

# Bab 2

## Aspek Hidrologi

### **2.1. KARAKTERISTIK HUJAN**

---

#### **2.1.1. DURASI**

Durasi hujan adalah lama kejadian hujan (menitan, jam-jaman, harian) diperoleh terutama dari hasil pencatatan alat pengukur hujan otomatis. Dalam perencanaan drainase durasi hujan ini sering dikaitkan dengan waktu konsentrasi, khususnya pada drainase perkotaan diperlukan durasi yang relatif pendek, mengingat akan toleransi terhadap lamanya genangan.

#### **2.1.2. INTENSITAS**

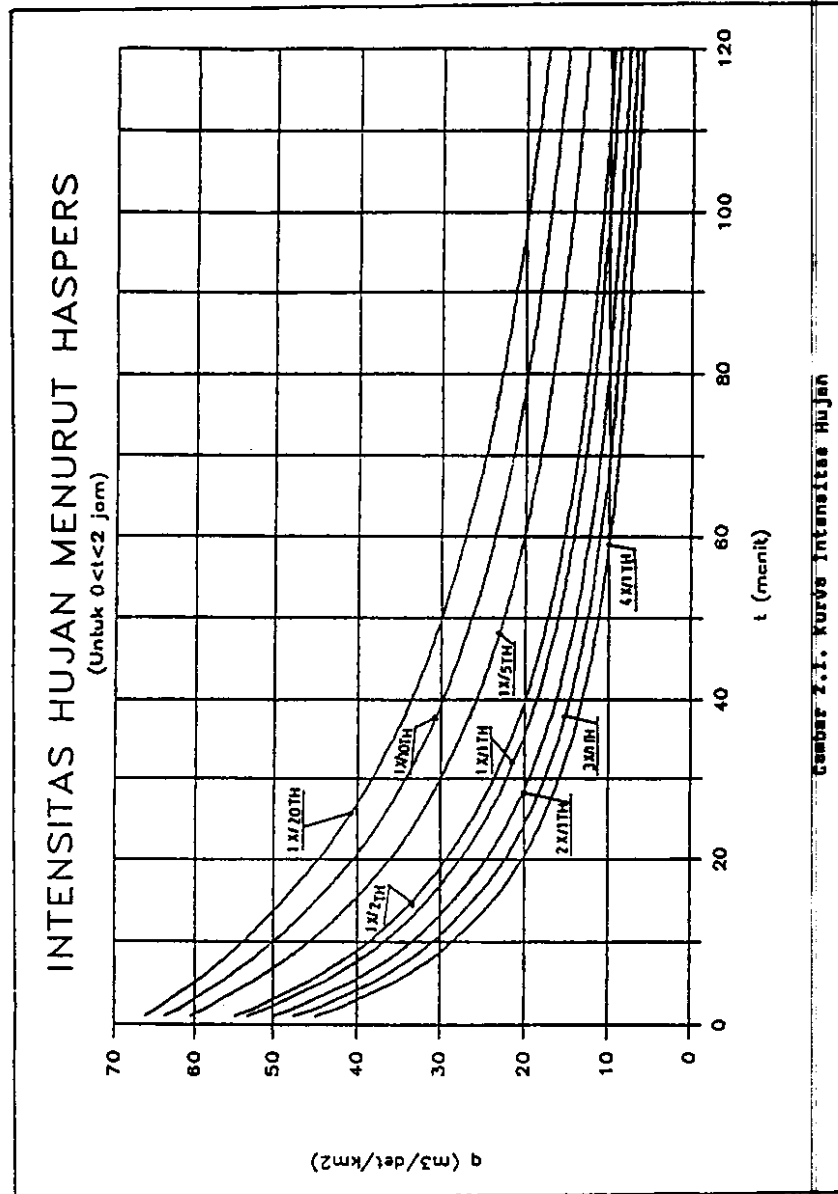
Intensitas adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun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

#### **2.1.3. LENGKUNG INTENSITAS**

Lengkung intensitas hujan adalah grafik yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dengan durasi hujan, hubungan

tersebut dinyatakan dalam bentuk lengkung intensitas hujan dengan kala ulang hujan tertentu.

