

BAB III

LANDASAN TEORI

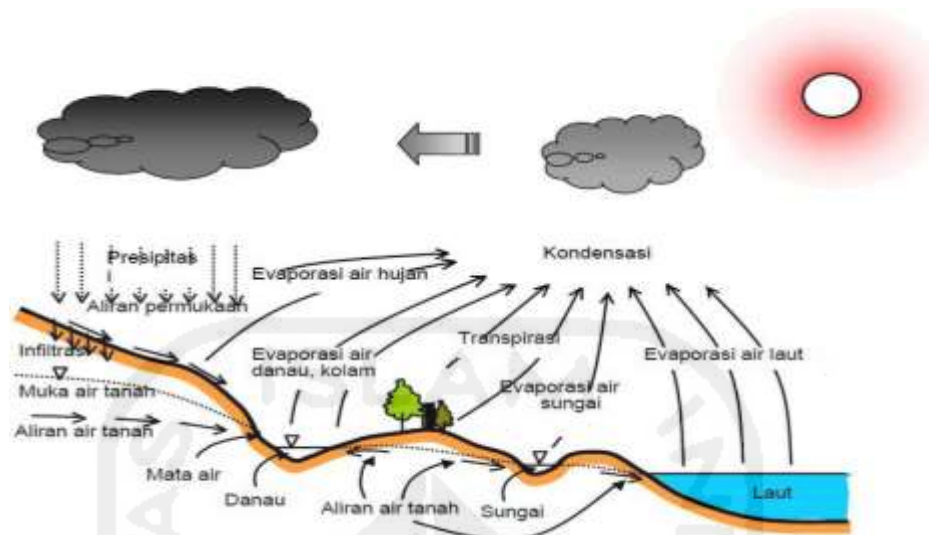
3.1 HIDROLOGI

Hidrologi adalah suatu ilmu tentang kehadiran dan gerakan air di alam kita ini. Secara khusus hidrologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari sistem kejadian air di atas, pada permukaan, dan di dalam tanah. Definisi tersebut terbatas pada hidrologi rekayasa. Secara luas hidrologi meliputi pula berbagai bentuk air, termasuk transformasi antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah. Di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di planet bumi ini (Soemarto, 1995).

Analisis hidrologi dilakukan untuk mendapatkan karakteristik hidrologi dan meteorologi daerah aliran sungai. Tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik hujan, debit air yang ekstrim maupun yang wajar yang akan digunakan sebagai dasar analisis selanjutnya dalam pelaksanaan detail desain.

3.2.1 Daur Hidrologi

Daur atau siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah, dan akhirnya mengalir ke laut kembali (Soemarto, 1995). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Siklus Hidrologi

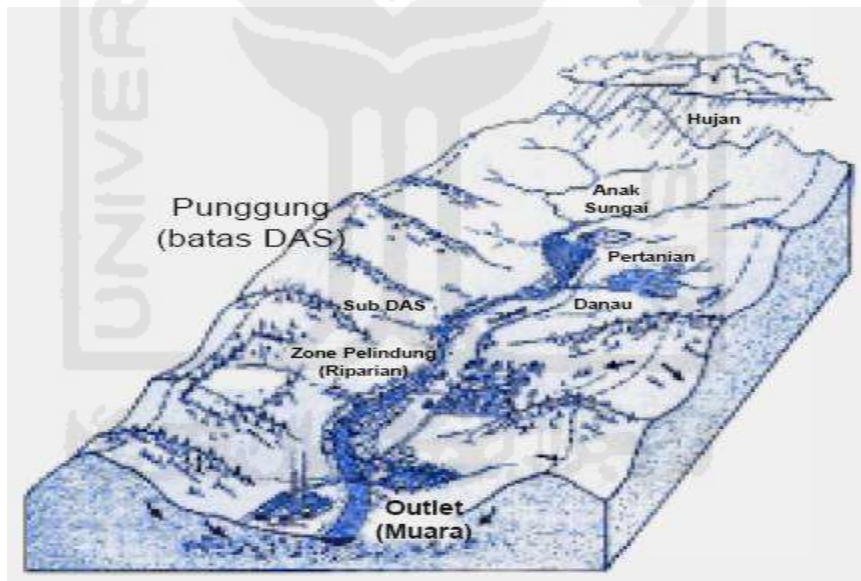
(Sumber : *brainly.co.id*)

