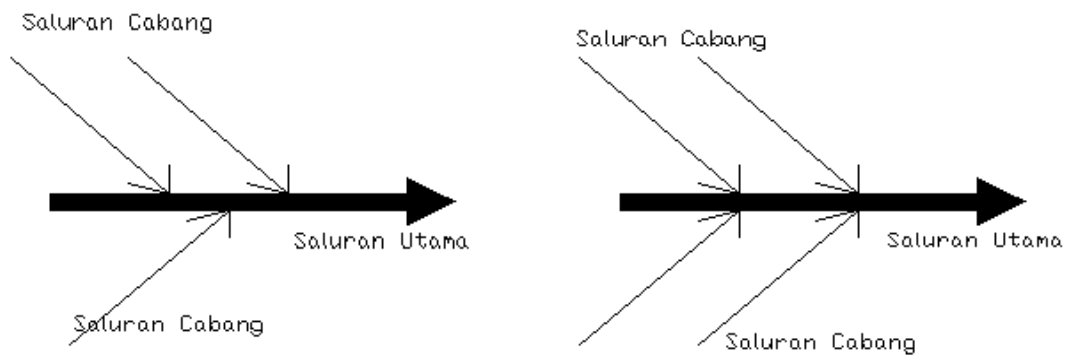
Untuk daerah di mana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada sungai pengumpul.



Gambar 2.8. Pola Jaringan Drainase Grid Iron

d. Alamiah

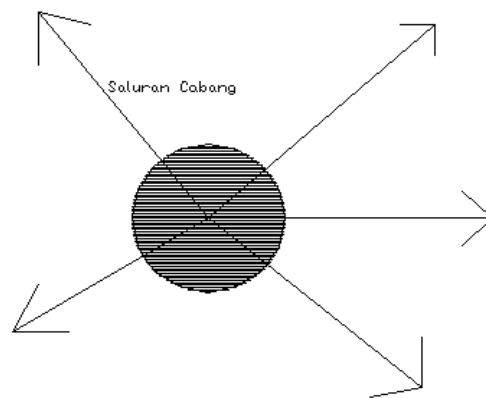
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 2.9. Pola Jaringan Drainase Alamiah

e. Radial

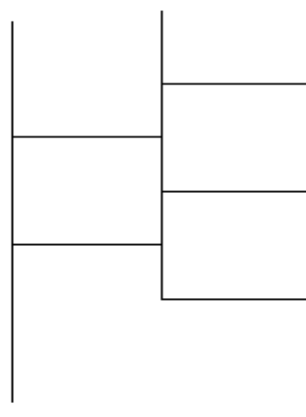
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2.10. Pola Jaringan Drainase Radial

f. Jaringan-jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya, dan cocok untuk daerah topografi datar.

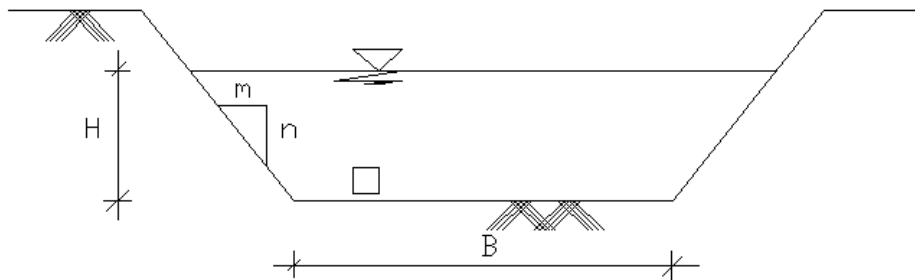


Gambar 2.11. Pola Jaringan Drainase Jaring – Jaring

2.4.2. Penampang Melintang Saluran

Penampang melintang saluran perlu direncanakan untuk mendapatkan penampang yang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan. Penggunaan lahan yang efisien berarti dengan memperhatikan ketersediaan lahan yang ada. Hal ini perlu diperhatikan karena pada daerah pemukiman padat lahan yang dapat dipergunakan sangat terbatas. Penampang saluran yang ideal sangat dipengaruhi oleh faktor bentuk penampang. Dengan Q banjir rencana yang ada, kapasitas penampang akan tetap walaupun bentuk penampang diubah-ubah, sehingga perlu diperhatikan bentuk penampang saluran yang stabil. Bentuk penampang saluran berdasarkan kapasitas saluran yaitu :

a. Penampang Tunggal Trapesium



Gambar. 2.12. Penampang Saluran Trapesium

$$Q = A * V$$

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

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{2/3} \times I^{1/2} \text{ m/dtk}$$