Pada gambar 2.1. merupakan salah satu contoh lengkung intensitas hujan untuk beberapa macam kala ulang hujan menurut Haspers.



Gambar 2.1. Kurve Intensitas Hujan

Gambar 2.1. Kurve Intensitas Hujan

#### 2.1.4. WAKTU KONSENTRASI ( T )

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran.

Pada prinsipnya waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi :

- a. Inlet time ( $t_o$ ), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.
- b. Conduit time ( $t_d$ ), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan dibagian hilir.

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$t_c = t_o + t_d$$

Lama waktu mengalir di dalam saluran ( $t_d$ ) ditentukan dengan rumus sesuai dengan kondisi salurannya. Untuk saluran alami, sifat-sifat hidroliknya sukar ditentukan, maka  $t_d$  dapat ditentukan dengan menggunakan perkiraan kecepatan air seperti pada tabel 2.1.

Pada saluran buatan nilai kecepatan aliran dapat dimodifikasi berdasarkan nilai kekasaran dinding saluran menurut Manning, Chezy atau yang lainnya.

Tabel 2.1. Tabel Kecepatan untuk Saluran Alami

Kemiringan rata-rata dasar saluran (%)	Kecepatan rata-rata (meter / dt)
Kurang dari 1	0,40
1 - 2	0,60
2 - 4	0,90
4 - 6	1,20
6 - 10	1,50
10 - 15	2,40

Waktu konsentrasi besarnya sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini :

- a. Luas daerah pengaliran
- b. Panjang saluran drainase
- c. Kemiringan dasar saluran
- d. Debit dan kecepatan aliran

Dalam perencanaan drainase waktu konsentrasi sering dikaitkan dengan durasi hujan, karena air yang melimpas mengalir di permukaan tanah dan selokan drainase sebagai akibat adanya hujan selama waktu konsentrasi.

## **2.2. DATA HUJAN**

---

### **2.2.1. PENGUKURAN**

Hujan merupakan komponen yang amat penting dalam analisis hidrologi pada perancangan debit untuk menentukan dimensi saluran drainase.

Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama satu hari. Untuk berbagai kepentingan perancangan drainase tertentu data hujan yang diperlukan tidak hanya data hujan harian, akan tetapi juga distribusi jam-jaman atau menitan. Hal ini akan membawa konsekwensi dalam pemilihan data, dan dianjurkan untuk menggunakan data hujan hasil pengukuran dengan alat ukur otomatis.

### **2.2.2. ALAT UKUR**

Dalam praktek pengukuran hujan terdapat dua jenis alat ukur hujan, yaitu :

**a. Alat ukur hujan biasa ( *Manual Raingauge* )**

Data yang diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan alat ini, berupa data hasil pencatatan oleh petugas pada setiap periode tertentu. Alat Pengukur hujan ini berupa suatu corong dan sebuah gelas ukur, yang masing-masing berfungsi untuk menampung jumlah air hujan dalam satu hari (hujan harian).

**b. Alat ukur hujan otomatis ( *Automatic Raingauge* )**

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan alat ini, berupa data pencatatan secara menerus pada kertas pencatat yang dipasang pada alat ukur. Berdasarkan data ini akan dapat dilakukan analisis untuk memperoleh besaran intensitas hujan.

Tipe alat ukur hujan otomatis ada tiga yaitu :

- Weighting Bucket Raingauge
- Float Type Raingauge
- Tipping Bucket Raingauge

### **2.2.3. KONDISI DAN SIFAT DATA**

Data hujan yang baik diperlukan dalam melakukan analisis hidrologi, sedangkan untuk mendapatkan data yang berkualitas biasanya tidak mudah. Data hujan hasil pencatatan yang tersedia biasanya dalam kondisi tidak menerus. Apabila terputusnya rangkaian data hanya beberapa saat kemungkinan tidak menimbulkan masalah, tetapi untuk kurun waktu yang lama tentu akan menimbulkan masalah di dalam melakukan analisis.

