

# **BAHAN AJAR**

# **SISTEM DRAINASE PERKOTAAN**



Oleh :

**Ir. Setiyadi, MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
JAKARTA 2021**

# DAFTAR ISI

## **BAB I : PENDAHULUAN. TUJUAN DAN MACAM DRAINASE**

1. Apa itu Drainase .....	I - 1
2. Sejarah / Kronologis.....	I - 1
3. Tujuan Drainase.....	I - 2
4. Macam – macam dan Jenis- Jenis Drainase...	I – 7
1. Menurut Sejarah Terbentuknya.....	I-7
2. Menurut Jenis Bangunan.....	I-7
3. Menurut Fungsi.....	I-11
4. Menurut Letak Bangunan.....	I-11
5. Menurut Pola Jaringan.....	I-12
5. Contoh Soal Penyelesaian Bab I.....	I-14

## **BAB II : DATA CURAH HUJAN UNTUK ANALISA HIDROLOGI**

1. Pendahuluan.....	II - 1
2. Analisa data curah hujan.....	II - 2
3. Return Period.....	II - 3
4. Design Rainfall intensity.....	II – 3
5. Duration Rainfall.....	II - 5
6. Intensity Duration Curve (IDC).....	II – 7
7. Latihan Penyelesaian Soal Bab II.....	II – 10

### **BAB III : PERHITUNGAN ALIRAN AIR HUJAN**

1. Perumusan Rational.....	III - 1
2. Run off Coeficient (C).....	III - 2
3. Analisa Intensitas curah hujan.....	III - 4
4. Time Of Concentration .....	III – 6
5. Catchment Area .....	III – 8
6. Contoh Soal Penyelesaian Bab III.....	III - 9

### **BAB IV : ASPEK HIDROLIKA PADA DRAINASE**

1. Umum.....	IV - 1
2. Aliran air pada saluran terbuka.....	IV - 3
3. Sifat – sifat aliran.....	IV - 6
4. Diagram Aliran Saluran terbuka.....	IV – 13

### **BAB V : PERANCANGAN SALURAN DRAINASE**

1. Data Perancangan.....	V - 1
2. Bentuk – bentuk Penampang Efektif Saluran Drainase.....	V - 7
3. Contoh Perancangan Saluran Drainase.....	V – 8
3.1. Analisa Data Hidrologi.....	V – 13
3.2. Analisis Debit Banjir Rencana Q .....	V – 15
3.3. Analisis Hidrolika .....	V – 19
4. Contoh – Contoh Soal Drainase .....	V – 21

**BAB VI : SISTEM RESAPAN PADA HIGH RISK  
BUILDING & PENGERTIAN ROW (DMJ) DAN GSB**

**LAMPIRAN.....**

**DAFTAR PUSTAKA.....**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1. DRAINASE PERKOTAAN.**

**DRAINASE** : dari kata “to drain” arti : mengeringkan atau mengalirkan air.

- Suatu terminologi yang digunakan untuk menyatakan sistem-sistem yang berkaitan dengan masalah KELEBIHAN AIR, baik diatas maupun dibawah permukaan tanah.
- Tidak terbatas pada teknik pembuangan air yang berlebih, ttp juga keterkaitan dengan aspek kehidupan dalam kawasan perkotaan.

Ada empat jenis system drainase yang kita kenal, yaitu :

- Urban Storm Drainage ( Drainase hujan perkotaan).
- Waste Water Drainage ( Drainase Air Limbah).
- Land Drainage ( Drainase Lahan)
- Highway Drainage ( Drainase Jalan Raya ).

Drainase Perkotaan dapat mencakup ke empat macam drainase tersebut.

#### **2. SEJARAH / KRONOLOGIS**

- 3000 Sebelum Masehi :  
Sistim irigasi di Mesopotamia dan mesir. Tenaga angin pada perahu layar
- 400 Sebelum Masehi :  
Aristotle, Konsep Mek. Fluida Penggerakan benda pada media tipis.  
Dibangunnya The Roma Aquaduct
- 300 Sebelum Masehi :  
Archimedes, Benda apung
- 1452-1519 (Abad 15) Sesudah Masehi :

Leonardo da Vinci, Fenomena-fenomena aliran.

- Abad 16 :

Hidrolik, Italia. (Torricelli)

- 1564-1642 : Galileo Galilei

Memberi kontribusi yang cukup banyak tentang ilmu MEKANIKA

- 1577-1644 Abad 16-17) :

Italian School Of Hydrolic Gasteli

- 1608-1647 : Torricelli

- 1655-1710 : Guglielmini

PERSAMAAN KONTINUITAS STEADY FLOW (Aliran Mantap)

- 1642-1727 : Newton

Tahanan Fluida, Gradient Velocity.

- Abad 18 : Hydrodynamik, aliran Pipa ( Bernaoulli, Euler,dll )

Pengukuran Fluida : Pitot, Borda, Chezy

Turbulensi : Osborn, Reynold.

- Abad 19 : Teori Lapisan Batas dari Prantl.

Aerodinamika

Persamaan Matematis Aliran Fluida NAVIER STOKE

### 3. TUJUAN DAN MACAM DRAINASE

Tujuan Umum.

Pembaca memahami tujuan dan macam-macam Drainase.

Tujuan Khusus.

1. Mengetahui dengan jelas tujuan Drainase.
2. Mengetahui dengan jelas macam-macam Drainase.

#### 1.1. TUJUAN DRAINASE.

Suatu bangunan konstruksi agar bisa mencapai umur rencananya, perlu dukungan suatu sarana yang dapat mendukung tercapainya tujuan tersebut, disamping nilai konstruktif dari bangunan itu sendiri harus memenuhi syarat.

Sarana yang dimaksud adalah suatu drainase yang baik.

Drainase adalah suatu konstruksi untuk membuang air (terutama air hujan) agar tidak mengganggu kestabilan konstruksi bangunan yang dilindunginya.

Bilamana Drainase suatu konstruksi bangunan diabaikan atau tidak baik akan timbul masalah yang tidak diinginkan, sebagai contoh :

- a. Suatu run way dari lapangan terbang bila tidak disertai drainase yang baik, bilamana turun hujan, apalagi jika hujan tersebut deras atau lama maka akan berakibat run way tersebut akan tergenang air, dan hal ini akan berakibat pesawat terbang tidak akan dapat mendarat (landing) di run way tersebut.

Kalau sering terjadi demikian akan mengganggu jadwal penerbangan yang telah ditetapkan, bahkan dapat membahayakan pesawat terbang itu sendiri bila mana memaksakan diri untuk mendarat bilamana run way masih dalam keadaan tergenang air. Disamping run way itu sendiri akan cepat menjadi rusak.

- b. Suatu daerah pemukiman, bila tidak disertai dengan drainase yang terencana dengan baik, bilamana musim hujan tiba, maka daerah pemukiman tersebut akan sering terlanda banjir. (Soal 3)

Bilamana terjadi demikian, daerah pemukiman tersebut menjadi tidak sehat, akan timbul bermacam-macam penyakit, yang kesemuanya akan timbul ketidak stabilan sosial didaerah tersebut.

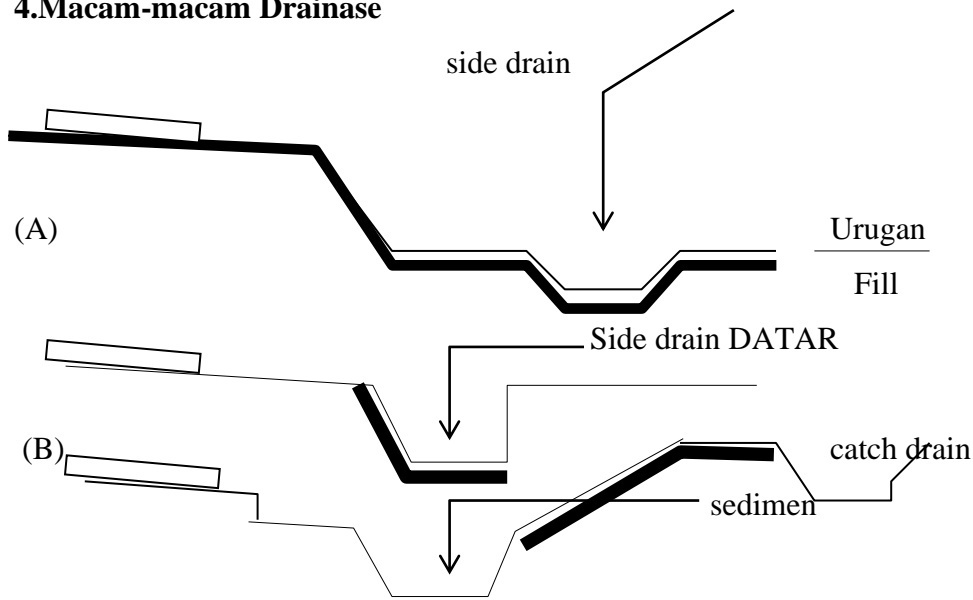
- c. Suatu konstruksi jalan rel, bilamana tidak disertai drainase yang baik akan sering tergenang air / banjir, dan hal ini akan menyebabkan terputusnya jalur perjalanan tersebut.
- d. Demikian pula dengan konstruksi jalan Raya, bila mana tidak di lengkapi dengan drainase yang baik, bagaimanapun bagusnya konstruksi jalan raya tersebut, tidak akan ada artinya bila mana musim penghujan, karena jalan raya tersebut akan sering tergenang air hujan. Suatu jalan raya tergenang air akan menyebabkan antara lain :

- a) Terjadinya traffic congesti atau penumpukan arus lalu lintas.

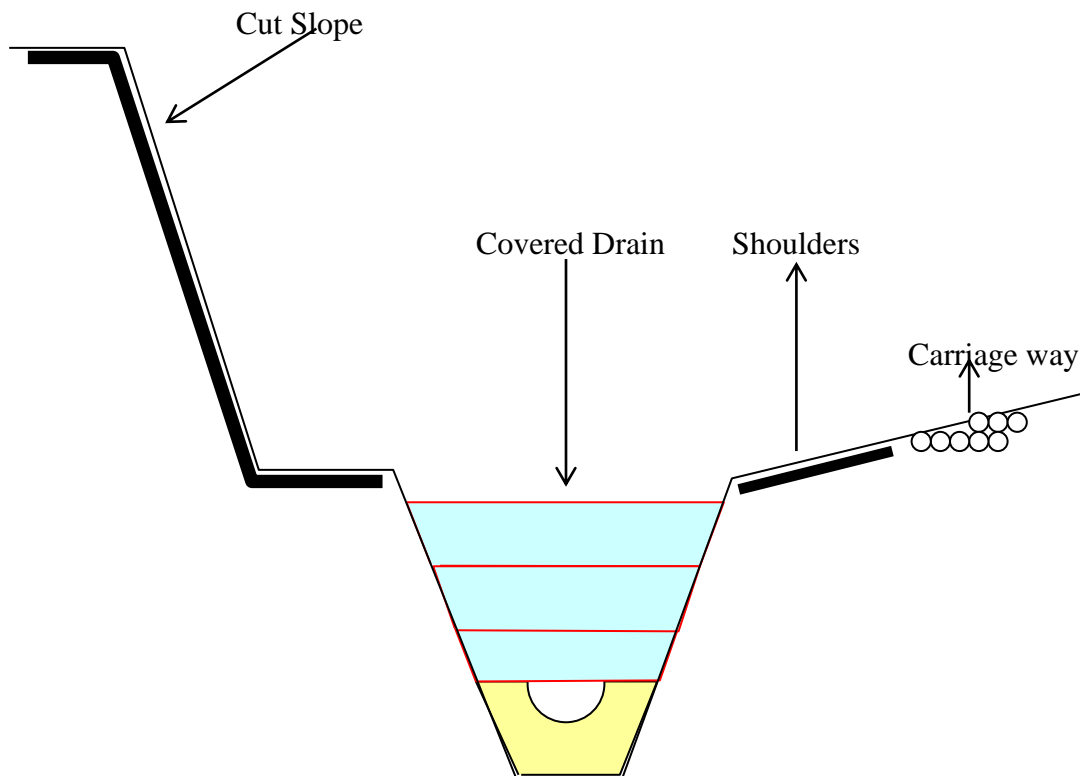
Hal ini mudah dimengerti, karena lalu lintas yang lewat di lokasi tersebut tidak bisa cepat, sedangkan lalu lintas sebelum lokasi tersebut berjalan dengan cepat, demikian juga yang datang dari arah berlawanan dari lokasi tersebut, sehingga akan terjadi penumpukan arus lalu lintas dilokasi tersebut.

- b) Terjadinya slip accident atau bahaya slip bagi kendaraan, hal ini bisa menyebabkan terjadinya kecelakaan yang cukup fatal, karena kendaraan yang mengalami selip tidak bisa terkendali, sehingga kemungkinan besar bisa menabrak pohon pelindung di tepi-tepi jalan atau yang lebih parah lagi bisa tabrakan dengan kendaraan dari arah lawan.
- c) Kerusakan jalan raya dan kendaraan yang melintas.

**4. Macam-macam Drainase**



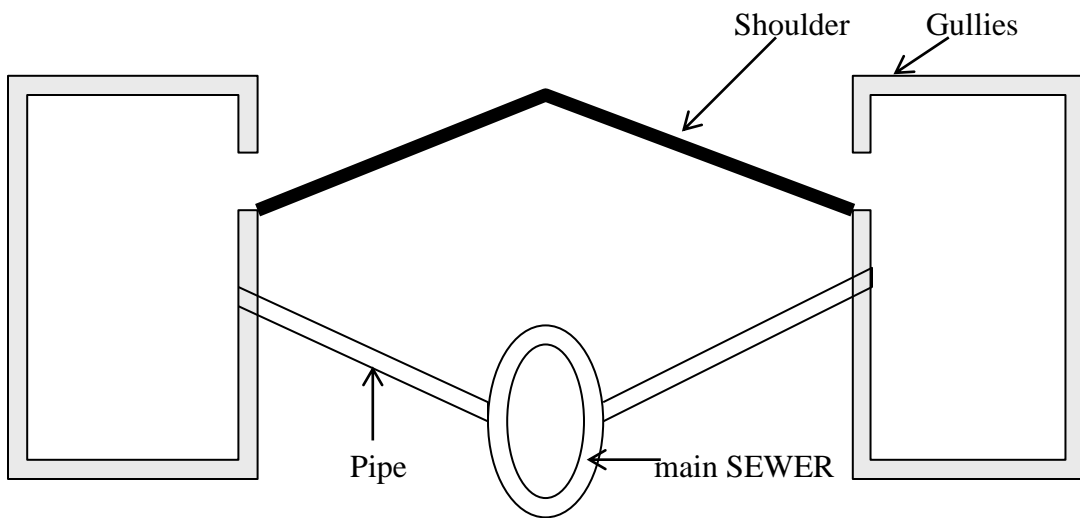
gb. 1.1. Drainase sisi pada urugan datar dan potongan tanah





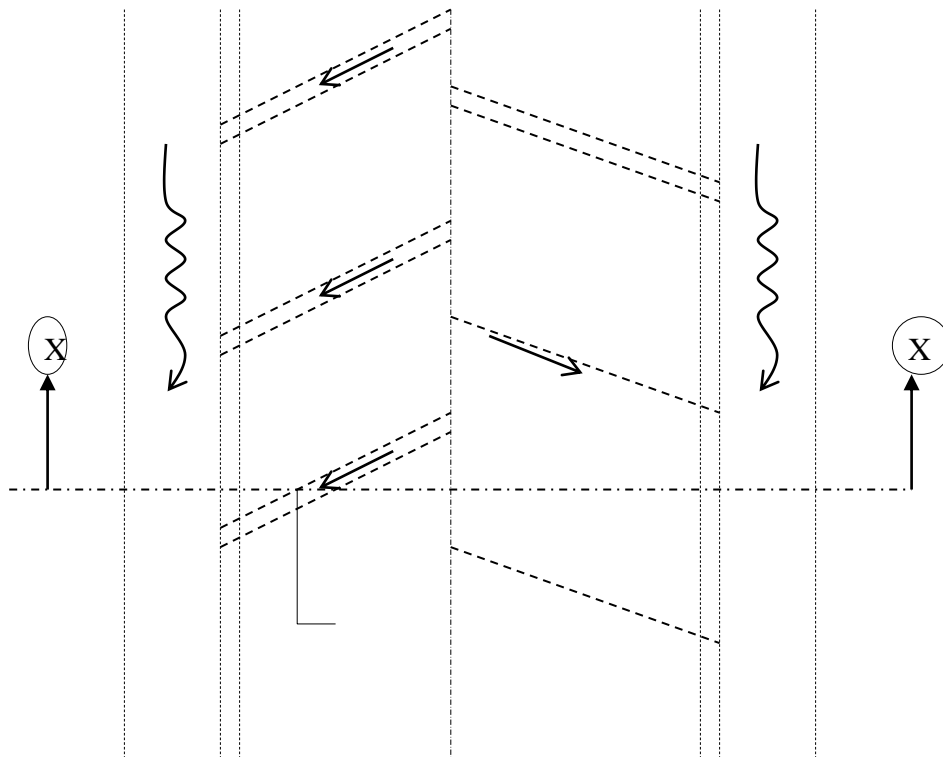
*Drainage of urban roads*

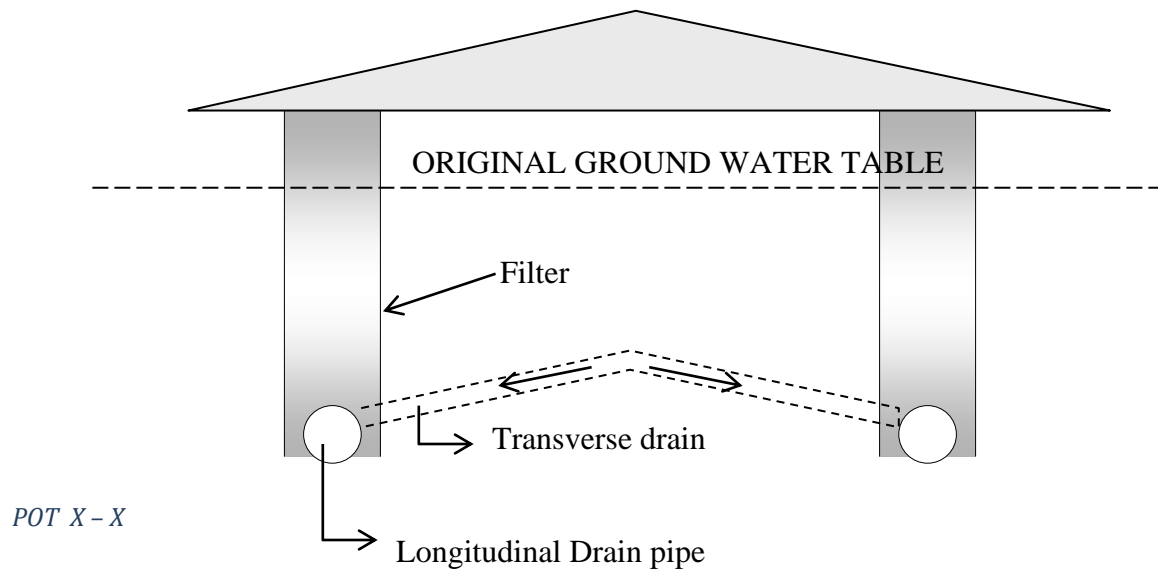
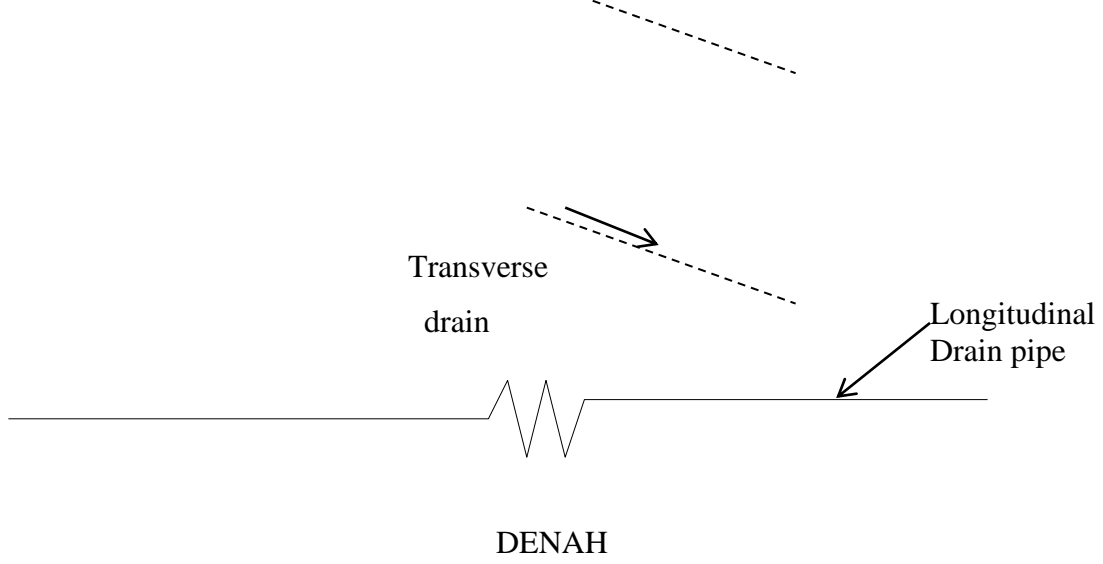
In the case of urban roads under ground drainage facilities are provided to drain off surface water.