Berdasarkan gambar di atas, air laut menguap karena radiasi matahari menjadi awan kemudian, awan yang terjadi oleh penguapan air bergerak di atas daratan karena tertiuip angin. Presipitasi yang terjadi karena adanya tabrakan antara butir-butir uap air akibat desakan angin, dapat berbentuk hujan dan salju. Setelah jatuh ke permukaan tanah, akan menimbulkan limpasan (*runoff*) yang mengalir kembali ke laut. Dalam usahanya untuk mengalir kembali ke laut beberapa diantaranya masuk ke dalam tanah (*infiltration*) dan bergerak terus ke bawah (perkolasi) ke dalam daerah jenuh (*saturated zone*) yang terdapat di bawah permukaan air tanah atau yang juga dinamakan permukaan freatik. Air dalam daerah ini bergerak perlahan-lahan melewati akuifer masuk ke sungai atau kadang-kadang langsung masuk ke laut.

Air yang masuk ke dalam tanah (*infiltration*) memberi hidup kepada tumbuhan namun ada diantaranya naik ke atas lewat akuifer diserap akar dan batangnya, sehingga terjadi transpirasi, yaitu evaporasi (penguapan) lewat tumbuh-tumbuhan melalui bagian bawah daun (stomata). Air tertahan di permukaan tanah (*surface detention*) sebagian besar mengalir masuk ke sungai-sungai sebagai limpasan permukaan (*surface runoff*) ke dalam palung sungai.

3.2.2 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. Daerah aliran sungai ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Untuk maksud tersebut dapat digunakan peta topografi dengan skala 1 : 50.000, yang dapat diperoleh dari Direktorat Geologi, Dinas Topografi Angkatan Darat atau instansi lain. Garis-garis kontur dipelajari untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dalam arah tegak lurus dengan garis-garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi adalah DAS (Triatmodjo, 2010). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

(Sumber : *bebasbanjir2025.files.wordpress.com*)

3.2.3 Curah Hujan Wilayah

Data curah hujan dan debit merupakan data yang paling fundamental dalam perencanaan saluran drainase. Ketetapan dalam memilih lokasi dan peralatan baik curah hujan maupun debit merupakan faktor yang menentukan kualitas data yang diperoleh. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir adalah hujan yang terjadi pada *catchment area* yang ikut mempengaruhi besarnya debit limpasan banjir yang masuk kedalam saluran drainase.

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air, rancangan pengendalian banjir, serta saluran drainase adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm.

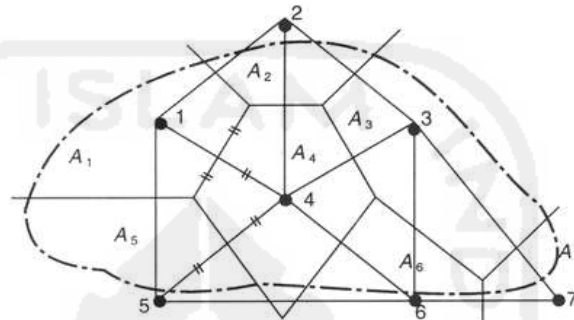
Jika di dalam suatu area terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata-rata untuk mendapatkan nilai curah hujan area tersebut. Ada 3 macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada suatu kawasan yaitu dengan cara rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen dan Isohyet. Dalam penelitian ini digunakan Metode Thiessen karena memberikan data yang cukup akurat untuk daerah yang dimana titik-titik pengamatan tidak tersebar merata.

Metode Thiessen merupakan cara perhitungan hujan kawasan apabila titik-titik pengamatan di dalam daerah tersebut tidak tersebar merata. Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar. Curah hujan rerata daerah dengan cara Poligon Thiessen dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A_i} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A} \quad (3.1)$$

Dengan :

- A = Luas area
d = Tinggi curah hujan rata-rata areal
 d_1, d_2, \dots, d_n = Tinggi curah hujan di pos 1, 2, ..., n
 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = Luas daerah pengaruh pos 1, 2, 3, ..., n.



Gambar 3.3 Mengukur Tinggi Curah Hujan Dengan Cara Poligon Thiessen
(Sumber : Soemarto, 1995)

Pada umumnya untuk menentukan metode curah hujan daerah yang sesuai adalah dengan menggunakan standar luas daerah, sebagai berikut.

