

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisa Hidrologi

2.1.1. Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran, data tersebut harus betul-betul menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan. Dengan kata lain data hidrologi disebut tidak konsisten apabila terdapat perbedaan antara nilai pengukuran dengan nilai sebenarnya (Soewarno, 1995:23). Data hujan disebut konsistensi berarti data yang terukur dan dihitung adalah teliti dan benar sesuai dengan fenomena saat hujan itu terjadi (Soewarno, 2000:199).

2.1.1.1. Pemeriksaan *outlier* (data di luar ambang batas)

Outlier adalah data yang menyimpang cukup jauh dari trend kelompoknya. Keberadaan *outlier* biasanya dianggap mengganggu pemilihan jenis distribusi suatu sample data, sehingga *outlier* ini perlu dibuang. Uji Grubbs dan Beck (Chow, 1987 : 403, dalam Rhanty, 2004:8) menetapkan dua batas ambang X_L dan X_H sebagai berikut :

$$\begin{aligned} X_H &= \bar{x} - Kn \cdot S \\ X_L &= \bar{x} + Kn \cdot S \end{aligned} \tag{2-1}$$

dengan :

- X_H = nilai ambang atas
- X_L = nilai ambang bawah
- \bar{x} = nilai rata-rata
- S = simpangan baku dari logaritma terhadap sampel
- Kn = besaran yang tergantung pada jumlah sampel data (pada lampiran tabel outlier)
- n = jumlah sampel data

Data yang nilainya di luar X_H dan X_L diklasifikasikan sebagai *outlier*. Berikut tabel nilai Kn pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Nilai Kn untuk Uji Outlier-Inlier

Jumlah Data	Kn						
10	2,036	24	2,467	38	2,661	60	2,837
11	2,088	25	2,468	39	2,671	65	2,866
12	2,134	26	2,502	40	2,681	70	2,893
13	2,175	27	2,519	41	2,692	75	2,917
14	2,213	28	2,534	42	2,700	80	2,940
15	2,247	29	2,549	43	2,710	85	2,961
16	2,279	30	2,563	44	2,719	90	2,981
17	2,309	31	2,577	45	2,717	95	3,000
18	2,335	32	2,591	46	2,736	100	3,017
19	2,361	33	2,604	47	2,744	110	3,049
20	2,385	34	2,616	48	2,753	120	3,078
21	2,408	35	2,618	49	2,760	130	3,104
22	2,429	36	2,639	50	2,768	140	3,129
23	2,448	37	2,650	55	2,804		

Sumber : Panduan perencanaan Bendungan Urugan Volume II,1999

2.1.2. Curah Hujan Rerata Daerah

Untuk mendapatkan gambaran mengenai penyebaran hujan di seluruh daerah, di beberapa tempat tersebar pada DAS dipasang alat penakar hujan. Pada daerah aliran kecil kemungkinan hujan terjadi merata di seluruh daerah, tetapi tidak demikian pada daerah aliran yang besar, hujan di berbagai tempat pada DAS yang besar tidak sama, sedangkan pos-pos penakar hujan hanya mencatat hujan di suatu titik tertentu.

Selain berdasarkan stasiun pengamatan, curah hujan daerah dapat dihitung dengan parameter luas daerah tinjauan sebagai berikut :

- Untuk daerah tinjauan dengan luas 250 ha dengan variasi topografi kecil dapat diwakili oleh sebuah stasiun pengamatan.
- Untuk daerah tinjauan dengan luas 250-50.000 ha yang memiliki 2 atau 3 stasiun pengamatan dapat menggunakan metode rata-rata aljabar.
- Untuk daerah tinjauan dengan luas 120.000-500.000 ha yang memiliki beberapa stasiun pengamatan tersebar cukup merata dapat menggunakan metode rata-rata aljabar, tetapi jika stasiun pengamatan tersebar tidak merata dapat menggunakan metode Thiessen.
- Untuk daerah tinjauan dengan luas lebih dari 500.000 ha menggunakan metode Isohiet atau metode potongan antara.

Pada daerah lokasi studi digunakan satu stasiun hujan karena luas wilayah kurang dari 250 ha dengan variasi topografi yang kecil.

2.1.3. Analisa Curah Hujan Rancangan

Dalam perencanaan ini hujan rancangan dipilih cara Log Pearson III (Soemarto, CD, 1995:125) dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data. Tahapan untuk menghitung hujan rancangan maksimum dengan metode Log Pearson III adalah sebagai berikut:

- Hujan bulanan maksimum diubah dalam bentuk logaritma.
- Menghitung harga logaritma rata-rata dengan rumus :

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum \text{Log}X_i}{n} \quad (2-2)$$

- Menghitung harga simpangan baku dengan rumus :

$$Sd = \frac{\sum (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1} \quad (2-3)$$

- Menghitung harga koefisien kemencengan dengan rumus :

$$Cs = \frac{n \sum (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^2} \quad (2-4)$$

- Menghitung logaritma hujan rancangan dengan kala ulang tertentu dengan rumus :

$$\text{Log}x = \overline{\text{Log}X} + G.Sd \quad (2-5)$$

dengan :

$\text{Log}x$ = Logaritma curah hujan rancangan.

$\overline{\text{Log}x}$ = Logaritma rerata curah hujan.

G = Koefisien frekuensi

Sd = Standar deviasi

2.1.4. Uji Kesesuaian Distribusi

Pengujian analisis curah hujan dilakukan dengan uji Smirnov-Kolmogorof maupun uji Chi-Square untuk mengetahui kesesuaian dari analisis curah hujan terhadap simpangan data vertikal dari plotting data curah hujan.

2.1.4.1. Uji Smirnov – Kolmogorov

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui simpangan horisontal tersebar sebaran teoritis dan sebaran empiris. Simpangan horisontal ini dinyatakan dengan

$\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ (didapat dari tabel) untuk derajat nyata tertentu, disimpulkan hipotesa distribusi dapat diterima. Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut:

- Data curah hujan diurutkan dari kecil ke besar.
- Menghitung persamaan empiris dengan persamaan berikut (Sri Harto,1981:179) :

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-6)$$

dengan:

P = Peluang (%)

m = Nomor urut data

n = Jumlah data

- Mencari nilai G

$$G = \frac{(\text{Log}X_i - \text{Log}X)}{S} \quad (2-7)$$

Dengan :

G = Koefisien Frekuensi

S = Simpangan Baku

- Mencari harga P_r dengan melalui tabel distribusi Log Pearson type III.
- Menghitung nilai $P(x)$

$$P(x) = 100 - P_r \quad (2-8)$$

- Menghitung Selisih $S_n(x)$ dan $P(x)$

$$S_n(x) = \text{peluang} \left(\frac{\text{ranging}}{\sum \text{data} + 1} \right) \quad (2-9)$$

- Bandungkan perbedaan terbesar dari perhitungan selisih terbesar (Δ_{maks}) dengan Δ_{cr} dari tabel Smirnov-Kolmogorof. Jika harga $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$, maka penyimpangan masih dalam batas ijin, yang berarti distribusi hujan pengamatan sesuai dengan model distribusi teoritis.

2.1.4.2. Uji Chi-Square

Uji Chi-Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut dengan Chi-Square. Parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus (Soewarno,1995;194) :

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2-10)$$

dengan :

E_i = Nilai yang diharapkan (*expected frequency*)

O_i = Nilai yang diamati (*observed frequency*)

Tahapan dalam uji ini adalah sebagai berikut :

- Urutkan data pengamatan dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal 4 data pengamatan.
- Menjumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup
- Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
- Untuk tiap-tiap sub grup hitung nilai : $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- menjumlah nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ pada seluruh G sub grup untuk menentukan nilai Chi Square hitung (X^2 hit).
- Menentukan derajat kebebasan, $dk = G - R - 1$
- Harga X^2 hit dibandingkan dengan harga X^2 Cr dari table Chi Square dengan dk dan jumlah data (n) tertentu. Apabila X^2 hit < X^2 Cr maka hipotesa distribusi dapat diterima.

2.1.5. Intensitas Hujan/*Rainfall Intensity*

Besarnya curah hujan adalah volume air yang jatuh pada suatu areal tertentu. Oleh karena itu besarnya curah hujan dapat dinyatakan dalam meter kubik persatuan luas atau secara lebih umum dinyatakan dalam tinggi air yaitu milimeter (mm). Intensitas curah hujan (I) menyatakan besarnya curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam satuan mm/jam.

