

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Drainase

Pada dasarnya drainase berasal dari Bahasa Inggris yaitu *drainage*, yang memiliki arti mengalirkan, membuang atau mengalihkan air serta menguras. Drainase merupakan lengkungan atau saluran air yang berada di permukaan atau di bawah tanah, yang terbentuk secara alami atau dibuat manusia. Dalam Bahasa Indonesia, drainase bias diartikan sebagai parit di permukaan tanah atau gorong-gorong dibawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur penyaluran air demi pencegahan banjir.

Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi (Suripin, 2004).

2.1.2 Drainase Berwawasan Lingkungan (*Ecodrainage*)

Drainase berwawasan lingkungan dilakukan sebagai upaya mengelola kelebihan air dengan cara meresapkan air sebanyak-banyaknya secara alami ke dalam tanah atau mengalirkan air ke sungai tanpa melebihi kapasitas sungai tersebut. Pada drainase yang berwawasan lingkungan akan kelebihan air saat musim hujan yang harus dikelola sedemikian rupa agar tidak langsung mengalir ke sungai. Namun upaya resapan air dilakukan ke dalam tanah, guna meningkatkan kandungan air tanah sebagai cadangan di musim kemarau (Kementerian PU, 2014).

Metode *Ecodrainage* dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

1. Sumur Resapan
2. Lubang Resapan Biopori
3. Kolam Konservasi (detensi atau retensi)

4. Parit Infiltrasi
5. Rorak
6. *Side River Polder*
7. Penampung Air Hujan (PAH).

2.1.3 Sumur Resapan

Menurut (Sunjoto, 1989) mengemukakan bahwa upaya pembangunan sumur resapan air hujan merupakan teknik konservasi air yang pada hakekatnya adalah upaya manusia dalam mempertahankan, meningkatkan, dan mengembangkan daya guna air sesuai dengan peruntukannya dan dapat dicapai dengan memperbesar tampungan air tanah, memperkecil dimensi jaringan drainase, mempertahankan elevasi muka air tanah, mencegah intrusi air laut untuk daerah pantai dan memperkecil tingkat pencemaran air tanah.

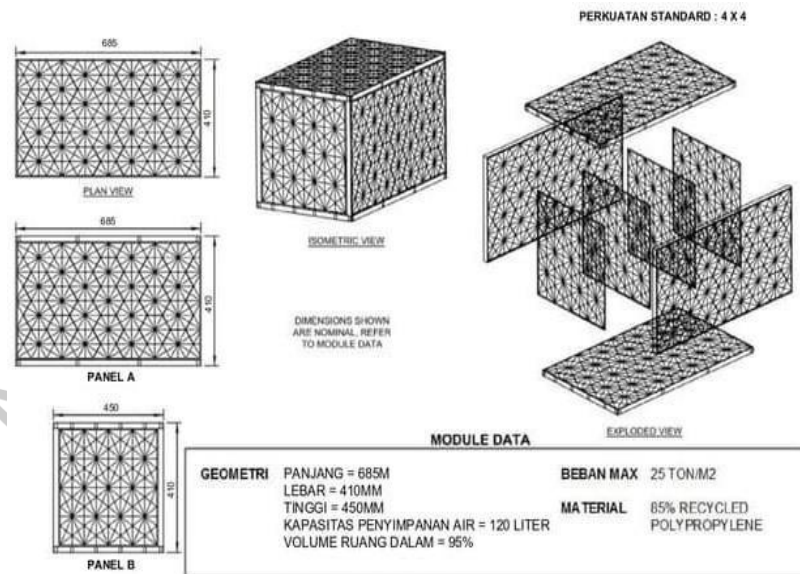
Sumur resapan merupakan sistem resapan buatan yang dapat menampung air hujan, baik dari permukaan tanah maupun dari air hujan yang disalurkan melalui atap bangunan. Secara fisik sumur resapan dapat berbentuk sumur, kolam dengan resapan, dan sejenisnya (Departemen PU, 1990).

Sumur resapan merupakan sumur atau lubang pada permukaan tanah yang digunakan untuk menampung air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah. Sumur resapan ini kebalikan dari sumur air minum. Sumur resapan adalah lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air minum adalah untuk menaikkan air tanah ke permukaan (Kusnaedi, 1996).

2.1.4 Definisi Magnatank

Magnatank adalah tangki modul berkekuatan tinggi yang digunakan sebagai bagian dari sistem manajemen tata-kelola air hujan. Magnatank terbuat dari material *polipropilena* daur-ulang (*polypropylene recycled*) sehingga ramah lingkungan. Walaupun terbuat dari bahan polimer, namun secara struktur tangki Magnatank sangat kuat karena memiliki kekuatan tekan hancur (*ultimate compressive strength*) sangat tinggi yaitu mencapai 40 ton/m², sehingga memungkinkan digunakan dibawah jalan raya, tempat parkir dan sebagainya. Tangki modul Magnatank dapat difungsikan sebagai area parkir

air hujan didaerah yang tergenang atau banjir, yang besaran volume penampungan air dapat disesuaikan dengan kebutuhan (Magnatank, 2023).