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

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

Di mana :

Q = Debit aliran (m³/dt)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

m = Kemiringan penampang

n = Koefisien kekasaran manning

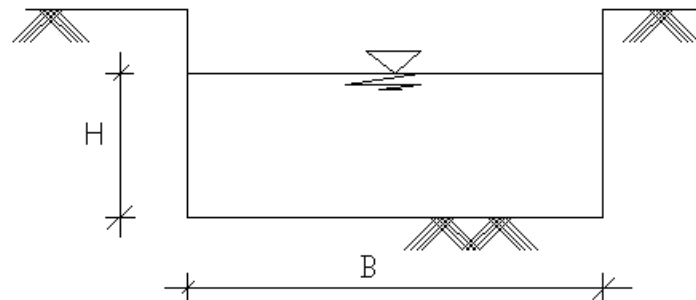
P = Keliling penampang basah (m)

A = Luas penampang basah (m²)

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan saluran

b. Penampang Tunggal Segi Empat



Gambar 2.13. Penampang Saluran Segi Empat

$$Q = A * V$$

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

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{2/3} \times I^{1/2} \text{ m/dtk}$$

$$A = B \times H$$

$$P = 2.H + B$$

Di mana :

Q = Debit aliran (m^3/dt)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

m = Kemiringan penampang

n = Koefisien kekasaran manning

P = Keliling penampang basah (m)

A = Luas penampang basah (m^2)

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan saluran

c. Tinggi Jagaan Saluran

Hal-hal yang sebaiknya dipertimbangkan dalam menentukan besarnya nilai tinggi jagaan antara lain tebalnya timbunan sedimen di dalam saluran, berkurangnya efisiensi hidrolis karena tumbuhnya tanaman, dan timbunan sampah dan kelebihan jumlah aliran selama terjadinya hujan. Sedangkan secara praktis besarnya tinggi jagaan yang diambil berdasarkan debit banjir, seperti dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 2.6. Tabel Hubungan Debit-Tinggi Jagaan

Debit Rencana (m^3/dtk)	Tinggi Jagaan (m)
$Q < 200$	0,60
$200 < Q < 500$	0,75
$500 < Q < 2000$	1,00
$2000 < Q < 5000$	1,25
$5000 < Q < 10000$	1,50
$Q > 10000$	2

2.4.3. Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda – benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Saat terjadi pasang maka air mencapai permukaan tertinggi (HWL = *High Water Level*) di pantai, sedangkan pada saat surut permukaan air akan menurun dan mencapai permukaan terendah (LWL = *Low Water Level*). Dengan adanya peristiwa pasang surut ini akan mempengaruhi tinggi permukaan air pada sungai atau saluran. Masuknya air laut di muara menuju hulu alur sungai sehingga mencapai jarak tertentu disebut dengan pengaruh *backwater*.

2.4.4. Penampang Memanjang Saluran dan Pengaruh *Backwater*

Pengaruh *backwater* yang disebabkan pasang surut air laut juga menjadi pertimbangan dalam perencanaan drainase. Dan karena kawasan pemukiman Bukit Golf Mediterania merupakan kawasan reklamasi pantai, maka perlu memperhatikan pengaruh *backwater* dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Energi spesifik } E = h + \frac{v^2}{2.g}$$

$$S_0.\Delta X + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = S_f.\Delta X + h_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$E_1 + S_0.\Delta X = E_2 + S_f.\Delta X$$

$$S_f = \frac{S_{f_1} + S_{f_2}}{2}$$

$$\Delta X = \frac{E_2 - E_1}{S_f - S_0}$$

Di mana :

X = Jarak titik saluran (m)