Pada umumnya, semakin besar t (waktu mulai hujan sampai jam ke T) intensitas hujannya semakin kecil. Untuk mengetahui rumus umum intensitas hujan dinyatakan dengan rumus (Nugroho, 2010:30):

$$I_t = \frac{R_t}{t} \quad (2-11)$$

dengan :

I_t = Intensitas hujan (mm/jam)

R_t = Jumlah hujan (mm)

T_c = Waktu hujan (jam)

2.2. Analisa Debit Limpasan Permukaan

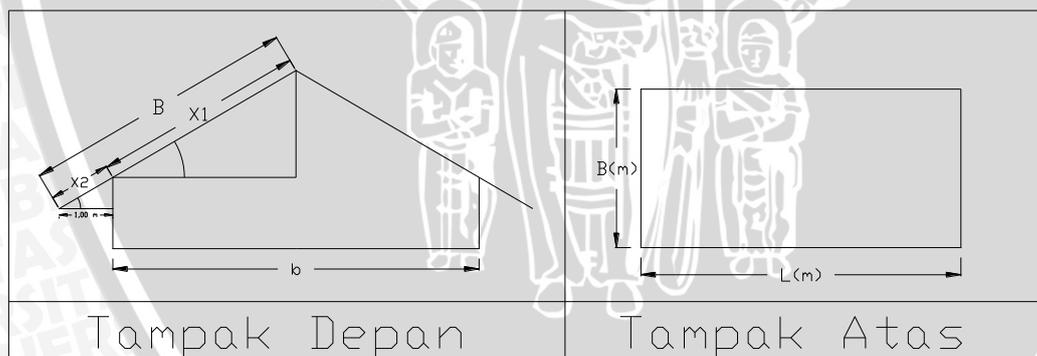
2.2.1. Limpasan Melalui Atap

2.2.1.1. Menentukan Luas Daerah Pengaliran pada Atap

Luas daerah pengaliran pada atap dianggap merupakan luas bidang atap itu sendiri, sehingga untuk perhitungan luas daerah pengaliran dihitung berdasarkan luasan bidang-bidang pembentuk atap.

2.2.1.1.1. Atap Model Pelana

Pada atap model pelana bentang atap terdiri dari dua buah bidang persegi panjang dengan kemiringan tertentu terhadap bidang datar.



Gambar 2.1. Sketsa Atap Model Pelana
Sumber : Pramudio, Wisnu, 2003

$$A = (L \times B) \times 2 \quad (2-12)$$

Dimana B dihitung berdasarkan kemiringan atap terhadap bidang datar :

$$B = X_1 + X_2 \quad (2-13)$$

Dengan :

$X_1 = ((0,5xb)/\cos)$ dan $X_2 = (1,5/\cos \alpha)$, maka

Sehingga, $A = (L \times (((0,5xb)/\cos\alpha) + (1,5/\cos \alpha))) \times 2$

Dengan :

A = Luas bidang atap (m^2)

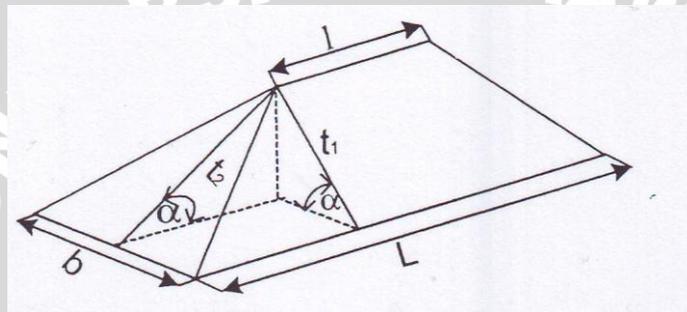
L = panjang bidang (m)

B = lebar bidang (m)

α = sudut kemiringan atap ($^\circ$)

2.2.1.1.2. Atap Model Perisai

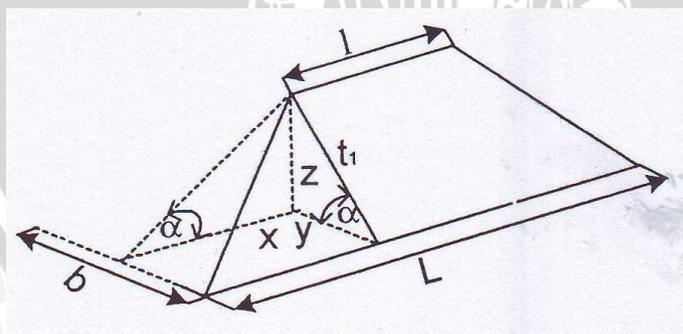
Atap model perisai terdiri dari empat buah sisi yang tersusun atas dua buah bidang, yaitu bidang segitiga pada sisi depan dan belakang dan dua buah bidang trapesium pada sisi-sisinya.



Gambar 2.2. Sketsa Atap Model Perisai
Sumber : Pramudio, Wisnu, 2003

Karena tersusun atas dua bidang, maka untuk menghitung luasnya dibagi menjadi dua bidang, yaitu :

A. Bidang trapesium



Gambar 2.3. Sketsa Bidang Trapesium Pembentuk Atap Model
Sumber : Pramudio, Wisnu, 2003

Luasan bidang trapesium tersebut dapat dihitung dengan rumus : $A = 1/2x(l + L)xt_1$

$$\cos\alpha = \frac{y}{t_1}, t_1 = \frac{y}{\cos\alpha} \tag{2-14}$$

$$y = 1/2b \tag{2-15}$$



$$\text{maka } t_1 = \frac{1}{\cos \alpha} x \left(\frac{1}{2b} \right) \quad (2-16)$$

$$\sin \alpha = \frac{z}{t_1}, z = t_1 \times \sin \alpha \quad (2-17)$$

$$z = \left(\frac{1}{\cos \alpha} x \left(\frac{1}{2b} \right) \right) x \sin \alpha \quad (2-18)$$

$$1 = L - 2x \quad (2-19)$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{z}{x}, x = \frac{z}{\text{tg } \alpha} \quad (2-20)$$

$$x = \frac{\frac{1}{\cos \alpha} x \left(\frac{1}{2b} \right) x \sin \alpha}{\text{tg } \alpha} \quad (2-21)$$

$$\text{maka } I = L - \left\{ 2x \left[\frac{\frac{1}{\cos \alpha} x \left(\frac{1}{2b} \right) x \sin \alpha}{\text{tg } \alpha} \right] \right\} \quad (2-22)$$

Maka luasan bidang jajaran genjang dapat dihitung dari persamaan

$$A_1 = 1/2x(1+L)xt_1 \quad (2-23)$$

$$A_1 = \frac{1}{2} x \left[L + \left(L - \left\{ 2x \left[\frac{\frac{1}{\cos \alpha} x \left(\frac{1}{2b} \right) x \sin \alpha}{\text{tg } \alpha} \right] \right\} \right) \right] x \frac{1}{\cos \alpha} x \left(\frac{1}{2b} \right) \quad (2-24)$$

Dengan :

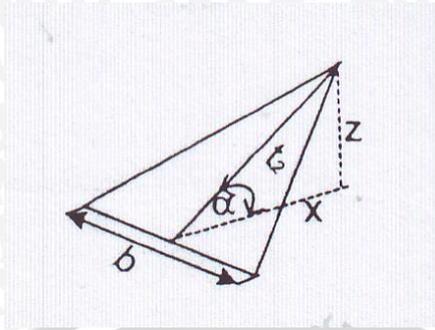
A_1 = luas bidang trapesium (m^2)

L = panjang sisi bawah trapesium/panjang atap (m)

b = panjang alas segitiga/lebar atap (m)

α = sudut kemiringan atap ($^\circ$)

B. Bidang segitiga



Gambar 2.4. Bidang Segitiga
Sumber : Pramudio, Wisnu, 2003

$$A = 1/2 \times t_2 \times b \quad (2-25)$$

Dari gambar tersebut dapat diketahui :

$$\sin \alpha = \frac{z}{t_2} \quad (2-26)$$

$$z = t_2 \times \sin \alpha \quad (2-27)$$

dari persamaan (2.10) dan (2.21) dapat diketahui bahwa :

$$z = t_1 \times \sin \alpha = t_2 \times \sin \alpha \quad (2-28)$$

maka $t_1 = t_2$

sehingga luasan bidang segitiga tersebut dapat dihitung :

$$A_2 = 1/2 \times \frac{1}{\cos \alpha} \times (1/2 b) \times b \quad (2-29)$$

$$A_2 = \frac{1}{\cos \alpha} \times (1/2 b)^2 \quad (2-30)$$

Dengan :

$$A_2 = \text{luas bidang segitiga (m}^2\text{)}$$

C. Luas total atap

Dari sketsa model atap di atas ditunjukkan bahwa atap model perisai tersusun atas empat buah bidang, yaitu dua buah bidang trapesium dan dua buah bidang segitiga. Setelah mengetahui rumusan luas masing-masing bidang, maka luas atap keseluruhan dapat dihitung dengan rumus :

$$A = 2 \times (A_1 + A_2) \quad (2-31)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.24) dan (2.30) pada persamaan di atas, maka didapatkan :

W_c = ditetapkan dari as jalan sampai bagian tepi perkerasan (m)