- Daerah tinjauan dengan luas 250 ha dengan variasi topografi kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur curah hujan.
- Untuk daerah tinjauan dengan luas 250-50.000 ha yang memiliki dua atau tiga titik pengamatan dapat menggunakan metode rata-rata aljabar.
- Untuk daerah tinjauan dengan luas 120.000-500.000 ha yang mempunyai titik-titik pengamatan tersebar cukup merata dan di mana curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi topografi, dapat digunakan cara rata-rata aljabar. Jika titik-titik pengamatan itu tidak tersebar merata maka digunakan cara poligon Thiessen.
- Untuk daerah tinjauan dengan luas lebih dari 500.000 ha dapat digunakan cara isohyet atau metode potongan antara (*inter-section method*).

3.2.4 Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramalkan besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Berdasarkan curah hujan rencana dapat dicari besarnya intensitas hujan (analisis frekuensi) yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana. Analisis frekuensi ini dilakukan dengan menggunakan sebaran kemungkinan teori *probability distribution* dan yang biasa digunakan adalah sebaran Gumbel tipe I, sebaran Log Pearson tipe III, sebaran Normal dan sebaran Log Normal. Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana dilakukan secara berurutan sebagai berikut.

1. Pemilihan Parameter Statistik

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata (\bar{X}), standar deviasi (S_d), koefisien variasi (C_v), koefisien kemiringan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k). Perhitungan parameter tersebut didasarkan pada data catatan tinggi hujan harian rata-rata maksimum 15 tahun terakhir.

a. Nilai Rata-Rata

Nilai rata-rata adalah suatu bilangan yang mewakili sekumpulan data. Untuk mencari nilai rata-rata curah hujan, dirumuskan dalam suatu persamaan sebagai berikut.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (3.2)$$

Dengan :

\bar{X} = nilai rata-rata curah hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

n = jumlah data curah hujan.

b. Standar Deviasi

Ukuran sebaran yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. Apabila penyebaran sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai S_d akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata

maka nilai S_d akan kecil. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan sebagai berikut.

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.3)$$

Dengan :

- S_d = standar deviasi curah hujan
- \bar{X} = nilai rata-rata curah hujan
- X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i
- n = jumlah data curah hujan.

c. Koefisien Variasi

Koefisien variasi (*coefficient of variation*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata dari suatu sebaran. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} \quad (3.4)$$

Dengan :

- C_v = koefisien variasi curah hujan
- S_d = standar deviasi curah hujan
- \bar{X} = nilai rata-rata curah hujan.

d. Koefisien Kemencengan

Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut.

Untuk Populasi :

$$C_s = \frac{\alpha}{\sigma^3} \quad (3.5)$$

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^3 \quad (3.6)$$

Untuk Sampel :

$$C_s = \frac{a}{S_d^3} \quad (3.7)$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (3.8)$$

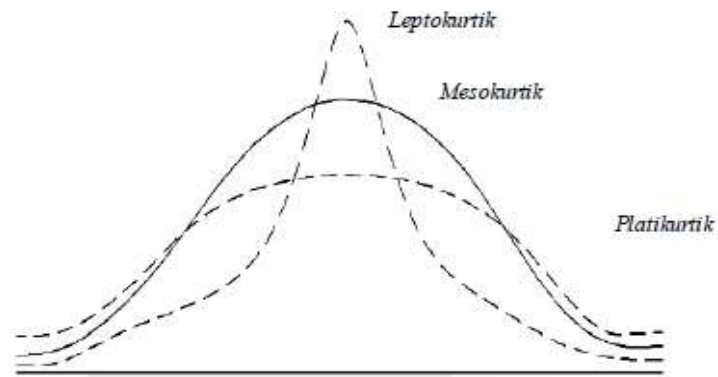
Dengan :

- C_s = koefisien kemencengan curah hujan
- σ = standar deviasi dari populasi curah hujan
- S_d = standar deviasi dari sampel curah hujan
- μ = nilai rata-rata dari data populasi curah hujan
- \bar{X} = nilai rata-rata dari data sampel curah hujan
- X_i = curah hujan ke i
- n = jumlah data curah hujan
- a = parameter kemencengan.

e. Koefisien *Kurtosis*

Koefisien *kurtosis* adalah parameter keempat untuk mengukur distribusi variabel, yang merupakan kepuncakan (*peakedness*) distribusi. Biasanya hal ini dibandingkan dengan distribusi normal yang mempunyai koefisien kurtosis samadengan 3, yang dinamakan *mesokurtik*.