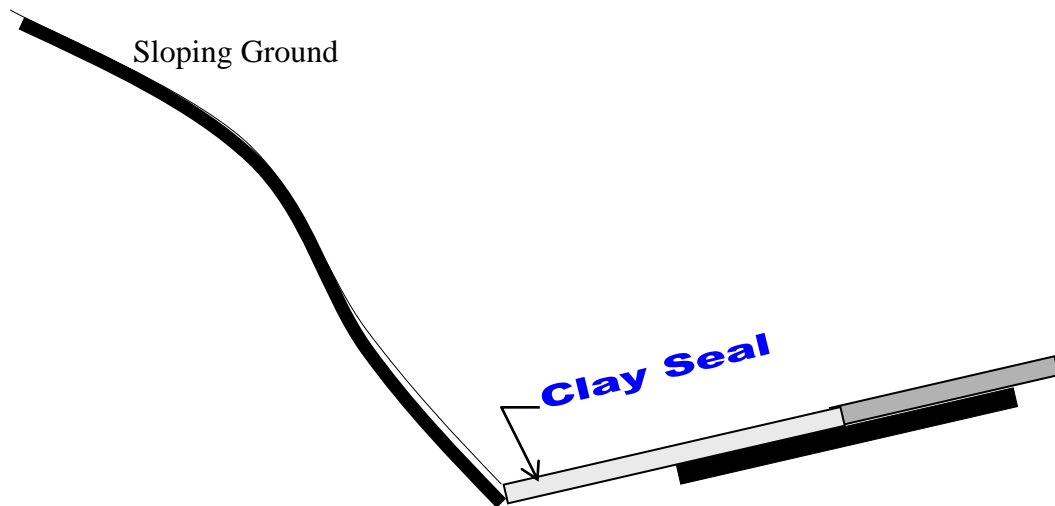
DRAINAGE OF URBAN ROADS

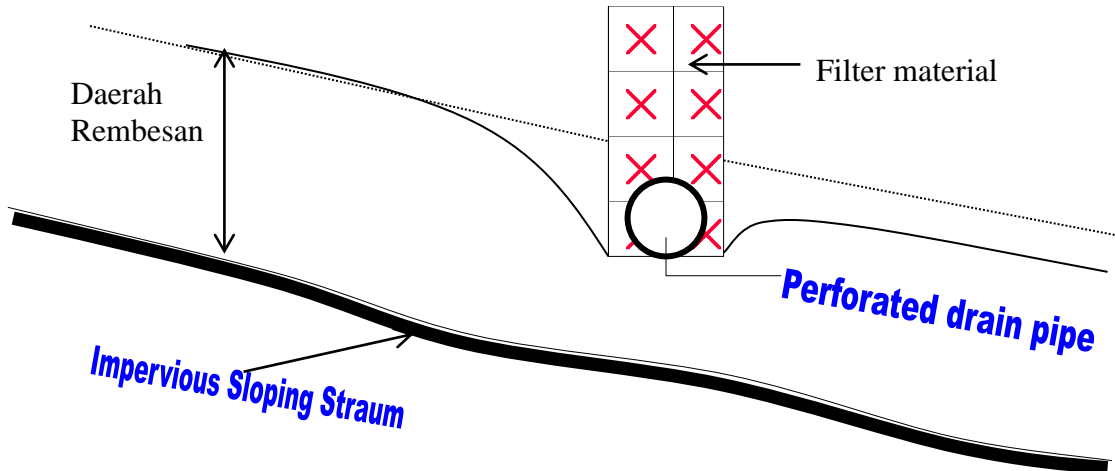
SYSTEM OF LATERAL & LONGITUDINAL DRAINS





LEWERING OF WATER TABLE IN CASE OF SLOPING GROUND



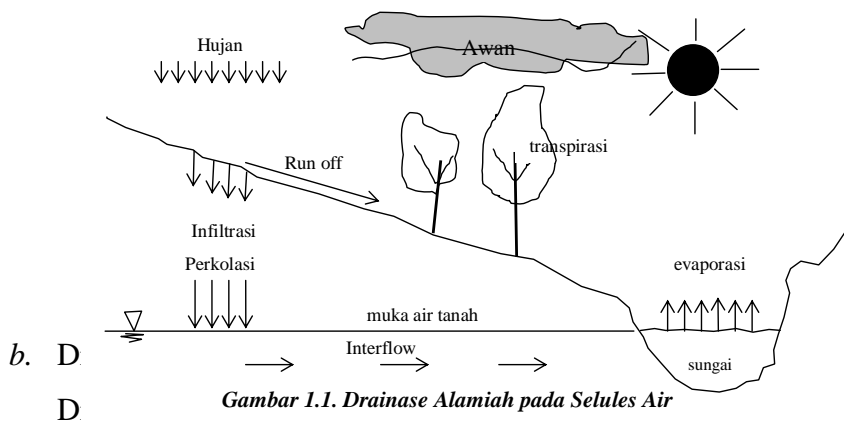


#### 4. Jenis Jenis Drainase

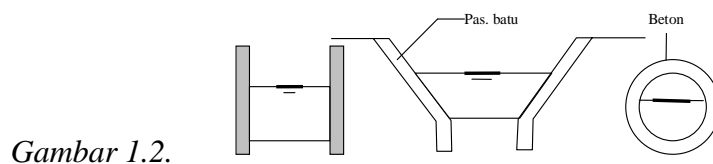
##### 4.1. Menurut Sejarah Terbentuknya

###### a. Drainase Almhiah (*Natural Drainage*)

Drainase yang terbentuk secara alamiah dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran yang terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena graifitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanent seperti sungai.



hingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.

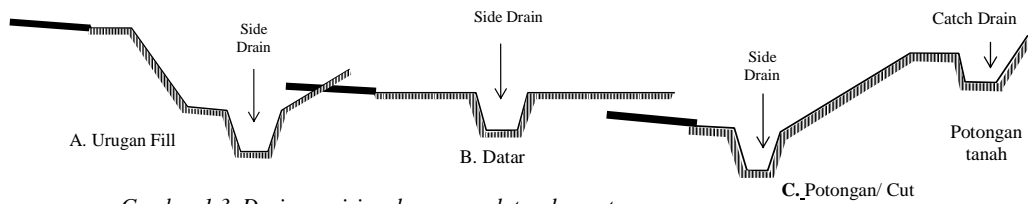


## 4.2. Menurut Jenis Bangunan

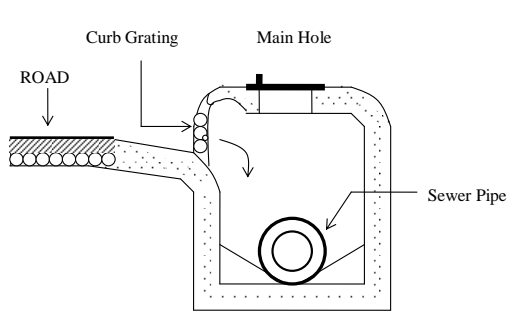
Pada dasarnya drainase dibagi dalam 3 macam:

### 1. *Surface Drainage* atau Drainase Muka Tanah.

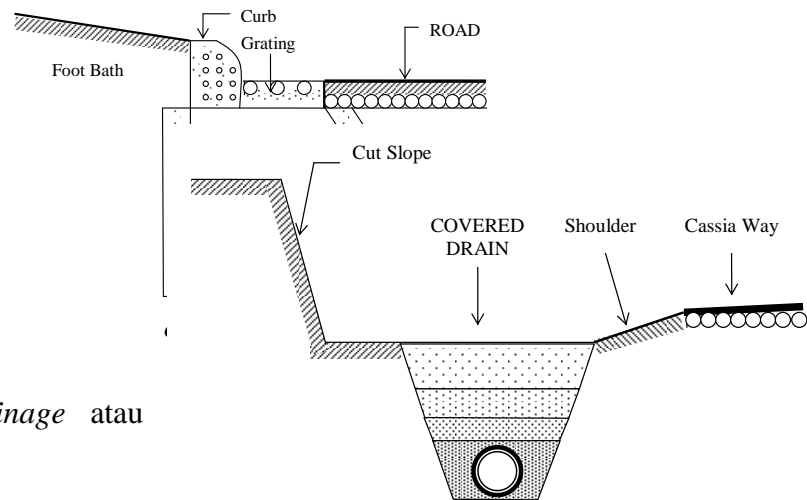
Drainase yang dibuat diatas muka tanah dan biasa dipakai untuk konstruksi jalan raya dan lapangan terbang yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa open chanel flow. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat digambar dibawah ini:



Gambar 1.3. Drainase sisi pada urugan datar dan potongan



Gambar 1. 4 Kerb. INLET

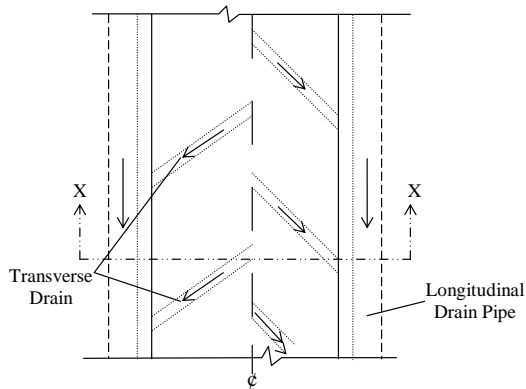


Gambar 1. 6 TRENCHES FILLED with GRAVEL & SAND

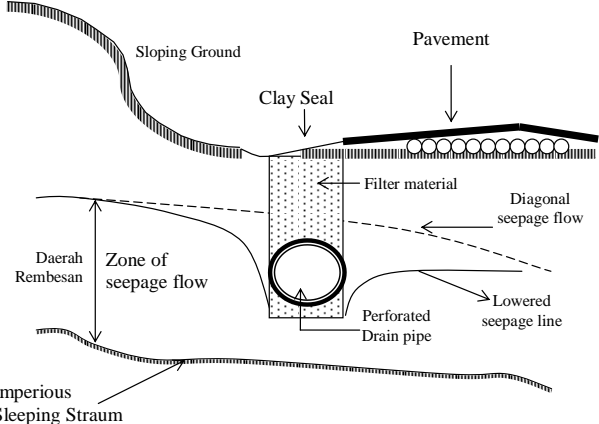
### 2. *Sub Surface (Sub Soil) Drainage* atau Drainase Bawah Tanah.

Drainase bawah tanah atau sub soil drainage banyak diperlukan pada konstruksi jalan raya dan lapangan terbang. Demikian juga halnya pada konstruksi tembok penahan tanah (Retaining Wall) membutuhkan sub soil drainage. Stabilitas dan kekuatan surface course dari pada jalan raya tergantung kepada kekuatan sub gradenya. Sub grade sendiri merupakan lapisan pondasi, kekuatannya sangat dipengaruhi oleh kadar airnya.

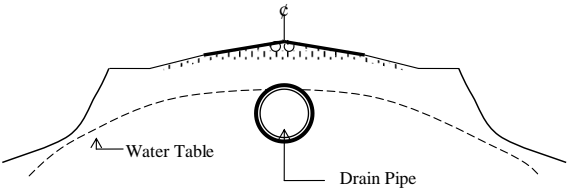
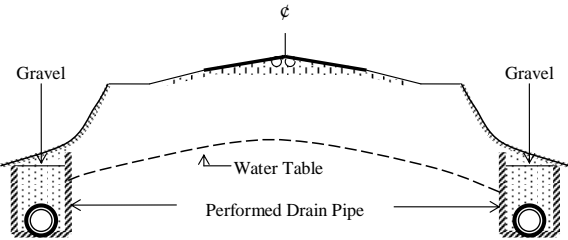
Beberapa variant dari sub drain dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



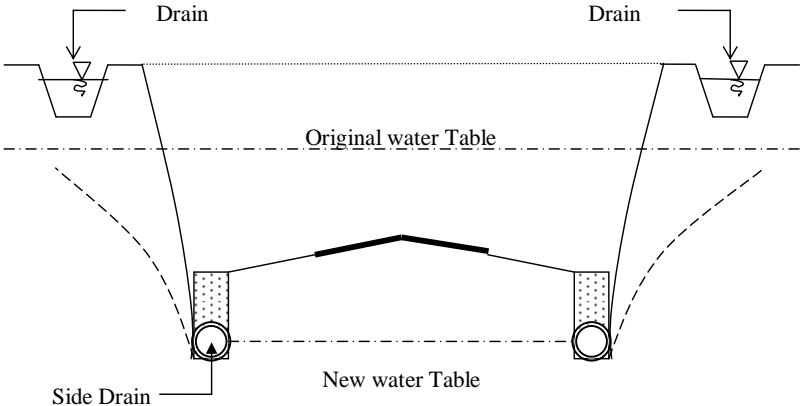
Gambar 1.7. Denah System of LATERAL & LONGITUDINAL DRAINS



Gambar 1.8 Lowering of Water table in case of sloping Ground



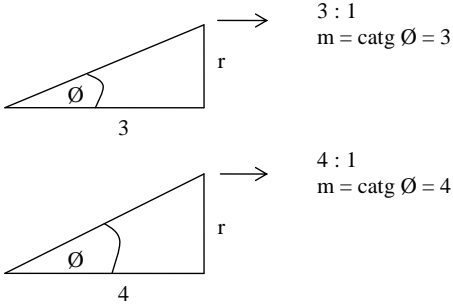
g of Water Table



Gambar 1.10 Lowering of Water Table in Case of Cutting

Pada umumnya jalan raya tidak selalu terletak dimuka tanah, tetapi kadang-kadang terletak diatas tanah timbunan (fill), juga kadang-kadang terletak diatas tanah galian (cut).

- a. Usahakan kemiringan tidak terlalu besar, dengan mengingat faktor-faktor teknis lainnya.

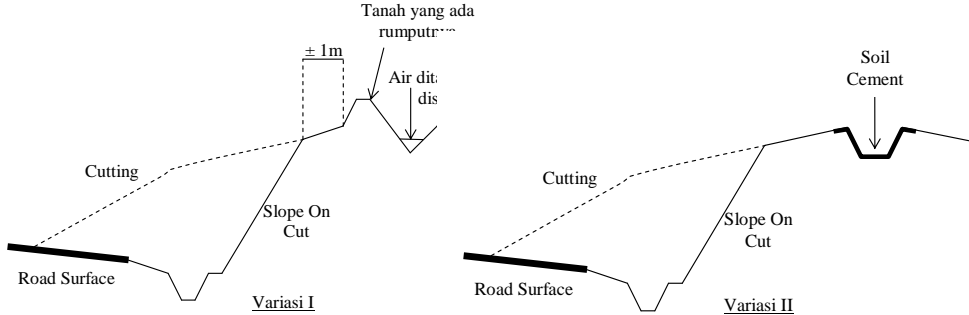


suatu slope sebetulnya makin aman kin mahal pembuatan jalan tersebut,

karena galiannya makin banyak.

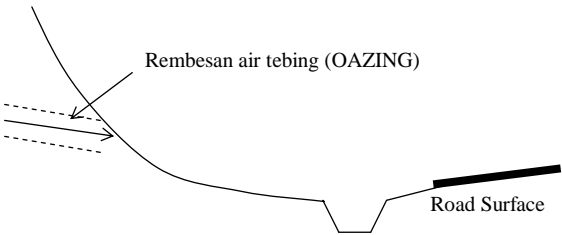
Demikian pula sebaliknya, makin curam suatu slope makin murah biaya pembuatannya, tapi makin bahaya akibat kelongsoran.

- b. Slope harus ditanami dengan tanaman yang cepat tumbuh, tujuannya adalah agar tebing tersebut tidak mudah longsor. Kalau kemiringannya cukup curam, perlu diadakan slope protection dengan menggunakan pasangan batu kali.
- c. Diusahakan untuk menangkap air di atasnya sebelum air tersebut mengalir mengenai tebing-tebing yang mudah longsor, disamping air tersebut akan mempengaruhi kestabilan tebing itu sendiri.



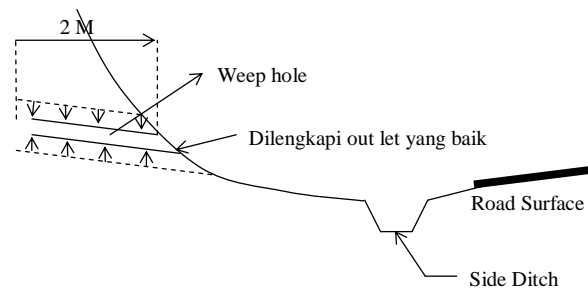
cepat-cepat tanaman pada

pada tebing terjadi rembesan air atau biasa disebut OAZING.



Selama rembesan air tersebut, airnya masih jernih masih tidak begitu membahayakan, tetapi bilamana air yang keluar sudah kotor atau keruh harus cepat-cepat diatasi, agar jangan sampai terjadi kelongsoran.

Adapun cara penanganannya adalah sebagai berikut:



Pada lubang (weep hole) yang bertujuan untuk lewatnya air, kemudian pada lubang keluarnya dilengkapi dengan out let yang baik, misalnya dengan pasangan batu kali, dan kalau perlu dilengkapi dengan alur pada tebing dari pasangan batu, untuk lewatnya air dari lubang OAZING terus mengalir dan diampung di side ditch.

Adapun fungsi WEEP HOLE adalah untuk meneruskan air tanah yang merembes keluar tanpa terikutnya butir-butir tanah yang didalam sehingga tanah tebing tetap dalam keadaan stabil.

#### 4.3. Menurut Fungsi

- a. *Single Purpose*, yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan suatu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain.
- b. *Multi Purpose*, yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

#### 4.4. Menurut Letak Bangunan

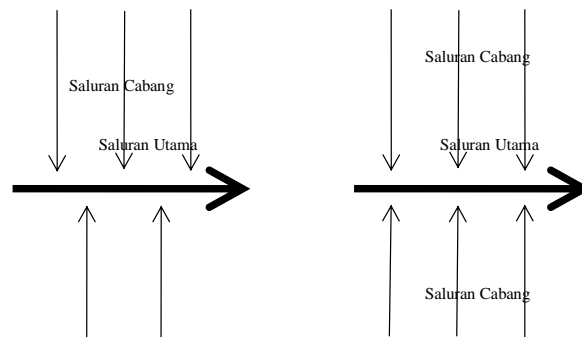
- a. *Saluran Terbuka*, yaitu saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/ mengganggu lingkungan.

- b. *Saluran Tertutup*, yaitu saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan/ lingkungan) atau saluran yang terletak di tengah kota.

#### 4.5. Menurut Pola Jaringan Drainase

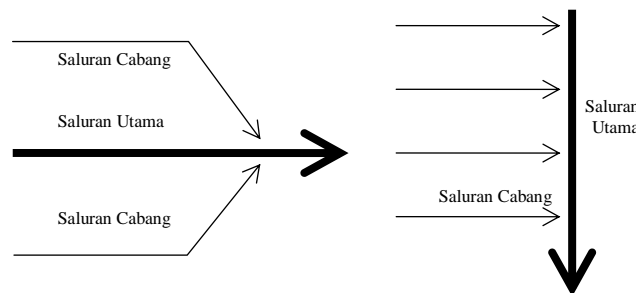
##### a. *Siku*

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



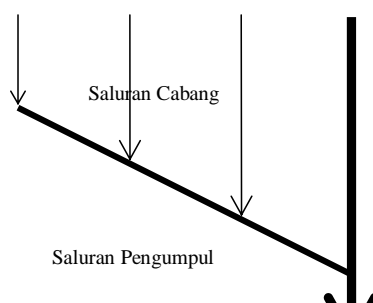
##### b. *Paralel*

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.



##### c. *Gird Ir...*

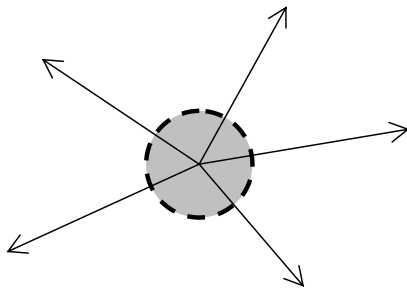
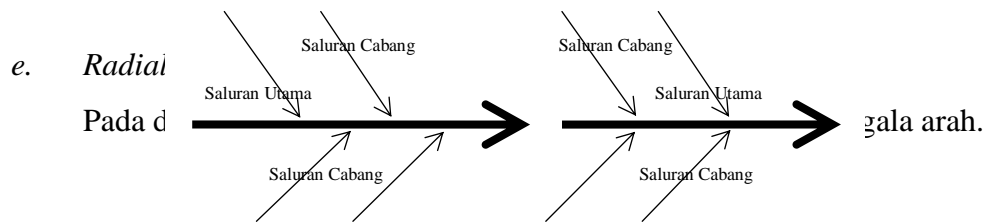
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.





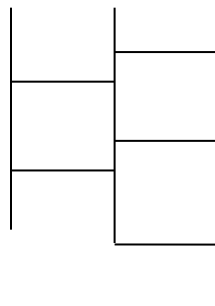
d. *Alamiah*

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



f. *Jaring-jaring*

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



## 5. CONTOH SOAL-SOAL PENYELESAIAN BAB I

Soal 1.

Di UKI luas lahan  $A = 15$  ha terdiri dari :

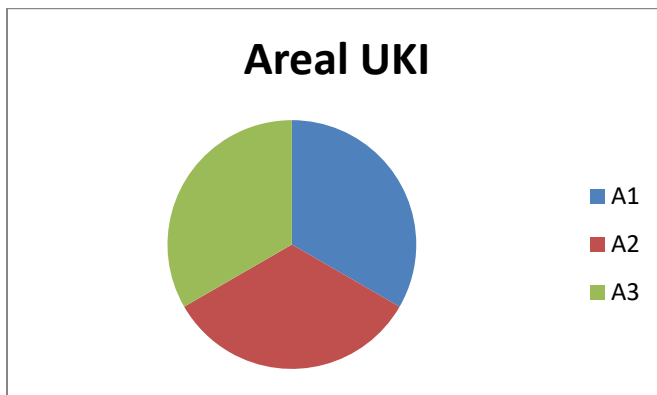
$A_1$  = areal yang dibangun gedung =  $5 \times 10^4$  m<sup>2</sup> dengan nilai  $C_1 = 0,95$

$A_2$  = areal taman rerumputan =  $5 \times 10^4$  m<sup>2</sup> dengan nilai  $C_2 = 0,05$

$A_3$  = areal untuk perumahan dosen =  $5 \times 10^4$  m<sup>2</sup> dengan nilai  $C_3 = 0,50$

Berapakah nilai koefisien RUN OFF  $C$  di areal UKI

Penyelesaian :



$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3}{A}$$
$$C = \frac{\{(0,95 \times 5 \times 10^4) + (0,05 \times 5 \times 10^4) + (0,50 \times 5 \times 10^4)\}}{5 \times 10^4}$$
$$C = 0.5$$

### SOAL 2

Data Hujan (di analisa statistik)

1.  $\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$  mean

2.  $S_x$  = standar deviasi

$$S_x = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}$$

3.  $X_T$  = Hujan Perancangan

$$X_T = \bar{X} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} S_x$$

Keterangan rumus:

$\bar{X}$  = Baca  $\bar{X}$  bar

$Y_t$  = Baca table yoesron loebis tergantung dengan  $T$  perancangan  
 $T = 2.5 ; 10 ; 25$  tahun

$Y_n$  = Baca table yoesron loebis tergantung dengan jumlah data  $n$ .

$S_n$  = Baca table yoesron loebis tergantung dengan jumlah data  $n$ .

$S_x$  = Standar deviasi sehingga  $X_T$  dapat dihitung.

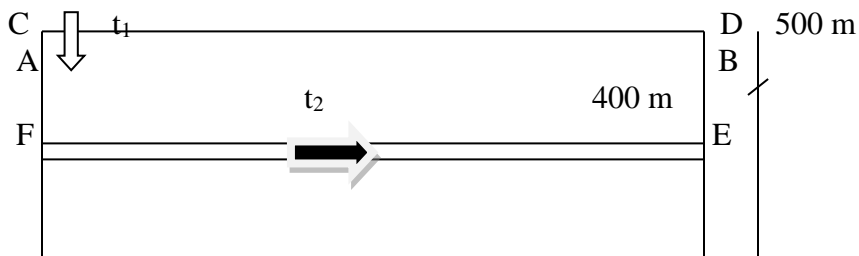
4. Menghitung intensitas rancangan

$X_T = R_{2Y}$  = hujan rancangan

Rumus DR Monobe, yaitu:

$$I = \frac{R_{2Y}}{24} \left( \frac{24}{T_c} \right)^{2/3}$$

5. Menghitung  $t_c$  (waktu konsentrasi)



Rumus:  $t_c = t_1 + t_2$

Keterangan.  $t_c$  = waktu terpanjang yang ditempuh titik jatuh hujan di bumi (titik c) sampai dengan outlet drainase (titik D)

a.  $t_1$  = waktu tempuh air hujan dari C ke A di atas tanah

$$t_1 = \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan}} = \frac{500}{v_1} = \dots\dots\dots \frac{m}{m/s} = s$$

$v_1$  = kecepatan air di atas tanah = 0.1 – 0.15 m/s sehingga didapat

$t_1 = \text{detik (s)}$

- b.  $t_2 = \text{waktu tempuh air hujan dari titik A ke titik B sama dengan waktu pada saat air mengalir pada saluran drainase.}$

$$t_2 = \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan}} = \frac{800}{1/2} = \dots \dots \dots \frac{m}{m/s} = s$$

Harga:

$v_2 = \text{kecepatan aliran diatas saluran Drainase Perkotaan didapat dari:}$

1. Dari table  $v$  vs slope (s)
2. Dari rancangan hidrolika (misal antara 1 m/s sampai dengan 2 m/s)

Tabel  $v$  slope s (Tabel halaman 13 buku Drainase Perkotaan Gunadarma)

Slope s (%)	Kecepatan (m/s)
Kurang dari 1	0.4
1 – 2	0.6
2 – 4	0.9
4 – 6	1.2
6 – 10	1.5
10 – 15	2.4

Perancangan  $v$  berhubungan dengan Kontur Peta

- c. Jika intensitas (I) sudah didapat dari:

$$I = \frac{Xt}{24} \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} = \text{mm/jam}$$

Akan dihitung debit Q hujan

$$Q = \beta c I A$$

Keterangan:

I = Intensitas rancangan (mm/g)

A = Luas catchment

$\beta$  = angka penyebaran hujan (0 sampai dengan 1) baca table halaman 22 Gunadarma

c = koefisien run off = koefisien limpasan tergantung dari land use. C baca table Gunadarma Drainase Perkotaan.

## **BAB II**

### **DATA CURAH HUJAN UNTUK ANALISA HIDROLOGI**

#### **Tujuan Umum.**

Pembaca memahami bagaimana menggunakan data curah hujan untuk analisa hidrologi.

Tujuan Khusus.