W_s = ditetapkan dari tepi perkerasan yang ada sampai tepi bahu jalan (m)

L_3 = tergantung dari keadaan setempat dan panjang maksimum 100 m (m)

L = ditetapkan menurut panjang ruas jalan lurus yang dianalisa (m)

2.2.2.1. Koefisien Kekasaran

Bila koefisien kekasaran badan jalan dan bahu jalan berbeda, maka digunakan koefisien kekasaran ekuivalen. Persamaan koefisien kekasaran ekuivalen dinyatakan (Chow, Ven Te; 1985):

$$n_{eq} = \frac{\left[\sum_1^N (P_N n_N^2) \right]^{1/2}}{P^{1/2}} \quad (2-33)$$

dengan :

n_{eq} = koefisien kekasaran Manning ekuivalen

P_N = keliling basah, tergantung bahan (m)

n_N = koefisien kekasaran Manning, tergantung bahan

Dengan modifikasi untuk aliran pada daerah datar, persamaan menjadi:

$$n_{eq} = \frac{\left[\sum_1^N (L_N n_N^2) \right]^{1/2}}{L_r^{1/2}} \quad (2-34)$$

Dimana L_r adalah lebar melintang badan dan bahu jalan. Untuk badan dan bahu jalan persamaan menjadi:

$$n_{eq} = \frac{\left[(W_s \cdot n_s^2 + W_c \cdot n_c^2) \right]^{1/2}}{(W_s + W_c)^{1/2}} \quad (2-35)$$

Sehingga persamaan waktu konsentrasi (di badan dan bahu jalan) menjadi:

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3.28 \times L_r \frac{n_{eq}}{\sqrt{S_a}} \right)^{0.167} \quad (2-36)$$

$$t_d = \frac{L}{60v} \quad (2-37)$$

$$t_c = ((t_0 + t_d)/60) \quad (2-38)$$

dengan :

t_0 = waktu limpasan permukaan lahan (menit)

t_d = waktu limpasan saluran (menit)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

n_{eq} = koefisien kekasaran permukaan ekuivalen

S_a = kemiringan muka air

L_r = panjang aliran di badan dan bahu jalan (m)

L = panjang saluran (m)

v = kecepatan aliran di dalam saluran (m/dt)

W_c = lebar badan jalan (m)

W_s = lebar bahu jalan (m)

2.2.3. Limpasan Metode Rasional Modifikasi

Metode rasional adalah metode untuk menghitung debit banjir maksimum dari curah hujan. Metode ini dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan secara praktis berlaku untuk luas DAS hingga 300 ha. Metode rasional ini menggunakan asumsi:

- Frekuensi hujan dan limpasan sama.
- Intensitas hujan dengan durasi minimum sama dengan waktu konsentrasi daerah aliran.
- Intensitas hujan seragam diseluruh daerah aliran.
- Durasi hujan lebat sama dengan waktu konsentrasi, seluruh daerah aliran berpengaruh secara simultan terhadap debit di saluran keluar.

Dua komponen utama yang digunakan pada metode rasional ialah waktu hujan (T) dan intensitas curah hujan (I). Metode rasional memperkirakan debit limpasan dengan pendekatan koefisien pengaliran, yang merupakan perbandingan antara debit puncak (debit maksimum) yang dihasilkan dengan intensitas hujan, namun metode rasional terlalu menyederhanakan proses yang rumit.

Untuk itu, digunakan metode rasional modifikasi yang merupakan pengembangan dari metode rasional untuk intensitas curah hujan yang lebih lama dari waktu konsentrasi. Metode ini telah dikembangkan sehingga konsep metode rasional modifikasi ini dapat menghasilkan hidrograf untuk memperhitungkan koefisien limpasan, koefisien tampungan, intensitas hujan dan luas daerah aliran dalam menghitung debit limpasan.

Rumus yang digunakan adalah:(Hindarko,2000:47)

$$Q = 0,00278 \cdot Cs \cdot C.I.A \quad (2-39)$$

dengan :

Q = Debit puncak (m³/dt)

I = Intensitas hujan rata-rata (mm/jam)

A = Daerah tangkapan (ha)

C = Koefisien pengaliran

Cs = Koefisien tampungan

2.2.3.1. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di suatu daerah akibat turunnya hujan dengan jumlah hujan yang turun di daerah tersebut.

Besarnya koefisien pengaliran antara lain dipengaruhi oleh (Subarkah, 1980:51):

- Kemiringan tanah
- Jenis permukaan tanah yang dilalui air hujan
- Iklim
- Faktor-faktor meteorologi

Penentuan nilai koefisien pengaliran suatu daerah yang terdiri dari beberapa tataguna lahan dilakukan dengan mengambil angka rata-rata koefisien pengaliran dari setiap tata guna lahan dengan menghitung bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakilinya. Adapun cara perhitungannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Suhardjono, 1984:23):

$$C_m = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2-40)$$

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2-41)$$

dengan :

C_m = Koefisien pengaliran rata-rata.

C₁, C₂, ..., C_n = Koefisien pengaliran yang sesuai kondisi permukaan.

A₁, A₂, ..., A_n = Luas daerah pengaliran yang disesuaikan kondisi permukaan. C adalah variabel yang paling sulit diperkirakan dengan tepat, harga ini diambil pada perencanaan yang didasarkan pada perkembangan tata guna lahan tanah terakhir. Harga

koefisien pengaliran (C) untuk berbagai kondisi permukaan tanah dapat ditentukan sebagai berikut :

Tabel 2.2. Koefisien Pengaliran (C) untuk persamaan rasional

Tataguna lahan	C	Tataguna lahan	C
Perkantoran		Tanah Lapang	
▪ Daerah Pusat kota	0.070-0.95	▪ Berpasir, datar, 2%	0.05-0.10
▪ Daerah sekitar kota	0.50-0.70	▪ Berpasir, agak rata, 2-7%	0.10-0.15
Perumahan		▪ Berpasir, miring, 7%	0.15-0.20
▪ Rumah Tinggal	0.30-0.50	▪ Tanah Berat, datar, 2%	0.13-0.17
▪ Rumah Susun, terpisah	0.40-0.60	▪ Tanah berat, agak rata, 2-7%	0.18-0.22
▪ Rumah susun, bersambung	0.60-0.75	▪ Tanah berat, miring, 7%	0.25-0.35
▪ Pinggiran Kota	0.25-0.40	Tanah Pertanian, 0-30%	
Daerah Industri		▪ Tanah Kosong	
▪ Kurang padat industri	0.50-0.80	- Rata	0.30-0.60
▪ Padat industri	0.60-0.90	- Kasar	0.20-0.50
Taman, Kuburan	0.10-0.25	▪ Ladang Garapan	
Tempat Bermain	0.20-0.35	- Tanah berat, tanpa vegetasi	0.30-0.60
Daerah Stasiun KA	0.20-0.40	- Tanah berat, dengan vegetasi	0.20-0.50
Daerah Tak Berkembang	0.10-0.30	- Berpasir, tanpa vegetasi	0.20-0.25
Jalan Raya		- Berpasir, dengan vegetasi	0.10-0.285
▪ Beraspal	0.70-0.95	▪ Padang Rumput	
▪ Berbeton	0.80-0.95	- Tanah berat	0.15-0.45
▪ Berbatu bata	0.70-0.85	- Berpasir	0.05-0.25
Trotoar	0.75-0.85	▪ Hutan/Bervegetasi	0.05-0.25
Daerah Beratap	0.75-0.95	Tanah tidak produktif, > 30%	
		▪ Rata, kedap air	0.70-0.90
		▪ Kasar	0.50-0.70

Sumber : Asdak, 2001:164

2.2.3.2. Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari suatu titik terjauh pada suatu DAS hingga titik pengamatan aliran (*outlet*). Waktu konsentrasi terdiri dari dua bagian yaitu waktu yang diperlukan air larian sampai ke sungai terdekat (To), dan waktu yang diperlukan aliran air sungai sampai ke lokasi pengamatan (Td).

