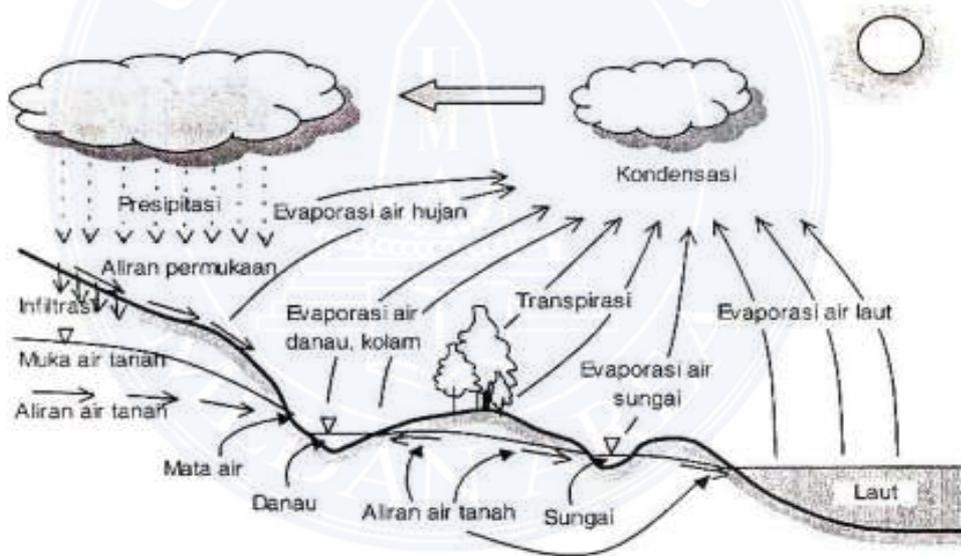


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Di bumi terdapat kira-kira sejumlah 1,3 - 1,4 milyar km² air : 97,5 % adalah air laut, 1,75 % berbentuk es dan 0,73 % berada di daratan sebagai air sungai, air danau, air tanah dan sebagainya. Hanya 0,001 % berbentuk uap di udara. Air di bumi ini mengulangi terus menerus sirkulasi - penguapan, presipitasi dan pengaliran keluar (outflow). Gambaran mengenai siklus hidrologi dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini :



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi
Sumber: Dr. Ir.Suripin, M. Eng, 2004

Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi sebagian langsung menguap ke udara dan sebagian tiba ke permukaan

bumi. Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuh - tumbuhan dimana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah.

Sebagian air hujan yang tiba ke permukaan tanah akan masuk kedalam tanah (*infiltrasi*). Bagian lain yang merupakan kelebihan akan mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah, kemudian mengalir ke daerah-daerah yang rendah, masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Tidak semua butir yang mengalir akan tiba ke laut. Dalam perjalanan ke laut sebagian akan menguap dan kembali ke udara. Sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar kembali segera ke sungai- sungai (*disebut aliran intra = interflow*). Tetapi sebagian besar akan tersimpan sebagai air tanah (*ground water*) yang akan keluar sedikit demi sedikit dalam jangka waktu yang lama ke permukaan tanah di daerah - daerah yang rendah (*disebut groundwater runoff = limpasan air tanah*).

Jadi sungai itu mengumpulkan 3 jenis limpasan, yaitu limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran intra (*interflow*) dan limpasan air tanah (*ground water runoff*) yang akhirnya akan mengalir ke laut. Singkatnya ialah : uap dari laut dihembus ke daratan (kecuali bagian yang telah jatuh sebagai presipitasi ke laut), jatuh ke daratan sebagai presipitasi (sebagian jatuh langsung ke sungai-sungai dan mengalir langsung ke laut). Sebagian dari hujan atau salju yang jatuh di daratan menguap dan meningkatkan kadar uap air di daratan, Bagian yang lain mengalir ke sungai dan akhirnya ke laut.

2.2 Hujan

Hujan adalah jatuhnya hidrometeor yang berupa partikel - partikel air dengan diameter 0.5 mm atau lebih. Jika jatuhnya sampai ke tanah maka disebut maka jatuhan tersebut disebut Virga. Hujan juga dapat didefinisikan dengan uap yang mengkondensasi dan jatuh ketanah dalam rangkaian proses hidrologi. Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi uap air yang berasal dari awan yang terdapat di atmosfer. Bentuk presipitasi lainnya adalah salju dan es. Untuk dapat terjadinya hujan diperlukan titik-titik kondensasi, amoniak, debu dan asam belerang. Titik-titik kondensasi ini mempunyai sifat dapat mengambil uap air dari udara. Satuan eurah hujan seJalu dinyatakan dalam satuan millimeter atau inchi namun untuk di Indonesia satuan curah hujan yang digunakan adalah dalam satuan millimeter.

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan 1 milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu. Apabila dikatakan intensitasnya besar berarti hujan lebat dan kondisi ini sangat berbahaya karena berdampak dapat menimbulkan banjir, longsor dan efek negatif terhadap tanaman.

Hujan merupakan unsur fisik lingkungan yang paling beragam baik menurut waktu maupun tempat dan hujan juga merupakan faktor penentu serta faktor pembatas bagi kegiatan pertanian secara umum. Oleh karena itu klasifikasi iklim untuk wilayah Indonesia (Asia Tenggara umumnya) seluruhnya

dikembangkan dengan menggunakan curah hujan sebagai kriteria utama. Bayong (2004) mengungkapkan bahwa dengan adanya hubungan sistematis antara unsur iklim dengan pola tanam dunia telah melahirkan pemahaman tentang klasifikasi iklim, dimana dengan adanya korelasi antara tanaman dan unsur suhu atau presipitasi menyebabkan indeks suhu atau presipitasi dipakai sebagai kriteria dalam pengklasifikasian iklim.

Analisis dan desain hidrologi tidak hanya memerlukan volume atau ketinggian hujan, tetapi juga distribusi hujan terhadap tempat dan waktu. Distribusi hujan terhadap waktu disebut hitograph. Dengan kata lain, hitograph adalah grafik intensitas hujan atau ketinggian hujan terhadap waktu. Kejadian hujan dapat dipisahkan menjadi dua grup, yaitu hujan actual dan hujan rencana. Kejadian hujan actual adalah rangkaian data pengukuran di stasiun hujan selama periode tertentu. Hujan rencana adalah hitograph hujan yang mempunyai karakteristik terpilih. Hujan rencana bukan kejadian hujan yang diukur secara actual dan kenyataannya, hujan yang identik dengan hujan rencana tidak pernah dan tidak akan pernah terjadi. Namun demikian, kebanyakan hujan rencana mempunyai karakteristik yang secara umum sama dengan karakteristik hujan yang terjadi pada masa lalu, Dengan demikian, menggambarkan karakteristik umum kejadian hujan yang diharapkan terjadi pada masa mendatang.

Karakteristik hujan yang perlu ditinjau dalam analisis dan perencanaan hidrologi meliputi :

- a) Intensitas I , adalah laju hujan = tinggi air persatuan waktu, misalnya mm/menit, mm/jam, atau mm/hari.

- b) Lama waktu (durasi) t , adalah panjang waktu dimana hujan turun dalam menit atau jam.
- c) Tinggi hujan d , adalah jumlah atau kedalaman hujan yang terjadi selama durasi hujan dan, dinyatakan dalam ketebalan air di atas permukaan datar, dalam mm.
- d) Frekuensi adalah frekuensi kejadian dan biasanya dinyatakan dengan kala ulang (*return period*) T , misalnya sekali dalam 2 tahun,
- e) Luas adalah luas geografis daerah sebaran hujan.