1. Mengetahui dengan jelas penggunaan data curah hujan untuk analisa hidrologi.
2. Mengetahui dengan jelas perhitungan analisa hidrologi.

#### **2.1. PENDAHULUAN.**

Pada umumnya semua drainase bebannya adalah air ( $Q$  = debit air).

Dalam hal ini air yang paling banyak adalah dari air hujan, maka dari itu data curah hujan perlu sekali untuk bahan perencanaan suatu drainase.

Data curah hujan yang dikenal dinegeri kita adalah data yang dikumpulkan oleh lembaga Meteorologi dan Geofisika, Departemen Perhubungan.

Dikaitkan dengan perencanaan jalan raya dan jembatan, maka penggunaan data curah hujan adalah sebagai berikut :

- Untuk perhitungan bangunan-bangunan drainase (misalnya parit samping, gorong-gorong, box culvert)
- Untuk memperhitungkan penampang bawah sungai agar dapat ditetapkan span yang paling optimal untuk jembatan diatas sungai tersebut.

Proses perhitungan dimulai dengan analisa hidrologi yang meliputi analisa curah hujan serta perhitungan debit aliran. Setelah debit aliran diketahui, baru kemudian dilanjutkan dengan penempatan dimensi, dengan menggunakan rumus – rumus hidrologi dan hidrolika.

Data curah hujan yang akan dianalisa adalah berupa kumpulan data besarnya hujan harian, maksimum dalam setahun selama 20 – 30 tahun pengamatan dinyatakan dalam mm / 24 jam.

Kumpulan data tersebut terdiri dari angka – angka yang satu sama lain tidak saling tergantung atau dalam istilah yang lebih populer disebut “ random variable” saling lepas

Angka – angka curah hujan di atas baru merupakan data kasar atau data mentah yang tidak dapat begitu saja dipaloi, tetapi harus terlebih dahulu diolah menjadi “Extreme Rainfall “ yang dinyatakan dalam mm / 24 jam.

Extreme Rainfall ini sebetulnya adalah angka perkiraan hujan harian maksimum yang dianggap terjadi satu kali dalam periode ulang (return period) yang telah direncanakan.

Oleh karena sifat dari kumpulan data tersebut adalah random variable, maka untuk proses pengolahannya dipergunakan analisa regresi dengan metode statistik.

#### **2.2. ANALISA DATA CURAH HUJAN.**

Dibawah ini akan dikemukakan secara garis besar hal-hal yang mencakup kepentingan analisa :

##### **1. Stasion Pengamat Curah Hujan.**

Data curah hujan untuk tiap stasion pengamat dapat diambil dari buku “Pemeriksaan Curah Hujan di Indonesia” yang dikeluarkan oleh Lembaga Meteorologi dan Geofisika, Departemen Perhubungan. Untuk suatu lokasi rencana jalan perlu dipilih sejumlah stasion pengamat yang lokasinya paling mendekati trase jalan yang direncanakan. Dengan demikian diharapkan bahwa pemilihan data curah hujan yang akan diolah, adalah yang

paling mendekati ketelitian, artinya dapat memberikan hasil extreme rainfall yang paling teliti. Baru kemudian diambil harga rata-rata setelah untuk masing-masing stasion pengamat diketahui harga extreme rainfallnya.

2. Analisa Frekuensi untuk nilai extreme.

Dari tiap stasion pengamat dapat diperoleh besarnya curah hujan harian maksimum dalam setahun (disebut  $x_i$  mm / 24 jam) selama N tahun pengamatan. Jadi harga  $i$  menyatakan angka tahun ke 1 sampai dengan ke N.

Angka-angka curah hujan tersebut adalah angka-angka kuantitatif yang dihasilkan dari penghitungan atau penjumlahan.

Dalam bahasa statistik angka-angka yang mewakili kuantitas disebut frekuensi, sehingga dengan demikian analisa terhadap angka-angka tersebut disebut analisa frekuensi.

Tujuan dari pada analisa frekuensi adalah untuk mendapatkan “ regression line “ yang merupakan tempat kedudukan dari nilai extreme dari hujan harian. Rumus umum dari persamaan regresi adalah :

Dimana :  $X$  = rainfall depth  
 $Y$  = reduced variate

$$X = U + \frac{1}{\alpha} y$$

U dan  $\frac{1}{\alpha} y$  adalah koefisien yang diperhitungkan sebagai berikut :

$$U = \bar{X} - \frac{1}{\alpha} \bar{Y}_N$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sigma_x}{\sigma_N}$$

dimana  $\bar{X}$  mean(angka rata-rata) dari hujan kumulatif harian maksimum.

$$i = N$$

$$\bar{X} = \frac{i = 1^{x_i}}{N}$$

$\sigma_N$  = Expected standard deviation =  $S_n$

$\bar{Y}_N$  = Expected mean

$\sigma_x$  = standard deviation =  $S_x$

$\sigma_N$  dan  $\bar{Y}_N$  diambil dari tabel “ Expected means and standard deviations of reduced extremes “ (lihat lampiran), yang menyatakan

hubungan antara N,

Standard deviation dihitung berdasarkan rumus :

$$S_x = \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=N} (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad \sigma_N \text{ dan } \bar{Y}_N$$

(Yang dimaksud dengan standard deviation adalah standard pengukuran variasi yang dipakai untuk membuat analisa statistik terhadap hasil-hasil pengumpulan data, penyelidikan dan sebagainya).

Persamaan regresi yang telah diketemukan kemudian digambarkan diatas extreme probability paper (Gumbel's type, lihat lampiran)

Akan diperoleh suatu garis lurus yang antara lain menyatakan hubungan antara return period dengan extreme rainfall.

### 3. Return Period (Recurrence Interval).

Yang disebut Return Period adalah periode (tahun) dimana suatu hujan dengan jangka waktu dan intensitas tertentu dianggap bisa terjadi.

Kemungkinan terjadinya adalah " satu kali " dalam batas periode (tahun) yang ditetapkan.

Return Period untuk fasilitas drainage jalan raya biasanya diambil sebagai berikut :

Expressway / Freeway = 50 tahun.

Jalan-jalan yang kelasnya lebih rendah dari Expressway / Freeway = 25 tahun.

Penetapan return period sebetulnya lebih ditekankan kepada masalah kebijaksanaan yang perlu diambil oleh perencana.

Faktor resiko akan memberikan pengaruh yang cukup menentukan disamping umur rencana jalan. Menurut "Guide to Hydro Meteorological Practice", hubungan antara return period dan faktor resiko adalah sebagai berikut :

$$T_d = N \left( \frac{1}{U} - \frac{1}{2} \right)$$

dimana :

$T_d$  = Return Period (periode ulang)

$N$  = Umur rencana jalan

$U$  = faktor resiko

Faktor resiko biasanya diambil sama dengan 1/3, artinya apabila terjadi kerusakan pada bangunan drainage, tidak sampai membahayakan kehidupan manusia secara langsung.

### 4. Design rainfall intensity

Setelah return period ditetapkan, maka berdasarkan grafik garis regresi yang telah dibuat, dapat dibaca nilai extreme dari hujan harian yang akan dipakai untuk design rainfall intensity.

Angka yang diperoleh menunjukkan extreme rainfall dalam mm/24 jam, yang setelah dikorelasikan dengan duration rainfall dapat dihitung rainfall intensity untuk masing-masing station pengamat.

Kemudian design rainfall intensity diperhitungkan dengan mengambil harga rata-rata dari rainfall intensity untuk semua station pengamat.

Mengingat bahwa rainfall depth (nilai extreme) tersebut diatas dibaca secara grafis, jelas bahwa hasilnya kurang teliti. Cara grafis sebetulnya banyak menolong kalau hanya dipakai untuk mencek hasil perhitungan. Di bawah ini akan dibuat perhitungan analitis, yang kemudian hasilnya dapat dicek dengan cara grafis.

$$X_r = U + \frac{1}{\alpha} Y_r$$

(index r berarti return period)

$$X_r = \bar{X} - \frac{1}{\alpha} \bar{X}_N + \frac{1}{\alpha} Y_r$$

$$= \bar{X} + \frac{1}{\alpha} (Y_r - \bar{Y}_N)$$

$$= \bar{X} + \frac{\sigma_X}{\sigma_N} (Y_r - \bar{Y}_N)$$

Diperoleh persamaan :

$$\text{mm / 24 jam} \quad Y_x = \bar{X} + \frac{\sigma_X}{\sigma_N} (Y_r - \bar{Y}_N)$$

Arti  $\bar{X}$ ,  $n$ ,  $N$  dan  $\bar{Y}_N$  telah dijelaskan didepan,  $X_r$  dinyatakan dalam mm / 24 jam, sedangkan  $Y_r$  dapat diperhitungkan berdasarkan tabel dibawah yang diambil dari "Engineering Hydrologi" oleh J. Nemec.

$$X_r = \bar{X} + \frac{\sigma_X}{\sigma_N} (Y_r - \bar{Y}_N)$$

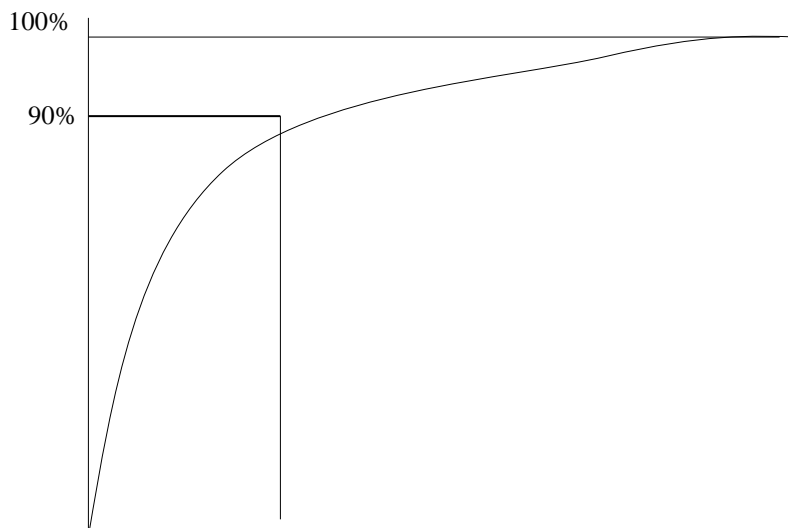
$$X_T = \bar{X} + \frac{(Y_T - Y)}{\sigma_N} \sigma_X$$

Tabel 2.1. Return period as a function of reduced variaty.

Return Period (Years)	Reduced variate
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

### 5. Duration rainfall.

Berdasarkan penyelidikan Ir. V. Breen (di Indonesia), hujan harian terkonsentrir selama 4 jam (duration uniform rainfall) dengan jumlah hujan sebesar 90% dari jumlah hujan selama 24 jam. Secara grafis digambarkan sebagai berikut :





4 jam

24 jam

Rainfall intensity untuk masing-masing stasion pengamat di perhitungkan sebagai berikut :

$$I_r = \frac{90\% \cdot X_r}{4 \times 25,4}$$

Dimana :  $I_r$  = Rainfall intensity dalam iph (inch per hour)

$X_r$  = Rainfall depth (extreme) dalam mm / 24 jam

Ada sementara designer yang mengambil angka duration rainfall selama 3 jam dimana pattern hujan juga dianggap terbagi rata (uniformly distributed).

Effective rainfall yang terjadi ditentukan sebesar 40%, sehingga rainfall intensity yang diperoleh menjadi :

$$I_r = \frac{40\% \cdot X_r}{3 \times 25,4}$$

Dalam hal ini duration rainfall yang digunakan adalah berdasarkan suatu hujan dengan return period 5 tahun.

Design rainfall intensity.

Design rainfall intensity adalah angka rainfall intensity yang telah dihitung untuk semua stasion pengamat.

Angka tersebut merupakan harga rata-rata yang dihitung dengan metode sebagai berikut :

a. Metode arithmatio.

Metode ini dipakai untuk daerah-daerah datar dimana stasion pengamat hujan tersebar dengan merata dan masing-masing dapat memberikan hasil pengamatan yang tidak jauh beda dengan hasil rata-ratanya.

$$(I_r)_{\text{rata-rata}} =$$

dimana :

$I_r$  rata-rata = design rainfall intensity. Iph.

$(I_r)_i$  = rainfall intensity untuk masing-masing stasion pengamat.

$i$  = indeks nomor stasion pengamat).

$N$  = banyaknya stasion pengamat.

b. Metode Thiesson.

Metode ini dipakai dimana distribusi dari pengamat hujan tidak tersebar rata.

Pada perhitungan dengan metode ini pertama tama harus ditetapkan batas-batas dari daerah pengaliran.

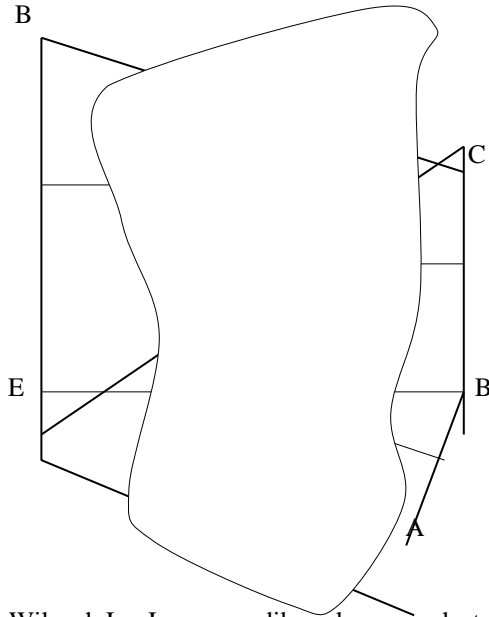
Kemudian kedudukan stasion-stasion pengamat diplot diatas peta dan ditarik garis-garis penghubungnya, sehingga terbentuk rangkaian-rangkaian segitiga.

Garis-garis bagi yang tegak lurus garis-garis penghubung tersebut akan membentuk polygon yang mengelilingi tiap-tiap stasion.

Sisi-sisi dari garis polygon dan batas daerah pengaliran yang dipotongnya akan merupakan luas wilayah pengaliran yang langsung dibawah pengaruh stasion pengamat yang berada di dalamnya.

Luas wilayah tersebut kemudian dihitung dengan planimeter dan dinyatakan dalam prosen terhadap luas total daerah pengaliran.

Perhitungan selanjutnya dapat diikuti dengan mempelajari contoh berikut :



- ❖ A, B, C, D, E adalah stasion pengamat hujan.
- ❖ Total luas daerah pengaliran = L.
- ❖ Telah dibuat garis hubung stasion-stasion pengamat yang membentuk rangkaian segitiga serta garis-garis tegak lurus dari tengah-tengah sisi segitiga yang membentuk poligon.

- ❖ Wilayah I , Langsung dibawah pengaruh stasion A. luas  $L_1$
- Wilayah II , Langsung dibawah pengaruh stasion B. luas  $L_2$
- Wilayah III , Langsung dibawah pengaruh stasion C. luas  $L_3$
- Wilayah IV , Langsung dibawah pengaruh stasion D. luas  $L_4$
- Wilayah V , Langsung dibawah pengaruh stasion E. luas  $L_5$

- ❖ Dibuat tabel sebagai berikut :

1	2	3	4	5
Stasion pengamat	Luas wilayah yang dipngaruhi	% terhadap luas total	Rainfall depth (extreme untuk Return period yang ditentukan (mm / 24 jam)	Komponen averega rainfall depth (mm / 24 jam)
A	$L_1$	$\frac{L_1}{L} \times 100\% = l_1\%$	$(X_r)_A$	$L_1\% \times (X_r)_A$
B	$L_2$	$\frac{L_2}{L} \times 100\% = l_2\%$	$(X_r)_B$	$L_2\% \times (X_r)_B$
C	$L_3$	$\frac{L_3}{L} \times 100\% = l_3\%$	$(X_r)_C$	$L_3\% \times (X_r)_C$
D	$L_4$	$\frac{L_4}{L} \times 100\% = l_4\%$	$(X_r)_D$	$L_4\% \times (X_r)_D$

$$\frac{L_4}{L} \times 100\% = l_4\%$$

$$\frac{L_5}{L} \times 100\% = l_5\%$$

E	L <sub>5</sub>		(X <sub>r</sub> ) <sub>E</sub>	L <sub>5</sub> % x (X <sub>r</sub> ) <sub>E</sub>
Total = L		Total = 100%	Average rainfall Depth = 1% x (X <sub>r</sub> )	

Setelah diketahui harga average rainfall depth =  $\sum 1\% \times (X_r)$  mm / 24 jam, maka dengan menetapkan duration rainfall = 4 jam dan effective rainfall = 90% diperoleh design rainfall intensity sebagai berikut :

$$(I_r)_{rata-rata} = \frac{90\% \times \sum 1\% \times (X_r)}{4 \times 25,4} i.p.h$$

Dalam hal duration rainfall diambil = 3 jam dengan effective rainfall = 40% maka design rainfall intensity menjadi :

$$(I_r)_{rata-rata} = \frac{40\% \times \sum 1\% \times (X_r)}{3 \times 25,4} i.p.h$$

**c. Methode Isobyet.**

Methode ini sebetulnya adalah yang paling teliti tapi kurang praktis. Sehingga mengingat kegunaannya, methode ini tidak diuraikan disini.

**6. Intensity Duration Curve. (IDC)**

Hasil terakhir dari analisa curah hujan adalah intensity duration curve, yakni suatu curve yang menunjukkan hubungan antara lamanya waktu pengaliran (dalam menit).

Secara praktis dikenal intensity duration curve yang diciptakan oleh Ir. V. Breen untuk Jakarta, yang dipakai sebagai basis dalam menetapkan intensity duration curve untuk daerah-daerah lain di Indonesia. Curve basis tersebut memberi petunjuk mengenai kecenderungan bentuk-bentuk curve untuk daerah lain yang dianggap mengikuti bentuk curve untuk Jakarta. Menghitung sendiri secara tepat persamaan intensity duration curve untuk tiap-tiap daerah adalah tidak mungkin berhubung, kita tidak mempunyai catatan pemeriksaan hujan yang diperiksa sampai kedalam angka-angka menit, misalnya dalam 5, 10, 15, 20 menit dan seterusnya. Tapi data paling teliti yang ada ialah berupa jumlah hujan terbesar (24 jam) yang pernah terjadi pada suatu tahun. Sehingga untuk itu dipakai suatu pendekatan dengan mengambil curve-nya V. Breen sebagai sebagai basis.

Telah dihitung pada 1.4. design rainfall intensity atau (I<sub>r</sub>) rata-rata pada duration rainfall yang telah ditetapkan (3 jam atau 4 jam). Penggambaran curve secara grafis kemudian dibuat dengan cara sebagai berikut :

- Tentukan tempat kedudukan titik yang menyatakan besarnya design rainfall intensity pada duration rainfall yang diambil pada kertas grafik.
- Dari titik tersebut buat garis lengkung yang sejajar dengan curve-nya Ir. V. Breen, maka curve yang diperoleh adalah intensity duration curve yang dicari.  
Intensity duration curve untuk Jakarta yang dibuat oleh Ir. V. Breen.

Data curah hujan untuk Jakarta adalah sebagai berikut :

Lama waktu pengaliran t (menit)	Intensitas hujan I (m / menit)	Intensitas hujan dinyatakan dalam iph (inch per hour)
5	3,4	$\frac{60}{25,4} \times 2,4 = 8,02$

$$\frac{60}{25,4} \times 2,6 = 6,14$$

$$\frac{60}{25,4} \times 2,1 = 4,90$$

15	2,6	
30	2,1	
60	1,5	

Persamaan dari intensity duration curve diperhitungkan berdasarkan rumus :

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

Dimana a dan b adalah suatu koefisien yang dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$\begin{array}{l}
 \text{1 dan 2 : } \quad 8,02 (5 + b) = a \quad \left. \begin{array}{l} a_1 = 261,93 \\ \longrightarrow \\ b_1 = 27,66 \end{array} \right\} \\
 \quad \quad \quad 6,14 (15 + b) = a \\
 \text{1 dan 3 : } \quad 8,02 (5 + b) = a \quad \left. \begin{array}{l} a_2 = 324,97 \\ \longrightarrow \\ b_2 = 35,22 \end{array} \right\} \\
 \quad \quad \quad 4,90 (30 + b) = a \\
 \text{1 dan 4 : } \quad 8,02 (5 + b) = a \quad \left. \begin{array}{l} a_3 = 348,55 \\ \longrightarrow \\ b_3 = 38,46 \end{array} \right\} \\
 \quad \quad \quad 3,54 (60 + b) = a \\
 \text{2 dan 3 : } \quad 6,14 (15 + b) = a \quad \left. \begin{array}{l} a_4 = 387,33 \\ \longrightarrow \\ b_4 = 48,05 \end{array} \right\} \\
 \quad \quad \quad 4,90 (30 + b) = a \\
 \\
 \text{2 dan 4 : } \quad 6,14 (15 + b) = a \quad \left. \begin{array}{l} a_5 = 376,44 \\ \longrightarrow \\ b_5 = 46,34 \end{array} \right\} \\
 \quad \quad \quad : 3,54 (60 + b) = a \\
 \text{3 dan 4 : } \quad 4,90 (30 + b) = a \quad \left. \begin{array}{l} a_6 = 370,91 \\ \longrightarrow \\ b_6 = 44,78 \end{array} \right\} \\
 \quad \quad \quad : 3,54 (60 + b) = a
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 a_{\text{rata-rata}} &= \frac{261,93 + 324,97 + 348,55 + 387,33 + 376,44 + 370,91}{6} \\
 &= 344,99 \sim 345
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{\text{rata-rata}} &= \frac{27,66 + 35,22 + 38,46 + 48,05 + 46,31 + 44,78}{6} \\
 &= 40,13
 \end{aligned}$$

Persamaan intensity duration curve menjadi :

$$I = \frac{345}{t + 40,13}$$

Pada harga t tertentu dapat dihitung harga I yang bersangkutan (lihat tabel dibawah ini).

t	5	10	20	30	40	50	60	70	80
I	7,65	6,88	5,74	4,92	4,31	3,83	3,45	3,13	2,87

t	90	100	120	140	160	180	200	220	240
I	2,65	2,46	2,15	1,92	1,72	1,57	1,44	1,33	1,23

Berdasarkan angka-angka diatas dapat digambarkan intensity duration curve untuk Jakarta yang kemudian akan dipergunakan sebagai basis.

## 7. LATIHAN SOAL PENYELESAIAN BAB II

### Soal 1

Untuk mengetahui atau mengolah data hidrologi hujan disuatu stasiun A, rumus apa saja yang *dipakai* untuk mengetahui Hujan Rancangan  $X_T = \dots$ ?