Maka, rumus yang digunakan untuk menentukan waktu konsentrasi:

$$T_c = T_o + T_d \quad (2-42)$$

Atau dengan menggunakan rumus Kirpich :

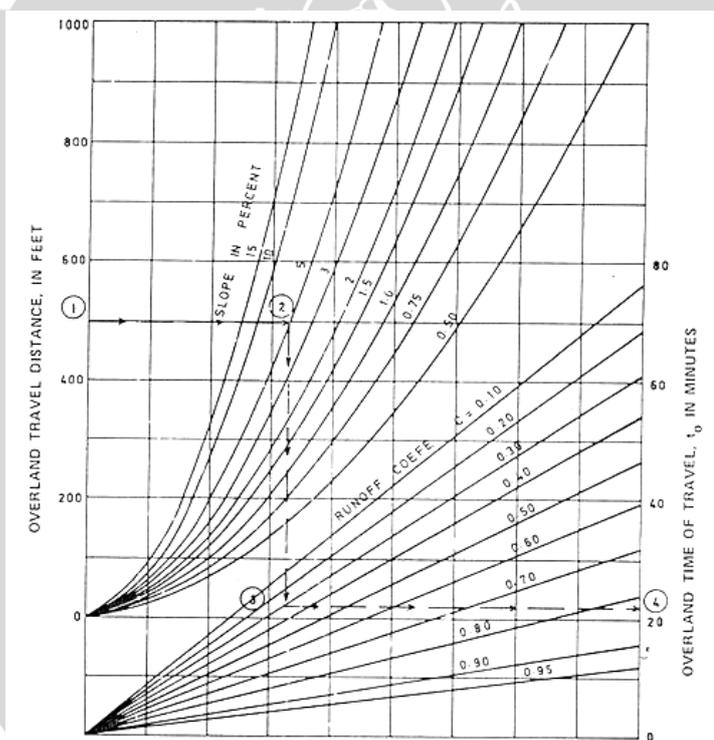
$$T_c = \frac{0,06628L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (2-43)$$

dengan:

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang lintasan air dari titik terjauh sampai titik yang ditinjau (km)

T_o = *Overland flow time*/Waktu aliran air permukaan (*runoff*) untuk mengalir melalui permukaan tanah ke saluran/sungai terdekat. Nilai dari T_o didapat dari Gambar 2.6 dengan data-data yang diperlukan yaitu panjang aliran yang akan ditempuh, kemiringan lereng rata-rata, dan koefisien pengaliran.



Gambar 2.6. *Overland time of flow nomograph (T_o)*

Sumber: Asdak, 2001; 169

Bilamana slope lahan lebih dari 15%, dan panjang lereng lebih dari 1000ft, maka dapat dihitung dengan rumus (Suripin, 2004:82)

$$T_o = \left[\frac{2}{3} x 3,28 x L x \frac{n}{\sqrt{s}} \right] \quad (2-44)$$

Dimana L adalah panjang lintasan aliran diatas permukaan lahan, n adalah angka kekasaran Manning dan S adalah kemiringan lahan.

T_d = *Drain flow time* / Waktu aliran dimana air jatuh pada titik awal ke *outlet* pengamatan. T_d dapat diperkirakan dari kondisi hidrolik pada saluran. Jika aliran dimana parameter-parameter hidroliknya sulit ditentukan maka T_d dapat diperkirakan dengan menggunakan kecepatan aliran, dimana rumusnya adalah :

$$T_d = \frac{L}{V} \quad (2-45)$$

Dimana

n = Angka kekasaran Manning

S = Kemiringan lahan

L = Panjang lintasan di atas permukaan lahan (m)

L_s = Panjang lintasan aliran di dalam saluran (m)

V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

2.2.3.3. Koefisien Tampungan

Apabila daerah bertambah besar maka pengaruh tampungan dalam pengurangan debit puncak banjir semakin nyata. Untuk menghitung pengaruh tampungan pada metode rasional modifikasi, maka persamaan rasional yang ada ($Q = C.I.A$) dikalikan dengan koefisien tampungan C_s . Dimana rumus dari koefisien tampungan adalah sebagai berikut:

$$C_s = \frac{2T_c}{2T_c + T_d} \quad (2-46)$$

dengan:

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

T_d = Waktu pengaliran/*Drain flow time* (jam)

2.3. Perencanaan Saluran Drainase

2.3.1. Jenis Drainase

Jenis-jenis drainase terdiri dari berbagai macam, diantaranya adalah sebagai berikut (Halim Hasmar, 2002: 2) :

a. Menurut sejarah terbentuknya:

- Drainase alamiah

Terbentuk secara alami, tidak ada unsur campur tangan manusia

- Drainase buatan

Dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, dan dimensi saluran

b. Menurut letak saluran

- Drainase muka tanah (*Surface Drainage*).
- Drainase bawah muka tanah (*Sub Surface Drainage*).

c. Menurut fungsi drainase

- *Single Purpose*

Saluran berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja.

- *Multi Purpose*

Saluran berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

d. Menurut konstruksi

- Saluran Terbuka

Saluran untuk air hujan yang terletak di area yang cukup luas. Juga untuk saluran air non hujan yang tidak mengganggu kesehatan lingkungan. Fungsinya untuk menyalurkan air yang belum tercemar atau yang kualitasnya tidak membahayakan. Lokasinya pada daerah yang masih cukup tersedia lahan serta tidak pada daerah sibuk (pertokoan, pasar, dan sebagainya).

- Saluran Tertutup

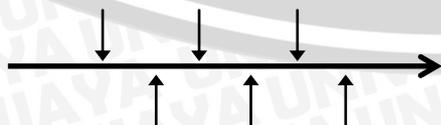
Saluran untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Juga untuk saluran dalam kota. Fungsinya untuk menyalurkan air baik yang sudah tercemar maupun yang belum tercemar. Lokasinya untuk air yang:

- sudah tercemar : dimana saja
- belum tercemar: di daerah kesibukan atau perdagangan

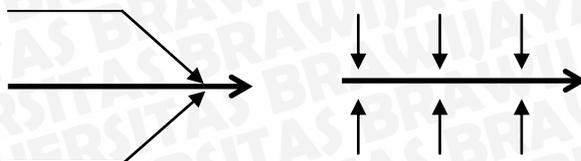
2.3.2. Pola jaringan drainase

Pola jaringan drainase meliputi :

a. Siku



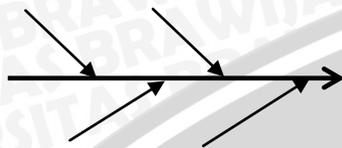
b. Paralel



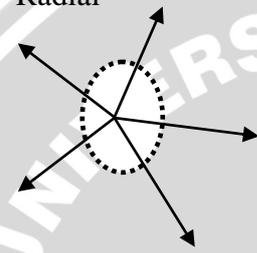
c. Grid Iron



d. Alamiah



e. Radial



f. Jaring-jaring



Keterangan:

→ : arah aliran air

Sumber: Halim Hasmar, 2002: 4

2.3.3. Pengklasifikasian Saluran Drainase

Macam saluran untuk pembuangan air dapat dibedakan menjadi:

a. Saluran Air Tertutup

- Drainase Bawah Tanah Tertutup, yaitu menerima air limpasan dari daerah yang diperkeras maupun yang tidak diperkeras dan membawanya ke sebuah pipa keluar di sisi tapak (saluran permukaan atau sungai), ke sistem drainase kota. Keuntungannya yaitu dapat menampung volume dan kecepatan yang meningkat sehingga tidak menyebabkan erosi dan kerusakan pada tapak. Keterbatasannya sedimen tidak tersaring dari limpasan karena adanya kecepatan limpasan yang meningkat sehingga daerah sekitar tapak rentan terhadap sedimentasi dan erosi.

- Drainase Bawah Tanah Tertutup dengan tempat penampungan pada tapak, dimana drainase ini memiliki keuntungan seperti diatas, tetapi kerusakan diluar tapak lebih dapat dihindari.
- b. Saluran Air Terbuka, merupakan saluran yang mengalirkan air dengan suatu permukaan bebas. Pada saluran terbuka jika ada sampah yang menyumbat dapat dengan mudah untuk dibersihkan, namun bau yang ditimbulkan dapat mengurangi kenyamanan. Menurut asalnya saluran dibedakan menjadi :
 - Saluran Alam (*natural*), meliputi selokan kecil, kali, sungai kecil dan sungai besar sampai saluran terbuka alamiah.
 - Saluran Buatan (*artificial*), seperti saluran pelayaran, irigasi, parit pembuangan dll.
- c. Saluran Air Kombinasi, yaitu limpasan air terbuka dikumpulkan pada saluran drainase permukaan, sementara limpasan dari daerah yang diperkeras dikumpulkan pada saluran drainase tertutup.

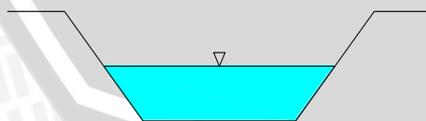
2.3.4. Bentuk Saluran Drainase

Bentuk saluran alami biasanya tidak teratur, tetapi bentuk saluran buatan diatur menurut fungsi dan lokasinya. Bentuk saluran buatan diantaranya sebagai berikut: (Suripin, 2004:120)

a. Trapesium

Berfungsi untuk menyalurkan limbah air hujan dengan debit besar yang sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi kecil. Lokasinya pada daerah yang masih cukup lahan.

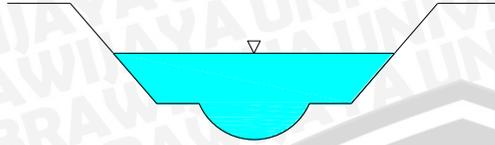
Gambar :



- b. Trapesium kombinasi dengan setengah lingkaran.