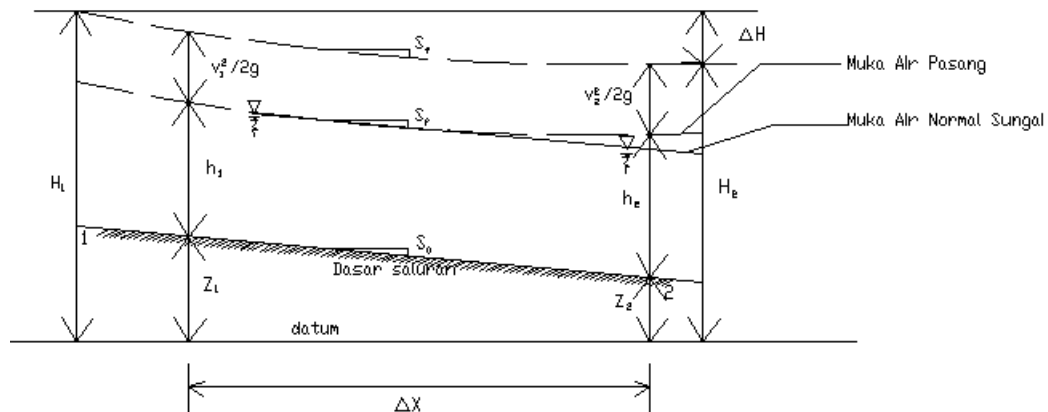
ΔX = Panjang saluran (m)

Z = Tinggi datum (m)

H = Tinggi muka air saluran (m)

H₁ dan H₂ = Energi Total yang diintegrasikan terhadap jarak (m)

- S_0 = Kemiringan saluran
 S_f = Kemiringan muka air
 $S_{f\text{rat}}$ = Kemiringan muka air rata-rata
 E = Energi spesifik



Gambar 2.14. Pengaruh Backwater

2.4.5. Kolam Retensi

Drainase sistem polder menggunakan pompa dengan kolam retensi, digunakan apabila debit banjir yang masuk lebih besar daripada kapasitas pompa banjir. Kolam retensi berfungsi untuk menampung kelebihan debit banjir dan mengendalikan muka air di dalam daerah tangkapan sistem polder pada saat terjadi banjir atau hujan lokal.

a) Perhitungan Volume Kolam Retensi

$$V_t = V_k + V_g + V_s$$

$$V_k = (B.L.H) + (0,5.B.L.s)$$

$$V_g = (10\% - 20\%)A.t$$

$$V_s = \text{Erosi}_{\text{aktif}} \times C_p$$

Di mana:

V_k = Volume kolam (m^3)

V_g = Volume genangan (m^3)

V_s = Volume sediment (m^3)

A = Daerah tangkapan (Ha)

C = Koefisien limpasan

C_s = Koefisien penyimpanan

t_c = Waktu konsentrasi (menit)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

v = Kecepatan aliran (m/detik)

L = Panjang kolam retensi (m)

B = Lebar kolam (m)

H = Kedalaman kolam (m)

t = Genangan yang diijinkan (m)

s = Kemiringan kolam

Untuk memperkirakan laju sedimentasi pada saluran drainase digunakan metode Wischmeier dan Smith. Metode ini akan menghasilkan perkiraan besarnya erosi gross. Untuk menetapkan besarnya sedimen yang sampai di lokasi kolam, erosi gross akan dikalikan dengan ratio pelepasan sedimen (*sediment delivery ratio*). Metode Wischmeier dan Smith atau yang lebih dikenal dengan metode USLE (*Universal Soil Losses Equation*) telah diteliti lebih lanjut jenis tanah dan kondisi di Indonesia oleh Balai Penelitian Tanah Bogor.

Menurut USLE sedimentasi dirumuskan sebagai berikut :

$$E_{\text{potensial}} = R \times K \times LS \times A$$

$$E_{\text{aktif}} = E_{\text{potensial}} \times C_p$$

Di mana :

$E_{\text{potensial}}$ = Erosi / jumlah tanah yang hilang maksimum (m^3/thn)

E_{aktif} = Erosi aktif yang terjadi (m^3/thn)

R = Erosivitas curah hujan

K = Faktor erodibilitas tanah

LS = Indeks faktor panjang dan kemiringan lereng

C_p = Indeks faktor pengelolaan tanaman

- Erosivitas Curah Hujan (R)

$$R = E \times I_{30} \times 10^{-2}$$

$$E = 14,374 \times P^{1,075}$$

$$I_{30} = \frac{P}{(77,178 + 1,01P)}$$

Di mana :