Distribusi simetrik yang mempunyai koefisien kurang dari 3 berpuncak tajam, dinamakan *leptokurtik*, sedangkan distribusi yang ditandai dengan puncak datar, yang mempunyai koefisien kurtosis lebih dari 3, dinamakan *platikurtik*. Ketiga keadaan tersebut diperlihatkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Koefisien Kurtosis
(Soemarto, 1995)

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right)^2} \frac{n^3}{(n-1)(n-2)(n-3)} \quad (3.9)$$

Dengan :

- C_k = koefisien Kurtosis
- X_i = nilai varian ke i
- \bar{X} = nilai rata-rata dari data sampel curah hujan
- n = jumlah data curah hujan
- S_d = standar deviasi dari sampel curah hujan.

2. Pemilihan Jenis Distribusi Sebaran

Masing-masing sebaran memiliki sifat-sifat khas sehingga harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing sebaran tersebut. Pemilihan sebaran yang tidak benar dapat mengundang kesalahan perkiraan yang cukup besar. Pengambilan sebaran secara sembarang tanpa pengujian data hidrologi sangat tidak dianjurkan. Penentuan jenis sebaran dilakukan dengan menentukan parameter-parameter atau persyaratan yang sesuai dengan jenis distribusi, dengan syarat masing-masing distribusi pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Pedoman Pemilihan Sebaran

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$(\bar{x} \pm s) = 68,27\%$
		$(\bar{x} \pm 2s) = 95,44\%$
		$C_s \approx 0$
		$C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$
		$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$
		$C_k = 5,4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas

(Sumber : Triatmodjo, 2010)

Pada penelitian ini jenis distribusi yang terpilih ialah Distribusi Log Pearson III. Distribusi Log Pearson III digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (debit banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk sebaran Log Pearson III merupakan hasil transformasi dari sebaran Pearson III dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik. Metode Log Pearson III merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut.

$$Y = \bar{Y} + K \cdot S \quad (3.10)$$

Dengan :

Y = Nilai logaritmik dari X atau log (X)

X = Data curah hujan

\bar{Y} = Rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y

S = Deviasi standar nilai Y

K = Karakteristik distribusi peluang Log Pearson tipe III.

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

- a. Mengubah data curah hujan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi $\log (X_1), \log (X_2), \log (X_3), \dots, \log (X_n)$.

- b. Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad (3.11)$$

Dengan :

$\overline{\log X}$ = harga rata-rata logaritmik

n = jumlah data

X_i = nilai curah hujan tiap-tiap tahun (R_{24} maks).

- c. Menghitung harga standar deviasinya (S_d) dengan rumus berikut :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\log(X_i) - \overline{\log(X)}]^2}{n-1}} \quad (3.12)$$

Dengan :

S_d = standar deviasi

- d. Menghitung koefisien *skewness* (C_s) dengan rumus :

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n [\log(X_i) - \overline{\log(X)}]^3}{(n-1)(n-2) \cdot S_d^3} \quad (3.13)$$

Dengan :

C_s = koefisien *skewness*

- e. Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus :

$$\log (X_T) = \overline{\log(X)} + K.S_d \quad (3.14)$$

Dengan :

X_T = curah hujan rencana periode ulang T tahun

K = harga yang diperoleh berdasarkan nilai C_s .

f. Menghitung koefisien *kurtosis* (C_k) dengan rumus :

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n [\log(X_i) - \overline{\log(X)}]^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S_d^4} \quad (3.15)$$

Dengan :

C_k = koefisien *kurtosis*

g. Menghitung koefisien variasi (C_v) dengan rumus :

$$C_v = \frac{S_d}{\log(X)} \quad (3.16)$$

Dengan :

C_v = koefisien variasi

S_d = standar deviasi.

h. Harga K untuk Metode Sebaran Log Pearson III

Harga K merupakan harga yang diperoleh berdasarkan nilai koefisien kemencengan (C_s) yang digunakan untuk menghitung peluang terjadinya hujan periode kala ulang untuk Metode Sebaran Log Pearson III. Harga K dapat dilihat pada Lampiran Tabel 3.1 Harga K untuk Metode Sebaran Log Pearson III

3.2.5 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau (Suripin, 2004).

Rumus yang dipakai adalah rumus menurut Dr. Mononobe, karena data hujan jangka pendek tidak ada, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus seperti dibawah ini :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (3.17)$$

Dengan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam – mm).