Sama dengan trapesium berganda, tetapi dengan debit minimum kecil.

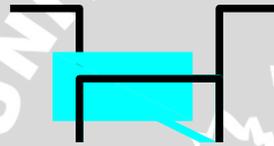
Gambar :



- c. Segiempat.

Sama dengan trapesium, bedanya adalah dimana lokasi jalur saluran tidak atau kurang tersedia lahan yang cukup.

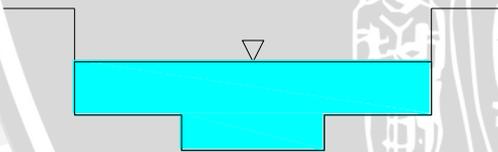
Gambar :



- d. Segiempat berganda.

Sama dengan segiempat, tapi untuk fluktuasi debit yang besar dan dengan debit minimum yang cukup besar pula.

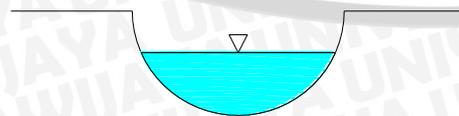
Gambar :



- e. Setengah lingkaran.

Berfungsi untuk menyalurkan limbah air hujan dengan debit kecil.

Gambar :



2.3.5. Kriteria/ Standar Teknis yang digunakan

Periode ulang yang digunakan untuk saluran drainase yang disarankan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3. Periode Ulang Saluran Drainase

Luas Das (ha)	Periode Ulang (tahun)	Metode Perhitungan Debit Rencana
< 10	2	Rasional
10 - 100	2 - 5	Rasional
101 - 500	5 - 20	Rasional
>500	10 - 25	Hidrograf Satuan

Sumber: Suripin, 2004: 241

Tabel 2.4. Hubungan kondisi lahan dengan intensitas curah hujan

Derajat curah hujan	Intensitas curah hujan (mm/jam)	Kondisi
Hujan sangat lemah	< 1,20	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit
Hujan lemah	1,20 – 3,00	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat puddel
Hujan normal	3,00 – 18,0	Dapat dibuat puddel dan bunyi hujan kedengaran
Hujan deras	18,0 – 60,0	Air tergenang di seluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan terdengar berasal dari genangan
Hujan sangat deras	> 60,0	Hujan seperti ditumpahkan, sehingga saluran dan drainase meluap

Sumber: Suripin, 2004: 23

2.3.6. Kapasitas Saluran Drainase

Kapasitas saluran dihitung dengan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

A. Kecepatan

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2-47)$$

Besarnya kecepatan aliran yang diijinkan dalam saluran tergantung pada material pembentuk saluran, kondisi fisik dan sifat-sifat hidrolisnya. Pemilihan jenis materail untuk saluran pada umumnya ditentukan oleh besarnya kecepatan aliran air yang akan melewati selokan.

Tabel 2.5. Kecepatan aliran air ijin berdasarkan jenis material

No	Jenis Bahan	Kecepatan aliran yang diijinkan (m/detik)
1	Pasir halus	0.45
2	Lempung kepasiran	0.50
3	Lanau aluvial	0.60
4	Kerikil halus	0.75
5	Lempung	1.10
6	Kerikil kasar	1.20
7	Batu-batu besar	1.50
8	Pasangan batu	1.50
9	Beton	1.50
10	Beton Bertulang	1.50

Sumber : Bina Marga, Dep.PU, 1990

B. Kontinuitas Aliran

$$Q = A \cdot V \quad (2-48)$$

dengan:

V = kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

R = jari-jari hidrolis (m)

n = koefisien kekasaran Manning

A = luas penampang basah (m²)

Q = debit (m^3/detik)

R = A/P

P = keliling basah saluran (m)

Untuk menentukan dimensi saluran dianjurkan untuk melakukan pendekatan terhadap perbandingan antara lebar dasar saluran (b) dengan kedalaman saluran (h) yang dihubungkan dengan kapasitas saluran yang dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6. Perbandingan lebar dasar saluran dengan tinggi air yang dianjurkan sesuai dengan kapasitas saluran

Kapasitas Saluran (m^3/dt)	b:h
0,0-0,5	1,0
0,5-1,0	1,5
1,0-1,5	2,0
1,5-3,0	2,5
3,0-4,5	3,0
4,5-6,0	3,5
6,0-7,5	4,0
7,5-9,0	4,5
9,0-11,0	5,0

Sumber : Suhardjono, 1984: 24

Angka kekasaran *Manning* (n) besarnya bergantung pada bahan pembentuk saluran seperti pada tabel 2.7 berikut :

Tabel 2.7. Harga-Harga Kekasaran *Manning* untuk Berbagai Tipe Saluran

Macam Saluran	n
- Saluran tertutup dengan aliran sebagian penuh	
1. Gorong-gorong dari beton lurus dan bebas dari benda-benda hanyut	0.010-0.013
2. Gorong-gorong dengan belokan dan sambungan dari beton dan ada sedikit benda hanyut	0.011-0.015

Sumber: Chow, 1992: 99

Tabel 2.7. Lanjutan

Macam Saluran	n
3. Saluran pembuang lurus dari beton	0.013-0.017
4. Pasangan batu dilapisi dengan semen	0.012-0.017
5. Pasangan batu kali disemen	0.015-0.030
- Saluran terbuka	
1. Pasangan bata disemen	0.012-0.018
2. Beton dengan plesteran	0.013-0.016
3. Pasangan batu kali disemen	0.014-0.035
4. Pasangan batu kosong	0.020-0.035

Sumber: Chow,1992: 99

Dalam menentukan penampang saluran, kemiringan dinding saluran juga harus dipertahankan. Berikut tabel hubungan antara bahan saluran dan kemiringan dinding

Tabel 2.8. Kemiringan dinding saluran yang dianjurkan sesuai dengan bahan yang digunakan

Bahan Saluran	Kemiringan Dinding
• Batuan / cadas	Mendekati vertikal
• Tanah lumpur	0,25 : 1
• Lempung keras atau tanah dengan lapisan beton	(0,5-1) : 1
• Tanah dengan pasangan batu atau tanah untuk saluran besar	1 : 1
• Lempung atau tanah untuk saluran-saluran kecil	
• Tanah berpasir lepas	1,5 : 1
• Lumpur berpasir atau lempung porous	2 : 1
	3 : 1

Sumber: Ven Te Chow, 1992:144

C. Perencanaan Hidrolis Skot Balok

Aliran pada skot balok dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan tinggi debit berikut (KP-04,1986:33) :

$$Q = C_d \cdot C_v \cdot 2/3 \cdot C_d \cdot C_v \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot b \cdot h^{2/3} \quad (2-49)$$

Dimana :

Q = debit, $m^3/detik$

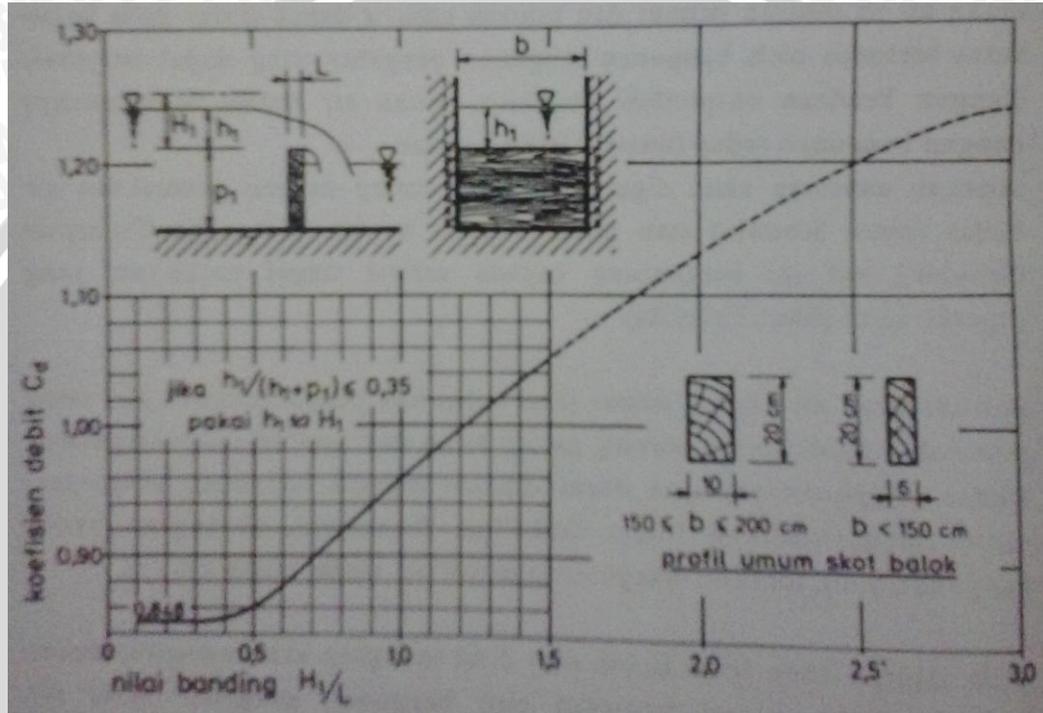
C_d = koefisien debit

C_v = koefisien kecepatan datang

g = percepatan gravitasi, $m/detik^2(9,8)$

b = lebar saluran, m

h_1 = kedalaman air di atas skot balok, m



Gambar 2.7. Grafik koefisien debit untuk aliran diatas skot balok potongan segi empat ($C_v = 1$)

Sumber : KP-04,1986:32

D. Tinggi Jagaan

Jagaan suatu aliran adalah jarak vertikal dari puncak tanggul sampai permukaan air pada kondisi perencanaan. Jarak tersebut berdasarkan pertimbangan agar dapat mencegah peluapan air akibat gelombang fluktuasi air. Tinggi direncanakan 5%-30% dari kedalaman air.