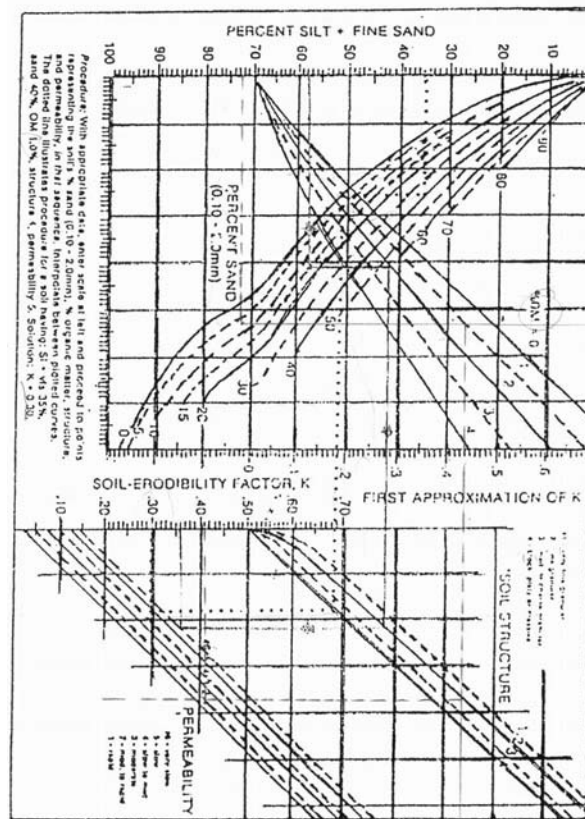
E = Energi kinetik hujan (ton m/ Ha cm)

I_{30} = Intensitas hujan maksimum selama 30 menit (mm)

P = Hujan rata – rata bulanan (mm)

- Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Nilai erodibilitas tanah (K) dapat dicari dengan menggunakan nomograf dibawah ini :



Gambar 2.15. Nomograf untuk Menentukan Nilai K

Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi nilai K adalah :

- Struktur dan Jenis tanah, seperti lempung, lanau, pasir, atau kerikil.
- Kandungan bahan organik.
- Permeabilitas tanah.

Tabel 2.7. Kandungan Bahan Organik

Klas	Penilaian	Prosentase
sangat rendah	0	<1
rendah	1	1 – 2
sedang	2	2,1 – 3
tinggi	3	3,1 – 5
sangat tinggi	4	> 5

Tabel 2.8. Permeabilitas Tanah

Klas Permeabilitas	Cm/jam	Nilai
cepat	35,4	1
sedang – cepat	12,7 – 25,4	2
sedang	6,3 – 12,7	3
sedang – lambat	2,0 – 6,3	4
lambat	0,5 – 2,3	5
sangat lambat	0,5	6

- Indeks Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

$$LS = L^{0.5} (0,00138.S^2 + 0,00965.S + 0,0138)$$

Di mana :

L = Panjang saluran (m)

S = Kemiringan rata – rata saluran (%)

- Indeks Faktor Pengelolaan Tanaman (C_p)

Tabel 2.9. Perkiraan Faktor C_p berbagai Jenis Penggunaan Lahan

Konservasi dan Pengelolaan Tanaman	Nilai C _p
hutan	0,5
semak	0,1
kebun	0,2
perkebunan	0,07

perumputan	0,01
tanaman pertanian	0,51
perladangan	0,28
pertanian dengan koservasi	0,14

2.4.6. Pompa

Dataran rendah di kanan kiri saluran, ada yang lebih rendah daripada muka air banjirnya dan dapat terendam apabila terjadi luapan banjir saluran tersebut. Air genangan pada dataran semacam ini akan meluas dan menggenang dalam waktu yang lama.

Untuk mencegah terjadinya genangan yang lama, maka pada dataran rendah tersebut diletakkan pompa air drainase. Pompa ini digunakan sebagai pengangkat air genangan pada dataran yang lebih rendah untuk dialirkan ke saluran-saluran drainase yang ada.

Terdapat berbagai jenis pompa, tergantung dari konstruksinya, kapasitas, dan spesifikasinya. Untuk pompa drainase umumnya digunakan jenis pompa turbin seperti pompa aliran (*axial flow*) atau pompa aliran semi axial a (*mix flow*) untuk tekanan tinggi.