Jawab:

1)  $\bar{x}$  = hujan rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{\eta}$$

$\sum x$  = jumlah x

$\eta$  = jumlah data

a)  $X_T = \bar{x} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \cdot S_x$

$\bar{x}$  = hujan rata-rata (mm/jam)

$Y_t$  tergantung dari T

$Y_n$  tergantung dari n

$S_n$  tergantung dari n

baca tabel Yoesron Lubis

b)  $S_x$  = Standart Deviasi

Misal  $n = 20$  baca tabel →

$$Y_n = 0.5236$$

$$S_n = 1.0628$$

Misal :  $T_{\text{rancang}}$

$$T = 2\text{th} \longrightarrow Y_T = 0.3665$$

$$T = 5\text{th} \longrightarrow Y_T = 1.4999$$

$$T = 10\text{th} \longrightarrow Y_T = 2.2502$$

2)  $S_x$  = Standart Deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x-x)^2}{\eta}}$$

$\eta$  = jumlah data hujan

$\sum (x - x)^2$  = jumlah cumulative  $(x-x)^2$

3) Hujan rancangan  $X_T$

$X_T$  misal  $X_{2\text{th}}$  = hujan rancangan 2tahunan

$X_T$  misal  $X_{5\text{th}}$  = hujan rancangan 5tahunan

$X_T$  misal  $X_{10\text{th}}$  = hujan rancangan 10tahunan

## Soal 2

Diketahui : Suatu stasiun A dengan data Curah hujan sebagai berikut :

NO	Jumlah hujan x(mm)
1	125
2	130
3	110
4	96
5	78
6	97
7	105
8	112
9	136
10	142

NO	Jumlah hujan x(mm)
11	89
12	93
13	116
14	121
15	129
16	145
17	162
18	119
19	149
20	150

- Ditanya :
1. Hitung  $\bar{x}$  : hujan rata-rata
  2. hitung standart deviasi  $S_x$
  3. hitung  $X_T$  : hujan rancangan untuk  $T = 2$ tahunan dan  $T = 5$  tahunan

Jawab :

$$1) \bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{2404}{20} = 120,2$$

- rumus :  $(x-\bar{x})^2$   
:  $(125-120,2)^2$   
: 23,04
- rumus :  $(x-\bar{x})^2$

: (130-120,2)  
 : 96,04

- $3 - 20 = \text{dst}$
- $\sum x = 2404$  (hasil jumlah x)  
 $\sum = 10041,2 \rightarrow \sum(x-x)^2$

$$2) S_x = \sqrt{\frac{\sum(x-x)^2}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{10041,2}{20}}$$

$$= 22,407$$

- 3) T = 2tahunan  $\rightarrow$  tabel  $Y_t = 0,3665$   
 T = 5tahunan  $\rightarrow$  tabel  $Y_t = 1,4999$   
 n = 20  $\rightarrow$  tabel  $Y_n = 0,5236$   
 $S_n = 1,0628$

$$X_{2\text{tahunan}} = x + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \cdot S_x$$

$$= 120,2 + \frac{(0,3665 - 0,5236)}{1,0628} \cdot 22,407$$

$$= 116,89 \text{ mm/jam}$$

$$X_{5\text{tahunan}} = x + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \cdot S_x$$

$$= 120,2 + \frac{(1,4999 - 0,5236)}{1,0628} \cdot 22,407$$

$$= 140,78 \text{ mm/jam}$$

KESIMPULAN : Hujan rancangan 5tahunan  
 :  $X_5 > X_2$   
 : hujan rancangan 2tahunan

### Soal 3

Diketahui: Dari data hujan stasiun A dapat dibuat persamaan regresi hubungan  $x = mY + c$ .  
 Sb x: periode T (tahun); sb y: rata-rata hujan.

Ditanya: buatlah persamaan regresinya!

Jawab:

$x = mY + c$   
 sb x = durasi hujan (menit/jam)

sb y = ketebalan hujan (mm/jam)

$$c = x - mY$$

$$c = x - \frac{1}{\alpha} Y_n \dots (1)$$

$$m : \frac{1}{\alpha} = \frac{Sx}{Sn}$$

→ Nilai  $Y_n$  dan  $S_n$  (table Yoesron)

$$Y_n = 0.5236$$

$$S_n = 1.0628$$

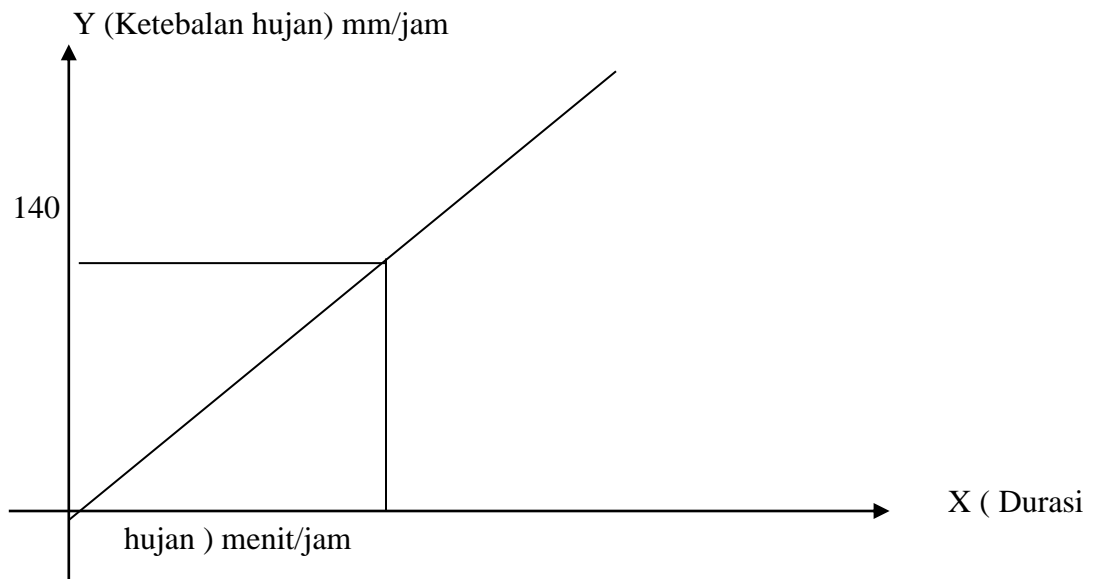
$$m : \frac{1}{\alpha} : \frac{Sx}{Sn} = \frac{22.407}{1.0628}$$

$$\frac{1}{\alpha} = 21.09$$

$$\alpha = 0.047$$

$$\begin{aligned} C &= x - \frac{1}{\alpha} Y_n \\ &= 120.2 - (21.09 \times 0.5236) \\ &= 109.16 \end{aligned}$$

Sket persamaan regresi





### BAB III

#### PERHITUNGAN ALIRAN AIR HUJAN LEBAT

Tujuan Umum :

Pembaca memahami bagaimana mencari kapasitas aliran air hujan lebat dengan menggunakan perumusan Rational.

Tujuan Khusus :

1. Mengetahui dengan jelas cara perhitungan mencari debit aliran air hujan dengan memakai perumusan Rational.
2. Mengetahui dengan jelas setiap unsur yang diperlukan dalam perumusan Rational dan bagaimana cara mendapatkannya.
3. Mengetahui dengan jelas cara penyelesaian suatu permasalahan drainase dengan menggunakan perumusan Rational.

#### 3.1. PERUMUSAN RATIONAL.

Perhitungan kapasitas dari pada drainase akan didahului dengan estimasi pembuangan aliran air hujan lebat.

Dalam hal ini dipakai perumusan "RATIONAL"

Rational formula adalah rumus empiris yang digunakan sejak tahun 1989, perumusan ini sering digunakan untuk menghitung URBANRUNOFF.

Perumusan drainase muka tanah (surface drainage) dengan memakai Rational Formula dapat diterangkan secara ringkas sebagai berikut :

1. Untuk menggunakan perumusan Rational diperlukan RAINFALL DURATION CURVE.
2.  $Q_{max}$  tercapai apabila hujan dengan intensitas (I) yang ditentukan pada point (1) berlangsung selama satu waktu tertentu yaitu waktu yang diperlukan untuk "Tetes dari titik yang terjauh sampai dengan titik yang ditinjau".
3.  $Q_{max}$  dicari dengan rumus RATIONAL.

$$Q = \frac{1}{3,6 \times 10^6} C.I.a \quad \text{atau :}$$

$$Q = \frac{1}{3,6} C.I.A$$

dimana :

$Q$  = storm water run off ( $m^3/detik$ )  
= aliran air hujan lebat.

$C$  = Run off Coefficient.  
= koefisien aliran.  
= koefisien limpasan.

$I$  = Rainfall Intensity (mm / jam)

$a$  = Catchment area ( $m^2$ )

$A$  = Catchment area ( $km^2$ ).

Penerapan rumus Rational memerlukan beberapa asumsi :

1. Curah hujan rencana dianggap curah hujan yang seragam (Uniform Rainfall)
2. Hujan harus menghujani Catchment Area.
3. Catchment area tidak terlalu besar.

Rumus Rational baik untuk perhitungan Q dimana areanya tidak besar (misalnya untuk lapangan terbang untuk jalan raya).

**GB. 3-1. Hujan memenuhi Cathment.**

**3. 2. RUN OFF COEFFICIENT (C).**

Run off coefficient atau koefisien aliran biasa ditulis dengan notasi C adalah suatu koefisien yang besarnya bervariasi yang tergantung pada karakteristik daerah dimana aliran air hujan tersebut lewat.

Yang mempengaruhi besar kecilnya harga koefisien aliran antara lain, kondisi permukaan tanah, slope, pemakaian tanah.

Tabel 3.1. menunjukkan harga-harga standard Run off Coefficient by ground surface condition.

Sedangkan tabel 3.2 menunjukkan harga-harga average Run off Coefficient by Land Use.

**TABEL 3.1. Standard Run off Coefficient by Ground Surface condition.**

Ground Surface Condition		Runoff Coefficient
Road way	Paved road	0,70 ~ 0,95
	Gravel road	0,30 ~ 0,70
Shoulder and slope	Fine grained soil	0,40 ~ 0,65
	Coarse grained soil	0,10 ~ 0,30
	Hard rack	0,70 ~ 0,85

	Soft rock	0,50 ~ 0,75
Turf Covered	Grade 0 ~ 2 %	0,13 ~ 0,17
	Grade 2 ~ 7 %	0,18 ~ 0,22
	Grade More than 7 %	0,25 ~ 0,35
Sandy soil	Grade 0 ~ 2 %	0,13 ~ 0,17
	Grade 2 ~ 7 %	0,18 ~ 0,22
	Grade More than 7 %	0,25 ~ 0,35
Turf Covered	Grade 0 ~ 2 %	0,13 ~ 0,17
	Grade 2 ~ 7 %	0,18 ~ 0,22
	Grade More than 7 %	0,25 ~ 0,35
Cohesive soil	Grade 0 ~ 2 %	0,13 ~ 0,17
	Grade 2 ~ 7 %	0,18 ~ 0,22
	Grade More than 7 %	0,25 ~ 0,35
Roof		0,75 ~ 0,95
Base los		0,20 ~ 0,40
Park with aburdaut turfs and trees		0,10 ~ 0,25
Flat mountainous area		0,30 ~ 0,50
Steep mountainous area		0,50 ~ 0,70
Paddy field and water body		0,70 ~ 0,80
Cultivated field		0,10 ~ 0,30

**TABEL 3.2. Average Runoff Coefficient by Land Use.**

Land Use		Runoff Coefficient
Commercial area	Down town area	0,70 ~ 0,95
	Area adjacent to down town	0,50 ~ 0,70
	Less Congested area	
Industrial area	Congested area	0,50 ~ 0,80
		0,60 ~ 0,90
Residential area	Residensial area with lissle bare los housing estate	
	Housing Estate	0,65 ~ 0,80
	Residensial area wist bare loss and	0,50 ~ 0,70

	gardens	0,30 ~ 0,50
Green Zone aut others	Park and grove yard Athletic ground Marshalling yard Culti voled laut and forest	0,10 ~ 0,25 0,20 ~ 0,35 0,20 ~ 0,40 0,10 ~ 0,30

### 3.3. ANALISA INTENSITAS CURAH HUJAN.

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi.

Analisa Intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau.

Intensitas curah hujan di inisiasikan dengan huruf I dengan satuan (mm / jam), yang artinya tinggi curah hujan yang terjadi sekian mm dalam kurun waktu satu jam.

Intensitas curah hujan umumnya dihubungkan dengan kejadian dan lamanya (duration) hujan turun, yang disebut Intensitas Duration Frequency (IDF).

Oleh karena itu diperlukan data curah hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman.

Data curah hujan yang pendek ini hanya di dapatkan dari data pengamatan Curah hujan Otomatik dari kertas diagram yang terdapat pada peralatan tersebut.

Seandainya data curah hujan yang ada hanya curah hujan karena, maka oleh DR. MONONOBE merumuskan Intensitas Curah hujan sebagai berikut :

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

Dimana :

I = Intensitas Curah Hujan (mm / jam)

t = Lamanya curah hujan (jam)

R<sub>24</sub> = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

Dalam hal tersedianya data curah hujan jangka pendek maka beberapa ahli menyajikan rumus-rumus antara lain sebagai berikut :

#### a. RUMUS TALBOT.

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

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm / jam)

t = lamanya curah hujan (jam).

a & b = konstanta yang tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di daerah aliran.

$$a = \frac{[I.t][I^2] - [I^2.t][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[I][I.t] - N[I^2.t]}{N[I^2] - [I][I]}$$

b. RUMUS SHERMAN

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

dengan :

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

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

c. RUMUS ISHIGURO

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

Dengan :

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

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

### 3.4. TIME OF CONCENTRATION ( $t_c$ atau $t$ ).

Time of concentration,  $t_c$  terdiri dari dua bagian yaitu  $t_1$  dan  $t_2$  ( $t_1 + t_2$ )

$T_1 \longrightarrow$  akibat aliran permukaan, biasa disebut inlet time

$T_2 \longrightarrow$  akibat aliran saluran, biasa disebut ditch flow time.

INLET TIME ( $t_1$ ).

Besar  $t_1$  tergantung pada :

- grade (i) slope
- length of slope
- condition of ground cover, dimana pengaruhnya ditunjukkan dalam suatu harga coefficient of Rotardation atau koefisien hambatan

Harga-harga coefficient of Rotardation dapat dilihat pada tabel 3.3.

Besarnya  $t_1$  bisa didapatkan dengan perumusan :

$$t_1 = \left[ \frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n_d}{\sqrt{S}} \right]^{0,467}$$

dimana :

- $t_1$  = inlet time (menit)
- $L$  = jarak terjauh dimana tetes air hujan jatuh dan mengalir dari mulai jatuh sampai sarana drainase (motor).
- $S$  = grade dari catchment area.
- $n_d$  = Coefficient of Rotordation.

**TABEL 3.3. Coefficient of Rotordation by Kind of Graund Cover.( $n_d$ )**

Condition of Graund Cover	$n_d$
Cement Concrete and asphalt concrete	0,013
Smooth and impervious surface	0,02
Smooth and tight surface	0,10
Poor grassland, Cultivated land, and bare lot with a suitable surface roughness	
Meadow land and ordinary grass land	0,40
Decidusus forest land	0,60
Coniferous forest land, and dense deciduous forest land with dense or spares undor grass	

**DITCH FLOW TIME ( $t_2$ )**

Harga  $t_2$  bisa didapatkan dengan perumusan :

$$t_2 = \frac{L}{V}$$

dimana :

- $L$  = panjang channel (m)
- $V$  = mean volacity (m / det)

Sedangkan harga  $V$  bisa didapatkan dengan menggunakan perumusan MANNING :









$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

Dimana :

- $R$  = jari-jari hydraulis (m)
- $I$  = water surface slope

N = Roughness Coefficient atau koefisien kekasaran, yang harga-harganya dapat dilihat pada TABEL 3.4.

**TABEL 3.4. ROUGHNESS COEFFICIENT.**

Type of Drainage Facility		Roughness Coeff.
Unlined	Earth	0,20  0,025
	Sand and Gravel	0,025  0,04
	Bedrock	0,025  0,035
Cast in place	Cement mortar	0,01  0,013
	Concrete	0,013  0,018
	Rubble	Wet mortar masonry Day mortar masonry
Precast	Centrifugal reinforced concrete	
	Pipe	0,011  0,014
	Concrete pipe	0,012  0,016
	Corrugate pipe	0,016  0,025

### 3.5. CATCHMENT AREA

Catchment area adalah suatu daerah dimana air mengalir dan terkumpul pada suatu titik utama pelepasan.

Catchment area merupakan suatu data dasar yang diperlukan untuk mendapatkan perencanaan suatu sarana drainase.

Metode paling efektif untuk mengukur catchment area adalah dari peta topografi yang ber contour.

## 6. Contoh-Contoh Soal Penyelesaian BAB III

Suatu Lahan dengan Luasan  $A = 800 \times 900 = 72 \times 10^4 \text{ m}^2$

Land use = tata guna lahan

Di Cikarang (perindustrian) dengan nilai Coefisien Run Off =  $C = 0.95$

Desa-desa di Sukabumi =  $C = 0.5$

### Soal 1.

Rumusan apakah yang dipakai untuk debit  $Q$  aliran air hujan lebat pada perancangan saluran drainase perkotaan?

Jawab:

Rumusan Rasional

$$Q = \frac{1}{3.6} C I A$$

Keterangan:  $A$  = catchment area ( $\text{km}^2$ )

$$Q = \frac{1}{3.6 \times 10^6} C I A$$

Keterangan:  $\alpha$  = catchment area ( $\text{m}^2$ )

$$Q = \beta C I A$$

Keterangan:  $\beta \approx$  angka penyebaran hujan tergantung dari land use

$\beta \approx 0$  sampai dengan 1

$\beta \approx 0$  hujan tidak merata

$\beta \approx 1$  hujan merata

$Q$  = debit hujan lebat ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$C$  = koefisien run off = koefisien limpasan = 0 sampai dengan 1

$I$  = intensitas hujan ( $\text{mm}/\text{jam}$ )

$A$  = catchment area ( $\text{km}^2$ ;  $\text{m}^2$ ; atau ha)

### Soal 2.

Apa yang disebut dengan angka  $C$ ? Hitung angka  $C$  di lahan UKI Jakarta jika luas areal catchment UKI = 15 ha =  $15 \times 10^4 \text{ m}^2$ ; terdiri dari :

$A_1$  = areal yang dibangun gedung =  $15 \times 10^4 \text{ m}^2$  dengan  $C_1 = 0,95$

$A_2$  = areal yang dibuat taman =  $5 \times 10^4 \text{ m}^2$  dengan  $C_2 = 0,05$

$A_3$  = areal yang dipakai perumahan =  $5 \times 10^4 \text{ m}^2$  dengan  $C_3 = 0,5$

**PENYELESAIAN :**



## Rumus

$$C = \frac{(C1 \times A1) + (C2 \times A2) + (C3 \times A3)}{(A1 + A2 + A3)}$$

Keterangan :

C = coefficient run off rata – rata satu lahan

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } C &= \frac{(0,95 \times 5 \times 104) + (0,05 \times 5 \times 104) + (0,5 \times 5 \times 104)}{(3 \times 5 \times 104)} \\ &= \mathbf{0,5} \end{aligned}$$

## Soal 3

Stasiun curah hujan rata – rata memiliki curah hujan tahunan sebagai berikut :

Tahun	Curah Hujan (x) (mm/jam)
1993	119
1994	120
1995	118
1996	60
1997	70
1998	84
1999	94
2000	100
2001	125
2002	115
2003	100
2004	98
2005	120
2006	125
2007	110

Ditanya :

- Hitung  $\bar{x}$  = curah hujan rata – rata
- Hitung  $S_x$  = standar deviasi

- c) Hitung intensitas perancangan  $X_T$ , untuk :  
 $T = 2,5$  tahun  
 $T = 10$  tahun

**PENYELESAIAN:**

a)

x	$(x-\bar{x})^2$
119	228,92
120	260,18
118	199,66
60	1924,58
70	1147,18
84	394,82
94	97,42
100	14,98
125	446,48
115	123,88
100	14,98
98	34,47
120	260,18
125	446,48
110	37,58
<b>1558</b>	<b>5631,79</b>

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{1558}{15} = 103,87$$

b) Standar Deviasi ( $S_x$ )

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n}} \rightarrow 1 \text{ stasiun}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \rightarrow \text{beberapa stasiun (kelompok stasiun)}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{5631,79}{15}} = 19,38$$

c)  $X_T = \bar{x} + (Y_t - Y_n) \frac{S_x}{S_n}$

$Y_t, Y_n, S_n \rightarrow$  baca di tabel Yoesron Loebis

- $t = 2$  tahun  
 $y_t = 0,3665$
- $t = 5$  tahun  
 $y_t = 1,4999$
- $t = 10$  tahun  
 $y_t = 2,2502$

$$n = 15$$

$$y_n = 0,5128$$

$$S_n = 1,0206$$

$$X_2 = 103,87 + (0,3665 - 0,5128) \cdot \frac{19,38}{1,0206} = 101,09 \text{ mm/jam}$$

$$X_5 = 103,87 + (1,4999 - 0,5128) \cdot \frac{19,38}{1,0206} = 136,86 \text{ mm/jam}$$

#### Soal 4

Dari data soal nomor 3,  $X_t$  sebagai berikut:

$$X_2 \text{ tahun} = 101,09 \text{ mm/jam}$$

$$X_5 \text{ tahun} = 122,61 \text{ mm/jam}$$

$$X_{10} \text{ tahun} = 136,86 \text{ mm/jam}$$

Ditanya:

Buatlah Intensitas rancangan dalam debit Qaliran hujan lebat jika intensitas tersebut dimasukkan rumus dari DR. Monobe!

Jawab:

$$I_T = \frac{Xt}{24} \cdot \left(\frac{24}{tc}\right)^{\frac{2}{3}}$$

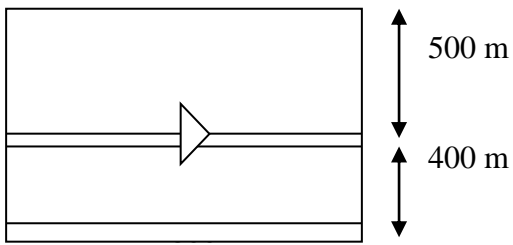
Keterangan:

$T_c$  = waktu konsentrasi ( $t_c = 3416$  detik = 0,95jam)

Luas catchment diketahui =  $A = 900.800 = 72 \times 10^4 \text{ m}^2$

#### Soal 4

Diketahui seperti gambar:



Ditanya:

Hitung

$Q_2$  tahun

$Q_5$  tahun

$Q_{10}$  tahun

Jika  $c = 0,85$  dan  $\beta = 1$  !