Secara kualitatif, intensitas curah hujan disebut juga derajat curah hujan, sebagaimana diperlihatkan pada lampiran-1 tabel 2.1

2.3 Analisis Curah Hujan

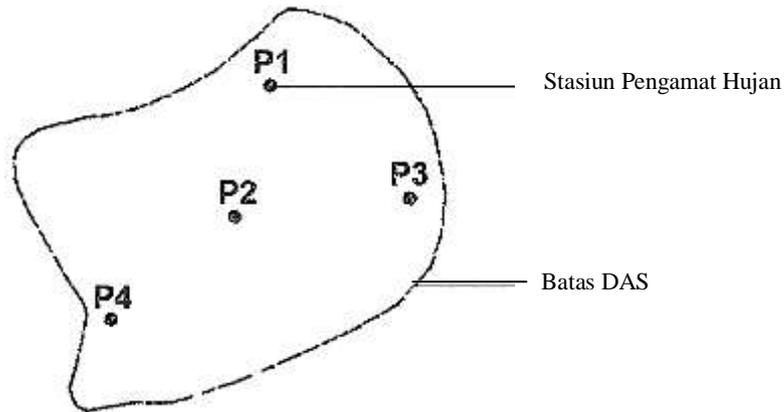
2.3.1 Curah Hujan Wilayah / Daerah (*Regional Distribution*)

Dalam pembuatan rancangan dan rencana adalah distribusi curah hujan pada wilayah atau areal yang diamati, Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan selama 10 tahun, dari Januari 2005 hingga Desember 2014 yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi Sampali Kota Medan.

Ada tiga metode yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata daerah, yaitu :

- 1) Metode rata - rata Aljabar,
- 2) Metode Poligon Thiessen, dan
- 3) Metode Isohiet

1. Metode rata - rata Aljabar



Gambar 2.2 Metode rata - rata Aljabar
 Sumber: Dr. Ir.Suripin, M. Eng, 2004

Merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata/ hampir merata, dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Hujan kawasan diperoleh dari persamaan berikut :

$$\bar{P} = \frac{1}{n} P_1 + P_2 + \dots + P_n \dots\dots\dots (2.1)$$

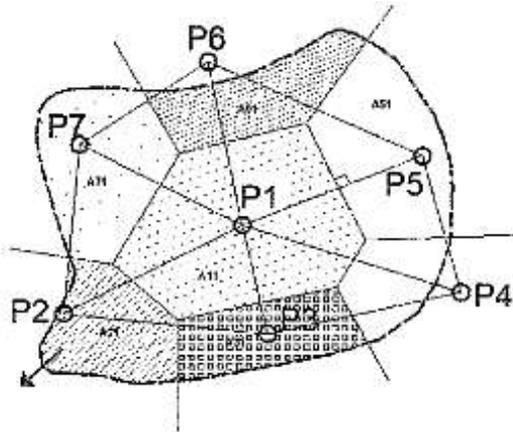
di mana,

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

n = Jumlah pos penakar hujan

P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan (mm).

2. Metode Poligon Thiessen



Gambar 2.3 Metode Poligon Thiessen
Sumber: Dr. Ir.Suripin, M. Eng, 2004

Metode ini dikenal juga sebagai metode rata - rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidak seragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat (Gambar 2.3). Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos satu dengan yang lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat.

Hasil metode poligon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 - 5.000 km², dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya.

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

- a) Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS. Antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung.
- b) Tarik garis tegak lurus ditengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen (Gambar 2.4).

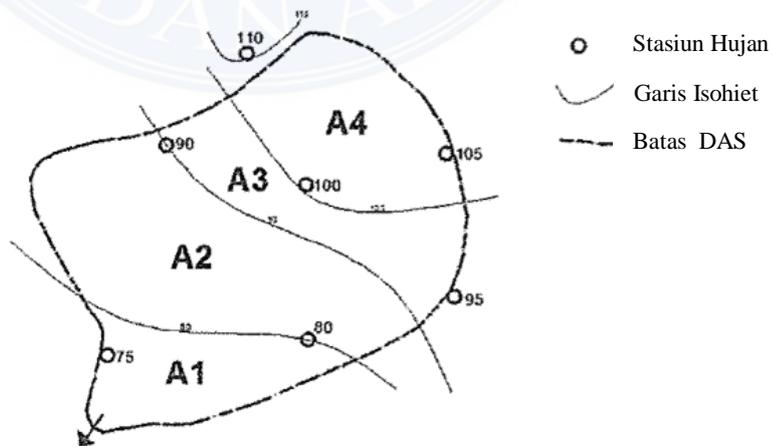
Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan pos penakar yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjutnya curah hujan pada pos tersebut dianggap representas hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.

- c) Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS, A, dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.
- d) Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\bar{P} = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 \dots P_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots A_n} \dots\dots\dots (2.2)$$

- \bar{P} = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)
- n = Jumlah pos penakar hujan
- P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan yang tercatat pada pos 1,2,... ,n (mm)
- A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah pada poligon 1,2,... ,n (km²)

3. Metode Isohiet



Gambar 2.4 Metode Isohiet
 Sumber: Dr. Ir.Suripin, M. Eng, 2004

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi metode Thiessen yang secara membabi buta menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi.

Metode Isohiet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

- a) Plot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
- b) Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interfal Isohiet yang umum dipakai adalah 10 mm.
- c) Hitung luas area antara dua garis Isohiet dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua Isohiet yang berdekatan.

Hitung hujan rata-rata DAS dengan persamaan berikut :

$$\bar{P} = \frac{A_1\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right) + A_2\left(\frac{P_2+P_3}{2}\right) + \dots + A_{n-1}\left(\frac{P_{n-1}+P_n}{2}\right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \dots\dots\dots (2.3)$$

atau

$$\bar{P} = \frac{\sum \left[A \left(\frac{P_1+P_2}{2} \right) \right]}{\sum A} \dots\dots\dots (2.4)$$

di mana,

- \bar{P} = Curah hujan rata - rata (mm)
- P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan yang tercatat pada pos 1,2,... .n (mm)
- A_1, A_2, \dots, A_n = Luas bagian yang dibatasi oleh garis Isohiet (km²).

Metode Isohiet cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5.000 km².

2.4 Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Cara memperkirakan untuk mendapatkan frekuensi kejadian curah hujan dengan intensitas tertentu yang digunakan dalam perhitungan pengendalian banjir, rancangan drainase dan lain - lain adalah hanya dengan menggunakan data pengamatan yang lalu. Jika data pada sebuah pengamatan itu lebih dari 20 tahun, maka frekuensi atau perkiraan data hidrologi itu dapat diperoleh dengan cara perhitungan kemungkinan.

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala-ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut. Misalnya, hujan dengan kala ulang 10 tahunan, tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi ada kemungkinan dalam jangka 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian hujan 10 tahunan, Ada kemungkinan selama kurun waktu 10 tahun terjadi hujan 10 tahunan Iebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak terjadi sarna sekali. Secara sistematis metode analisis frekuensi untuk perhitungan hujan rencana dapat dilakukan secara berurutan sebagai berikut :

- a) Parameter statistik
- b) Pemilihan jenis metode untuk menentukan hujan rata - rata daerah
- c) Pemilihan jenis sebaran (distribusi)
- d) Penggambaran data curah hujan ke kertas probabilitas

2.4.1 Parameter Statistik

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata - rata (\bar{x}), deviasi standar (Sd), koefisien variasi (Cv), koefisien kemiringan (Cs), dan koefisien Kurtosis (Ck). Sementara untuk memperoleh harga parameter statistik dilakukan perhitungan dengan rumus dasar sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{\sum R_x}{n}; Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\bar{x} = \frac{Sd}{x} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n \{(X^i) - \bar{x}\}^3}{(n - 1)(n - 2)Sd^3} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(X^i) - \bar{x}\}^4}{Sd^4} \dots\dots\dots(2.8)$$

di mana,

x = Tinggi hujan maksimum harian rata - rata selama n tahun (mm)

$\sum X$ = Jumlah tinggi hujan harian maksimum selama n tahun (mm)

X_i = Besarnya curah hujan daerah (mm)

N = Jumlah n tahun pencatatan data hujan

Sd = Deviasi standar

Cv = Koefisien variasi

Cs = Koefisien kemiringan (*Skewness*)

Ck = Koefisien Kurtosis.

Lima parameter statistik diatas akan menentukan jenis metode yang akan digunakan dalam analisis frekuensi.