3.1.6 Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu konsentrasi suatu DAS adalah waktu yang diperlukan air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan titik-titik depresi-depresi kecil terpenuhi. Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, maka setiap bagian DAS secara serentak telah mnyumbangkan aliran terhadap titik kontrol. Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah metode ARR (*Australian Rainfall and Runoff*), metode ini biasanya digunakan untuk menghitung waktu konsentrasi pada lahan, dengan persamaan sebagai berikut.

$$t_o = 0,76A^{0,38} \quad (3.18)$$

Dengan :

t_o = waktu konsentrasi dalam jam

A = Luas DAS dalam Km²

Untuk drainase jalan raya waktu konsentrasi pada saluran terbuka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3.28 \times L \times \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0.167} \text{ menit} \quad (3.19)$$

nd merupakan nilai koefisien hambatan berdasarkan kondisi permukaan dengan nilai yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Koefisien hambatan (nd) berdasarkan kondisi permukaan

No	Kondisi Lapis Permukaan	nd
1	Lapis semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,800

Dalam perhitungan waktu konsentrasi biasanya dibedakan menjadi dua komponen, yaitu waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai saluran terdekat (t_o) dan waktu air mengalir pada saluran sampai titik keluaran (t_d), yang dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$t_d = \frac{L}{60V} \text{ (menit)} \quad (3.20)$$

Dengan :

L = Panjang saluran drainase (m)

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

sehingga :

$$t_c = t_o + t_d \quad (3.21)$$

3.1.7 Koefisien Limpasan dan Faktor Limpasan

Koefisien limpasan (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran.

Faktor utama yang mempengaruhi C adalah laju infiltrasi tanah atau prosentasi lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Permukaan kedap air, seperti perkerasan aspal dan atap bangunan, akan menghasilkan aliran hampir 100% setelah permukaan menjadi basah, sebarang kemiringannya. Koefisien limpasan juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Laju infiltrasi menurun pada hujan yang terus menerus dan dipengaruhi oleh kondisi kejenuhan air sebelumnya.

Faktor limpasan merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien *runoff* biasa dengan tujuan agar kinerja saluran tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Nilai C berdasarkan jenis daerah dan kondisi permukaan

No	Kondisi permukaan tanah	Koefisien pengaliran	Faktor limpasan
	BAHAN		
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70 -0,95	-
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40 – 0,70	-
3	Bahu jalan :		
	- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	-
	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	-
	- Batuan massif keras	0,70 – 0,85	-
	- Batuan massif lunak	0,60 – 0,75	-
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60 – 0,90	1,2
4	Permukiman padat	0,40 – 0,40	2,0
5	Permukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,20 – 0,40	0,2
7	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

(Sumber : Pedoman perencanaan drainase jalan)

Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda. Harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut.

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 \cdot f k_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (3.22)$$

Dengan :

- C_1, C_2, C_3 : Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan
 A_1, A_2, A_3 : Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan
 $f k$: Faktor limpasan sesuai guna lahan

3.2 PENAMPANG SALURAN DRAINASE

Drainase secara umum merupakan saluran-saluran yang saling berhubungan dan berkelanjutan sebagai tempat aliran air yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun dari kelebihan air dari bangunan-bangunan air dari suatu kawasan/lahan, untuk dialirkan atau dialihkan sehingga kawasan/lahan tersebut tidak digenangi oleh air yang dapat mengganggu fungsi dari kawasan/lahan tersebut.

Ditinjau dari hulunya, bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*), dan badan air penerima (*receiving waters*). Di sepanjang sistem sering dijumpai bangunan lainya seperti gorong-gorong, siphon, jembatan air (*aqueduct*), pelimpah, pintu-pintu air, bangunan terjun, kolam tando, dan stasiun pompa. Pada sistem yang lengkap, sebelum masuk pada badan air penerima, air diolah dahulu di Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL), khususnya pada sistem tercampur. Hanya air yang memenuhi baku mutu tertentu yang dimasukan ke badan air penerima, sehingga tidak merusak lingkungan (Suripin, 2004).

Pemahaman yang baik terhadap permasalahan dan didukung dengan dasar teori yang kuat mengenai sistem saluran drainase harus dimiliki oleh setiap perencana, sehingga mampu merencanakan saluran drainase yang baik, ekonomis, dan efisien.