Menghadapi kondisi data seperti ini langkah yang dapat ditempuh adalah dengan melihat akan kepentingan dari sasaran yang dituju, apakah data kosong tersebut perlu diisi kembali.

Kwalitas data yang tersedia akan ditentukan oleh alat ukur dan manajemen pengelolaannya.

## 2.3. PENGOLAHAN DATA

### 2.3.1. HUJAN RERATA DAERAH ALIRAN

Hujan rata-rata untuk suatu daerah dapat dihitung dengan :

#### a. Cara rata-rata aljabar

Cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

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

dimana :

R = curah hujan daerah  
n = jumlah titik atau pos pengamatan

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, ..... R<sub>n</sub> = curah hujan di tiap titik pengamatan.

#### b. Cara Thiessen

Jika titik-titik di daerah pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.

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

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

$$\bar{R} = W_1 \cdot R_1 + W_2 \cdot R_2 + \dots + W_n \cdot R_n$$

dimana :

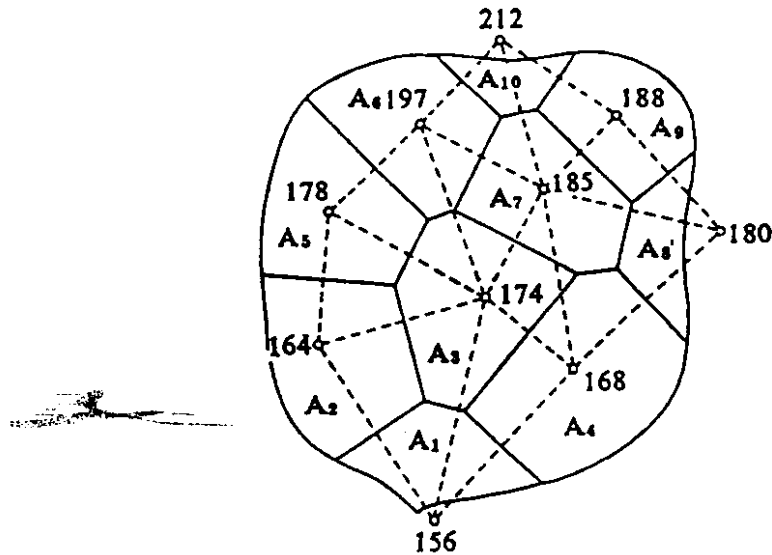
$\bar{R}$  = curah hujan daerah  
R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>n</sub> = curah hujan di tiap titik pengamatan  
A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..... A<sub>n</sub> = bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan.

$$W_1, W_2, \dots, W_n = \frac{A_1}{A} \frac{A_2}{A} \dots \frac{A_n}{A}$$

Bagian-bagian daerah  $A_1, A_2, \dots, A_n$  ditentukan dengan cara sebagai berikut :

- Cantumkan titik-titik pengamatan di dalam dan disekitar daerah itu pada peta topografi, kemudian dihubungkan tiap titik yang berdekatan dengan sebuah garis lurus. Dengan demikian akan terlukis jaringan segitiga yang menutupi seluruh daerah.
- Daerah yang bersangkutan itu dibagi dalam poligon-poligon yang didapat dengan menggambar garis bagi tegak lurus pada setiap sisi segitiga tersebut di atas. Curah hujan dalam setiap poligon dianggap diwakili oleh curah hujan dari titik pengamatan dalam tiap poligon itu. Luas tiap poligon diukur dengan planimeter atau dengan cara lain.

Cara Thiessen ini memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara aljabar. Akan tetapi penentuan titik pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil yang didapat. Kerugian yang lain umpamanya untuk penentuan kembali jaringan segitiga jika terdapat kekurangan pengamatan pada salah satu titik pengamatan.