2.4.2 Pemilihan Jenis Metode Untuk Menentukan Hujan Rata - rata Daerah

Lepas dari kelebihan dan kelemahan ketiga metode yang tersebut diatas, pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga factor seperti yang ditunjukkan dalam Tabel II-1 berikut :

a) Jaring-jaring pos penakar hujan

Jumlah pos penakar hujan cukup	Metode Isohiet, Thiessen atau rata-rata aljabar dapat dipakai
Jumlah pos penakar hujan terbatas	Metode rata-rata Aljabar atau Thiessen
Pos penakar hujan tunggal	Metode hujan titik

b) Luas DAS

DAS besar (> 5000 km ²)	Metode Isohiet
DAS sedang (500 - 5000 km ²)	Metode Thiessen
DAS kecil (< 500 km ²)	Metode rata-rata Aljabar

c) Topografi DAS

Pegunungan	Metode rata-rata Aljabar
Dataran	Metode Thiessen
Berbukit dan tidak beraturan	Metode Isohiet

Sumber: Dr. Ir.Suripin, M. Eng, 2004

2.4.3 Analisis Jenis Sebaran (Distribusi)

Penentuan jenis distribusi yang dapat digunakan untuk analisis frekuensi dapat dilakukan dengan 3 jenis sebaran (distribusi) yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, yaitu :

- 1) Distribusi Log Normal
- 2) Distribusi Log Pearson - Tipe III, dan
- 3) Distribusi Gumbel.

1. Distribusi Log Normal

Metode distribusi Log Normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soemarno,1995)

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d \dots\dots\dots(2.9)$$

di mana,

X_T = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang T- tahun (mm)

\bar{X} = Curah hujan rata - rata (rom)

Sd = Deviasi standar nilai variat

K_T = Standar variable untuk periode ulang T tahun yang besarnya diberikan seperti ditunjukkan pada lampiran-1 tabel 2.2

2. Distribusi Log Pearson - Tipe m

Metode distribusi Log Pearson - Tipe III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto,1999):

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd_{\text{Log}X} \dots\dots\dots (2.10)$$

di mana,

X_T = Nilai logaritmik dari X atau LogX

\bar{X} = Curah hujan (mm)

$Sd \text{ Log}X$ = Deviasi standar nilai LogX

K_T = Karakteristik distribusi peluang Log Pearson berdasarkan (Cs)
T tahun - Tipe III, (lihat lampiran-3 tabel 2.4).

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 sebagai berikut :

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}(X_i)}{n} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana :

$\text{Log}\bar{X}$ = Harga rata - rata logaritmik

n = Jumlah data

X_i = Nilai curah hujan tiap - tiap tahun (mm).

c) Menghitung harga deviasi standarnya dengan rumus sebagai berikut :

$$Sd_{\text{Log}\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\text{Log}(X_i) \text{Log}\bar{X}\}^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (2.12)$$

di mana,

$Sd \text{ Log}\bar{X}$ = Deviasi standar

- $\text{Log}\bar{X}$ = Harga rata - rata logaritmik
- n = Jumlah data
- X_i = Nilai curah hujan tiap - tiap tahun (mm).

d) Menghitung koefisien Skewness (Cs) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \{\text{Log}(X_i)\text{Log}\bar{X}\}^3}{(n - 1)(n - 2)S_{d\text{Log}\bar{X}}^3} \dots\dots\dots (2.13)$$

di mana,

- Cs = Koefisien Skewness
- $\text{Log}\bar{X}$ = Harga rata - rata logaritmik
- n = Jumlah data
- X_i = Nilai curah hujan tiap - tiap tahun (mm).

e) Menghitung logaritma hujan rencana dengan peri ode ulang T tahun dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \text{Log}\bar{X} + G \cdot S_{d\text{Log}X} \dots\dots\dots(2.14)$$

di mana,

- X_T = Curah hujan rencana peri ode ulang T tahun (mm)
- $\text{Log}\bar{X}$ = Harga rata - rata logaritmik
- G = Harga yang diperoleh berdasar kan nilai Cs yang didapat, seperti ditunjukkan pada lampiran-3 tabel 2.4
- $S_{d\text{Log}\bar{X}}$ = Deviasi standar nilai $\text{Log}X$.

f) Menghitung koefisien Kurtosis (Ck) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n \{\text{Log}(X_i) \text{Log} - \bar{X}\}^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \text{Sd}_{\text{Log}\bar{X}}^4} \dots\dots\dots(2.15)$$

di mana,

Ck = Koefisien Kurtosis

Log \bar{X} = Harga rata - rata logaritmik

N = Jumlah data

Sd Log \bar{X} = Deviasi standar nilai LogX.

g) Menghitung koefisien variasi (Cv) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Cv} = \frac{\text{SD}_{\text{Log } X}}{\text{Log}\bar{X}} \dots\dots\dots(2.16)$$

di mana,

Cv = Koefisien Variasi

Log \bar{X} = Harga rata - rata logaritmik

Sd Log \bar{X} = Deviasi standar.

3. Distribusi Gumbel

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi Gumbel digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (Suemarto,1999):

$$X_T = \frac{\text{Sd}}{\text{Sn}} (Y_T - Y_n) \dots\dots\dots(2.17)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (2.18)$$

Hubungan antara periode ulang T dengan Y_T dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Untuk $T \geq 20$, maka $Y = \ln T$

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \frac{T - 1}{T} \right] \dots\dots\dots (2.19)$$

di mana

X_T = Nilai hujan rencana dengan data ukur T tahun (mm)

\bar{X} = Nilai rata - rata hujan (mm)

Sd = Deviasi standar

Y_T = Nilai reduksi variat (*reduced variete*) dari variable yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun, seperti ditunjukkan pada lampiran-6 tabel 2.7

Y_n = Nilai rata - rata dari reduksi variat (*reduce mean*) nilainya tergantung - dari jumlah data (n), seperti ditunjukkan pada lampiran-5 tabel 2.5

S_n = Deviasi standar dari reduksi variant (*reduced standard variation*) nilainya tergantung dari jumlah data (n), seperti ditunjukkan pada lampiran-5 tabel 2.6.

2.4.4 Uji Keselarasan Distribusi

Untuk menjamin bahwa pendekatan empiris benar - benar bisa diwakili oleh kurva teoritis, perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi, yang biasa dikenal sebagai *testing of goodness of fit*. Ada dua jenis uji keselarasana yaitu, uji keselarasan *Chi Square* dan *Smirnov Kolmogorof*

Pada tes ini biasanya yang diamati adalah hasil tes yang diharapkan.

1. Uji Keselarasan Chi - Kuadrat

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaea di dalam kelas tersebut, atau dengan membandingkan nilai Chi Kuadrat kritis (X^2_{cr}). Uji keselarasan Chi Kuadrat menggunakan rumus sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.20)$$

di mana,

- X^2 = Harga Chi Kuadrat terhitung
- O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke - i
- E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke - i
- n = Jumlah data.

Suatu distribusi dikatakan selaras jika nilai X^2 hitung < X^2 kritis. Nilai X^2 kritis dapat di lihat pada lampiran-7 tabel 2.8. Dari hasil pengamatan yang dapat dicari penyimpangannya dengan Chi Kuadrat kritis paling keeil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diarnbil adalah 5%. Derajad kebebasan ini seeara umum dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Dk = K - (P + 1) \dots\dots\dots (2.21)$$

di mana,

- Dk = Derajad kebebasan
- P = Nilai untuk distribusi Metode Gumbel, $P = 1$.

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut :

- a) Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- b) Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- c) Apabila peluang lebih kecil dari 1% - 5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, perlu penambahan data.

2. Uji Keselarasan Smirnov - Kolmogorof

Uji keselarasan Smirnov - Kolmogorof, sering juga disebut uji keselarasan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut.