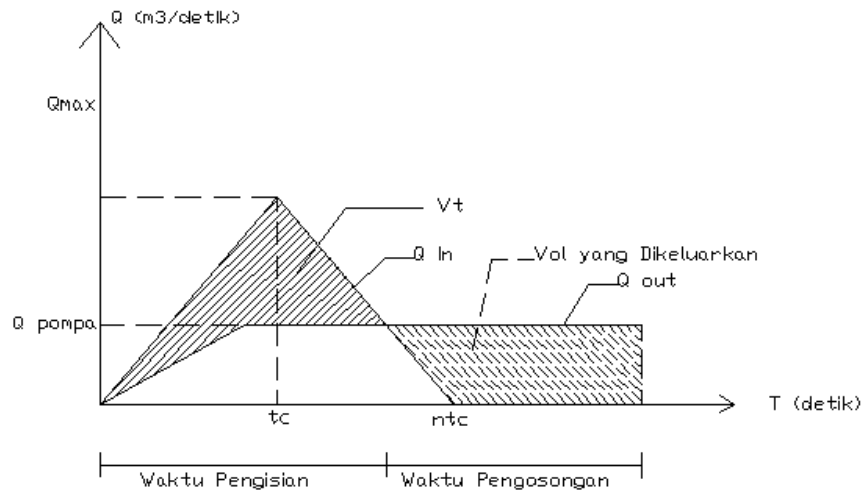
Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan pompa :

1. Debit air
2. Tinggi tekan
3. Sumber tenaga yang digunakan

- **Perhitungan Kapasitas Pompa**

Apabila drainase sistem polder menggunakan pompa dengan kolam retensi maka untuk menghitung kapasitas pompa dapat ditinjau dari dua kondisi.

– Kondisi 1



Gambar 2.16. Grafik Kapasitas Pompa & Volume Tampungan Kondisi 1

Rumus volume tampungan:

$$V_t = \frac{(Q_{\max} - Q_p)^2 \cdot n \cdot t_c}{2Q_{\max}} \quad (\text{m}^3)$$

Volume tampungan (V_t) = Volume yang dikeluarkan pompa.

Apabila volume tampungan ditentukan maka kapasitas pompa dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$Q_p = Q_{\max} - \left(\frac{2Q_{\max} \cdot V_t}{n \cdot t_c} \right)^{0.5} \quad (\text{m}^3/\text{detik})$$

Di mana:

V_t = Volume tampungan total (m^3)

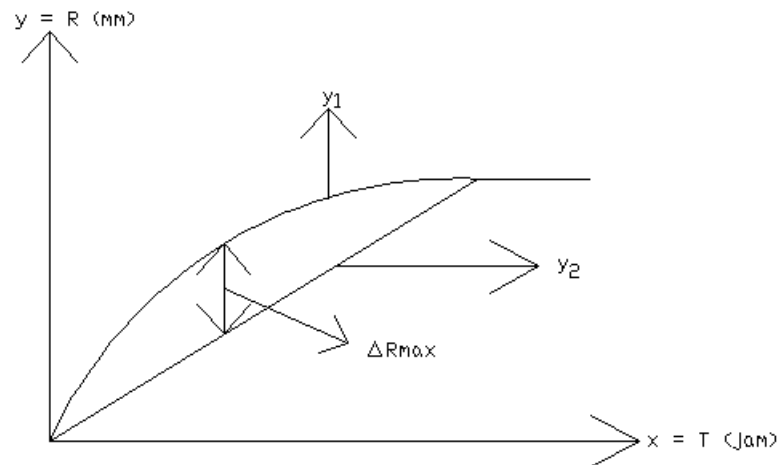
Q_p = Kapasitas pompa (m^3/detik)

Q_{\max} = Debit banjir maksimum (m^3/detik)

$n \cdot t_c$ = Lamanya terjadinya banjir (detik)

– Kondisi 2

Dihitung berdasarkan hujan kumulatif yang terjadi di daerah tangkapan sistem polder.