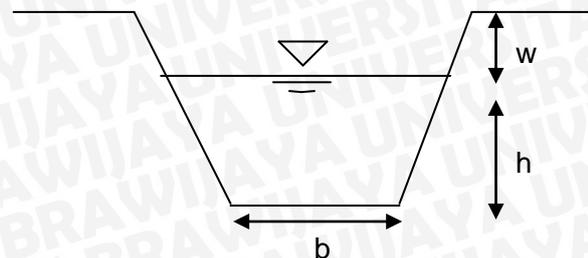
$$w = c.h \tag{2-50}$$

dengan:

w = tinggi jagaan (m)

c = 5%-30%

h = kedalaman air (m)



2.4. Konsep Drainase Berwawasan Lingkungan

Air hujan yang jatuh di permukaan tanah akan terdistribusi secara evapotranspirasi, infiltrasi dan sebagian lagi mengalir sebagai air permukaan. Dengan makin luas penutupan permukaan tanah oleh bangunan maka semakin besar air yang mengalir sebagai air permukaan dan berarti semakin kecil air yang meresap ke dalam tanah. Koefisien aliran permukaan untuk genting, beton dan aspal hampir mendekati satu, dengan kata lain tidak ada air yang meresap ke dalam tanah. Oleh karena itu biasanya diperlukan dimensi sistem drainasi yang relatif besar. Dalam konsep drainasi konvensional, seluruh air hujan yang jatuh di suatu wilayah dan menjadi limpasan harus secepat-cepatnya dibuang ke sungai dan seterusnya mengalir ke laut. (Sumber : Kuncoro, Yudo, 2012)

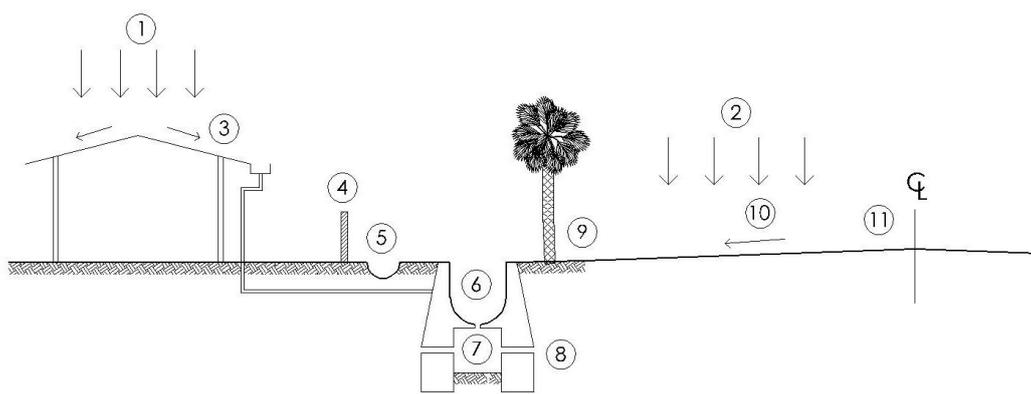
Kesalahan konsep drainasi konvensional yang paling pokok adalah filosofi membuang air genangan secepat-cepatnya ke sungai. Dengan demikian, sungai-sungai akan menerima beban yang melampaui kapasitasnya, sehingga meluap atau terjadi banjir. Demikian juga mengalirkan air secepatnya berarti akan menurunkan kesempatan bagi air untuk meresap ke dalam tanah. Dengan demikian, cadangan air tanah akan berkurang, kekeringan di musim kemarau akan terjadi. Dalam konteks inilah pemahaman bahwa banjir dan kekeringan merupakan dua fenomena yang saling memperparah secara susul-menyusul dapat dengan mudah dimengerti. Sangat ironis bahwa semakin banyak drainasi konvensional di suatu kawasan aliran sungai, maka kejadian banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau akan semakin intensif silih berganti. (Sumber : Kuncoro, Yudo, 2012)

Dengan dasar pemikiran tersebut, saat ini drainasi berwawasan lingkungan menjadi konsep utama dan mulai banyak diterapkan di dunia. Drainasi ramah lingkungan didefinisikan sebagai upaya mengelola kelebihan air dengan cara sebesar-besarnya diresapkan ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan ke sungai dengan tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya. Dalam drainasi ramah lingkungan, justru kelebihan air pada musim hujan harus dikelola sedemikian sehingga tidak mengalir secepatnya ke sungai. Namun diusahakan meresap ke dalam tanah, guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan pada musim kemarau. (Sumber : Kuncoro, Yudo, 2012)

2.4.1. Sistem Underdrain Box Storage

Underdrain Box-Storage merupakan konsep drainasi ramah lingkungan yang dikemukakan oleh Ir. Dwi Priyantoro, MS, dosen pengajar Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Drainasi ramah lingkungan dalam hal ini didefinisikan sebagai upaya mengelola kelebihan air dengan cara sebesar-besarnya

diresapkan ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan ke sungai dengan tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya. Dalam drainasi ramah lingkungan, kelebihan air pada musim hujan harus dikelola sedemikian sehingga tidak mengalir secepatnya ke sungai. Namun diusahakan meresap ke, dalam tanah, guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan pada musim kemarau. Konsep ini sifatnya mutlak di daerah beriklim tropis dengan perbedaan musim hujan dan kemarau yang ekstrim seperti di Indonesia.



Gambar 2.8. Konsep Sistem *Underdrain Box-Storage*
Sumber : Kuncoro, Yudo, 2012

Keterangan :

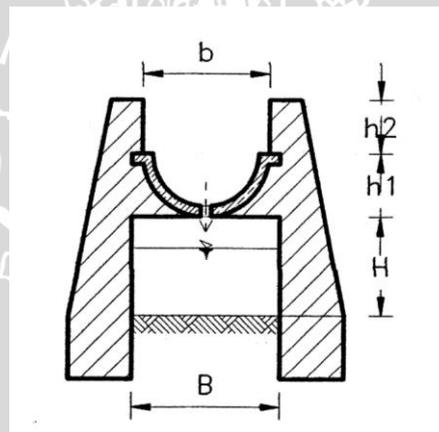
1. Curah hujan yang jatuh di atap rumah,
2. Curah hujan yang jatuh di permukaan lahan,
3. Aliran dari atap menuju talang,
4. Pagan rumah,
5. Saluran pembuang limbah domestik,
6. Saluran pembuang air hujan,
7. *Vertical drain hole*,
8. *Box-storage*,
9. Bahu jalan,
10. Badan jalan,
11. Limpasan permukaan.

Konstruksi *Underdrain Box Storage* sebagaimana ilustrasi pada Gambar 2.10 terdiri atas saluran pembuang air hujan, *vertical drain hole*, *box-storage* dan saluran pembuang limbah domestik (*sewerage system*). Saluran pembuang air hujan berfungsi menerima limpasan permukaan akibat genangan air hujan. *Vertical drain hole* berfungsi untuk meneruskan limpasan air hujan ke dalam *box-storage*. Sedangkan *box-storage*

difungsikan sebagai *long storage* yang menampung limpasan air hujan selanjutnya meresapkan air secara alamiah ke dalam tanah. Pada sistem ini saluran limbah domestik ditempatkan terpisah dari saluran air hujan.

Secara umum persyaratan dari konstruksi dari konsep drainasi ini adalah sebagai berikut :

1. Saluran air hujan tidak boleh menerima dan mengalirkan buangan air limbah, sehingga saluran air limbah harus ditempatkan terpisah.
2. Konstruksi ini dibuat dari bahan beton bertulang pracetak atau kombinasi antara pasangan batu dan beton bertulang pracetak, serta harus dipasang/ditempatkan di atas tanah yang stabil.
3. Saluran utama berbentuk huruf U, dan diberi lubang berbentuk bulat pada bagian dasarnya, dengan pelubangan sesuai desain yang direncanakan.
4. Dalam penerapannya diperlukan pemeliharaan berkala.