Rumus yang dipakai adalah sebagai berikut :

$$\alpha = \frac{P_{\max}}{P_x} - \frac{P(x_i)}{\Delta_{Cr}} \dots\dots\dots (2.22)$$

- a) Urutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya nilai masing - masing peluang dari hasil penggambaran grafis data (persamaan distribusinya) :

$$X_1 \longrightarrow P' (X_1)$$

$$X_2 \longrightarrow P' (X_2)$$

$$X_m \longrightarrow P' (X_2)$$

$$X_n \longrightarrow P' (X_2)$$

- b) Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov - Kolmogorof test*) tentukan harga Do seperti ditunjukkan pada lampiran-9 tabel 2.9

2.5 Analisis Debit Banjir Rencana

2.5.1 Metode Rasional

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional USSCS (1973). Metode ini sangat simple dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS - DAS dengan ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha. Karena model ini merupakan model kotak hitam, maka tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan dan aliran permukaan dalam bentuk hidrograf. Persamaan matematik metode Rasional dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut :

$$Q_p = 0.002778 C.I.A \dots\dots\dots (2.23)$$

di mana,

Q_p = Laju aliran permukaan (debit) puncak (m³/detik)

C = Koefisien limpasan

I = Intensitas hujan (mm/ jam)

A = Luas DAS dalam hektar.

a. Koefisien Limpasan [C]

Koefisien ditetapkan sebagai rasio kecepatan maksimum pada aliran air pada daerah tangkapan hujan. Koefisien ini merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan Jangsung dengan hujan total yang terjadi. Nilai C tergantung pada beberapa karakteristik dari daerah tangkapan hujan, yang termasuk di dalamnya :

- 1) Relief atau kelandaian daerah tangkapan air hujan
- 2) Karakteristik daerah, seperti perlindungan vegetasi, tipe tanah, dan daerah kedap air
- 3) Storage atau karakteristik detention lainnya.

Besarnya aliran permukaan dapat menjadi kecil, terlebih bila curah hujan tidak melebihi kapasitas *infiltrasi*. Selama hujan yang terjadi adalah kecil atau sedang, aliran permukaan hanya terjadi di daerah yang *impermeable* dan jenuh di dalam suatu DAS atau langsung jatuh di atas permukaan air. Apabila curah hujan yang jatuh jumlahnya lebih besar dari jumlah air yang dibutuhkan untuk *evaporasi*, *intersepsi*, dan *infiltrasi*, simpanan depresi dan cadangan depresi, maka barulah bisa terjadi aliran permukaan. Apabila hujan yang terjadi kecil, maka hampir semua curah hujan yang jatuh terintersepsi oleh vegetasi yang lebat.

Pada daerah dimana penggunaan lahan berubah - ubah, nilai dari koefisien limpasan yang digunakan harus mempertimbangkan pembangunan di daerah hulu, untuk daerah tangkapan air dimasa yang akan datang. Hal ini sangat relevan pada situasi dimana daerah tangkapan air di pedesaan mungkin berkembang sebagian atau seluruhnya menjadi daerah tangkapan hujan perkotaan selama dilakukannya perencanaan pelayanan kesejahteraan hidup.

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menampilkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka

koefisien aliran permukaan itu merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Nilai C berkisar antara 0 - 1. Nilai C = 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai C = 1

menunjukkan bahwa air hujan mengalir sebagai aliran permukaan. Pada DAS yang baik harga C mendekati nol dan semakin rusak suatu DAS maka harga C semakin mendekati satu.

Koefisien pengaliran (C) tergantung dari beberapa faktor antara lain, jenis tanah, kemiringan, luas dan bentuk pengaliran sungai. Sedangkan besarnya nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada lampiran-12 tabel 2.11.

Suripin (2004), menyatakan bahwa jika DAS terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka C yang dipakai adalah koefisien DAS yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.24)$$

di mana,

- A_i = Luas lahan dengan jenis penutup tanah i
- C_i = Koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i
- N = Jumlah jenis penutup lahan.

b. Intensitas Curah Hujan [I]

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

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

1) Menurut Dr. Mononobe

Rumus yang dipakai ialah :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t_c} \right]^n \dots\dots\dots (2.25)$$

di mana,

I = Intensitas curah hujan (*mml* jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

T = Lama curah hujan atau waktu konsentrasi hujan (jam)

n = Tetapan (untuk Indonesia) diperkirakan n = 2

2) Menurut Talbot

Rumus yang dipakai ialah :

$$I = \frac{a}{(t + b)} \dots\dots\dots (2.26)$$

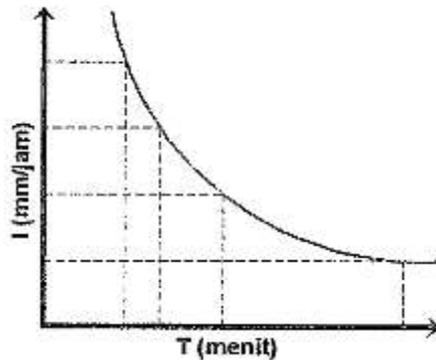
di mana,

I = Intensitas curah hujan (*mml* jam)

N = Banyaknya pasangan data i dan t

T = Lama curah hujan atau waktu konsentrasi hujan (jam)

a.b = Konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi didaerah aliran.



Gambar 2.5 Kurva Intensitas Hujan
 Sumber: Dr. Ir.Suripin, M. Eng, 2004

c. Waktu Konsentrasi [t_c]

Waktu konsentrasi atau waktu tiba banjir merupakan elemen yang penting dalam penentuan debit banjir. Terutama dalam penggunaan rumus rasional, perhitungan debit banjir itu dengan asumsi bahwa debit maksimum itu terjadi bilamana curah hujan pada titik terjauh dari daerah pengaliran telah tiba. Jadi perkiraan waktu tiba dari banjir mempunyai pengaruh besar pada perkiraan debit banjir.

Perkiraan waktu konsentrasi dapat digunakan rumus sebagai berikut :

a, Rumus yang digunakan di distrik Bayem di Jerman:

$$t_c = \frac{L}{W} \dots\dots\dots (2.27)$$

dengan W:

$$W_1 = 72 (H/L)^{0.6} \text{ km/jam} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$W_2 = 20 (H/L)^{0.6} \text{ m/detik} \dots\dots\dots (2.29)$$

di mana,

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

W = Kecepatan tiba dari banjir

L, l = Panjang sungai, yakni panjang horizontal dari titik teratas dimana lembah sungai terbentuk sampai ke titik perkiraan waktu tiba dari banjir

H, h = Selisih elevasi titik - titik tersebut di atas.

b. Rumus Kirpich :

$$t_c = 0.0195 \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.77} \dots\dots\dots (2.30)$$

di mana,

t = Waktu konsentrasi banjir (menit)

L = Panjang jarak dari tempat terjauh di daerah aliran sampai tempat pengamatan banjirnya, diukur menurut jalannya sungai (m)

H = Selisih ketinggian antara tempat terjauh dan tempat pengamatan

S = Perbandingan dari selisih tinggi antara tempat terjauh tadi dan tempat pengamatan terhadap L , yaitu H/L .

2.5.2 Metode Empiris

Jika tidak terdapat data hidrologi yang cukup, maka perkiraan debit banjir dihitung dengan menggunakan rumus - rumus empiris yang telah banyak dikemukakan. Hampir semua rumus jenis ini adalah jenis yang menyatakan korelasi dengan satu atau dua variabel yang sangat berhubungan dengan debit banjir. Karakteristik yang tidak diketahui dan debit banjir yang diperkirakan dengan rumus jenis ini ialah frekuensi rata - rata, Mengingat ada kira - kira 15 sampai 20 variabel yang mempengaruhi debit banjir pada suatu frekuensi tertentu, maka perkiraan debit banjir yang hanya mengkorelasikannya dengan

satu atau dua variabel sudah tentu tidak mungkin diperoleh hasil yang dipercaya. Penggunaan rumus ini harus dilakukan dalam pembatasan - pembatasan yang telah ditentukan. Kesalahan debit banjir yang diperoleh biasanya berkisar antara 20% sampai 30%, dan dalam keadaan ekstrim dapat mencapai beberapa ratus persen.