Gambar 2.17. Grafik Kapasitas Pompa & Volume Tampungan Kondisi 2

Di mana :

y_1 = Persamaan kurva masa hujan tergantung dari data hujan dan periode ulang

y_2 = Persamaan intensitas kapasitas pompa.

$$y_2 = I_p \cdot x$$

$$Q_p = 0,00278.C \cdot I_p.A$$

$$I_p = \frac{Q_p}{0,00278.C.A} \quad (\text{mm/jam})$$

Di mana :

Q_p = Kapasitas Pompa (m^3/detik)

C = *Run off coefficient*

I_p = Intensitas kapasitas pompa (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan (Ha)

Apabila kapasitas pompa telah ditentukan maka volume tampungan (V_t) dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$V_t = 10.C.\Delta R_{\max}.A \quad (\text{m}^3)$$

$$\Delta R_{\max} = y_1 - y_2 \quad (\text{mm})$$

Untuk mendapatkan nilai ΔR_{\max} ada 2 cara yaitu:

1. Dengan menggunakan persamaan diferensial

$$\frac{d(y_1 - y_2)}{dx} = 0 \quad \rightarrow \quad x = t \geq t_c \quad (\text{jam})$$

hf_6 = Kehilangan energi karena belokan

hf_7 = Kehilangan energi karena gesekan air dengan pipa

hf_8 = Kehilangan energi karena belokan

hf_9 = Kehilangan energi karena gesekan air dengan pipa

hf_{10} = Kehilangan energi karena pengeluaran air dari pipa

H_s = Kehilangan energi karena pemasukan

2.5. PERENCANAAN KONSTRUKSI

2.5.1. Sifat dan Daya Dukung Tanah

2.5.1.1. Tekanan Tanah dan Pengaruh Beban

Tanah mempunyai peranan penting dalam pekerjaan konstruksi. Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahkan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendung, ataupun sebagai sumber penyebab gaya luar bangunan.

Maksud penyelidikan dan penelitian tanah adalah untuk melakukan penyelidikan data investigasi pondasi rencana bangunan untuk dapat mempelajari susunan lapisan tanah yang ada, serta sifat-sifat yang berkaitan dengan bangunan yang akan dibangun. (Wesley,1994).

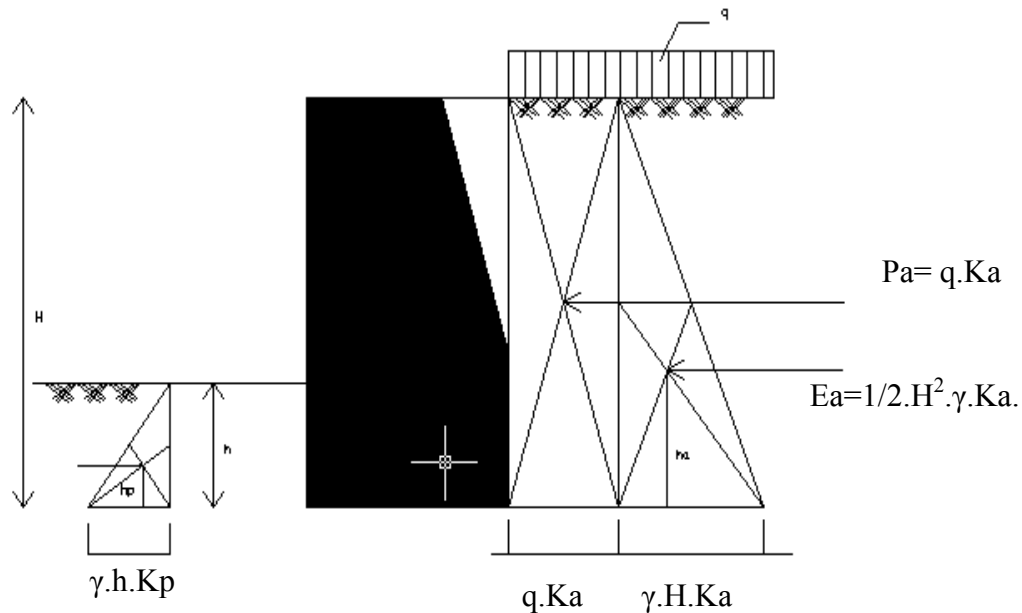
Gaya horizontal akibat dari susunan lapisan tanah akan menyebabkan keruntuhan. Keruntuhan ini merupakan tekanan tanah aktif dan nilai banding tekanan horizontal dan vertikal yang disebut dengan koefisien tekanan aktif atau K_a .

$$K_a = \text{Tg}^2 (45^\circ - \phi / 2)$$

Bila tanah ditekan dalam arah horizontal, elemen tanah di bagian manapun akan sama kondisinya seperti keadaan benda uji dalam alat triaksial yang dibebani sampai runtuh melalui penambahan tekanan sel sedangkan tekanan aksial tetap. Nilai banding tekanan horizontal dan vertikal pada kondisi ini merupakan koefisien tekanan pasif atau K_p (Hardiyatmo,1994).