Melihat pentingnya hal tersebut maka dalam bab ini akan berisi mengenai dasar-dasar sistem saluran drainase yang meliputi analisis hidrologi, limpasan (*runoff*), dan perencanaan sistem drainase perkotaan.

Berdasarkan persamaan kontinuitas, untuk luas penampang tetap, debit maksimum dicapai jika kecepatan aliran maksimum, yang dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan Manning sebagai berikut.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (3.23)$$

$$Q = A \times V \quad (3.24)$$

Dengan :

Q = Debit aliran (m^3/det)

A = Luas penampang basah (m^2)

V = Kecepatan aliran (m/det)

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar aliran

n = Koefisien Manning

dengan nilai koefisien Manning pada Tabel 3.4 sebagai berikut :

Tabel 3.4 Nilai koefisien Manning

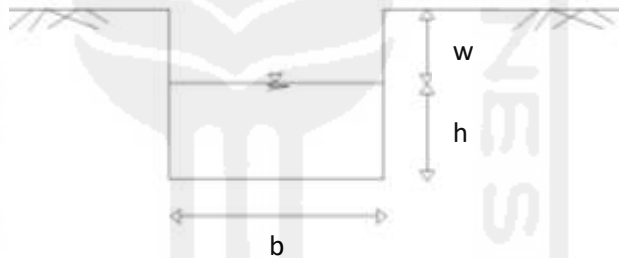
Bahan	Koefisien Manning (n)
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

(Sumber : Triatmodjo, 2010)

Dari rumus Manning dapat dilihat bahwa untuk kemiringan dasar dan kekasaran tetap, kecepatan maksimum dicapai jika jari-jari hidrolis (R) maksimum. Kemudian untuk luas penampang tetap, jari-jari hidrolis dapat maksimum jika keliling basah (P) minimum. Dari persamaan tersebut dapat ditentukan dimensi penampang saluran drainase untuk berbagai macam bentuk.

1. Penampang berbentuk Persegi.

Penampang berbentuk persegi berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Sifat alirannya terus-menerus dengan fluktuasi yang kecil. Penampang berbentuk persegi biasanya dibuat pada daerah yang memiliki keterbatasan lahan dan digunakan untuk saluran air hujan, air rumah tangga dan lain-lain. Gambar penampang persegi panjang dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.5 Penampang Persegi Panjang

- a. Luas Penampang basah (A)

$$A = b \cdot h \quad (3.25)$$

- b. Keliling basah (P)

$$P = 2h + b \quad (3.26)$$

- c. Jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{B \times h}{B + 2 \times h} \quad (3.27)$$

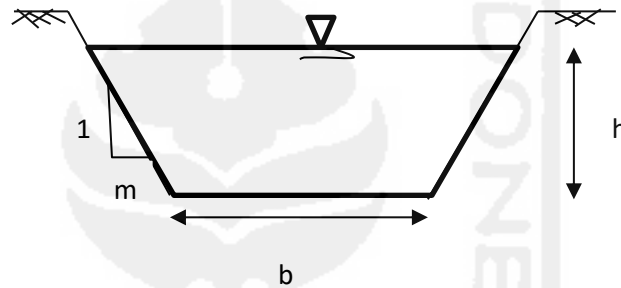
- d. Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5h} \quad (3.28)$$

Bentuk penampang melintang persegi yang paling ekonomis adalah jika kedalaman air setengah dari lebar dasar saluran, atau jari-jari hidrolika setengah dari kedalaman air.

2. Penampang berbentuk trapesium.

Bentuk penampang trapesium dipakai untuk debit yang besar dan umumnya untuk mengalirkan air hujan, limbah domestik, dan irigasi. Saluran ini memerlukan tempat yang agak luas. Gambar penampang trapesium dapat dilihat pada Gambar 3.6 sebagai berikut.



Gambar 3.6 Penampang Bentuk Trapesium

- a. Luas Penampang basah (A)

$$A = b \cdot h + m h^2 \quad (3.28)$$

- b. Keliling basah (P)

$$P = b + 2 \times h \sqrt{m^2 + 1} \quad (3.29)$$

- c. Jari-jari hidrolik (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(B + mxh)}{B + 2 \times h \sqrt{m^2 + 1}} \quad (3.30)$$

Penampang trapesium yang paling efisien adalah jika kemiringan dindingnya, $m = (1/\sqrt{3})$, atau $\theta = 60^\circ$.