**Gambar 2.2. Poligon Thiessen**

c. Cara Isohyet

Peta isohyet digambar pada peta topografi dengan perbedaan 10 mm sampai 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan di dalam dan sekitar daerah yang dimaksud.

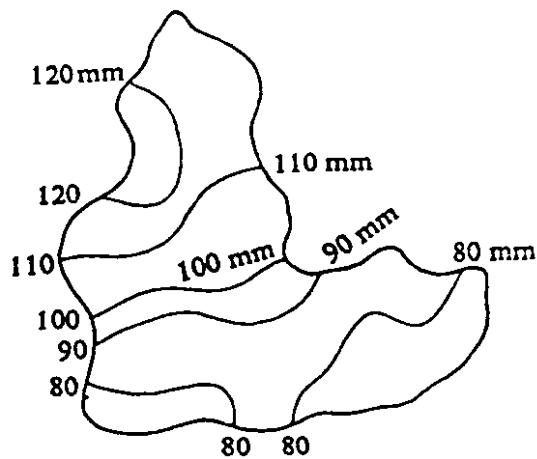
Luas bagian daerah antara 2 garis isohyet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian pula harga rata-rata dari garis-garis isohyet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian itu dapat dihitung. Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

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

dimana :

- $\bar{R}$  = Curah hujan daerah
- $R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan rata-rata pada bagian-bagian  $A_1, A_2, \dots, A_n$
- $A_1, A_2, \dots, A_n$  = luas bagian-bagian antara garis isohyet.

Cara ini adalah cara rasional yang terbaik jika garis-garis isohyet dapat digambar dengan teliti. Akan tetapi jika titik-titik pengamatan itu banyak dan variasi curah hujan di daerah bersangkutan besar, maka pada pembuatan peta isohyet ini akan terdapat kesalahan pribadi si pembuat data.



Gambar 2.3. Isohyet



### 2.3.2. MELENGKAPI DATA

Hasil pengukuran hujan yang diterima oleh pusat Meteorologi dan Geofisika dari tempat-tempat pengamatan hujan kadang-kadang ada yang tak lengkap, sehingga di dalam daftar hujan yang disusun ada data hujan yang hilang. Tidak tercatatnya data hujan oleh petugas ditempat pengamatan mungkin karena alat penakarnya rusak atau kelupaan petugas untuk mencatat atau sebab lain. Untuk melengkapi data yang hilang itu kita tidak dapat mengadakan perkiraan. Sebagai dasar untuk perkiraan ini digunakan data hujan dari tiga tempat pengamatan yang berdekatan dan mengelilingi tempat pengamatan yang datanya tidak lengkap. Kalau titik-titik itu tadi selisih antara hujan-hujan tahunan normal dari tempat pengamatan yang datanya tak lengkap itu kurang dari 10 % maka perkiraan data yang hilang boleh diambil harga rata-rata hitung dari data-data tempat-tempat pengamatan yang mengelilinginya. Kalau selisih itu melebihi 10 % diambil cara menurut perbandingan biasa yaitu :

$$r = 1/3 \left\{ \frac{R}{R_A} r_A + \frac{R}{R_B} r_B + \frac{R}{R_C} r_C \right\}$$

dimana :

R = Curah hujan rata-rata setahun di tempat pengamatan R datanya harus lengkap.

$r_A, r_B, r_C$  = curah hujan ditempat pengamatan RA, RB, RC

$R_A, R_B, R_C$  = curah hujan rata-rata setahun di A,B dan C

### 2.3.3. KALA ULANG HUJAN

Suatu data hujan adalah ( $x$ ) akan mencapai suatu harga tertentu/ disamai ( $x_1$ ) atau kurang dari ( $x_1$ ) atau lebih/dilampaui dari ( $x_1$ ) dan diperkirakan terjadi sekali dalam kurun waktu T tahun, maka T tahun ini dianggap sebagai periode ulang dari ( $x_1$ ).

Contoh :  $R_{2th} = 115$  mm.

Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkap hujan yang akan dikeringkan.

Menurut pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan :

- saluran kwarter : periode ulang 1 tahun
- saluran tersier : periode ulang 2 tahun
- saluran sekunder : periode ulang 5 tahun
- saluran primer : periode ulang 10 tahun

Penentuan periode ulang juga didasarkan pada pertimbangan ekonomis. Berdasarkan prinsip dalam penyelesaian masalah drainasi perkotaan dari aspek hidrologi, sebelum dilakukan analisis frekwensi untuk mendapatkan besaran hujan dengan kala ulang tertentu harus dipersiapkan rangkaian data hujan berdasarkan pada durasi harian, jam-jaman atau menitan.

Analisis frekwensi terhadap data hujan yang tersedia dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain Gumbell, Log Normal, Log Person III dan sebagainya.

#### **2.3.4. ANALISIS INTENSITAS HUJAN**

Data curah hujan dalam suatu waktu tertentu (beberapa menit) yang tercatat pada alat otomatis dapat dirubah menjadi intensitas curah hujan per jam.

Umpamanya untuk merubah hujan 5 menit menjadi intensitas curah hujan per jam, maka curah hujan ini harus dikalikan dengan 60/5. Demikian pula untuk hujan 10 menit dikalikan dengan 60/10.

Menurut Dr. Mononobe intensitas hujan ( I ) di dalam rumus rasional dapat dihitung dengan rumus :

$$I = \frac{R}{24} \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \text{ mm/jam}$$

dimana :

- R = Curah hujan rancangan setempat dalam mm
- $t_c$  = Lama waktu konsentrasi dalam jam
- I = Intensitas hujan dalam mm/jam

## **2.4. DEBIT RANCANGAN DENGAN METODE RASIONAL**

Asumsi dasar yang ada selama ini adalah bahwa kala ulang debit ekuivalen dengan kala ulang hujan. Debit rencana untuk daerah perkotaan umumnya dihendaki pembuangan air yang secepatnya, agar jangan ada genangan air yang berarti. Untuk memenuhi tujuan ini saluran-saluran harus dibuat cukup sesuai dengan debit rancangan.

Faktor-faktor yang menentukan sampai berapa tinggi genangan air yang diperbolehkan agar tidak menimbulkan kerugian yang berarti, adalah :

1. berapa luas daerah yang akan tergenang (sampai batas tinggi yang diperbolehkan)
2. berapa lama waktu penggenangan itu.

Suatu daerah perkotaan umumnya merupakan bagian dari suatu daerah aliran yang lebih luas, dan di daerah aliran ini sudah ada sisten drainase alami. Perencanaan dan pengembangan sistem bagi suatu daerah perkotaan yang baru harus diselaraskan dengan sistem drainase alami yang sudah ada, agar keadaan aslinya dapat dipertahankan sejauh mungkin.

Besarnya debit rencana dihitung dengan memakai metode Rasional kalau daerah alirannya kurang dari 80 Ha. Untuk daerah aliran yang lebih luas sampai dengan 5000 Ha dapat digunakan metode rasional yang diubah. Untuk luas daerah yang lebih dari 5000 ha digunakan hidrograf satuan atau metode rational yang diubah.

Rumus metode rasional :

$$Q = a \cdot \beta \cdot I \cdot A$$

dimana :

- Q : Debit rencana dengan masa ulang T tahun dalam  $m^3 / dt$
- a : Koefisien pengaliran
- $\beta$  : Koefisien penyebaran hujan
- I : Intensitas selama waktu konsentrasi dalam mm/jam
- A : Luas daerah aliran dalam Ha

### **Koefisien Pengaliran ( a )**

Koefisien pengaliran merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Besaran ini

dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan di kemudian hari.