Jawab:

Cari  $I_2$  tahun ;  $I_5$  tahun;  $I_{10}$  tahun

- $I_2 = \frac{Xt}{24} \cdot \left(\frac{24}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{101,09}{24} \cdot \left(\frac{24}{0,95}\right)^{\frac{2}{3}} = 36,26 \text{ mm/jam}$
- $I_5 = \frac{Xt}{24} \cdot \left(\frac{24}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{122,61}{24} \cdot \left(\frac{24}{0,95}\right)^{\frac{2}{3}} = 43,98 \text{ mm/jam}$
- $Q = \beta \cdot C \cdot I \cdot A$
- $Q_2 = 1 \cdot 0,85 \left(\frac{36,26 \times 10^{-3}}{3600}\right) \cdot 72 \times 10^4 \text{ m/s m}^2 = 6,1 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_5 = 1 \cdot 0,85 \left(\frac{43,98 \times 10^{-3}}{3600}\right) \cdot 72 \times 10^4 \text{ m/s m}^2 = 7,48 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{10} = 1 \cdot 0,85 \left(\frac{49,09 \times 10^{-3}}{3600}\right) \cdot 72 \times 10^4 \text{ m/s m}^2 = 8,3 \text{ m}^3/\text{s}$

### Soal 5

Analisa hubungan  $S_b$ .  $Y = \text{Rainfall depth (mm/24 jam)}$  dengan  $s_b.X =$

3 stasiun hujan A,B,C mempunyai data hujan sbb :

TAHUN	Curah hujan max (xi) dalam ( $\text{mm}/24\text{jam}$ )		
	A	B	C

1989	125	115	130
1990	130	132	140
1991	110	105	110
1992	96	90	100
1993	78	70	84
1994	97	85	92
1995	105	96	106
1996	112	100	112
1997	130	125	120
1998	142	135	125
1999	89	92	97
2000	93	106	99
2001	116	110	115
2002	121	120	126
2003	129	122	132
2004	145	130	136
2005	162	140	145
2006	119	88	100
2007	149	160	170
2008	150	170	195

Analisa dan hitung untuk masing-masing stasiun ,

**Analisa persamaan Regresi dg persamaan  $X = mY + C$**

**Dimana sb X = periode ( Tahun), sb Y =**

Rata rata hujan

$$X = \frac{\sum x}{n}$$

Standar devisiasi  $S_x$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x-x)^2}{n-1}}$$

Buatlah persamaan reqresi

$$x = c + my$$

sumbu x = durasi hujan (menit atau jam)

sumbu y = rainfall depth (mm/24jam)

$$c = x - \frac{1}{\alpha} y_n \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{s_x}{s_n}$$

Nilai  $y_n$  dan  $S_n$  diperoleh dari table Ir Yoesron Loebis

$$y_n = 0,5236$$

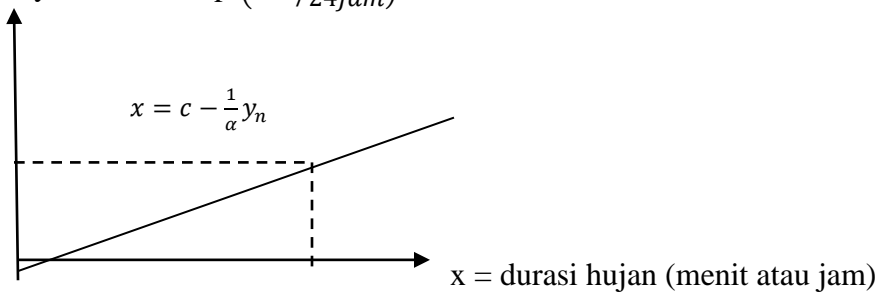
$$S_n = 1,0628$$

$$c = x - \frac{1}{\alpha} y_n$$

$$x = c - \frac{1}{\alpha} y_n \dots \dots \dots (2)$$

Persamaan 2 adalah persamaan regresi

y = rainfall dept (mm/24jam)



Penyelesaian :

Stasiun A

No	x	(x-x) <sup>2</sup>
1	125	23,04
2	130	96,04
3	110	104,04
4	96	585,64
5	78	1788,84
6	97	538,24
7	105	231,04
8	112	67,24
9	136	249,64
10	142	475,24

11	89	973,44
12	93	739,84
13	116	17,64
14	121	0,64
15	129	77,44
16	145	615,04
17	162	1747,24
18	119	1,44
19	149	829,44
20	150	888,04

$$n = 20 : \Sigma(x-x)^2 = 10049,2$$

$$x = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{2404}{20} = 120,2$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\Sigma(x-x)^2}{n}} = \sqrt{\frac{10049,2}{20}} = 22,42$$

Diketahui untuk  $n = 20$

$$-y_n = 0,5236$$

$$-s_n = 1,0628$$

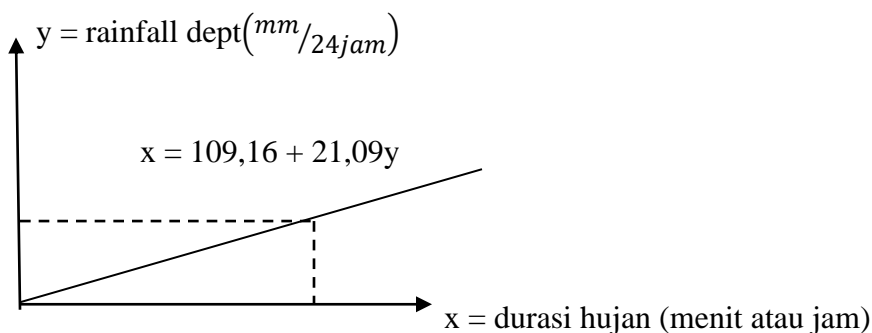
$$\frac{1}{\alpha} = \frac{s_x}{s_n} = \frac{22,24}{1,0628} = 21,09$$

$$\alpha = 0,047$$

$$C = x - \frac{1}{\alpha} y_n = 120,2 - (21,09 - 0,5236) = 109,16$$

Maka persamaan Regresi :

$$x = C + my = 109,16 + 21,09y$$



Stasiun B

No	x	(x-x) <sup>2</sup>
1	115	0,20
2	32	304,50
3	105	91,20
4	90	602,70
5	70	1984,70
6	85	873,20
7	96	344,10
8	100	211,70
9	125	109,20
10	135	418,20
11	92	508,50
12	106	73,10
13	110	20,70
14	120	29,70
15	122	55,50
16	130	238,70
17	140	647,70
18	88	704,90
19	160	2065,70
20	170	3074,75

$$n = 20 : \Sigma(x-x)^2 = 12358,9$$

$$x = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{2291}{20} = 114,55$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\Sigma(x-x)^2}{n}} = \sqrt{\frac{12358,9}{20}} = 24,85$$

Diketahui untuk n = 20

$$-y_n = 0,5236$$



$$-s_n = 1,0628$$

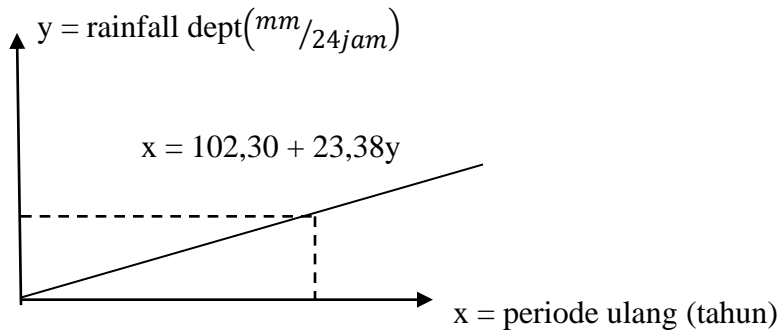
$$\frac{1}{\alpha} = \frac{s_x}{s_n} = \frac{24,85}{1,0628}$$

$$\alpha = 0,042$$

$$C = x - \frac{1}{\alpha} y_n = 114,55 - (23,36 - 0,5236) = 102,30$$

Maka persamaan Regresi :

$$x = C + my = 102,30 + 23,38y$$



Stasiun C

No	x	(x-x) <sup>2</sup>
1	130	68,89
2	140	334,89
3	110	136,89
4	100	470,89
5	84	1421,29
6	92	882,09
7	106	246,49
8	112	94,09
9	120	2,89
10	125	10,89
11	97	610,08
12	99	515,29
13	115	44,89
14	126	18,49

15	132	106,09
16	136	204,49
17	145	542,89
18	100	470,89
19	170	2332,89
20	195	5372,89

$$n = 20 : \Sigma(x-x)^2 = 13888,2$$

$$x = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{2434}{20} = 121,17$$

$$s_x = \sqrt{\frac{\Sigma(x-x)^2}{n}} = \sqrt{\frac{13888,2}{20}} = 26,35$$

Diketahui untuk  $n = 20$

$$-y_n = 0,5236$$

$$-s_n = 1,0628$$

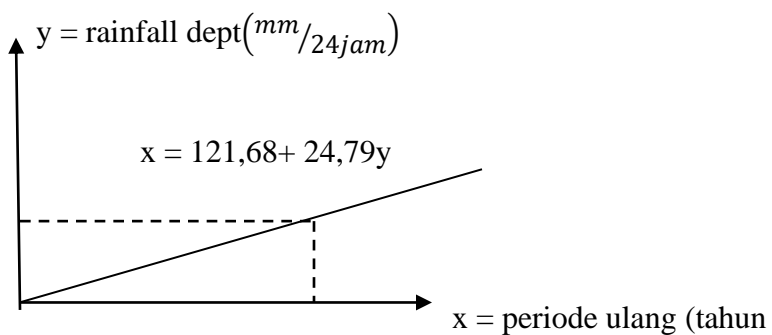
$$\frac{1}{\alpha} = \frac{s_x}{s_n} = \frac{26,36}{1,0628}$$

$$\alpha = 0,040$$

$$C = x - \frac{1}{\alpha} y_n = 121,17 - (26,35 - 0,5236) = 121,68$$

Maka persamaan Regresi :

$$x = C + my = 121,68 + 24,79y$$



### **Rangkuman bab III :**

1. Beban perencanaan drainase adalah debit air (seperti telah disebutkan pada bab III).
2. Untuk menghitung debit air tersebut dapat dipergunakan perumusan Rational

$$Q = \frac{1}{3,6 \times 10^6} \cdot C.I.A$$

( lihat BAB III point 3.1.)

#### **Buku acuan.**

1. JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY, (The Post Graduate Program on Highway Engineering, ITB and DPUT, 1978).
2. Ir. JOESRON LOEBIS . M . ENG, “ BANJIR RENCANA UNTUK BANGUNAN AIR, 1984 ”.
3. ISBN : 979-8382-49-8, Drainase Perkotaan, Penerbit Gunadarma Jakarta 1997



$$1/A \cdot \frac{\partial Q}{\partial t} \neq 0, \text{ padahal } 1/A \neq 0$$

maka :  $\frac{\partial Q}{\partial t} \neq 0$

Jadi aliran dikatakan unsteady apabila  $\frac{\partial V}{\partial t} \neq 0$  atau  $\frac{\partial Q}{\partial t} \neq 0$ , artinya kecepatan (V) dan debit (Q) aliran selalu berubah setiap saat.

### 3. Aliran Uniform.

Aliran yang terjadi dapat dikatakan uniform, apabila convective – accelerationnya sama dengan nol.

$$\frac{\partial V}{\partial x} \cdot V = 0$$

karena ada gesekan (aliran), maka  $V \neq 0$

sehingga :  $\frac{\partial V}{\partial x} = 0$

dimana  $V = \frac{Q}{A}$  merupakan fungsi t  
 $A$  merupakan fungsi x

..... $\rightarrow Q = f(t)$

..... $\rightarrow A = f(x)$

Maka :

$$Q \frac{\partial A^{-1}}{\partial x} = 0$$

$$Q \frac{\partial A^{-1}}{\partial A} \cdot \frac{\partial A}{\partial x} = 0$$

$$-\frac{Q}{A^2} \cdot \frac{\partial A}{\partial x} = 0, \text{ padahal } -\frac{Q}{A^2} \neq 0$$

sehingga :  $\frac{\partial A}{\partial x} = 0$

Jadi aliran dapat dikatakan uniform apabila  $\frac{\partial V}{\partial x} = 0$  atau  $\frac{\partial A}{\partial x} = 0$  artinya besarnya kecepatan (V) dan luas penampang (A) sepanjang saluran sama besar.

#### 4. Aliran Non Uniform

Aliran yang terjadi dapat dikatakan non uniform apabila nilainya convective – accelerationnya tidak sama dengan nol.

$$\frac{\partial V}{\partial x} \cdot V \neq 0$$

Karena ada gerakan (aliran), maka  $V \neq 0$

Sehingga :

$$\frac{\partial V}{\partial x} \neq 0$$

$$\frac{\partial(Q/A)}{\partial x} \neq 0$$

$$Q \cdot \frac{\partial A^{-1}}{\partial x} \neq 0$$

$$Q \cdot \frac{\partial A^{-1}}{\partial A} \cdot \frac{\partial A}{\partial x} \neq 0$$

$$-\frac{Q}{A^2} \cdot \frac{\partial A}{\partial x} \neq 0, \text{ padahal } -\frac{Q}{A^2} \neq 0$$

Sehingga :  $\frac{\partial A}{\partial x} \neq 0$

Jadi aliran disebut non uniform apabila  $\frac{\partial V}{\partial x} \neq 0$  atau  $\frac{\partial A}{\partial x} \neq 0$  artinya

besarnya kecepatan (V) dan luas penampangnya (A) selalu berubah disepanjang pengalirannya.

Dari penjelasan tentang ciri – ciri aliran yang telah di uraikan terdahulu, maka akan didapatkan besarnya acceleration pada aliran – aliran dibawah ini.

1. Aliran “Steady Uniform”

Bila :

a.  $\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{x}} \cdot \mathbf{V} = 0$  atau  $\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{x}} = 0$  atau  $\frac{\partial A}{\partial \mathbf{x}} = 0$

b.  $\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} = 0$  atau  $\frac{\partial Q}{\partial t} = 0$

sehingga :

$$\mathbf{a} = \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{x}} \cdot \mathbf{V} + \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t}$$

$$\boxed{\mathbf{a} = 0}$$

2. Aliran “Steady – Non Uniform”

Bila :

a.  $\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{x}} \cdot \mathbf{V} \neq 0$  atau  $\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{x}} \neq 0$  atau  $\frac{\partial A}{\partial \mathbf{x}} \neq 0$

b.  $\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} = 0$  atau  $\frac{\partial Q}{\partial t} = 0$

sehingga :

$$\mathbf{a} = \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{x}} \cdot \mathbf{V} + \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t}$$

$$\boxed{\mathbf{a} = \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{x}} \cdot \mathbf{V}}$$

3. Aliran “Unsteady – Uniform”

Bila :

a.  $\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{x}} \cdot \mathbf{V} = 0$  atau  $\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{x}} = 0$  atau  $\frac{\partial A}{\partial \mathbf{x}} = 0$

c.  $\frac{\partial V}{\partial t} \neq 0$  atau  $\frac{\partial Q}{\partial t} \neq 0$

sehingga :

$$\mathbf{a} = \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{x}} \cdot \mathbf{V} + \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t}$$

$$\mathbf{a} = \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t}$$

4. Aliran “Unsteady – non Uniform”

Bila :

a.  $\frac{\partial V}{\partial x} \cdot V \neq 0$  atau  $\frac{\partial V}{\partial x} \neq 0$  atau  $\frac{\partial A}{\partial x} \neq 0$

d.  $\frac{\partial V}{\partial t} \neq 0$  atau  $\frac{\partial Q}{\partial t} \neq 0$

sehingga :

$$\mathbf{a} = \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \mathbf{x}} \cdot \mathbf{V} + \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t}$$

Dari diagram aliran saluran terbuka terlihat bahwa “Steady uniform” atau “ Aliran seragam dan tetap”, masih terbagi-bagi dalam beberapa macam aliran lagi yaitu :

2. Laminer dan Turbulen

Pemisahan atau penggolongan aliran laminer dan turbulen ini tergantung dari besarnya angka Re (Reynold Number) nya.

$$\mathbf{R}_e = \frac{\mathbf{R V}}{\mathbf{v}} \dots\dots\dots (20)$$

dimana : V = kecepatan aliran.

R = jari – jari hidrolik / radius hydraulic.

v = kinematic viscosity / kekentalan kinematik.



$R_e$  = Reynold Number.

Meskipun batasan bilangan / angka Reynold untuk saluran terbuka belum sejelas seperti aliran dalam pipa dan masih banyak diperdebatkan, namun untuk keperluan praktis interval peralihan  $R$  untuk saluran – saluran terbuka dapat dianggap 500 – 2.000 (Chow – 1959).

- Laminer apabila  $R_e \leq 500$ .
- Turbulen apabila  $R_e \geq 2.000$ .

Dan akan terjadi aliran peralihan bila  $500 < R_e < 2.000$ , yaitu aliran dapat bersifat laminer tapi dapat pula bersifat turbulen.

3. Superkritik, Kritik dan Sub kritik.

Ketiga macam aliran ini (Super kritik, kritik, dan Sub kritik) termasuk kedalam aliran Steady Uniform Turbulen dan Laminer, dan dibedakan satu sama lain berdasarkan nilai dari “Bilangan Fraude / Fraude Number” atau  $Fr$ .

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot Y_n}} \dots\dots\dots (21)$$

dimana :  $V$  = Kecepatan aliran.

$G$  = gravitasi.

$Y_n$  = kedalaman hidrolis / perbandingan antara luas basah dan lebar puncak (muka air).

Batasan ketiga macam aliran ini adalah :

- Superkritik apabila  $Fr > 1$
- Kritik apabila  $Fr = 1$
- Subkritik apabila  $Fr < 1$

4. Rough Hydraulic dan Smooth Hydraulically.

Penggolongan aliran Rough Hydraulically dan Smooth Hydraulically ini tergantung dari besarnya nilai  $k$  (kekasaran dinding dasar saluran dalam mm), yaitu untuk :

- Rough Hydraulic / hidrolis kasar apabila  $k > 6,0$
- Smooth Hydraulic / hidrolis halus apabila  $k < 0,3$

Dimana :

$$\delta = \frac{11,6 \cdot v}{U^*} = \frac{11,6 \cdot v}{\sqrt{g R I}}$$

$\delta$  = the thickness laminair sub layer.

$\nu$  = tebal lapisan laminer bawah / didekat dasar saluran.

Apabila harga  $k$  berada diantara kedua harga batas tadi, maka akan terjadi aliran transisi.

$0,3 \delta < k < 6 \cdot \delta$ .....aliran transisi antara Rough Hydraulically dan smooth Hydraulically.

**Dari diagram aliran saluran terbuka didepan terlihat pula bahwa pada “Steady Non Uniform Flow” atau “ Aliran tidak seragam yang tetap” masih dapat dibagi dalam :**

a. Gradually Varied Flow / G.V.F.

Aliran yang berubah secara perlahan –lahan atau perubahan kedalam alirannya terjadi pada jarak yang cukup panjang.

b. Rapidly Varied Flow / R.V.F.

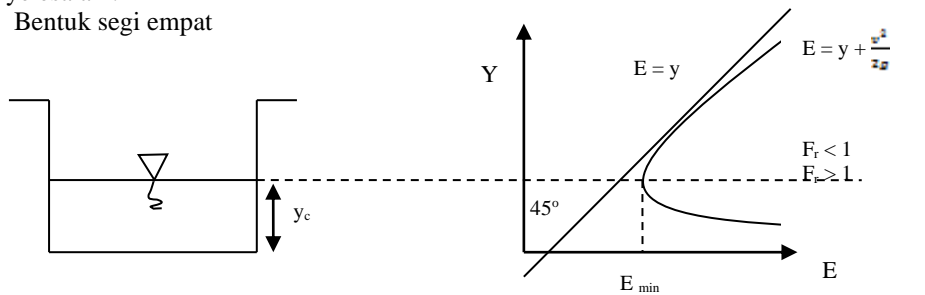
Aliran yang berubah secara mendadak atau tiba – tiba yaitu perubahan kedalam alirannya terjadi pada jarak yang sangat pendek, misal pada kejadian loncatan hidrolis dan penurunan hidrolis.

## 5. ENERGI ALIRAN

1. Sebutkan rumus-rumus dari 3 penampang saluran serta gambar juga dengan grafik energi vs  $y_c$ .

Penyelesaian :

a. Bentuk segi empat



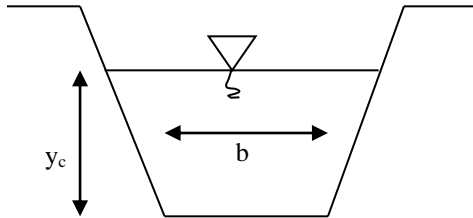
$$q = Q/b$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$$Fr = 1$$

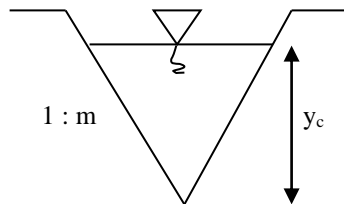
B. Bentuk trapesium



$$y_c^3 = \frac{Q^2 (b + 2m y_c)}{g (b + m y_c)^5}$$

Q = debit ( m<sup>3</sup>/det )  
 b = lebar dasar ( m )  
 1 : m = kemiringan melintang  
 y<sub>c</sub> = kedalaman kritis ( m )

C. Bentuk segi tiga



$$Y_c^5 = \frac{2 Q^2}{g m^2}$$

Q = debit ( m<sup>3</sup>/det )  
 g = gravitasi bumi ( 9,8 m/det<sup>2</sup> )  
 1 : m = kemiringan melintang

CONTOH SOAL Suatu saluran segi empat dengan lebar dasar 120m. Debit Q = 300 m<sup>3</sup>/det.

- Soal : a. Hitung kadalaman y<sub>c</sub>  
 b. gambar sketsa hubungan E vs y<sub>c</sub>  
 c. hitung E<sub>min</sub>.

Penyelesaian :

Dik : Q = 300 m<sup>3</sup>/det, b = 120 m

q = Q/b = 300/120 = 2,5 m<sup>3</sup>/det/m

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{2,5^2}{9,81}} = 0,861 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad E_{\text{min}} = \frac{3}{2} (0,861) = 1,3 \text{ m}$$

- D. Suatu saluran trapesium dengan kemiringan melintang 1 : 1,5. Debit aliran = 20 m<sup>3</sup>/det, lebar dasar b = 5 m, g = 9,81 m/det<sup>2</sup>.

- Soal : a. Hitung y<sub>c</sub>  
 b. gambar hubungan E vs y<sub>c</sub>

penyelesaian :

$$y_c^3 = \frac{Q^2 (b + 2m y_c)}{g (b + m y_c)^3}$$

$$y_c^3 = \frac{20^2 (5 + 2 \cdot 1,5 y_c)}{9,81 (5 + 1,5 y_c)^3}$$

$$y_c^3 (9,81) (5 + 1,5 y_c)^3 = 400 (5 + 3 y_c) \quad \text{--- cara trial & error}$$

E. Suatu saluran berbentuk segi tiga dengan kemiringan melintang 1 : 1,5,

$$Q = 4 \text{ m}^3/\text{det}, g = 9,81 \text{ m}/\text{det}^2$$

Soal : a.  $Y_c$   
b. sket

penyelesaian :

$$Y_c^5 = \frac{2 \cdot 4^2}{9,81 (1,5)^2} = 1,45 \text{ m} \quad \longrightarrow x = 1,1 \text{ m}$$

F. Suatu saluran terbuka berbentuk fungsi  $y = 1/6 x^2$ , seperti gambar di bawah ini. Jika  $Q = 3 \text{ m}^3/\text{det}$ , koefisien energi  $\alpha = 1$ ,  $g = 9,81 \text{ m}/\text{det}^2$ .

Soal : a. Hitung  $y_c$   
b. hitung  $V_c$   
c. gambar grafik

Penyelesaian :

$$\text{a. } y = \frac{1}{16} x^2 \quad \longrightarrow \quad x^2 = 16 y$$

$$x_{1,2} = \pm \sqrt{16 y} = \pm 4 \sqrt{y}$$

Luas basah A

$$A = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 4 \sqrt{y} \cdot y$$

$$= \frac{16}{3} \cdot y^{1/2} \cdot y$$

$$= \frac{16}{3} \cdot y^{3/2}$$

$$dA/dy = \frac{16}{3} \cdot \frac{3}{2} y^{1/2} = 8 y^{1/2}$$

$$dA = 8 y^{1/2} dy$$

Persamaan Energi

$$E = y + \frac{v^2}{2g}$$

$$dE/dy = 0 \quad \longrightarrow \quad y_c$$

$$E = y + \frac{Q^2}{A^2 2g} \quad \longrightarrow \quad A = f(y) ; Q = f(y)$$

$$dE/dy = \frac{dy}{dy} + \frac{Q^2}{2g} (-2A^{-3}) \frac{dA}{dy}$$

$$dE/dy = 1 + \frac{Q^2}{2g} (-2A^{-3}) (8 y^{1/2})$$

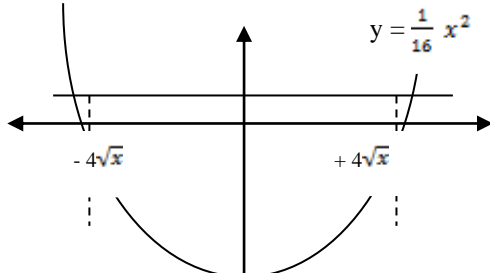
$$0 = 1 - \frac{Q^2 8 y^{1/2}}{g (\frac{16}{3} y^{3/2})} \quad \longrightarrow y_c = 0,4 \text{ m}$$

b. Hitung  $V_c$

$$A_c = \frac{16}{3} y_c^{3/2}$$

$$= \frac{16}{3} 0,4^{3/2} = 1,35 \text{ m}/\text{det}$$

c. Sket gambar



**G. Soal – Soal Penyelesaian Bab IV**

**Soal 1**

Apa saja aspek hidraulika pada drainase perkotaan?