$$K_p = \text{Tg}^2 (45^\circ + \phi / 2)$$

Pengaruh beban di atas tanah urugan dan sifat tekan tanah yang berpengaruh terhadap kestabilan konstruksi dapat dijelaskan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.19. Pengaruh Beban Pada Konstruksi

Di mana :

- q = Beban merata (ton/m).
- E_a = Tekanan tanah aktif (ton/m²)
- E_p = Tekanan tanah pasif (ton/m²)
- H = Tinggi dinding penahan tanah aktif (m)
- h = Tinggi dinding penahan tanah pasif (m)
- γ = Berat volume tanah (ton/m³)
- ϕ = Sudut geser tanah
- $E_p = \frac{1}{2}.h^2.\gamma$

2.5.1.2. Daya Dukung Tanah

Analisis daya dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi yang bekerja di atasnya. Perancangan yang seksama diperlukan agar beban pondasi tidak mengakibatkan timbulnya tekanan yang berlebihan pada tanah di bawahnya karena tekanan yang berlebihan dapat mengakibatkan penurunan yang besar bahkan keruntuhan. Persamaan umum daya dukung tanah adalah :

$$q_u = c.N_c + D_f . \gamma . N_q + 0,5 . \gamma . B . N_\gamma$$

Di mana :

q_u = Daya dukung tanah ultimate

c = Kohesi

D_f = Kedalaman pondasi

γ = Berat Volume Tanah

N_γ, N_c, N_q = Faktor daya dukung tanah (Lampiran tabel Terzaghi).

2.5.2. Bangunan Pintu Air

Pintu air berfungsi untuk membatasi masuknya air pasang dari hilir sungai yang melewati kapasitas saluran. Dan pintu klep ini dibuka apabila muka air hilir sudah berada di bawah ambang kapasitas sehingga air dapat mengalir kembali.

Sebaiknya dalam penggunaan pintu air pasang ini, dipilih pintu air otomatis baik yang bekerja secara mekanis maupun elektris. Penggunaan pintu otomatis ini tidak memerlukan operator yang seringkali melakukan keteledoran dalam tugasnya sehingga datangnya banjir terlambat diantisipasi.

Sedangkan rumus yang digunakan untuk mendimensi pintu klep itu sendiri adalah sebagai berikut :

$$Q = \mu(H_w - \Delta H / 3) * B\sqrt{2g\Delta H}$$

Di mana :

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

μ = Koefisien pengaliran

H_w = Tinggi air laut pasang (m)

ΔH = Perbedaan tinggi muka air hulu dan hilir (m)

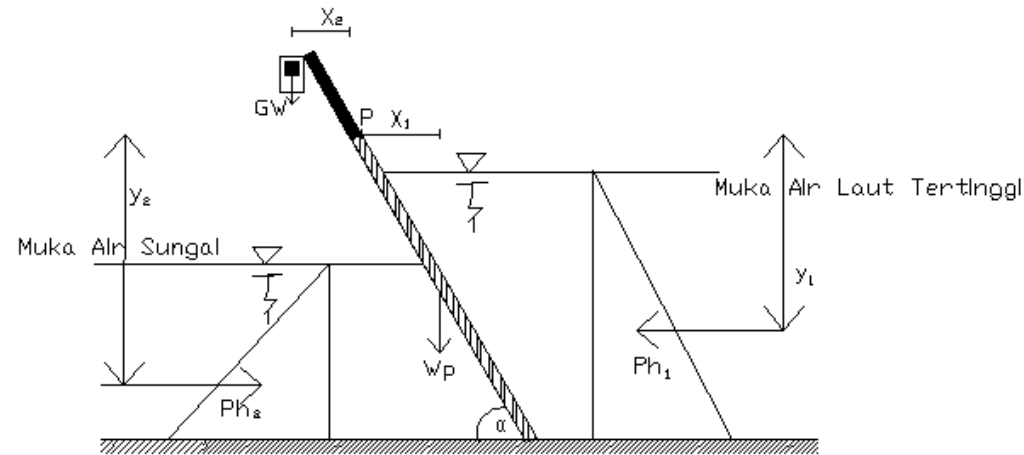
B = Lebar pintu total (m)

Pintu air menggunakan prinsip hidrostatis, dimana suatu benda yang berada dalam zat cair diam akan mengalami gaya – gaya yang ditimbulkan oleh tekanan zat cair. Tekanan tersebut tegak lurus dengan permukaan benda dan tekanan yang bekerja pada suatu titik adalah sama dalam segala arah.