Besarnya koefisien pengaliran dapat diambil sebagai berikut :

Perumahan tidak begitu rapat .....	20 rumah/Ha	0,25 - 0,40
Perumahan kerapatan sedang .....	20-60 rumah/ha	0,40 - 0,70
Perumahan rapat .....	60-160 rumah/Ha	0,70 - 0,80
Taman dan daerah rekreasi .....		0,20 - 0,30
Daerah industri .....		0,80 - 0,90
Daerah perniagaan .....		0,90 - 0,95

### Koefisien penyebaran hujan ( $\beta$ )

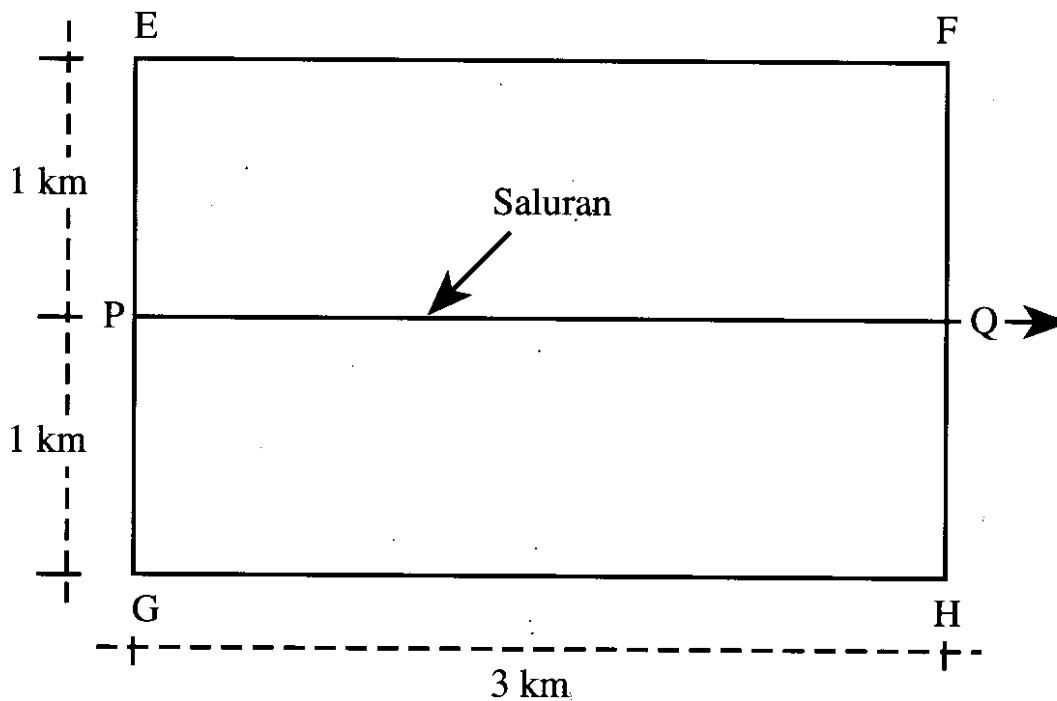
Koefisien penyebaran hujan ( $\beta$ ) merupakan nilai yang digunakan untuk mengoreksi pengaruh penyebaran hujan yang tidak merata pada suatu daerah pengaliran. Nilai besaran ini tergantung dari kondisi dan luas daerah pengaliran. Untuk daerah yang relatif kecil biasanya kejadian hujan diasumsikan merata. Sehingga nilai koefisien penyebaran hujan  $\beta = 1$

*Tabel 2.2. Koefisien Penyebaran Hujan*

Luas Daerah Pengaliran (km <sup>2</sup> )	Koefisien Penyebaran Hujan ( $\beta$ )
0 - 4	1
5	0,995
10	0,980
15	0,955
20	0,920
25	0,875
30	0,820
50	0,500