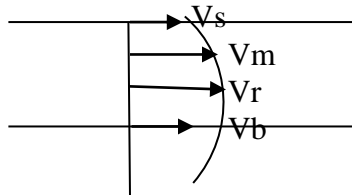
a. Kecepatan aliran ( $v$ ) ( $m/s$ )

$$v = c \cdot R^{1/2} \cdot S^{1/2} \dots \dots \dots (chezy)$$

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots \dots \dots (manning)$$

$$v = k \cdot R^{1/2} \cdot S^{1/2} \dots \dots \dots (strickler)$$

$$v = ay^2 + by + c$$

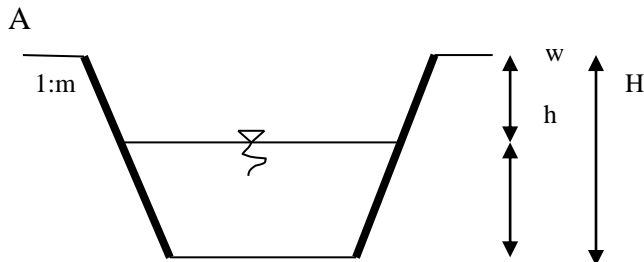


b. Debit aliran

$$Q = A \cdot Vr$$

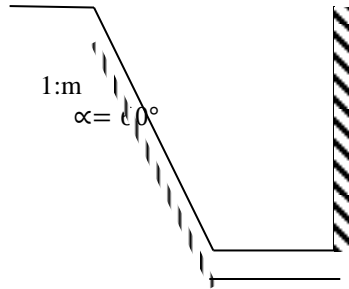
c. Dimensi dan bentuk bentuk saluran

- Punya pengaruh pada A

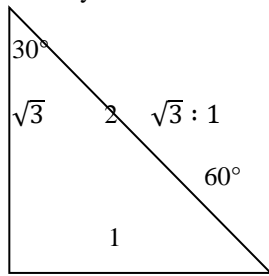


$$b=1,5h$$

$$\tan 60^\circ = \sqrt{3}$$



Pertanyaan:  $m=?$



$$\tan \alpha = \frac{\sqrt{3}}{1}$$

$$\sqrt{3} : 1$$

$$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} : \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$1 : \frac{1}{3}\sqrt{3}$$

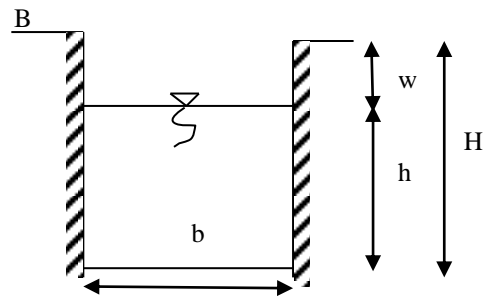
$$1 : 0,6 \dots\dots\dots m=0,6$$

$$A = b \cdot h + m \cdot h^2$$

$$P = b \cdot 2h\sqrt{m^2 + 1}$$

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

$$Q = A \cdot V$$



$$w = \frac{1}{3}h$$

$$H = h + w$$

$$H = \frac{4}{3}h$$

$$B = b + 2 \cdot m \cdot h$$

$$A = b \cdot h$$

$$P = b + 2 \cdot h$$

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

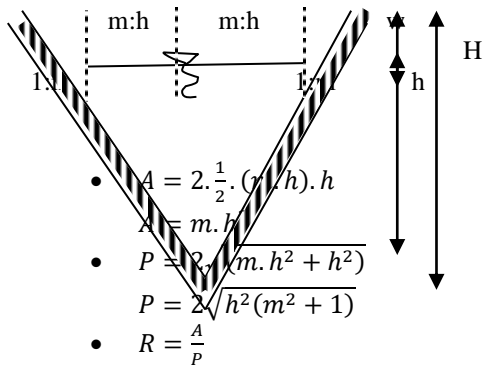
$$Q = A \cdot V$$

$$w = \frac{1}{3}h$$

$$H = \frac{4}{3}h$$

$$B = b$$

C.

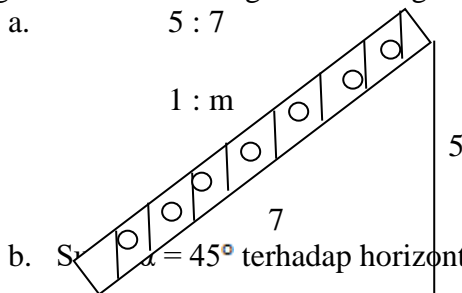


**Soal 2**

Hitung harga m untuk kemiringan melintang dari suatu aliran berikut:

a. 5 : 7

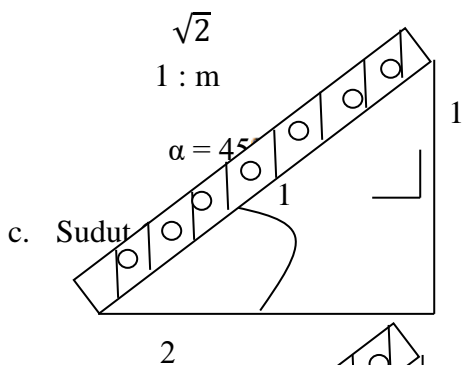
Jadi, m yaitu: 5 : 7



$$\frac{5}{5} : \frac{7}{5}$$

$$1 : 1,4 \rightarrow m = 1,4$$

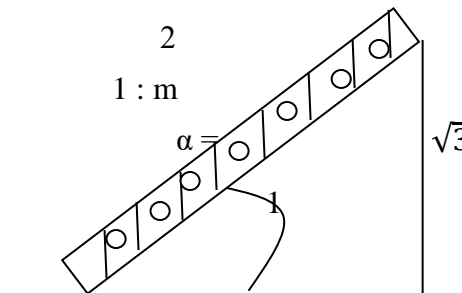
b. Sudut  $\alpha = 45^\circ$  terhadap horizontal



$$\tan \alpha = \frac{1}{1}$$

$$1 : 1$$

$$1 : m \rightarrow m = 1$$



Jadi, m yaitu:

$$\tan \alpha = \frac{\sqrt{3}}{1} = \sqrt{3}$$

$$\sqrt{3} : 1$$

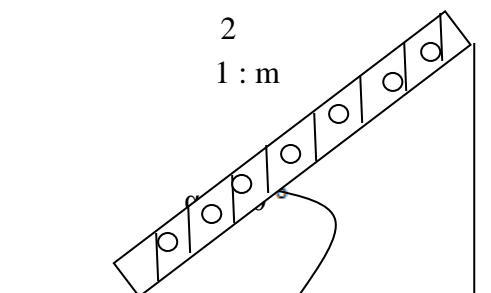
$$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$1 : \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}}$$

$$1 : \frac{1}{3} \sqrt{3} \rightarrow m = \frac{1}{3} \sqrt{3} =$$

0,6

d. Sudut  $30^\circ$  terhadap horizontal



Jadi, m yaitu:

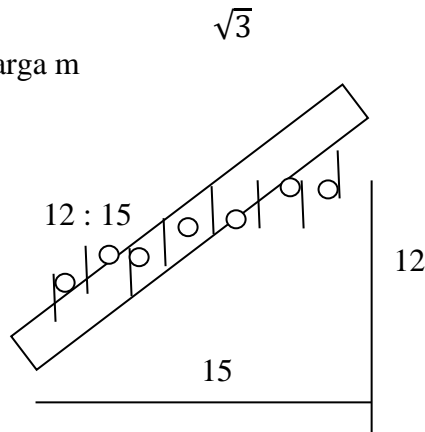
$$\tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$1 : \sqrt{3} \rightarrow 1 : m \rightarrow m = \sqrt{3} =$$

1,7



e. Harga m



Jadi, m yaitu:

$$12 : 15$$

$$\frac{12}{12} : \frac{15}{12}$$

$$1 : 1,25 \rightarrow m = 1,25$$

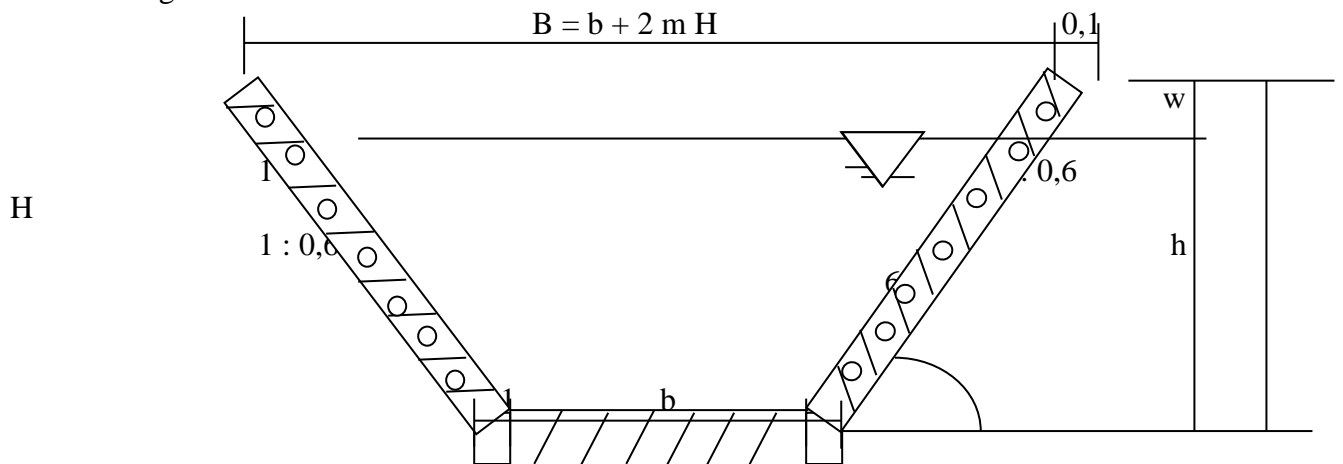
$$1 : 1,25 \rightarrow m = 1,25$$

**Soal 3**

Rencanakanlah saluran Drainase Perkotaan yang paling efektif, dengan diketahui debit aliran

$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{s} \text{ dan } v_{\text{aliran}} = 0,8 \text{ m/s.}$$

Dengan ketentuan



Ketebalan beton = 0,1 m

$$b = 1,5 h$$

$$H = h + w$$

$$B = b + 2 m H$$

$$W = \frac{1}{3} h$$

Pertanyaan:

- h = ?
- b = ?
- w = ?
- H = ?
- B = ?

Penyelesaian:

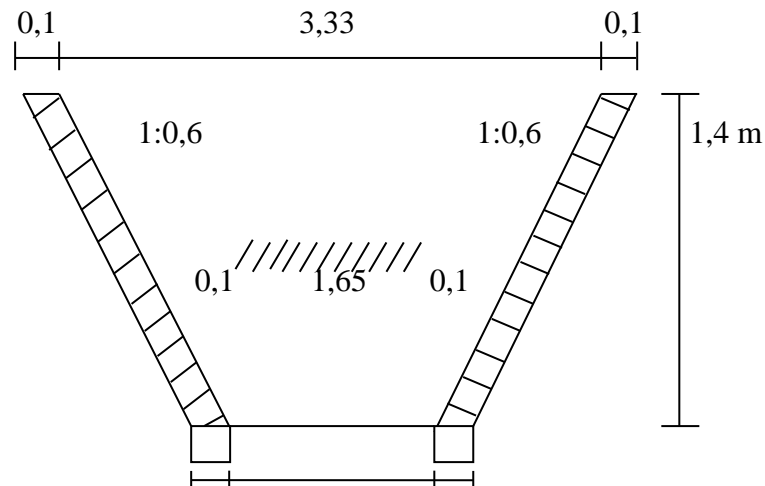
$$Q = A \times v$$

(A = fungsi dari dimensi)

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$b h + m h^2 = \frac{2}{0,8}$$

$$\begin{aligned}
 (1,5 h) h + 0,6 h^2 &= 2,5 \\
 2,1 h^2 &= 2,5 \\
 h^2 &= 2,5 \\
 h_1 &= + 1,09 \approx 1,1 \text{ m} \rightarrow \text{yang dipakai} \\
 h_2 &= - 1,09 \approx 1,1 \text{ m} \\
 \diamond h &= 1,1 \text{ m} \\
 w &= \frac{1}{3}h \\
 w &= \frac{1}{3}(1,1) = 0,3 \text{ m} \\
 H &= h+w = 1,1 + 0,3 = 1,4 \text{ m} \\
 b &= 1,5h = 1,5 (1,1) = 1,65 \text{ m} \\
 B &= b+2.mH = 1,65+2(0,6)(1,4) = 3,33 \text{ m}
 \end{aligned}$$



**Soal 4**

Apa yang disebut Energi Aliran suatu open channel (Drainase) ?

- Uraikan rumusnya dan hal-hal yang berkaitan dengan formula tersebut?
- Sket Gambar dan lain-lain

a) Suatu OCF berbentuk segiempat dengan ketinggian aliran  $h$  atau  $y$

meter  $\rightarrow$  punya energy sebesar :  $E=y+\alpha \cdot \frac{V^2}{2g}$

Keterangan :

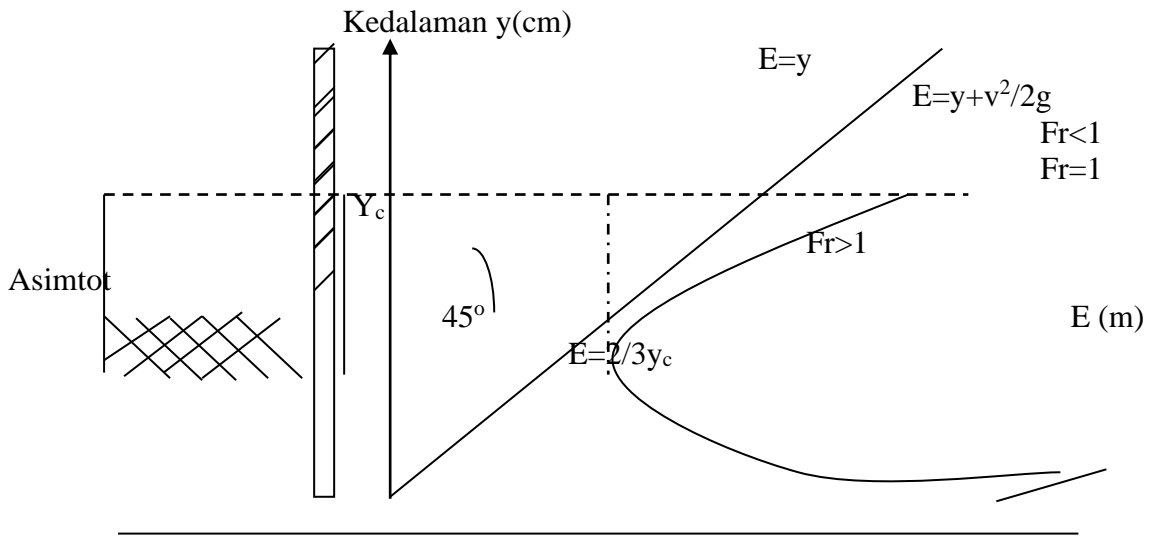
$E$  = energy aliran (m)

$\alpha$  = koefisien cosiolis (energi) = 0 s/d  $1,36 \approx 1$

$V^2$  = kecepatan aliran (m/s)

$g$  = gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

b. Grafik energi E vs kedalaman y



**Soal 5**

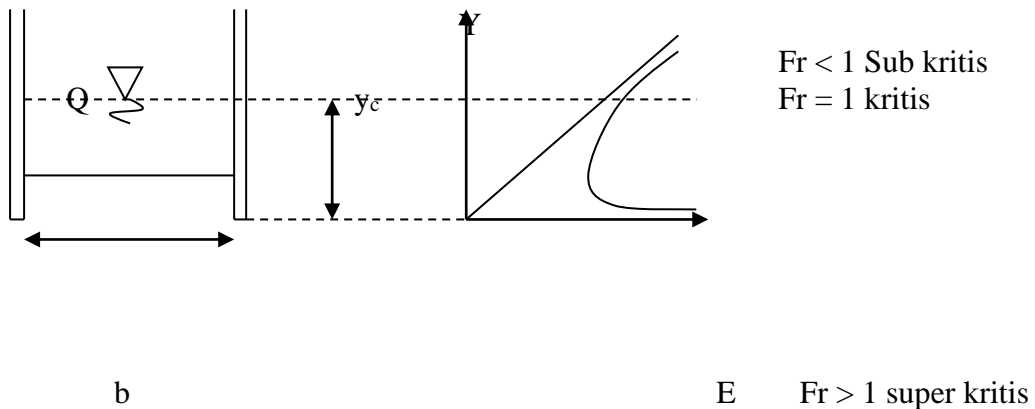
Tulis  $y_c$  dari berbagai bentuk saluran Drainase Perkotaan dan Jelaskan itu apa  $y_c$ .....?

Jawab:

1.  $\frac{dE}{dy} = 0$  diperoleh  $\rightarrow E_{min} \rightarrow Y_c$

Turunan persamaan  $E =$  Energi aliran terhadap  $Y$  (kedalaman) sama dengan 0 di peroleh  $Y_c$ .

2. Berbagai dimensi dan bentuk OCF drainase sebagai berikut:



$$a.) K = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$q = Q/b$$

$$b.) \frac{V}{\sqrt{g \cdot y}} = Fr = 1$$

$$c.) y_n = \sqrt[3]{\frac{q^2}{c^{2.5}}}$$

Ket : Q = Debit (m<sup>3</sup>/s)

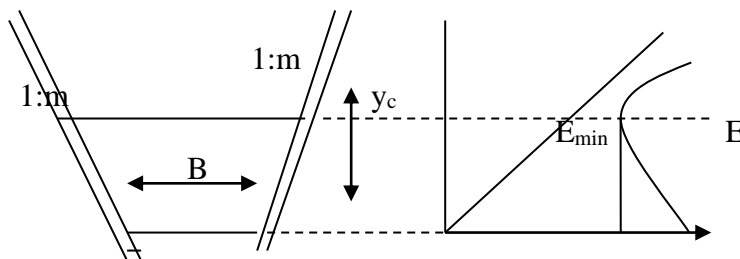
q = debit / lebar saluran (m<sup>3</sup>/s/m')

V = kecepatan (m/s)

G = gravitasi

Fr = Froude Number = angka Froude

### 3. Trapesium



Fr < 1 sub kritis  
Fr = 1 kritis  
Fr > 1 super kritis

$$bY_c^3 = \frac{\alpha \cdot Q^2 (b + 2m \cdot y_c)}{g (b + m \cdot y_c)^3}$$

Ket : Q = Debit (m<sup>3</sup>/s)

B = lebar saluran (m)

M = kemiringan melintang ( 1:n)

y<sub>c</sub> = kedalaman kritis (m)

### Soal 6

Efek muka air dari berbagai slope open channel saluran Drainase Perkotaan. Dari saluran drainase perkotaan berbentuk segiempat, panjang debit Q yang mengalir yaitu 30 m<sup>3</sup>/s. Lebar saluran = b = 7,5 m

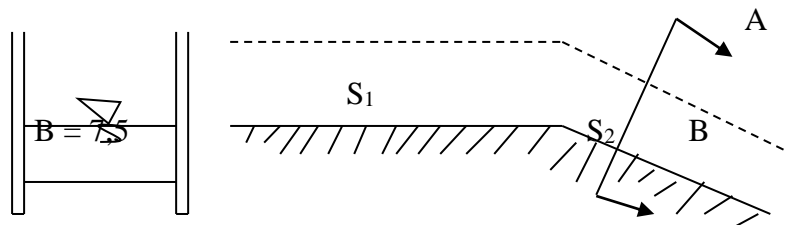
Slope Dasar I = S<sub>1</sub> = 0,0025

Slope Dasar II = S<sub>2</sub> = 0,225

C = C = 60 m<sup>2</sup>/s

Jawab :

A) Potongan A-A



Pertanyaan : 1.) Hitung  $Y_{normal\ 1} = Y_{n1}$  !

$Y_{normal\ 2} = Y_{n2}$  !

2.) Hitung  $Y_c = Y_{critis}$

$$1) \ * \ Y_{n1} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{c^{2,5}}} \rightarrow q = \frac{Q}{b} = \frac{30}{7,5} = 4 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}'$$

$$\text{Jadi, } Y_{n1} = \sqrt[3]{\frac{4^2}{60^2 \cdot 0,0025}}$$

$$Y_{n1} = 1,21 \text{ m}$$

$$* \ Y_{n2} = \sqrt[3]{\frac{4^2}{60^2 \cdot 0,0225}}$$

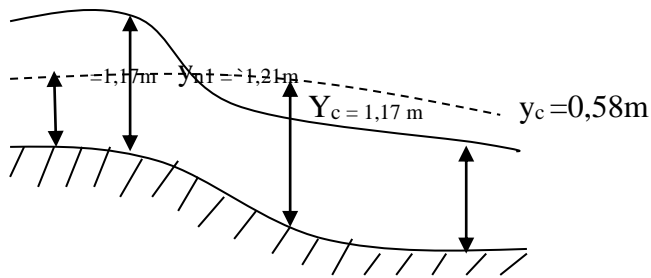
$$Y_{n2} = 0,58 \text{ m}$$

$$* \ Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{4^2}{9,81}}$$

$$= 1,17 \text{ m}$$

2) Sket Gambar



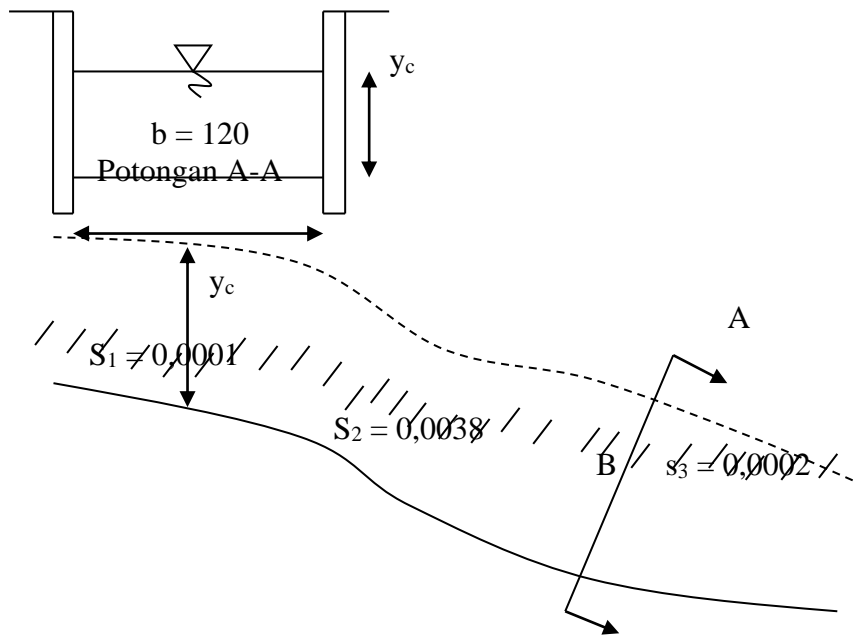
Garis peninggi dari slope 1 ke slope 2

### Soal 7

Suatu saluran drainase mempunyai bentuk segiempat dengan  $b = 120 \text{ m}$ , mengalirkan

debit  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $C_{saluran} = 52 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$  dengan :

Slope 1 ,  $S_1 = 0,0001$  ; Slope 2 ,  $S_2 = 0,0038$  ; Slope 3 ,  $S_3 = 0,0002$



Pertanyaan:

Hitung :  $y_{n1} = ?$  ;  $y_{n2} = ?$  ;  $y_{n3} = ?$  ;  $y_{nc} = ?$  ; Sket gambar garis muka air atau garis peninggi

Jawab:

- $Y_{n1} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{c^2 s_1}}$       $q = \frac{Q}{b} = \frac{300}{120} = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Jadi,  $y_{n1} = \sqrt[3]{\frac{2,5^2}{25^2 \cdot 0,0001}}$

$Y_{n1} = 2,85 \text{ m}$

- $Y_{n2} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{c^2 s_2}}$

Jadi,  $y_{n2} = \sqrt[3]{\frac{2,5^2}{52^2 \cdot 0,0038}}$

$Y_{n2} = 0,85 \text{ m}$

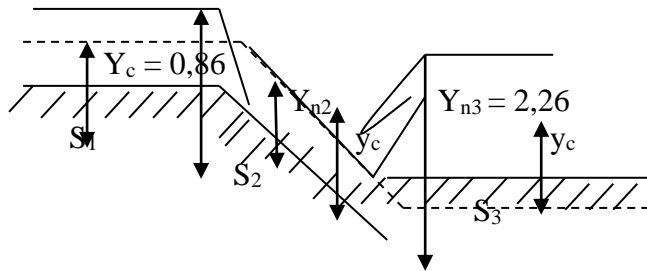
- $Y_{n3} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{c^2 s_3}}$

Jadi,  $y_{n3} = \sqrt[3]{\frac{2,5^2}{52^2 \cdot 0,0002}}$

$Y_{n3} = 2,26 \text{ m}$

- $Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$

$$\text{Jadi, } y_c = \sqrt[3]{\frac{2,5^2}{9,81}} \\ = 0,86 \text{ m}$$



Gb. GARIS PENINGGI dari S<sub>1</sub> ke S<sub>2</sub> ke S<sub>3</sub>

### Soal 8

Apa yang disebut Energi Aliran suatu open channel (Drainase) ?