Perencanaan pintu air dapat dilihat dari dua kondisi, yaitu saat kondisi pintu tertutup dan saat kondisi pintu terbuka. Kondisi pintu air tersebut tergantung dari kondisi muka air di hilir atau laut. Adapun kondisi tersebut sebagai berikut.

– Kondisi I

Kondisi pada saat pintu air tertutup, yaitu saat muka air di hilir mencapai ketinggian tertinggi atau muka air laut tertinggi (HWL = *High Water Level*).



Gambar 2.20. Kondisi Pintu Tertutup

Gaya tekanan pada pintu akibat air ditinjau dari saat muka air laut pasang sehingga pintu menutup. Gaya pintu dicari dengan menggunakan syarat kesetimbangan pada pintu dengan persamaan sebagai berikut

$$Ph_2 \cdot Y_2 < Wp \cdot X_1 + Ph_1 \cdot Y_1$$

Di mana :

Ph_1 = Gaya tekanan hidrostatis pada hilir (ton)

Ph_2 = Gaya tekanan hidrostatis pada hulu (ton)

Wp = Berat pintu (ton)

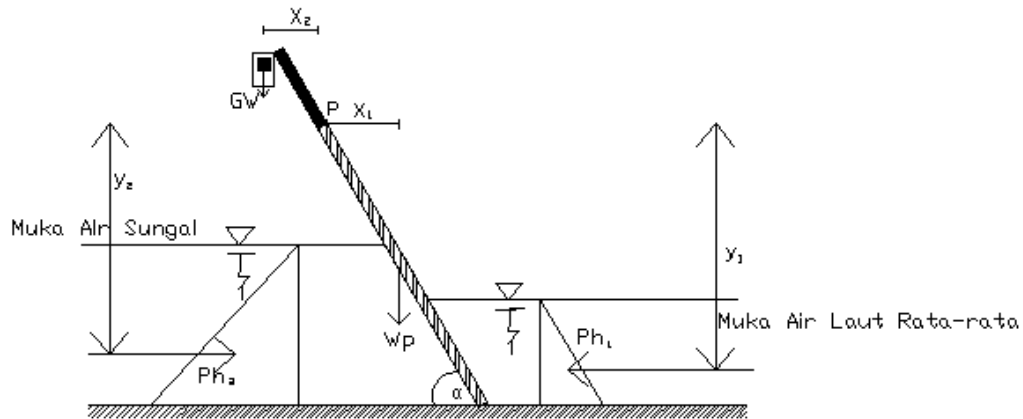
Y_1 = Jarak lengan gaya hidrostatis hilir ke engsel pintu (m)

Y_2 = Jarak lengan gaya hidrostatis hulu ke engsel pintu (m)

X_1 = Jarak lengan berat pintu ke engsel pintu (m)

– Kondisi II

Kondisi pada saat pintu air tertutup, yaitu saat muka air di hilir mencapai ketinggian rata – rata atau muka air laut rata – rata (MSL = *Mean Sea Level*).



Gambar 2.21. Kondisi Pintu Terbuka

Gaya tekanan pada pintu akibat air ditinjau dari saat muka air laut normal ataupun surut sehingga pintu membuka. Gaya pintu dicari dengan menggunakan syarat kesetimbangan pada pintu dengan persamaan sebagai berikut

$$Ph_2.Y_2 > Wp.X_1 + Ph_1.Y_1$$

Jika tidak memenuhi syarat maka pada pintu diberi *counter weight* sehingga persamaan diatas berubah menjadi :

$$Ph_2.Y_2 + Gw.X_2 > Wp.X_1 + Ph_1.Y_1$$

Di mana :

Ph_1 = Gaya tekanan hidrostatis pada hilir (ton)

Ph_2 = Gaya tekanan hidrostatis pada hulu (ton)

Wp = Berat pintu (ton)

Y_1 = Jarak lengan gaya hidrostatis hilir ke engsel pintu (m)

Y_2 = Jarak lengan gaya hidrostatis hulu ke engsel pintu (m)

X_1 = Jarak lengan berat pintu ke engsel pintu (m)