Bentuk rumus - rumus ini ditentukan oleh angka - angka karakteristik curah hujan, daerah aliran dan oleh tetapan - tetapan yang diperkirakan cocok untuk daerah pengaliran tersebut. Rumus - rumus debit banjir itu mempunyai bentuk sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 & Q = K.A^n \\
 & \text{atau,} \\
 & Q = \frac{a}{b + A^n} + c
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} Q = K.A^n \\ \text{atau,} \\ Q = \frac{a}{b + A^n} + c \end{aligned}} \right\} \dots\dots\dots(2.31)$$

di mana,

- Q = Debit banjir maksimum (m³/det)
- K = Koefisien mengenai karakteristik curah hujan dan daerah aliran.
- N = Tetapan yang kurang dari 1
- a,b,c = Tetapan - tetapan.

2.6 Tinjauan Hidrolika

Hidrolika adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat - sifat zat cair. Analisis hidrolika dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur sungai dan saluran pada kondisi sekarang terhadap banjir reneana, yang selanjutnya digunakan untuk mendesain alur sungai dan saluran.

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran pada saluran terbuka (*open channel flow*) maupun pada saluran tertutup (*pipe channel flow*). Pada saluran tertutup dapat dengan saluran penuh dengan air (bertekanan) dan saluran tidak penuh dengan air (tidak bertekanan).

2.6.1 Aliran Air pada Saluran Terbuka

1. Aliran Lunak (*Steady Flow*)

Aliran lunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman tetap untuk waktu tertentu. Aliran lunak diklasifikasikan menjadi :

- a) Aliran seragam, tinggi muka air sama pada setiap penampang
- b) Aliran berubah, kedalaman air berubah di sepanjang saluran
- c) Aliran Lunak (*Steady Flow*).

2. Aliran tidak lunak (*Unsteady Flow*)

Aliran ini mempunyai kedalaman aliran yang berubah tidak sesuai dengan waktu. Contohnya adalah banjir.

2.6.2 Aliran Air pada Pipa

Aliran air dalam pipa dapat merupakan aliran yang bertekanan, air penuh mengisi pipa, dapat pula aliran yang tidak bertekanan, air tidak mengisi penuh pipa. Seperti halnya gorong - gorong dapat direneanakan muka air memenuhi sisi atas saluran, merupakan saluran yang bertekanan, tidak terdapat muka air bebas, pipa penuh terisi air. Tekanan air dalam pipa ditentukan oleh muka air di kedua ujung pipa. Dapat pula muka air tidak sampai sisi atas saluran yang merupakan saluran tidak bertekanan.

Untuk pipa drainase pada saluran drainase bawah muka tanah, ketinggian reneana muka air pada pipa drainase direneanakan lebih kecil dari diameter pipa

drainase, diatas muka air reneana terdapat lobang - lobang dengan diameter sekitar 0,50 sampai 1,00 cm, untuk masuknyal mengalimya air yang berada didalam tanah kedalam pipa drainase.

2.6.3 Sifat - sifat Aliran

Pada saluran terbuka, aliran yang terjadi pada pada saluran adalah sebagai berikut:

1. Aliran Laminer

Gaya kekentalan (*viscosity*) relative sangat besar dibandingkan dengan gaya inersia, sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap perilaku aliran. Butir-butir air bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus. Aliran ini ditandai dengan tidak terjadinya olakan pada muka air.

2. Aliran Turbulen

Gaya kekentalan (*viscosity*) relative lemah dibandingkan dengan gaya inersia. Butir - butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancar dan tidak tetap. Aliran ini ditandai dengan terjadinya olakan pada muka air.

2.6.4 Rumus - rumus Aliran Air

Penampang saluran terbuka, pada drainase muka tanah, umumnya berbentuk tampang segitiga, empat persegi panjang, trapesium dan setengah lingkaran. Penampang saluran pada drainase bawah muka tanah umumnya berbetuk lingkaran, terdiri dari bahan tanah liat, buis beton atau dengan paralon. Sedangkan pengembangan dari pipa drainase ini digunakan material geotekstil, berpenampang empat persigi panjang, sisi dalam bersifat keras dan kaku (*woven*) yang dibungkus dengan bahan non

woven, seperti kawatl kain nyamuk dengan lobang lebih keeil, sehingga air dapat masuk ke saluran tanpa membawa butiran tanah.

1. Luas Desain Saluran

Tinggi muka air pada saluran (h) dan lebar saluran (b), rnerupaka parameter untuk menentukan luas basah saluran (Fs). Luas basah / desain saluran (Fs) dianalisis berdasarkan debit hujan (Q) yang nota bene menjadi debit saluran dan kecepatan aliran air pada saluran (v) :

$$Q = Fs.v \dots\dots\dots (2.32)$$

atau

$$Fs = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots (2.33)$$

di mana,

- Q = Debit hujan (m³det)
- Fs = Luas penampang basah (m²)
- v = Kecepatan aliran air pada saluran (m/det)

2. Kecepatan Aliran Air

Kecepatan Aliran air pada saluran, ditentukan berdasarkan :

- a) Tabel kemiringan saluran dan kecepatan aliran yang terdapat pada lampiran-12 tabel 2.12
- b) Berdasarkan formula Manning dan Chezy

Formula Manning:

$$v = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (2.34)$$

di mana,

v = Kecepatan aliran air pada saluran (m/det)

n = Koefisien kekerasan dinding (lihat lampiran-14 tabel 2.15)

R = Radius hidraulik = F_s / P_s

S = Kemiringan saluran drainase (lihat lampiran-12 tabel 2.12)

Formula Chezy :

$$V = C \sqrt{R \cdot S} \dots\dots\dots(2.35)$$

Koefisien Chezy :

$$C = \frac{100 \cdot R \cdot S^{1/2}}{(0.35 + \sqrt{R})} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$v = \frac{100 \cdot R \cdot S^{1/2}}{0.35 + R^{1/2}} \dots\dots\dots(2.37)$$

di mana,

v = Kecepatan aliran air pada saluran (m/det)

R = Radius hidraulik = F_s / P_s

S = Kemiringan saluran drainase (lihat lampiran-12 tabel 2.12)

Untuk menentukan besarnya kecepatan aliran ijin pada bahan dinding dan dasar saluran serta derajat kemiringan dinding saluran dapat dilihat pada lampiran-13 tabel 2.13 dan Tabel 2.14.

2.7 Umum

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman pertanian antara lain adalah keadaan tanah, air, udara serta penyinaran matahari. Dalam hal ini pengaruh air sangat besar terhadap tanaman terutama tanaman padi. Untuk mengetahui seberapa banyak air yang dibutuhkan oleh tanaman padi maka perlu diketahui tentang sifat dan guna air dalam proses pertumbuhan tanaman padi.

Disamping kebutuhan terhadap air, pertumbuhan tanaman juga sangat dipengaruhi oleh keadaan tanah dimana tanaman tersebut tumbuh. Sehubungan dengan itu maka sifat-sifat tanah harus diketahui. Menurut ilmu tanah dapat diketahui bahwa tanah terdiri dari struktur dan tekstur, yang dimaksud dengan struktur pada tanah adalah keadaan susunan butir-butir tanah, sedangkan tekstur tanah adalah besar dan kecilnya butir-butir tanah.

Apabila tekstur tanah lebih halus maka lebih besar gaya hambatnya terhadap arus air yang mengalir ke dalam tanah. Sebaliknya apabila tekstur tanah lebih besar maka akan lebih mudah air mengalir ke dalam tanah tetapi air yang mengalir ke dalam tanah akan cepat keluar dari dalam tanah, demikian juga halnya dengan pasir maka tanah yang teksturnya besar, sifatnya hampir sama dengan pasir yaitu sama-sama tidak menyimpan air dalam waktu lama.

Beberapa kegunaan air dalam proses pertumbuhan tanaman antara lain adalah :

- Melarutkan zat-zat yang dibutuhkan oleh tanaman yang terdapat di dalam tanah. Hal ini akan memudahkan akar tanaman untuk menyerap zat-zat tersebut.
- Membentuk jaringan tanaman

- Melindungi tanaman dari penyinaran matahari yang terlalu panas.