Gambar 2.1 Lembaran Magnatank Sebelum Tersusun (Magnatank.com, 2023)

Perakitan dan pemasangan Magnatank dapat dilakukan dengan mudah serta cepat karena didatangkan dalam bentuk lembaran, sehingga tidak memerlukan peralatan berat kecuali pada proses penggalian apabila volumenya besar. Bentuk produk ini sangat fleksibel dalam kapasitas pengelolaan volume air, dapat menampung mulai dari 125 liter hingga jutaan liter disatu lokasi. Magnatank juga memiliki berbagai kelebihan, diantaranya pengiriman cepat karena datang dalam keadaan terurai, perakitannya mudah, instalasinya sederhana serta pemasangannya dapat mengikuti kontur tanah.

2.1.5 Metode Kerja Pemasangan Magnatank

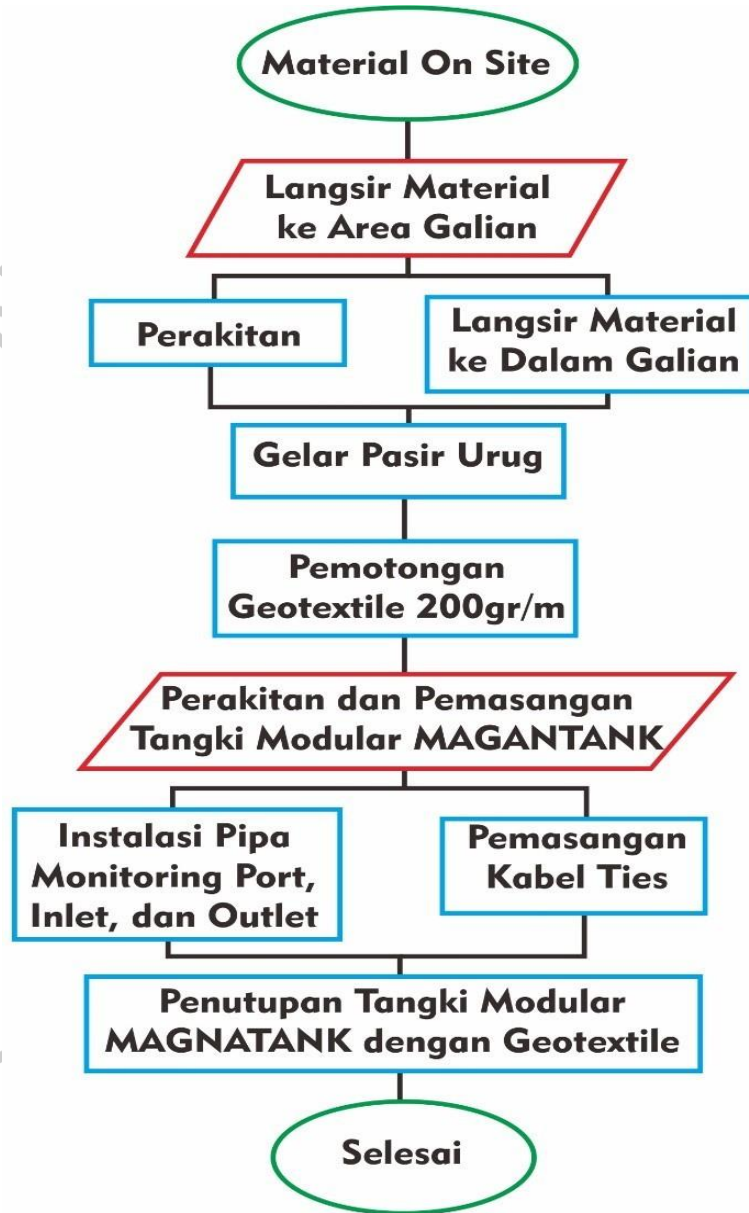
1. Alat yang digunakan:

- a) Palu Karet
- b) Gunting
- c) Gerinda Tangan
- d) Cangkul

2. Meterial yang digunakan:

- a) Tangki Modular Magnatank
- b) Geotextile 200gr/m²
- c) Dop Pipa PVC 6"

- d) Pipa PVC 6"
- e) Kabel Ties



Gambar 2.2 Flowchart Metode Kerja Pemasangan Magnatank (Magnatank.com, 2023)