Gambar 2.9. Konstruksi *Underdrain Box Storage*
Sumber : Kuncoro, Yudo, 2012

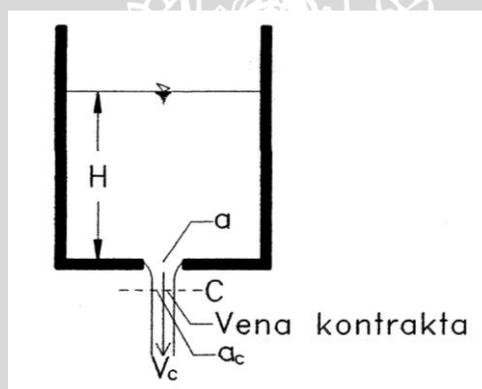
2.4.2. Analisa Hidrolika *Underdrain Box Storage*

Lubang adalah bukaan pada dinding atau dasar tangki dimana zat cair mengalir melaluinya. Lubang tersebut bisa berbentuk segi empat, segi tiga ataupun lingkaran. Sisi hulu lubang tersebut bisa tajam atau dibulatkan. Untuk kemudahan dalam pembuatan, lubang lingkaran dengan sisi tajam adalah yang paling banyak digunakan untuk pengukuran zat cair. Menurut ukurannya lubang dapat dibedakan menjadi lubang kecil dan besar.

Pada lubang besar, apabila sisi atas dari lubang tersebut berada di atas permukaan air di dalam tangki, maka bukaan tersebut dikenal dengan peluap. Peluap ini juga berfungsi sebagai alat ukur debit aliran, dan banyak digunakan pada jaringan irigasi. Peluap dengan ukuran yang besar disebut bendung, yang selain sebagai pengukur debit dalam jaringan

irigasi juga berfungsi untuk menaikkan muka air. Tinjauan hidrolis bendung sama dengan peluap. Peluap biasanya terbuat dari plat sedangkan bendung terbuat dari beton atau pasangan batu.

Kedalaman zat cair di sebelah hulu diukur dari sumbu lubang tersebut dengan tinggi energi (*head*) H . Pada aliran melalui lubang atau peluap, tinggi energi bisa konstan atau berubah karena adanya aliran keluar. Apabila tinggi energi konstan maka aliran adalah mantap (*steady*), sedangkan jika tinggi energi berubah maka aliran adalah tidak mantap (*unsteady*). Partikel zat cair yang mengalir melalui lubang berasal dari segala arah. Karena zat cair mempunyai kekentalan maka beberapa partikel yang mempunyai lintasan membelok akan mengalami kehilangan tenaga. Setelah melewati lubang, pancaran air akan mengalami kontraksi, yang ditunjukkan oleh penguncupan aliran. Kontraksi maksimum terjadi pada suatu tampang sedikit di sebelah hilir lubang, dimana pancaran kurang lebih horisontal. Tampang dengan kontraksi maksimum tersebut dikenal dengan vena kontrakta.



Gambar 2.10. Vena Kontrakta
Sumber : Kuncoro, Yudo, 2012

Pada aliran zat cair melalui lubang terjadi kehilangan tenaga yang menyebabkan beberapa parameter aliran akan lebih kecil dibanding pada aliran zat cair ideal yang dapat ditunjukkan oleh beberapa koefisien, yaitu koefisien kontraksi, koefisien kecepatan dan koefisien debit.

Koefisien kontraksi (C_c) adalah perbandingan antara luas tampang aliran pada vena kontrakta (a_j) dan luas lubang (a) yang sama dengan tampang aliran zat cair ideal.

$$C_c = a_c/a \quad (2-51)$$

Koefisien kontraksi tergantung pada tinggi energi, bentuk dan ukuran lubang, dan nilai reratanya adalah sekitar $C_c = 0,64$. Perbandingan antara kecepatan nyata aliran pada vena kontrakta (a_c) dan kecepatan teoritis (v) dikenal dengan koefisien kecepatan (C_v).

$$C_v = \frac{\text{kecepatan nyata pada venak kontrakta}}{\text{kecepatan teoritis}}$$

$$C_v = V_c/V \quad (2-52)$$

Nilai koefisien kecepatan tergantung pada bentuk dari sisi lubang (lubang tajam atau dibulatkan) dan tinggi energi. Nilai rerata dari koefisien kecepatan adalah $C_v = 0,97$.

Koefisien Debit (C_d) adalah perbandingan antara debit nyata dengan debit teoritis :

$$C_d = \frac{\text{debit nyata}}{\text{debit teoritis}} = \frac{\text{kecepatan nyata} \times \text{luas nyatatampang aliran}}{\text{kecepatan teoritis} \times \text{luas lubang}}$$

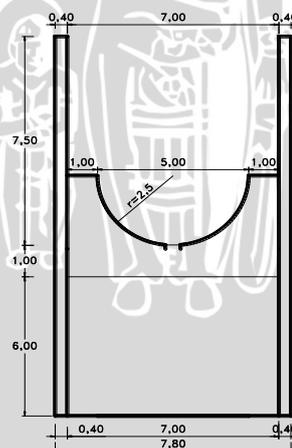
$$C_d = \frac{V_c}{V} \times \frac{a_c}{a}$$

$$C_d = C_v \times C_c \quad (2-53)$$

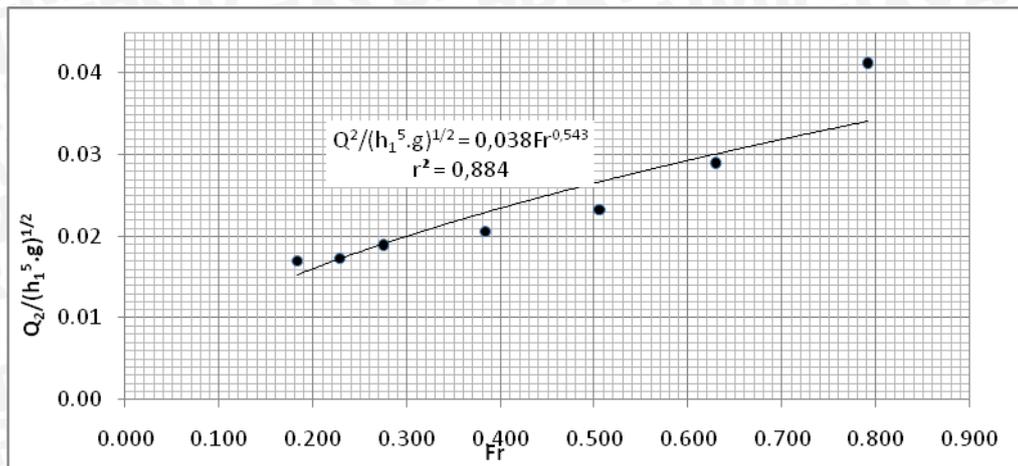
Nilai koefisien debit tergantung pada nilai C_c dan C_v yang nilai reratanya adalah 0,62.

2.4.2.1. Hubungan Antara Variabel-Variabel Tak Berdimensi

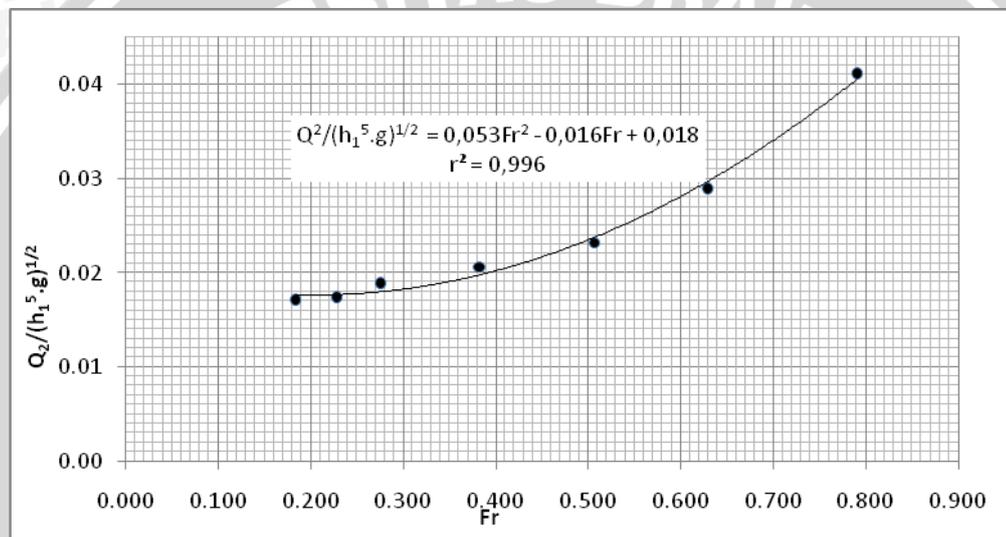
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Dasar Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Model fisik terdiri atas saluran dengan lubang pada dasarnya yang dipasang secara berseri dan dibawahnya terdapat ruang penampungan, dibuat dengan ukuran tidak sama dengan ukuran di lapangan (*non scale*).