Banyaknya air yang terkandung di dalam jaringan tanaman adalah berkisar 70% sampai 80%. Letak muka air di dalam tanah akan mempengaruhi pertumbuhan lapisan- lapisan tanah yang berada pada lapisan atas yang digunakan untuk pertanian. Pengaruh dari pertumbuhan ini tergantung pada sifat lapisan tanah. Bila pertumbuhan tanah yang dimaksud tidak mampu membuat tanaman untuk tumbuh dengan baik maka tanah tersebut harus dibasahi. Semua usaha yang dilakukan tujuannya adalah untuk membasahi tanah sehingga lahan untuk pertanian bisa diolah dengan baik. Salah satu cara untuk membasahi lahan pertanian adalah dengan mengambil air dari sumbernya lalu mengalirkannya ke areal pertanian. Hal inilah yang dimaksud dengan pengairan ataupun dengan kata lain disebut irigasi.

Adapun air yang diperoleh dengan usaha yang disebut dengan irigasi hanya berlaku pada tanaman tertentu saja. Dengan adanya irigasi maka lahan yang dulunya tidak bisa ditanami dengan padi akan bisa dijadikan menjadi lahan produktif dengan adanya irigasi. Irigasi juga akan dapat memperbaiki keadaan ekonomi pada suatu daerah karena akan bisa meningkatkan hasil produksi pertanian. Disamping itu pada waktu pembangunan irigasi sedang berlangsung maka dengan cara tidak langsung akan menawarkan banyak lapangan kerja seperti pembuatan sarana perhubungan, perumahan dan lain sebagainya.

2.8. Tujuan Irigasi

Akibat adanya pengaruh musim di Indonesia yakni musim hujan dan musim kemarau akan mengakibatkan keadaan air bisa meningkat dan berkurang.

Pada waktu musim penghujan berlangsung sering terjadi banjir dan begitu juga sebaliknya dimana tanah akan bisa kering pada saat musim kemarau.

Tujuan utama dari irigasi adalah untuk menetralkan keadaan air, baik pada musim hujan maupun pada waktu musim kemarau. Dengan demikian tanaman akan tetap dapat tumbuh dengan baik sebab akan tetap bisa memperoleh kebutuhan air dengan baik. Selain untuk membasahi tanah, irigasi juga mempunyai tujuan yang tidak kalah pentingnya, yakni untuk :

- Membasahi tanah
- Merabuk tanah
- Mengatur suhu tanah

2.8.1. Membasahi Tanah

Dalam pembuatan suatu jaringan irigasi mempunyai tujuan untuk membasahi tanah. Pertumbuhan tanaman khususnya padi sangat erat hubungannya dengan air. Pembasahan tanah dengan menggunakan air irigasi dimaksudkan untuk memenuhi kekurangan air pada waktu musim kemarau. Oleh karena itu pembagian banyaknya air dalam masa pertumbuhan tanaman sangat mempengaruhi. Akan tetapi dengan adanya irigasi maka tanah akan tetap bisa dibasahi dan tanaman akan tumbuh dengan baik karena tidak akan kekurangan air.

2.8.2 Merabuk Tanah

Merabuk adalah tujuan yang terpenting setelah membasahi tanah. Membasahi tanah dengan air hujan belum cukup untuk pertumbuhan tanaman. Dengan mengalirkan air sungai untuk tanaman, akan diberi rangsangan untuk tumbuh lebih baik.

Sebelum rencana irigasi dibuat maka terlebih dahulu diadakan penyelidikan terhadap air yang akan dimanfaatkan, apakah memang bisa cocok dengan tanaman. Apabila hasil penyelidikan memberi kenyataan bahwa air yang akan digunakan mengandung zat-zat yang baik untuk tanah dan tanaman maka rencana dapat diteruskan pelaksanaannya. Zat-zat yang terkandung terdapat di dalam lumpur yang terbawa oleh air dan larut didalamnya. Karena air yang dialirkan dari saluran ke sawah hanya mempunyai kecepatan kecil maka lumpur akan segera mengendap setelah air mengalir di atas muka tanah. Peristiwa seperti ini bisa juga terjadi pada saat air sungai meluap dan menggenangi tanah disepanjang luapan air sungai. Setelah banjir usai maka tanah yang terkena luapan air sungai tersebut akan tertutup oleh lumpur yang terbawa oleh air. Pada umumnya penggenangan akan membawa faedah yang baik terhadap tanaman padi. Akibat dari penggenangan akan membuat lahan jadi baik terutama lahan yang dekat dengan sumber irigasi namun kurang menguntungkan pada lahan yang letaknya jauh dari sumber irigasi.

Dari penjelasan ini dapat diambil suatu kesimpulan bahwa sawah yang letaknya dekat dengan sumber irigasi akan lebih baik dan lebih subur dibandingkan dengan letak sawah yang lebih jauh dari sumber irigasi. Adapun zat-zat yang terkandung di dalam air umumnya tidak begitu banyak sehingga untuk mencapai tujuan merabuk diperlukan jumlah air yang sangat banyak.

2.8.3 Mengatur Suhu Tanah

Keadaan suhu sangat berpengaruh sekali terhadap pertumbuhan tanaman dimana suhu yang baik terhadap tanaman adalah suhu yang tidak terlalu tinggi

dan juga tidak terlalu rendah. Pada dasarnya suhu di Indonesia tidak menjadi suatu masalah yang sangat berarti terhadap pertumbuhan tanaman.

2.9 Perencanaan Peta Petak

Untuk merencanakan irigasi perlu terlebih dahulu dibuat peta petak sebab peta petak merupakan dasar untuk menentukan berbagai pekerjaan di lapangan. Dalam pembuatan peta petak irigasi, secara teknik harus jelas ada pemisahan antara saluran pembawa dan saluran pembuang, untuk itu tidak diperkenankan nya adanya saluran-saluran campuran, karena hal itu akan bisa menimbulkan pendangkalan di dalam saluran-saluran pembuang yang dapat mengakibatkan penggenangan.

Peta petak irigasi ini dibuat didalam peta dengan cukup teliti dari hasil pengukuran. Biasanya peta petak ini sudah dianggap cukup baik bilamana dibuat di dalam peta, dari hasil pengukuran dengan ketelitian skala 1 : 5000, kemudian sebagai ikhtiar dipergunakan peta dengan perbandingan skala 1 : 25.000.

Maksud pembuatan peta petak irigasi adalah sebagai dasar yang dipergunakan dalam pembagian dan pemberian air irigasi yang sebaik-baiknya. Dari peta petak ini terlihat seluruh daerah yang diairi, batas dan luasnya petak-petak sekunder, petak tersier, rangkaian saluran pembawa yang berupa saluran-saluran induk, saluran sekunder, saluran tersier dan saluran-saluran pembuang sekunder atau pun tersier, lokasi bangunan pengambilan air dalam sungai, baik yang berupa bendung maupun pengambilan bebas serta lokasi bangunan-bangunan sadap, bangunan bagi yang ada di dalam saluran induk dan saluran sekunder.

2.10 Saluran

Saluran pada suatu jaringan irigasi pengairan terdapat dua macam yaitu :

1. Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah suatu saluran yang berfungsi untuk membawa air irigasi dari bangunan utama ke tempat-tempat dimana air diperlukan untuk tanaman. Saluran pembawa selalu dibuat pada tempat yang tinggi supaya dapat mengairi saluran daerah irigasi yang direncanakan secara luas.

Menurut jenisnya maka saluran pembawa dibagi dalam dua jenis yaitu :

- a. Saluran Garis Tinggi atau trace dimana saluran tersebut mengalir sejajar dengan garis tinggi.
- b. Saluran Punggung dimana air pada saluran ini mengalir melalui punggung atau tegak lurus garis tinggi.

Menurut macamnya maka saluran pembawa ada empat macam yaitu :

- a. Saluran Induk (Primer) yaitu berasal dari saluran bangunan utama.
- b. Saluran Sekunder yaitu berasal dari saluran air sekunder atau saluran induk lainnya.
- c. Saluran Tersier yaitu berasal dari saluran air sekunder atau saluran induk.
- d. Saluran Kwarter yaitu berasal dari saluran tersier melalui box tersier.