- Uraikan rumusnya dan hal-hal yang berkaitan dengan formula tersebut?
- Sket Gambar dan lain-lain

c. Suatu OCF berbentuk segiempat dengan ketinggian aliran h atau y meter → punya energy sebesar :  $E = y + \alpha \cdot \frac{V^2}{2g}$

Keterangan :

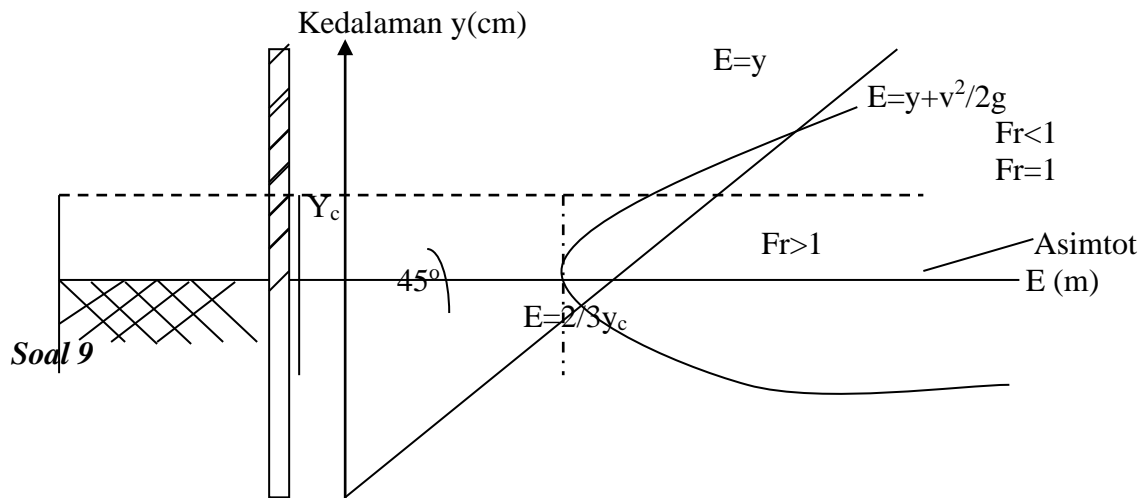
E = energy aliran (m)

$\alpha$  = koefisien cosiolis (energi) = 0 s/d 1,36  $\approx$  1

$V^2$  = kecepatan aliran (m/s)

g = gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

d. Grafik energi E vs kedalam y



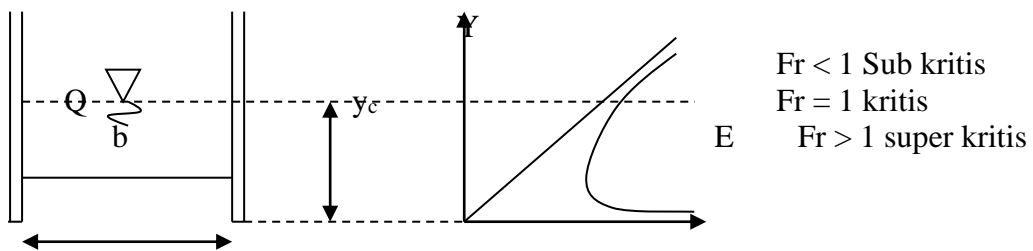
Tulis  $y_c$  dari berbagai bentuk saluran Drainase Perkotaan dan Jelaskan itu apa  $y_c$ .....?

Jawab:

4.  $\frac{dE}{dy} = 0$  diperoleh  $\rightarrow E_{min} \rightarrow Y_c$

Turunan persamaan  $E =$  Energi aliran terhadap  $Y$  (kedalaman) sama dengan 0 di peroleh  $Y_c$ .

5. Berbagai dimensi dan bentuk OCF drainase sebagai berikut:



$$K = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$q = Q/b$$

d.)  $\frac{V}{\sqrt{g \cdot y}} = Fr = 1$

e.)  $y_n = \sqrt[3]{\frac{q^2}{c^2 \cdot 5}}$

Ket : Q = Debit ( $m^3/s$ )

q = debit / lebar saluran ( $m^3/s/m'$ )

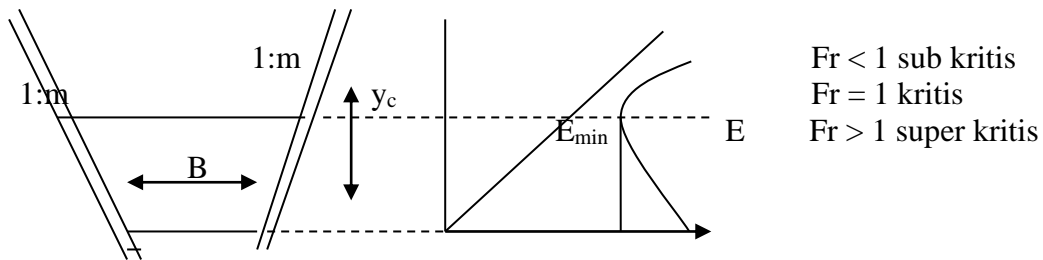
V = kecepatan (m/s)

G = gravitasi

Fr = Froude Number = angka Froude



## 6. Trapezium



$$a) Y_c^3 = \frac{\alpha \cdot Q^2 (b + 2m \cdot y_c)}{g (b + m \cdot y_c)^3}$$

Ket :  $Q = \text{Debit (m}^3/\text{s)}$

$B = \text{lebar saluran (m)}$

$M = \text{kemiringan melintang ( 1:n)}$

$y_c = \text{kedalaman kritis (m)}$

### Soal 10

Efek muka air dari berbagai slope open channel saluran Drainase Perkotaan. Dari saluran drainase perkotaan berbentuk segiempat, panjang debit  $Q$  yang mengalir yaitu  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ . Lebar saluran =  $b = 7,5 \text{ m}$

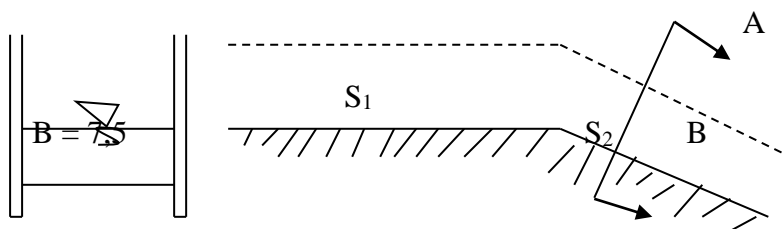
Slope Dasar I =  $S_1 = 0,0025$

Slope Dasar II =  $S_2 = 0,225$

$C = C = 60 \text{ m}^2/\text{s}$

Jawab :

B) Potongan A-A



Pertanyaan : 1.) Hitung  $Y_{\text{normal 1}} = Y_{n1}$  !

$Y_{\text{normal 2}} = Y_{n2}$  !

2.) Hitung  $Y_c = Y_{\text{critis}}$

$$3) * Y_{n1} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{c^2 \cdot S_1}} \rightarrow q = \frac{Q}{b} = \frac{30}{7,5} = 4 \text{ m}^3/\text{s/m}'$$

$$\text{Jadi, } Y_{n1} = \sqrt[3]{\frac{4^2}{60^2 \cdot 0,0025}}$$

$$Y_{n1} = 1,21\text{m}$$

$$* Y_{n2} = \sqrt[3]{\frac{4^2}{60^2 \cdot 0,0225}}$$

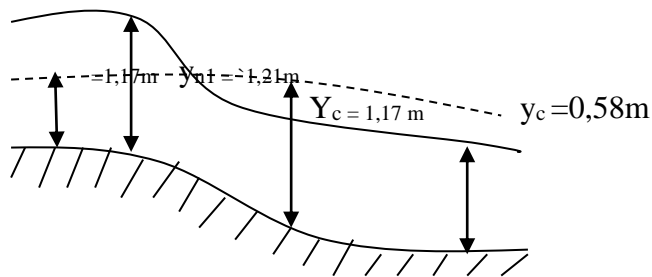
$$Y_{n2} = 0,58\text{ m}$$

$$* Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{4^2}{9,81}}$$

$$= 1,17\text{ m}$$

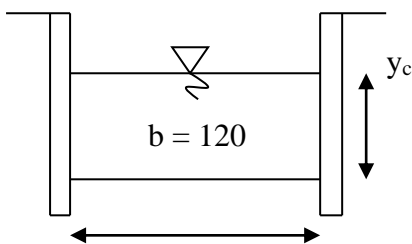
4) Sket Gambar



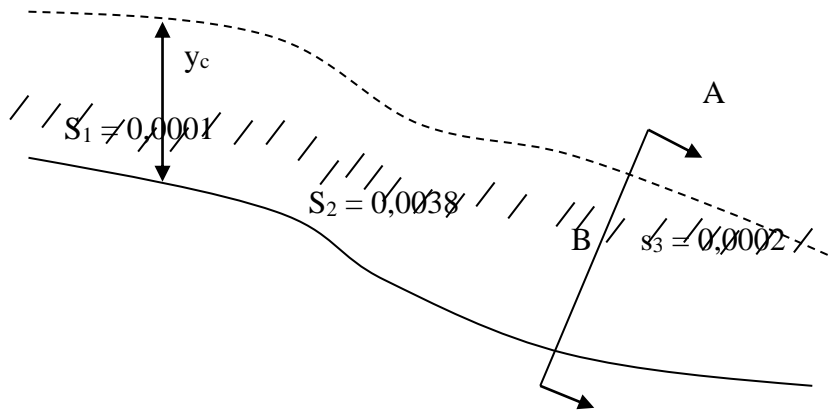
Garis peninggi dari slope 1 ke slope 2

**Soal 11**

Suatu saluran drainase mempunyai bentuk segiempat dengan  $b = 120\text{ m}$ , mengalirkan debit  $Q = 300\text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_{\text{saluran}} = 52\text{ m}^{1/2}/\text{s}$  dengan :  
 Slope 1 ,  $S_1 = 0,0001$  ; Slope 2 ,  $S_2 = 0,0038$  ; Slope 3 ,  $S_3 = 0,0002$



Potongan A-A



Pertanyaan:

Hitung :  $y_{n1} = ?$  ;  $y_{n2} = ?$  ;  $y_{n3} = ?$  ;  $y_{nc} = ?$  ; Sket gambar garis muka air atau garis peninggi

Jawab:

- $Y_{n1} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{c^2 s_1}}$        $q = \frac{Q}{b} = \frac{300}{120} = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Jadi,  $y_{n1} = \sqrt[3]{\frac{2,5^2}{25^2 \cdot 0,0001}}$

$Y_{n1} = 2,85 \text{ m}$

- $Y_{n2} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{c^2 s_2}}$

Jadi,  $y_{n2} = \sqrt[3]{\frac{2,5^2}{52^2 \cdot 0,0038}}$

$Y_{n2} = 0,85 \text{ m}$

- $Y_{n3} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{c^2 s_3}}$

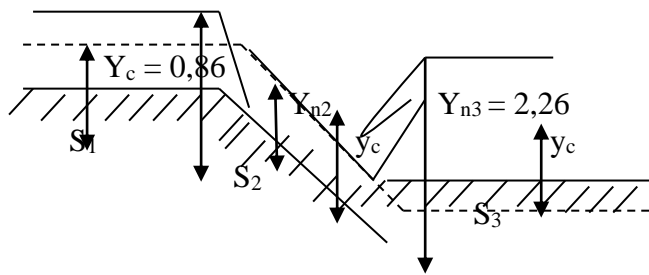
Jadi,  $y_{n3} = \sqrt[3]{\frac{2,5^2}{52^2 \cdot 0,0002}}$

$Y_{n3} = 2,26 \text{ m}$

- $Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$

Jadi,  $y_c = \sqrt[3]{\frac{2,5^2}{9,81}}$

$= 0,86 \text{ m}$



Gb. 1.7 GARIS PENINGGI dari  $S_1$  ke  $S_2$  ke  $S_3$

## **BAB V**

### **PERANCANGAN DRAINASE**

#### **5.1. DATA PERANCANGAN**

Untuk memulai suatu perancangan system drainase perlu dikumpulkan data-data perancangan terlebih dahulu, yaitu data-data penunjang sehingga hasil perencanaan dapat dipertanggungjawabkan.

Data data tersebut dapat dirangkum antara lain :

**a. Data permasalahan**

- Lokasi Genangan
- Lama Genangan.
- Tinggi Genangan.
- Besarnya kerugian.

**b. Data topografi :**

Peta Topografi Skala 1 : 25.000

Peta Topografi Skala 1 : 50.000

Biasanya tersedia di BAKOSURTANAL = Badan Koordinasi Survey Dan Pemetaan Nasional.

Peta dalam skala lebih kecil terkadang diperlukan yaitu peta dengan skala sbb:

Peta Topografi Skala 1 : 1.000

Peta Topografi Skala 1 : 2.000

**c. Data Tataguna Lahan.**

Berkaitan dengan besarnya Aliran permukaan.

besarnya Aliran permukaan mempengaruhi besarnya aliran drainase.

Besar Aliran permukaan = Besarnya aliran air hujan dikurangi dengan aliran air yang meresap ke dalam tanah.

Koefisien Larian = Prosentase besarnya air yang mengalir.

Contoh : Beton akan mengalirkan seluruh air hujan yang jatuh di atasnya, atau koefisien lariannya adalah 1.

Lahan berpasir akan menyerap sebagian besar air yang jatuh di atasnya, atau koefisien lariannya dapat diperkirakan = 0,1.

**d. Jenis Tanah.**

Tiap daerah mempunyai jenis tanah yang berbeda-beda, KJenis tanah di suatu daerah dapat berupa tanah lempung, berpasir, kapur dan sebagainya. Tujuan wawasan tentang hal ini adalah untuk mengetahui seberapa besar daya serap tanah tersebut terhadap air.

**e. Master Plan.**

Master Plan Drainase haruslah mengacu pada master plan kota, Master plan kota dapat diperoleh dari pemda setempat.

**f. Data Prasarana dan Utilitas**

Data Prasarana dan Utilitas kota lainnya, disamping system jaringan drainase adalah system jalan raya, pipa air minum, pipa gas, kabel listrik, telpon, dan sebagainya. Dengan mengetahui system-sistem jaringan yang lain diharapkan system jaringan drainase tidak menimbulkan masalah di kemudian hari.

Contoh : jangan membuat saluran drainase pada , atau di jalur yang terdapat kabel telpon, atau di jalur yang ada tiang listriknya.

**g. Biaya.**

Berbeda dengan jalan TOL, yang dapat mendatangkan keuntungan setelah jadi, jaringan drainase tidak memberikan keuntungan secara langsung. Maka tidak ada investor yang mau menanamkan modalnya untuk proyek drainase. Meskipun drainase sangat diperlukan untuk keperluan umum, dirasakan sangat perlu, tetapi tidak mungkin biaya pembangunannya ditanggung oleh masing-masing masyarakat. Maka pemerintahlah yang mempunyai kewajiban menyediakan dana untuk pembangunan proyek drainase.

Dana dapat diperoleh dari :

- Loan Luar Negeri.
- Dana dari APBN yang dianggarkan tiap tahun.

Bila informasi tersebut diperoleh, maka pembangunan system drainase harus mengikuti ketersediaan anggaran biaya yang ada.

**h. DATA Kependudukan.**

Bisa diperoleh di Pusat Statistik. Satu seri data selama beberapa tahun terakhir, bermanfaat untuk memperkirakan pertumbuhan penduduk beberapa tahun mendatang sesuai jangka waktu perancangan. Selain JUMLAH, juga LOKASI penduduk penting untuk diketahui. Data ini dimaksud untuk menghitung Jumlah Air buangan., Dalam dimensi saluran, disaat musim kemarau.

**i. Kelembagaan.**

Instansi Pemerintah yang terkait dengan Sistem Drainase, khususnya pada saat pemeliharaan dan pengoperasian.

Permasalahan yang ada adalah : Berapa jumlah personil yang dimiliki, tingkat pendidikan yang ada dari personil tersebut, apa jabatan personel-personel tersebut, bagaimana posisinya dalam struktur organisasi yang ada?

Dengan hasil perancangan system drainase, apabila telah dilaksanakan, diperlukan suatu organisasi yang menangani baik dalam mengelola, mengoperasikan dan memelihara.

**j. Peraturan.**

Semua peraturan yang berkaitan dengan Drainase Perkotaan. Yang sudah ada di daerah tersebut. Contoh : Perda tentang Drainase, sampah dsb. Kemudian ditinjau lagi apakah peraturan tersebut sudah memadai atau belum, dengan system drainase yang direncanakan.

**k. Aspirasi Pemerintah dan Peran Serta Masyarakat.**

Dengan mengetahui aspirasi pemerintah daerah, antara lain berdiskusi dengan instansi terkait dan Pemda, perencanaan Drainase perancangan system drainase akan lebih terarah dan mencapai sasaran. Peran serta masyarakat dapat diperoleh dengan mengadakan dialog, dengan masyarakat yang menderita akibat genangan, khususnya dengan tokoh-tokoh masyarakat yang mewakili kepentingan masyarakat.

**l. Data Sosial Ekonomi.**

Dapat diperoleh dari Biro Statistik atau Kantor Kalurahan., Tujuannya adalah untuk menghindari timbulnya masalah-masalah social ekonomi masyarakat, apabila saluran drainase dibangun di kemudian hari.

Contoh : Hindari menempatkan saluran induk di tengah-tengah daerah padat penduduk, yang mengakibatkan pengrusakan dalam jumlah besar.

**m. Kesehatan Lingkungan Pemukiman.**

Tujuan dibangunnya saluran drainase adalah untuk kesehatan lingkungan masyarakat, jangan sampai yang terjadi sebaliknya.

Contoh : Dengan dibangunnya saluran drainase, pada musim kemarau menimbulkan bau yang tidak sedap, atau saluran drainase meningkatkan populasi nyamuk.

**n. Banjir Kiriman.**

Perlu diantisipasi dalam perancangan, atau dikoordinasikan dengan instansi lain yang menangani masalah tersebut.

**o. Peta Situasi dan Pengukuran Jalur Saluran.**

Penempatan saluran Kwartir dan Tersier diperlukan peta situasi dalam skala besar misal : 1 : 1000. Pada peta sudah digambarkan rumah-rumah dan jalan serta kenampakan-kenampakan lain yang penting.

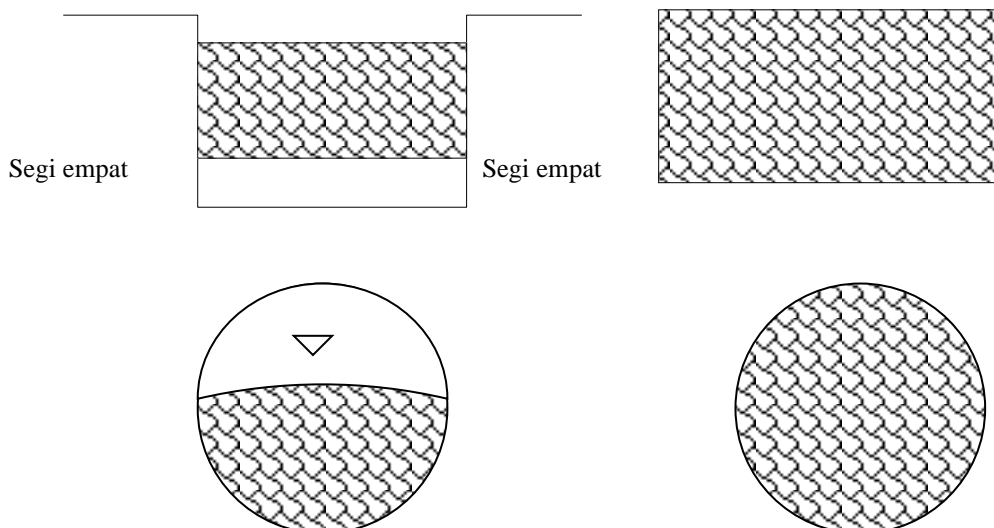
Setelah jalur saluran ditentukan, dilakukan lagi pengukuran jalur saluran baik dalam arah memanjang, maupun melintang. Arah melintang tiap jarak 50 meter, dengan batas pengukuran ke kiri dan ke kanan sejauh yang diperlukan.

- p. Data Tanah :  
Bila di atas dibahas tentang jenis tanah, disini membahas tentang tanah dari segi kekuatannya .  
Terutama tanah yang diperlukan khusus untuk jembatan misalnya.
- q. Data Hujan.  
Diperoleh dari Dinas Meteorologi dan geofisika atau Stasiun Pengamat Hujan.  
Yang perlu dikumpulkan adalah minimal data curah hujan harian selama 10 tahun atau lebih. Data ini digunakan untuk menghitung DEBIT RENCANA.
- r. Data Bahan bangunan.  
Cari informasi bahan bangunan yang mudah diperoleh dan murah untuk kepentingan pemilihan jenis bangunan pada desain saluran dan bangunan.

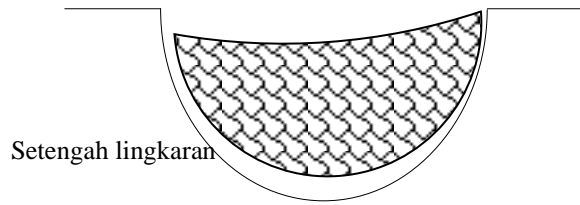
Efektifitas Penggunaan dari berbagai bentuk penampang saluran drainase yang dikaitkan dengan fungsi saluran adalah sebagai berikut :

1. Bentuk Trapesium.  
Saluran Drainase bentuk trapezium pada umumnya dari tanah. Tapi dimungkinkan juga bentuk ini dari pasangan. Saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan berfungsi untuk pengaliran air hujan, air rumah tangga, maupun air irigasi.
2. Bentuk Empat Persegi Panjang.  
Tidak banyak membutuhkan ruang. Sebagai konsekwensinya saluran harus dari pasangan batu atau beton.  
Berfungsi untuk saluran air hujan, air rumah tangga, irigasi.
3. Bentuk Lingkaran, Parabol, Bulat telur.  
Berupa saluran dari pasangan atau kombinasi pasangan pipa beton. Memudahkan pengangkutan sediment.  
Berfungsi : Saluran air hujan, air rumah tangga, irigasi.
4. Bentuk Tersusun.  
Dapat berupa dari tanah atau pasangan. Tampang saluran yang bawah berfungsi mengalirkan air rumah tangga, pada kondisi tidak ada air hujan, apabila terjadi hujan, maka kelebihan air dapat ditampung pada saluran bagian atas.