## SOAL LATIHAN

1. Bagaimana prosedur pendekatan untuk penyelesaian problem drainase suatu daerah perkotaan ditinjau dari aspek hidrologi.
2. Berikan ulasan dan contoh perhitungan untuk menentukan besaran intensitas hujan pada suatu daerah aliran apabila diketahui data hujan harian dengan kala ulang 2 tahun  $R = 42 \text{ mm}$ , waktu konsentrasi pada daerah aliran tersebut  $T_c = 1,2 \text{ jam}$ .
3. Suatu daerah pusat perniagaan dengan suatu bentuk titik Q sebagai titik ..... kontrol keluaran. Saluran drainase berada di tengah-tengah areal dengan kemiringan saluran sebesar 4%, kecepatan aliran di atas permukaan tanah diperkirakan sebesar  $0.15 \text{ m/dt}$ . Jika terjadi hujan merata pada daerah aliran tersebut dengan intensitas sebesar  $10 \text{ mm/jam}$ , tentukan besarnya debit maksimum untuk merancang dimensi saluran drainasinya.



## **PENYELESAIAN**

1. Prosedur pendekatan untuk penyelesaian problem drainase suatu daerah perkotaan ditinjau dari aspek hidrologi dilakukan tahapan berikut ini :
  - a. Memahami sasaran yang hendak dicapai meliputi toleransi tentang :
    - tinggi genangan
    - luas genangan
    - lama berlangsungnya genangan
  - b. Inventarisasi data untuk memahami kondisi fisik dan lingkungan dari daerah tinjauan meliputi data :
    - topografi
    - tataguna lahan pada saat ini dan kemungkinan per-kembangannya di masa yang akan datang.
    - sistem drainase yang sudah ada.
  - c. Rencanakan alternatif penyelesaian khususnya pada aspek hidrologi meliputi :
    - penentuan durasi hujan
    - penentuan kala hujan ulang
    - penentuan debit rancangan
2. a. langkah-langkah untuk menetapkan besaran intensitas hujan :
  - Menentukan besaran hujan rancangan dengan kala ulang sesuai dengan debit rancangan yang dikehendaki.
  - Menganalisis besaran hujan rancangan dengan kala ulang tertentu menjadi bentuk intensitas hujan.
- b. Contoh hitungan :

**Rumus Mononobe :**

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

$$R = 42 \text{ mm}$$

$$t_c = 1,2 \text{ Jam}$$

$$I = \frac{42}{24} \left[ \frac{24}{1.2} \right]^{2/3}$$

$$= 12.894 \text{ mm/jam}$$

3. a. Asumsi arah aliran : E/G -----> P -----> Q

Koefisien daerah pengaliran untuk daerah perniagaan pada tabel  
 $\alpha = 0.9$

Luas daerah pengaliran :

$$A = 2 \times 3 = 6 \text{ km}^2$$

menurut tabel koefisien penyebaran hujan  $\beta = 0.992$

Waktu Konsentrasi :  $t_c = t_o + t_d$

$t_o$  : kecepatan di atas tanah  $V_o = 0.15 \text{ m/dt}$

$$\begin{aligned} EP = 1000 \text{ m} &\longrightarrow t_o = EP / V_o \\ &= 1000 / 0.15 \\ &= 6666.67 \text{ det} \end{aligned}$$

$t_d$  : Kemiringan saluran 4 %, menurut tabel :

$$\begin{aligned} V_d &= 0.9 \text{ m/dt} \\ PQ = 3000 \text{ m} &\longrightarrow t_d = PQ / V_o \\ &= 3000 / 0.9 \\ &= 3333.33 \text{ det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu konsentrasi : } t_c &= 6666.67 + 3333.33 = 10000 \text{ det} \\ &= 166.67 \text{ menit} \end{aligned}$$

Debit aliran maksimum menurut metode rasional terjadi apabila lama hujan yang terjadi lebih besar atau sama dengan waktu konsentrasi, artinya akumulasi air hujan seluruh daerah pengaliran secara bersama-sama melewati titik kontrol.

$$\begin{aligned} Q &= \alpha \times \beta \times I \times A \\ &= 0.9 \times 0.992 \times 10 / 1000 / 3600 \times 6 \times 1000000 \\ &= 14.88 \text{ m}^3 / \text{dt.} \end{aligned}$$