2. Saluran Pembuang

Saluran pembuang adalah saluran yang digunakan untuk mengalirkan air yang tidak digunakan lagi atau kelebihan. Air kelebihan maksudnya adalah air yang keluar dari sawah yang berasal dari irigasi ataupun air hujan. Saluran pembuangan

dibuat di tempat yang rendah agar semua air yang tidak terpakai dapat dialirkan melalui saluran pembuang.

Menurut jenisnya maka saluran pembuang dibagi dalam dua jenis yaitu :

- a. Saluran Garis Tinggi yaitu saluran yang sejajar dengan garis tinggi, saluran ini dibuat sejajar dengan saluran pembawa yang berfungsi untuk mengalirkan air yang jatuh dilereng bukit di atas saluran agar tidak masuk ke saluran pembawa.
- b. Saluran Lembah yaitu saluran pembuang yang mengalir tegak lurus garis tinggal atau melalui lembah yang berfungsi untuk mengalirkan air irigasi untuk mengalirkan air irigasi yang tidak terpakai lagi.

2.11 Nomenklatur

Daerah irigasi yang luas mempunyai banyak saluran seperti saluran pembawa, sekunder, serta saluran-saluran pembuang untuk pembagian atau pemberian air, baik untuk kepentingan eksploitasi maupun keperluan-keperluan lain seperti untuk tulis menulis, pelaporan dan sebagainya, agar lebih mudah bila masing-masing objek tersebut diberi nama tersendiri atau petunjuk (indek) yang jelas singkat dan mudah di mengerti, apabila dinyatakan dengan angka ataupun huruf dari pada menerangkannya dengan beberapa kata.

Petunjuk (indek) yang dimaksud harus memenuhi persyaratan-persyaratan seperti :

1. Sedapat mungkin terdiri dari satu huruf
2. Huruf yang dimaksud tersebut menyatakan nama suatu petak ataupun nama suatu saluran.

3. Huruf atau angka yang diberikan harus menunjukkan letak dan juga arah suatu objek yang dimaksud.
4. Harus memberi nama saluran apakah itu saluran pembawa ataupun saluran pembuang. Begitu juga dengan Jenis bangunan, apakah itu pembagian air maupun pemberian air.

Secara berurutan akan dijumpai sederet bangunan pada jaringan irigasi yang dimulai dari tempat pengambilan air atau bendungan sampai pada bangunan yang paling terakhir. Bangunan yang paling pertama dijumpai pada saluran pengambilan adalah bangunan penangkap air. Biasanya bangunan ini dinyatakan dengan nama sungai dimana bangunan itu dibuat, ataupun bisa juga dengan nama desa yang ada di dekat tempat pengambilan air tersebut.

Untuk saluran pembawa yang berupa saluran sekunder dan primer diberi dengan nama tersendiri. Bila saluran itu adalah saluran lama maka nama yang dipakai untuk saluran tersebut adalah nama yang lama juga. Sedangkan untuk saluran yang baru diberi nama menurut tempat terpenting yang dilalui saluran, atau bisa juga dengan nama tempat yang mau diberikan air irigasi.

Adapun cara pemberian nama terhadap bangunan-bangunan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Untuk bangunan bendung disingkat dengan Bd dan disesuaikan dengan nama sungai yang disadap.
2. Bangunan bagi disingkat dengan B dan namanya disesuaikan dengan nama saluran disebelah hulu bangunan dan diberi nama indeks 1,2,3
3. Petak tersier diberi nama sesuai dengan nama bangunan sadap tempat saluran tersebut mendapatkan air dengan kode kiri (ki) dan kanan (ka)

4. Untuk saluran disingkat dengan S dan diberi angka Romawi untuk menjelaskan jenis saluran.
5. Saluran Induk disingkat dengan SI dan namanya disesuaikan dengan nama sungai serta kode letaknya (ka) apabila berada di sebelah kanan dan (ki) apabila berada di sebelah kiri.
6. Saluran Sekunder disingkat dengan SII dan namanya disesuaikan dengan nama kampung yang terdekat dan untuk memberi kode ruas saluran SI dan SII maka saluran ini akan diberi indeks 1,2,3...
7. Saluran tersier disingkat dengan SIII dan namanya disesuaikan dengan bangunan tempat air yang disadap serta kode letaknya (ka) apabila berada di sebelah kanan (ki) apabila berada di sebelah kiri.

2.12 Evaporasi

Evaporasi Adalah proses pertukaran melalui molekul air di atmosfer atau peristiwa berubahnya air atau es menjadi uap di udara. Penguapan terjadi pada tiap keadaan suhu sampai udara di permukaan tanah menjadi jenuh dengan uap air. Laju evaporasi atau penguapan akan bervariasi menurut dan sifat pemantulan di permukaan yang disebut dengan Albedo dan hal ini juga berbeda dengan permukaan yang tidak bisa langsung disinari oleh matahari.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat evaporasi adalah:

- Temperatur (suhu) yaitu semakin tinggi tingkat temperatur maka semakin tinggi tingkat penguapan air.
- Kelembaban udara yaitu semakin kering udara maka tingkat penguapan air akan semakin besar.

- Semakin cepat hembusan angin maka akan memperbesar tingkat penguapan air.

Akibat banyaknya faktor yang mempengaruhi tingkat evaporasi maka sulit untuk menghitung evaporasi dengan suatu rumus. Dengan demikian para ilmuan mengembangkan berbagai rumus untuk menghitung evaporasi.

Rumus Empiris :

$$0,33(e_a - e_d) \left(1 + \frac{V}{10}\right) \dots\dots\dots(2.38)$$

Dimana :

E = Evaporasi (mm/hari).

e_a = Tekanan uap jenuh suhu tingkat rata-rata harian dalam (mm/Hg).

E_d = Tekanan uap sebenarnya (mm/Hg).

V = Kecepatan angin pada ketinggian 2m di atas permukaan tanah (mil/hari).

2.13 Evapotranspirasi

Pengertian dari evapotranspirasi adalah peristiwa berubahnya air menjadi uap air dan uap air yang bergerak dari permukaan tanah atau permukaan air dan uap air yang bergerak dari tanaman ke udara. Evaporasi merupakan peristiwa dari penguapan pada permukaan tanah dan permukaan air, sedangkan transpirasi adalah peristiwa penguapan melalui tanaman atau tumbuh-tumbuhan.

Untuk mengetahui banyaknya air yg di transpirasikan dalam perhitungan bergantung kepada jenis tumbuh-tumbuhan dan kadar kelembaban tanah. Untuk menyatakan banyaknya transpirasi yang di butuhkan untuk menghasilkan 1 gram bahan kering dinyatakan dengan laju transpirasi. Dalam perhitungan banyak sekali faktor-faktor yang mempengaruhi laju evapotranspirasi sehingga tidak dapat di

perkiraan dengan teliti, namun begitu evapotranspirasi adalah suatu faktor yang sangat mendasar untuk menentukan kebutuhan air dalam suatu perencanaan irigasi dan merupakan suatu proses yang sangat penting dalam siklus Hidrologi. Oleh karena itu telah banyak diadakan percobaan-percobaan untuk menentukan jenis tanah.

Adapun yang dipakai dalam hal ini adalah :

Rumus Umum :

$$E_t = \frac{H + 0,27 E_a}{0,27} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$H = Ra (1 - r) \left(0,18 + \frac{0,55 n}{N} - T_a^4 \right) \dots\dots\dots(2.39)$$

$$(0,56 - 0,092 e_d) \left(0,10 + 0,90 \frac{n}{N} \right)$$

$$E_a = 0,3 (e_a - e_d) \left(1 + \frac{V}{100} \right) \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana :

- E_t = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)
- H = Radiasi netto (mm/hari)
- E_a = Evaporasi
- R_a = Radiasi ekstra terestial bulanan rata-rata (mm/hari)
- r = Koefisien refleksi dari permukaan.
- n = Penyinaran matahari yang teramati (jam)
- T_a = Radiasi temperatur udara rata-rata (°C)
- e_a = Tekanan uap jenuh pada tingkat rata-rata harian (mm/Hg)
- e_d = Tekanan uap sebenarnya (mm/Hg)

- h = Relatif humidity
- r = Penyerapan radiasi
- V = Kecepatan angin pada ketinggian 2 meter di atas permukaan tanah
(mil/hari)
- N = Penyinaran matahari yang maximum.