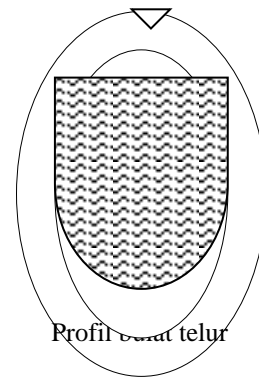
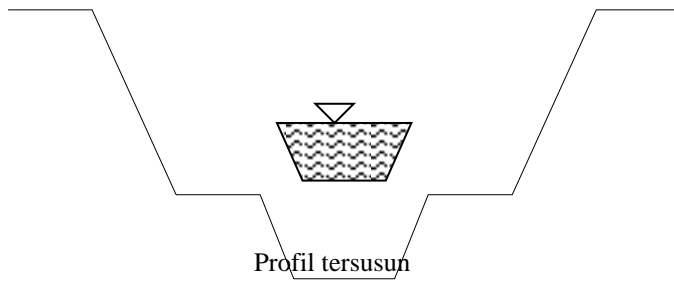
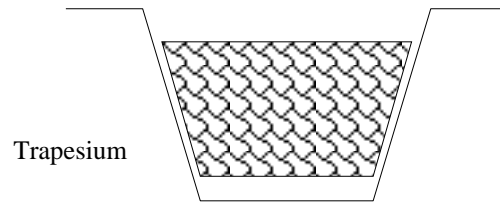
## 5.2. BENTUK-BENTUK PENAMPANG MELINTANG SALURAN DRAINASE



Bulat tidak penuh



Bulat penuh





### 5.3. CONTOH SOAL PENYELESAIAN BAB V

#### Soal 1 :

Data Curah Hujan Untuk Analisa dan Debit Saluran Drainase Urutan rumus yang ada:

1. Data hujan max tahunan (min 15 tahun)

2. Cari  $\bar{X}$  = rata-rata hujan

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \rightarrow \text{dimana } n = \text{jumlah data}$$

3. Standart devisiasi

$$S_x = \sigma_x \rightarrow S_x = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

5. Intensitas rancangan  $I_T$

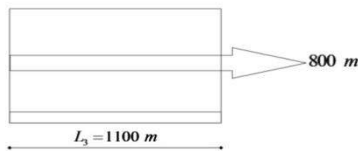
$$I = \frac{X_T}{24} \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \rightarrow \text{Dr. Monobe}$$

T = 2,5,10,15,25,50,100 tahunan

$t_c$  = waktu konsentrasi

$t_c = t_0 + t_1$

$t_0$  = waktu yang d butuhkan aliran air hujandi titik terjauh dari input saluran C ke A



$$t_0 = \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan}} = \frac{L_1}{V_0}$$

$V_0$  = dari data pengukuran, data lapangan

$V_0$  = kec.aliran air hujan diatas tanah

$V_0 \approx 0,10 - 0,15 \text{ m/s}$  aliran air di saluran drainase

$V_{\text{saluran}}$  = dari table tergantung dari S

$T_1$  = waktu yang dibutuhkan

$$t_1 = \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan}} = \frac{L_1}{V_0}$$

6.  $Q = \beta.C.I.A$

Dimana =

- Q = debit hujan  $\text{m}^3/\text{s}$
- B = Angka penyebaran hujan (table)
- C = Koefisien pengaliran (table)
- I = Intensitas monobe
- A = Luas Catchment

## PERANCANGAN SALURAN DRAINASE

### Soal 2

Sebutkan urutan rumusan perancangan debit hujan Q mulai dari data hujan

1. Data hujan max tahunan (min 15 tahun)
2. Cari  $\bar{X}$  = rata-rata hujan  

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \rightarrow \text{dimana } n = \text{jumlah data}$$

3. Standart devisiasi

$$S_x = \sigma_x \rightarrow S_x = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}$$

4. Curah hujan rancangan

$X_T$  T= 2,5,10,15,25,50,100 tahunan

$$X_T = \bar{x} + (y_t - y_n) \frac{S_x}{S_n}$$

$Y_t$  = tabel  $\rightarrow$  tergantung T

$Y_n$  = table  $\rightarrow$  tergantung n

$S_n$  = table  $\rightarrow$  tergantung n

5. Intensitas rancangan  $I_T$

$$I = \frac{X_T}{24} \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \rightarrow \text{Dr. Monobe}$$

T= 2,5,10,15,25,50,100 tahunan

$t_c$  = waktu konsentrasi

$t_c = t_o + t_1$

$t_o$  = waktu yang d butuhkan aliran air hujandi titik terjauh dari input saluran C ke A

$$t_o = \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatn}} = \frac{L_1}{V_o}$$

$V_o$  = dari data pengukuran, data lapangan

$V_o$  = kec.aliran air hujan diatas tanah

$V_o \approx 0,10 - 0,15 \text{ m/s}$  aliran air di saluran drainase

$V_{\text{saluran}}$  = dari table tergantung dari S

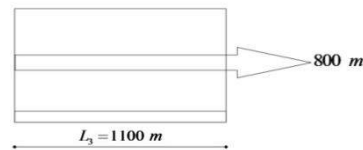
T1 = waktu yang dibutuhkan

$$t_1 = \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatn}} = \frac{L_1}{V_o}$$

6.  $Q = \beta.C.I.A$

Dimana =

- Q = debit hujan  $\text{m}^3/\text{s}$
- B = Angka penyebaran hujan (table)
- C = Koefisien pengaliran (table)
- I = Intensitas monobe
- A = Luas Catchmen



**Soal 3**

Suatu data hujan 20 tahunan, analisislah sampai dengan Q hujan perancangan T = 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan

No	Tahun	Hujan (mm) X	$\sum (x - \bar{x})^2$
1	1980	52	615.04
2	1981	62	219.04
3	1982	66	116.64
4	1983	74	7.84
5	1984	108	973.44
6	1985	84	51.84
7	1986	119	1780.84
8	1987	84	51.84
9	1988	56	432.64
10	1989	69	60.84
11	1990	67	96.04
12	1991	75	3.24
13	1992	55	475.24
14	1993	71	33.64
15	1994	68	77.44
16	1995	84	51.84
17	1996	96	368.84
18	1997	99	492.84
19	1998	57	392.04
20	1999	90	174.24
		$\sum x = 1536$	$\sum = 6475,2$

I2 = 25,65 mm/jam  
 I5 = 32,57 mm/jam  
 I10 = 37,16 mm/jam

- $\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{1536}{20} = 76,8mm$
- $S_x = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{6475,2}{20 - 1} = 18,46$
- Menghitung hujan rancangan  $X_T$

$$X_T = \bar{x} + (y_t - y_n) \frac{S_x}{S_n}$$

$$n = 20 \rightarrow Y_n = 0,5236 ; S_n = 1,0628$$

$$t = 2 \text{ thn} \rightarrow Y_t = 0,3665$$

$$X_{2thn} = 76,8 + (0,3665 - 0,5236) \frac{18,46}{1,0628} = 74,07$$

$$X_{5thn} = 93,65mm$$

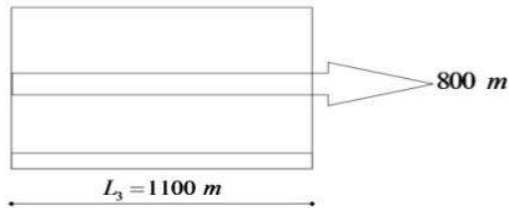
$$X_{10thn} = 106,82mm$$

- Mencari intensitas rancangan

$$I = \frac{X_T}{24} \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \quad \text{I2, I5, I10}$$

dengan  $t_c = 0,9$  jam

Didapat hasil dengan memasukkan data kerumus sbb:



5. Menghitung  $Q$  hujan rancangan angka penyebaran  $\beta = 1$  koefisien limpasan  $C = 0,95$  luas area  $A = (800.1100) \text{ m}^2$ .

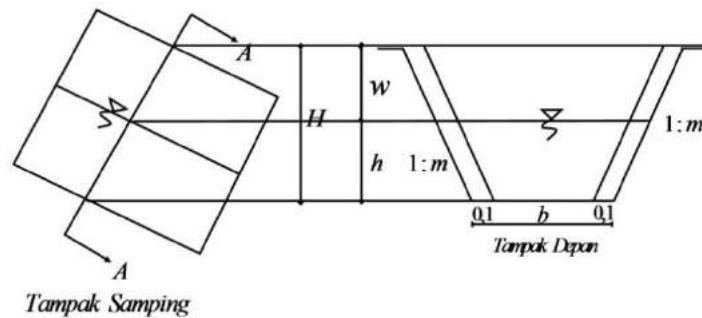
$$Q_{2\text{tahun}} = \beta \cdot I_2 \cdot A = 1,0 \cdot 95 \cdot \frac{25,65 \times 10^3}{3600} \cdot (800.1100) = 5,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Analog  $Q_5 = 7,56 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $Q_{10} = 8,6 \text{ m}^3/\text{s}$

Soal III

Jika  $Q$  rancangan hujan diketahui :  $Q_2 = 5,9 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $Q_5 = 7,56 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $Q_{10} = 8,6 \text{ m}^3/\text{s}$

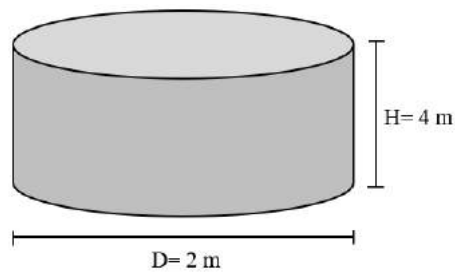
Berikan urutan perancangan saluran drainase tersebut dengan bentuk trapesium



Jawab:  $Q = A.V \rightarrow A = \frac{Q}{V} = \frac{5,9}{1} = 5,9 \text{ m}^2$  dimana  $A = bh + mh^2$

## BAB VI SISTEM RESAPAN PADA HIGH RISK BUILDING & PENGERTIAN ROW (DMJ) DAN GSB

### Pembuatan Sumur Resapan Beton Bentuk Silinder



Pada lokasi lahan High Risk Building di Jakarta

Data Hujan:

#### 1. Log Normal

Periode Ulang	$X_T$
2	84
5	142
10	187
25	235
50	304
100	362

#### 2. Van Breen

Durasi (menit)	Intensitas Curah Hujan		
	2 th	5 th	10 th
0	84	142	187
5	147	159	164
10	127	144	152
20	99	122	132
30	81	105	117
50	60	83	95
60	53	75	87
80	43	63	75
120	31	47	58

3. Intensitas Curah Hujan 2 tahun berdasarkan kombinasi Van Breen dengan Talbot

$$(I). I = 31,432 \text{ mm/menit}$$

Durasi hujan dominan (t) = 2 jam = 7200 detik

4. Koef. Permeabilitas tanah K.

$$K = 0.000972 \text{ cm/detik} = 9,72 \times 10^{-4} \text{ cm/detik}$$

$$K = 9,72 \times 10^{-6} \text{ m/detik}$$

5. Panjang lintasan terjauh permukaan lahan = 50 m

Panjang lintasan terjauh saluran = 15 m

6. Waktu konsentrasi ( $t_0$ )

waktu yang di perlukan air mengalir di permukaan lahan sampai saluran terdekat

( $t_0$ )

$m = 0,013$  (permukaan beton)

kemiringan lahan (asumsi) =  $0,02 = 2\%$

$\Delta H = 2 \text{ m}$  = perbedaan tinggi

$$S = \frac{\Delta H}{L} = \frac{2}{50} = 0,04$$

$$t_0 = \left[ \frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{m}{\sqrt{S}} \right]$$

$$= 7,107 \text{ menit}$$

Waktu perjalanan air dari masuk pertama saluran sampai titik keluaran ( $t_d$ )

V di ambil =  $1 \text{ m/detik}$

$$t_d = \frac{L_s}{60 \cdot v} = \frac{15}{60} = 0,25 \text{ menit}$$

$$t_c = t_0 + t_d = 7,357 \text{ menit}$$

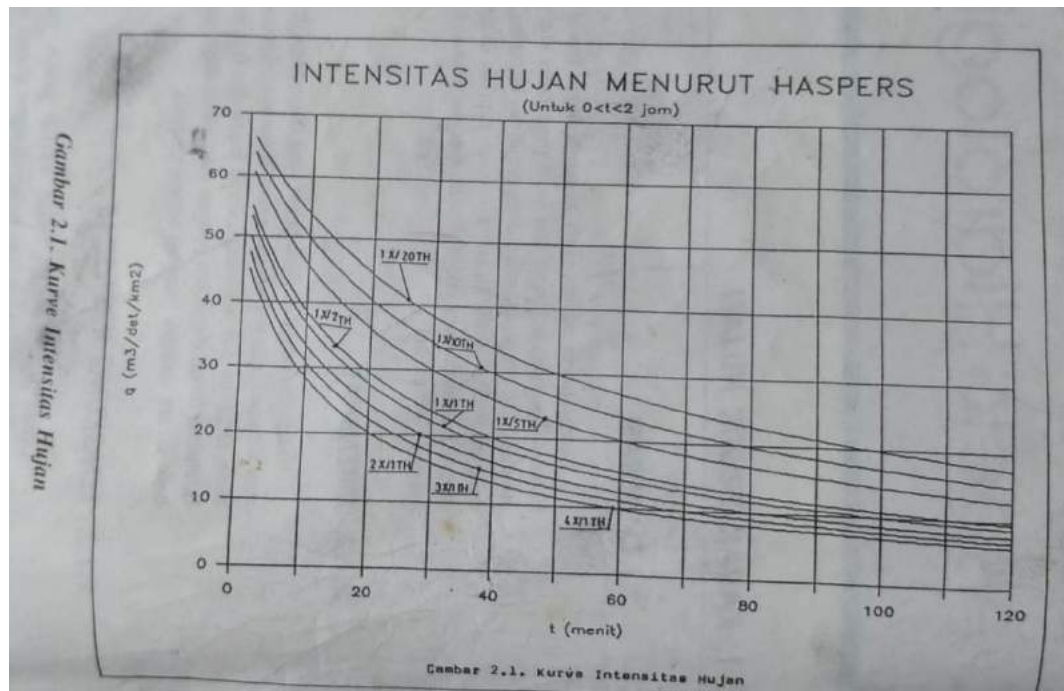
7. Dengan grafik IDF (Intensity Duration Curve) untuk Kawasan tersebut

Nilai  $t_c = 7,357 \text{ menit}$

Kala ulang = 2 tahunan

Diperoleh  $I = 137 \text{ mm/menit}$

Gambar Grafik IDC seperti berikut :



### Debit Banjir

8. Dengan rasional  $Q$  banjir total area gedung tanpa sumur resapan

$$Q_{\text{all}} = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$Q_{\text{all}} = 0,217 \text{ m}^3/\text{menit}$$

9. Debit banjir dengan sumur resapan ( $Q_{\text{atap}}$ )

Catatan: yang dihitung hanya hujan yang jatuh di atap saja, air hujan yang langsung ke lahan  $\neq$  tidak diperhitungkan ke sumur resapan karena butiran tanah yang mengganggu fungsi resapan.

Air hujan dari atap gedung yang masuk resapan ( $Q_{\text{atap}}$ )

$$T_d = 2 \text{ jam}$$

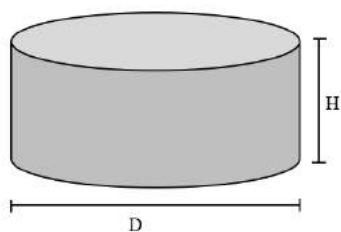
$$I = 31,432 \text{ mm}/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{atap}} &= 0,00278 \cdot 0,95 \cdot 31,432 \cdot 0,25 \\ &= 0,021 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

10. Dimensi Sumur resapan

Formula : Sunjoto (1988)

Jenis : Sumur kosong penampang lingkaran konstruksi beton



Faktor Geometri F

$$F = 5,5 R$$

$$F = 5,5 \cdot 1$$

$$F = 5,5 \text{ m}$$

$$D = 2 \text{ m} \quad R = 1 \text{ m} \quad H = ?$$

$$H = \frac{Q}{F \cdot K} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{F \cdot K \cdot T}{\pi \cdot R^2}} \right)$$

$$= 44,811 \text{ m}$$

$$F = 5,5 \text{ m}$$

$$K = 9,72 \times 10^{-6}$$

$$T = 7200 \text{ detik}$$

m = jumlah sumur resapan

$$m = \frac{H}{H_{rencana}} = \frac{44,811}{4} = 11,2 \text{ buah} = 12 \text{ buah}$$

11. Debit resapan  $Q_{\text{resap}}$  (dari beton)

$$Q = F \cdot K \cdot H$$

$$= 5,5 (9,72 \cdot 10^{-6}) (44,811)$$

$$= 0,002 \text{ m}^3/\text{detik}$$

12. Debit yang ditampung sumur resapan (beton)

$$Q_{\text{tampung}} = Q_{\text{atap}} - Q_{\text{resap}}$$

$$= 0,021 - 0,002$$

$$= 0,018 \text{ m}^3/\text{detik}$$

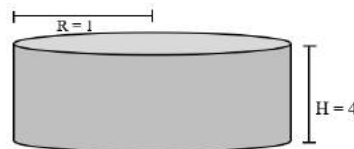
13. Kapasitas sumur resapan (V)

$$\text{Dengan } R = 1 \text{ m} \quad D = 2 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman } H = 4 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H$$

$$= 12,56$$



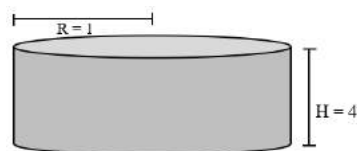
14. Waktu yang diperlukan pengisian T

$$T = \frac{\text{volume}}{Q_{\text{tertampung}}} = 684 \text{ menit} = 11 \text{ jam } 40 \text{ menit} \quad (\text{tiap 1 sumur})$$

15. Volume resapan

$$V = 12,56 \text{ m}^3$$

Waktu pengisian





T = 11 jam 40 menit

- Sampai penuh, dengan kedalaman muka air tanah > kedalaman sumur
- Setelah itu air keluar menuju saluran drainase permukaan
- Sehingga untuk **12 menit**, sumur resapan dapat mengisi air tanah =  $12 \times 12,56 = 150,72 \text{ m}^3$

#### 16. Pengurangan Debit

Q hujan masuk saluran

$$Q = 0,00278 \cdot 0,95 \cdot 137 \cdot 0,35 \\ = 0,127 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Jadi terjadi pengurangan debit

$$Q = 0,217 - 0,127$$

$$= 0,09 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= \frac{0,09}{0,217} \times 100\% = 41,67$$

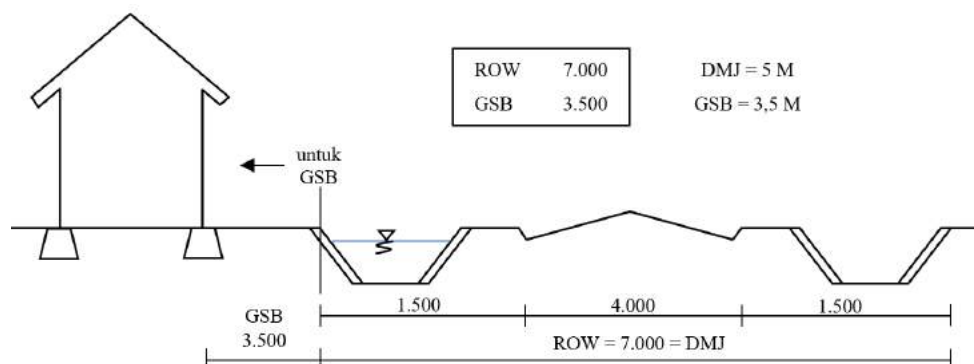
## VI.2. Pengertian ROW (DMJ) dan GSB

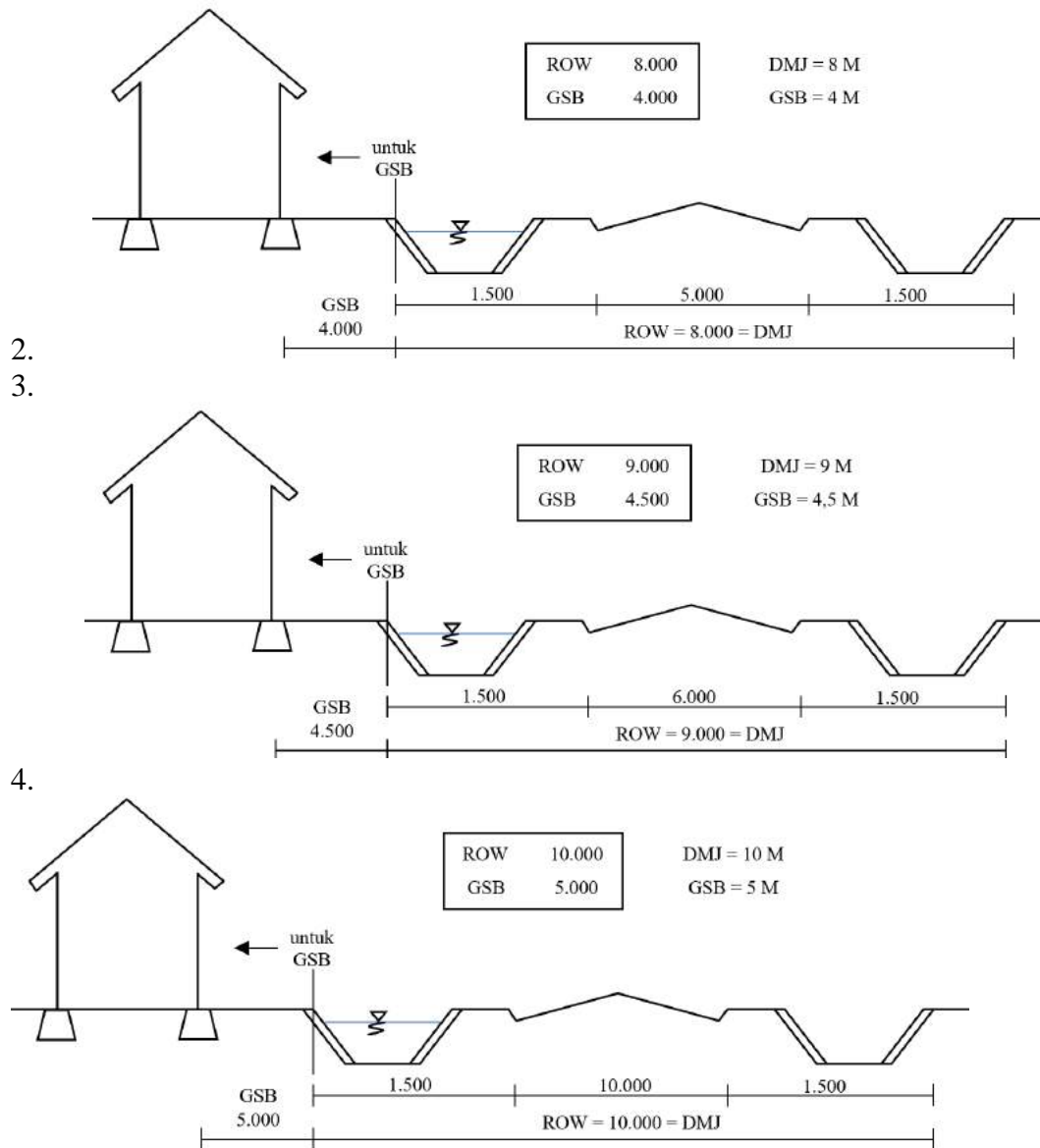
ROW = Road of Width

DMJ = Daerah Milik Jalan

GSB = Garis Sepadan Jalan

1.





## Data Pustaka

### Untuk Sumur Resapan pada High Risk Building

1. Kemen PU. 2009, Modul Penampungan Air Hujan, Jakarta, Dept. P.U.
2. Kusnaedi. 2011, Sumur Resapan untuk Pemukiman Perkotaan dan Pedesaan: Jakarta Swadaya.
3. Hassing, J.M. 1995, Hydrology London Thegesen.

4. SNI No. 03-2453-2002, Tata Cara Perancangan Sumur Resapan Air Hujan untuk lahan pekarangan, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
5. Choerick, Ismaeni. 2013, Perencanaan Sumur Resapan Air (RSA) sebagai Alternatif Pencegah Banjir pada Park Views Condominium, Depok: Skripsi Teknik Sipil, Program Sarjana Universitas Gunadarma

#### D A F T A R P U S T A K A

1. Mardjono Notodihardjo dan team (1998), *Drainase Perkotaan*, UPT Penerbit Fakultas Teknik Universitas Tarumanegara Jakarta.
2. ISBN : 979 – 8382 – 49 - 8 (1997), *Drainase Perkotaan*, UPT Penerbit Universitas Gunadarma Jakarta.
3. Sanusi (1986), *Drainase*, Bahan Kuliah Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY, (The Post Graduate Program on Highway Engineering, ITB and DPUT, 1978).
5. JOESRON LOEBIS (1984) , “ *BANJIR RENCANA UNTUK BANGUNAN AIR*,”.
6. Leo C. Van Rijn, *Principle Of Fluid Flow and Surface Waves In Rivers, Estuaries, Seas, and Oceans*, Aqua Publications.
7. Chow Ven Te (1959), *Open Channel Hydraulics*, Mc Graw Hill Inc.
8. Chow Ven Te (1985), *Hidrolika Saluran Terbuka* (Terjemahan), Erlangga Jakarta.