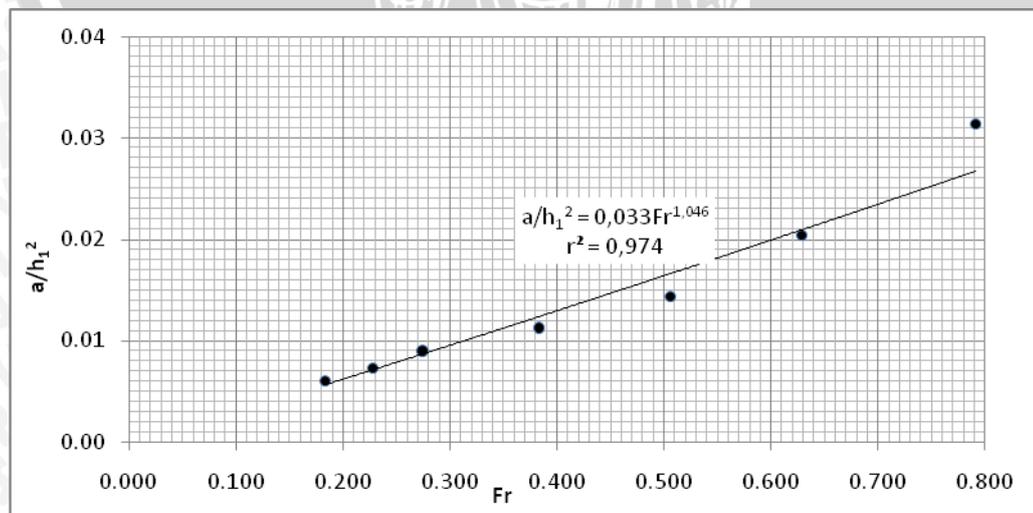
Gambar 2.11. Bentuk Saluran Peraga
Sumber: Kuncoro, Yudo, 2012



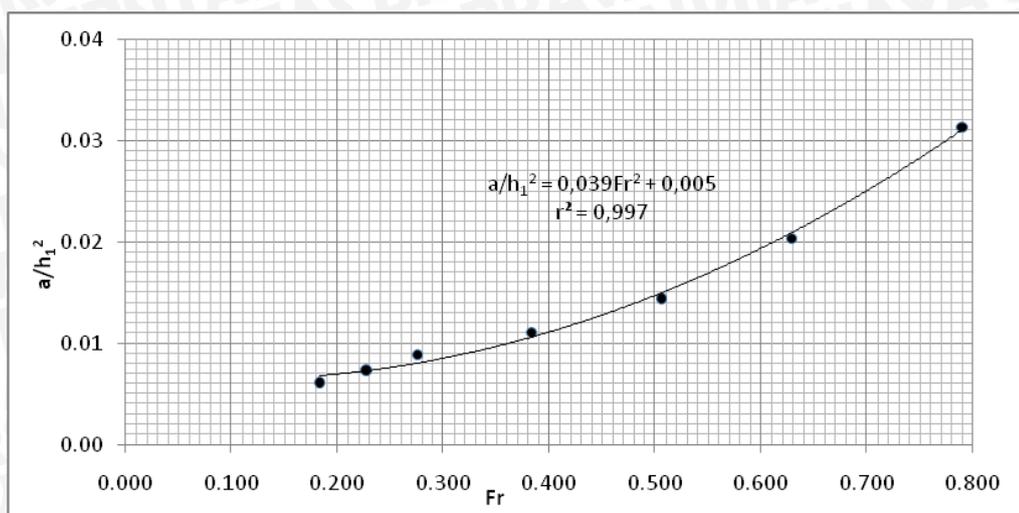
Gambar 2.12. Hubungan Antara Fr dengan $Q_2/(h_1^5 \cdot g)^{1/2}$ (Regresi I)
Sumber: Kuncoro, Yudo, 2012



Gambar 2.13. Hubungan Antara Fr dengan $Q_2/(h_1^5 \cdot g)^{1/2}$ (Regresi II)
Sumber: Kuncoro, Yudo, 2012



Gambar 2.14. Hubungan Antara Fr dengan a/h_1^2 (Regresi I)
Sumber: Kuncoro, Yudo, 2012



Gambar 2.15. Hubungan Antara Fr dengan a/h_1^2 (Regresi II)

Sumber: Kuncoro, Yudo, 2012

Bentuk kurva hubungan antar variabel ditentukan berdasarkan jumlah data hasil penelitian dan diagram pencar dalam sistem koordinat.

Untuk mengetahui kuat tidaknya hubungan dua variabel atau lebih ditunjukkan oleh koefisien korelasi (r). Makin kuat hubungan tersebut, nilai korelasi makin mendekati harga 1 atau -1, sedangkan apabila hubungan tersebut makin lemah, maka koefisien korelasi akan mendekati nol. Sedangkan untuk mengetahui besarnya pengaruh variabel bebas terhadap variabel tetapnya, digunakan koefisien determinasi (r^2).

Memperhatikan kecenderungan sebaran data, maka penarikan garis regresi dilakukan dengan dua model pendekatan, yaitu geometrik dan polinomial, sehingga didapatkan persamaan regresi sebagaimana disajikan pada Tabel 2.9.

2.9. Persamaan Kurva Hasil Analisis

Model Regresi	Persamaan Kurva	Koefisien Korelasi (r)	Koefisien determinasi (r^2)
	Hubungan Antara Fr dengan $Q_2/(h_1^5 \cdot g)^{1/2}$		
I	$Q_2/(h_1^5 \cdot g)^{1/2} = 0,038Fr^{0,543}$	0,940	0,884
II	$Q_2/(h_1^5 \cdot g)^{1/2} = 0,053Fr^2 - 0,016Fr + 0,018$	0,998	0,996
	Hubungan Antara Fr dengan a/h_1^2		
I	$a/h_1^2 = 0,033Fr^{1,046}$	0,987	0,974
II	$a/h_1^2 = 0,039Fr^2 + 0,005$	0,998	0,997

Sumber: Kuncoro, Yudo, 2012

Berdasarkan analisis statistik, maka model regresi yang memberikan hasil lebih baik adalah:

- Hubungan Antara Fr dengan $Q_2/(h_1^5 \cdot g)^{1/2}$:
 $Q_2/(h_1^5 \cdot g)^{1/2} = 0,053Fr^2 - 0,016Fr + 0,018$
 dengan koefisien korelasi (r)=0,998 dan koefisien determinasi (r^2)=0,996
- Hubungan Antara Fr dengan a/h_1^2 :
 $a/h_1^2 = 0,039Fr^2 + 0,005$
 dengan koefisien korelasi (r)=0,998 dan koefisien determinasi (r^2)=0,997

2.4.3. Kapasitas Resapan

Konsep perhitungan resapan pada *Underdrain Box Storage* adalah air yang masuk tertampung di dalam *Long Storage* diharapkan meresap ke dalam tanah. Faktor yang mempengaruhi resapan air tersebut antara lain faktor geometrik, koefisien permeabilitas tanah, serta kedalaman air tanah. Berikut formula yang digunakan untuk menghitung debit resapan.

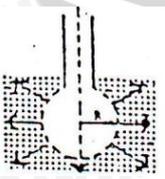
$$Q_0 = f \cdot L \cdot K \cdot h \quad (2-54)$$

dengan :

- Q_0 = Debit resapan ($m^3/detik$)
- f = Faktor geometrik saluran per satuan panjang (m/m)
- L = Panjang saluran (m)
- K = Koefisien permeabilitas tanah (m/detik)
- H = Kedalaman air *Box Storage* (m)

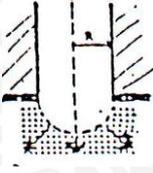
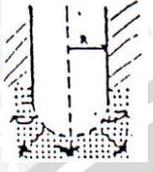
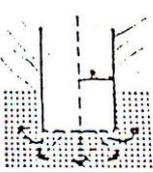
Faktor geometrik untuk *Underdrain Box Storage System* dapat dilihat pada tabel berikut .

Tabel 2.10. Faktor geometrik saluran (per satuan panjang)

No	Keadaan tampang	f (m/m)
1.		2b

Sumber : Sunjoto, 1990:22

Tabel 2.10. Lanjutan

No	Keadaan tampang	f (m/m)
2.		b
3.		$\frac{\pi}{2}b$
4.		$\frac{\pi}{5}b$
5.		b

Sumber : Sunjoto, 1990:22