2.14 Presipitasi

Presipitasi adalah uap yang berkondensasi dan jatuh ke permukaan tanah atau bumi setelah mengalami proses siklus Hidrologi dengan berbagai macam bentuk. Adapun bentuk-bentuknya adalah :

- Embun yaitu merupakan hasil kondensasi di permukaan tanah dan tumbuh-tumbuhan serta kondensasi dalam tanah.
- Kabut yaitu pada saat kabut terjadi maka partikel-partikel air di endapkan di atas permukaan tanah dan tumbuh-tumbuhan.
- Hujan yaitu air yang jatuh dari atmosfer menuju ke permukaan tanah.
- Salju dan es yaitu merupakan air yang membeku jika mencapai suhu 0°C atau mungkin di bawah 0°C .
- Kondensasi yaitu permukaan es yang akan terjadi apabila masa udara panas bergerak pada lapisan tersebut.

Besarnya presipitasi dapat di artikan dengan besarnya intensitas dari curah hujan atau frekuensi hujan persatuan waktu. Untuk menyatakan satuan dari frekuensi hujan ini adalah dengan mm/hari. Proses ini biasanya terjadi dengan waktu yang sangat singkat yaitu sekitar 2 jam. Karena curah hujan tidak sebanding dengan waktu (seperti terlihat pada table), maka penambahan hujan akan lebih kecil di

banding dengan penambahan waktu karena kadang-kadang curah hujan berkurang atau berhenti.

Tabel II-2 Intensitas curah hujan

Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	
	1 Jam	24 Jam
Hujan Sangat Ringan	1	5
Hujan Ringan	1 – 5	5 – 20
Hujan Normal	5 – 10	20 – 50
Hujan Lebat	10 – 20	50 – 100
Hujan Sangat Lebat	20	100

Sumber : Hidrologi by Kensaku Takeda dan Ir Suyono Sosrodarsono

2.15 Perkolasi

Perkolasi adalah suatu gerakan air hujan yang bergerak ke bawah dari zona yang tidak jenuh (antara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah) ke dalam daerah jenuh (di bawah permukaan air tanah). Sedangkan daya perkolasi adalah laju perkolasi maksimum yang mungkin terjadi dan besarnya di pengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis tanah, keadaan topografi dan lain sebagainya.

Air akan mengalir ke dalam tanah dan akan berhenti setelah mencapai daya medan (field capacity). Tanah di katakan mencapai daya medan jika daerah jenuhnya telah mengandung sejumlah air maksimum yang di tahan di dalam rongga di antara butir-butir tanah terhadap tarikan gravitasinya ke bawah. Kadar air ini dinyatakan dengan persentase terhadap volume tanah dalam daerah tidak

jenuh (termasuk volume rongganya). Hal ini berkisar antara 0% sebesar porositas tanah. Untuk krikil antara 0% - 10% untuk pasir 5% - 20% dan untuk tanah liat berkisar 25% - 50%.

2.16 Penentuan Kapasitas Saluran

Untuk menentukan kapasitas dari saluran-saluran pada suatu jaringan irigasi diperlukan koefisien lengkung tegal. Koefisien lengkung tegal ini dapat dilihat pada lampiran-14 s.d 16 tabel 2.15. Besarnya air maximum pada daerah irigasi Bajayu ditentukan (a) = 1,71/det/ha. Besar debit air yang dibutuhkan pada saluran di hitung dengan rumus:

$$Q = c.a.A \text{ (m}^3\text{/det)} \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana;

Q = Debit air (m³/det)

c = Koefisien lengkung tegal (lihat lampiran 14 s.d 16 tabel 2.15 koefisien lengkung tegal)

a = Kebutuhan air maximum (l/det/ha)

A = Luas daerah yang akan diairi (ha)

2.17 Rumus perhitungan dimensi saluran

Untuk mendimensikan saluran-saluran pada proyek irigasi Bajayu ini dihitung dengan menggunakan rumus *Strikler* yaitu :

$$V = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \text{ (m/det)} \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana ;

V = Kecepatan aliran (m/det)

k = Koefisien kekasaran saluran

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan dasar saluran

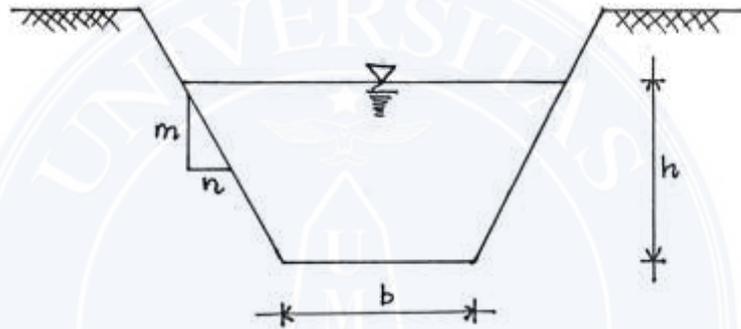
Berdasarkan debit saluran (Q) adalah :

$$Q = V \cdot F \text{ (m}^3\text{/det)} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana ;

V = Kecepatan pengaliran (m/det)

F = Luas penampang (m²)



Gambar : 2.6 Penampang Saluran

Dimana;

b = lebar dasar saluran (m).

$$b = n^1 \times h \dots\dots\dots(2.44)$$

n¹ = perbandingan antara lebar dasar saluran dengan tinggi air di dalam saluran (tabel).

m = kemiringan latut (tabel)

$$F = (b + mh) \cdot h \text{ (m}^2 \text{)} \dots\dots\dots(2.45)$$

O = keliling basah penampang saluran (m)

$$O = (b + 2h)\sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots(2.46)$$

R = jari-jari hidrolis penampang saluran (m)

$$R = F / O \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.47)$$

I = kemiringan saluran

$$I = \left(\frac{V}{R^{2/3} \cdot k} \right)^2 \dots\dots\dots(2.48)$$

Sebagai pedoman untuk menentukan dimensi penampang saluran-saluran dalam jaringan irigasi maka dipergunakan suatu tabel yang sesuai dengan syarat.

Tabel II-3 Penentuan dimensi penampang saluran jaringan irigasi

Debit (Q) (m ³ /det)	n ¹ = b/h	Kecepatan air (V) (m ³ /det)	Kemiringan talud (m)
0.00 - 0.15	1	0.25 - 0.30	1 : 1
0.15 - 0.30	1	0.30 - 0.35	1 : 1
0.30 - 0.40	1 ½	0.35 - 0.40	1 : 1
0.40 - 0.50	1 ½	0.40 - 0.45	1 : 1
0.50 - 0.75	2	0.45 - 0.50	1 : 1
0.75 - 1.50	2	0.50 - 0.55	1 : 1
1.50 - 3.00	2 ½	0.55 - 0.60	1 : 1
3.00 - 4.50	3	0.60 - 0.65	1 : 1 ½
4.50 - 6.00	3 ½	0.65 - 0.70	1 : 1 ½
6.00 - 7.50	4	0.70	1 : 1 ½
7.50 - 9.00	4 ½	0.70	1 : 1 ½
9.00 - 11.0	5	0.70	1 : 1 ½
11.0 - 15.0	6	0.70	1 : 1 ½
15.0 - 25.0	8	0.70	1 : 2
25.0 - 40.0	10	0.70	1 : 2
40.0 - 80.0	12	0.70	1 : 2

Sumber : Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

Adapun Pedoman untuk menentukan nilai dari koefisien kekasaran adalah sesuai dengan tabel berikut :

Tabel II-4 Penentuan Faktor Kekasaran Dinding Saluran (k)

Nilai dari k	Keterangan
k = 60	Untuk saluran pasangan
k = 50	Untuk saluran yang dipelihara baik dengan debit 10 m ³ /det
k = 47,5	Untuk debit saluran 5 m ³ /det
k = 45	Untuk saluran Primer
k = 42,5	Untuk saluran Sekunder
k = 40	Untuk saluran tersier

Sumber : Kriteria Perencanaan Irigasi, 2010