3. Urutan pelaksanaan pemasangan Magnatank

- a) Menggali tanah dengan dilakukan pengukuran panjang, lebar dan tinggi untuk menyesuaikan dengan gambar kerja. Lalu setelah itu dilakukan mobilisasi material Magnatank ke lokasi galian



Gambar 2.3 Penggalian Tanah dan Mobilisasi Material Tangki Modular Magnatank (Magnatank.com, 2023)

- b) Setelah tangki modular Magnatank sudah dirakit kemudian menggelar pasir urug setebal 10 cm untuk *leveling* atau perataan permukaan tanah serta menggelar Non-woven Geotextile yang berfungsi sebagai layer untuk melindungi Magnatank dari partikel tanah atau kerikil



Gambar 2.4 Menggelar Pasir Urug dan Non-Woven Geotextile

- c) Setelah itu, masukan tangki modular Magnatank yang sudah dirakit, disusun secara paralel serta melakukan instalasi pipa *Inlet*, *Outlet*, dan *Monitoring Port*. Setelah terpasang diikat dengan kabel ties sebagai penguat susunan tangki modular Magnatank



Gambar 2.5 Memasukan Magnatank dan Mengikat Dengan Kabel Ties

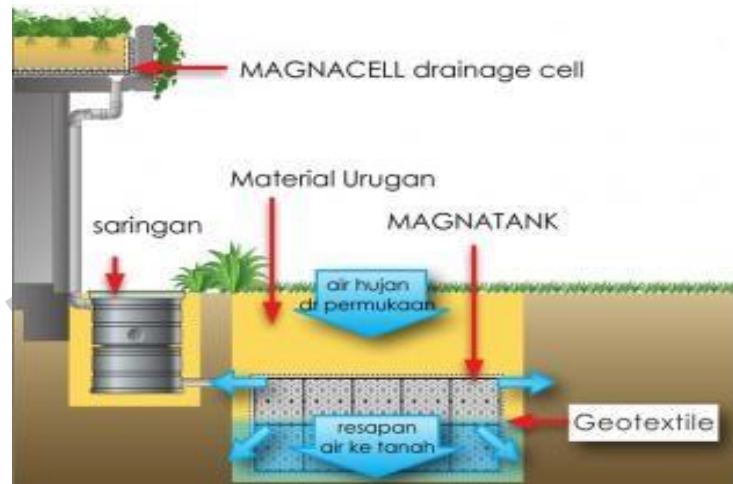
- d) Setelah tangki modular Magnatank tertutup dengan Non-Woveb Geotextile dan Instalasi Pipa sudah terpasang, lalu di tutup dengan lapisan pasir atau *based course* dan tanah. Ketebalan timbunan disesuaikan dengan beban yang akan berada di atas Magnatank.



Gambar 2.6 Menutup Dengan Lapisan pasir dan tanah

2.1.6 Fungsi Magnatank

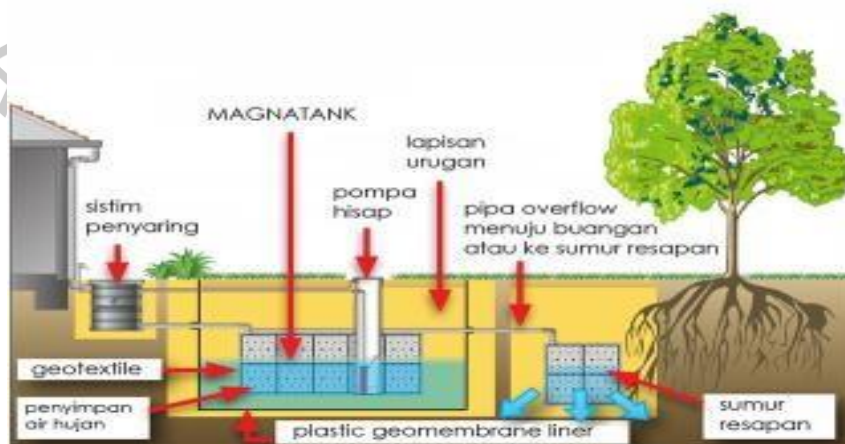
1. Sumur Resapan Modern



Gambar 2.7 Magnatank Sebagai Sumur Resapan Modern (Magnatank.com, 2023)

Tangki modul Magnatank ideal sebagai sumur resapan modern untuk pengganti sistem konvensional yang kurang praktis, terutama apabila kita akan membuat sumur resapan dalam volume atau kapasitas yang cukup besar karena perakitannya mudah, instalasinya sederhana serta pemasangannya dapat mengikuti kontur tanah. Maka pembuatan sumur resapan ini menjadi hal yang praktis untuk perumahan atau pemukiman maupun proyek komersiel.

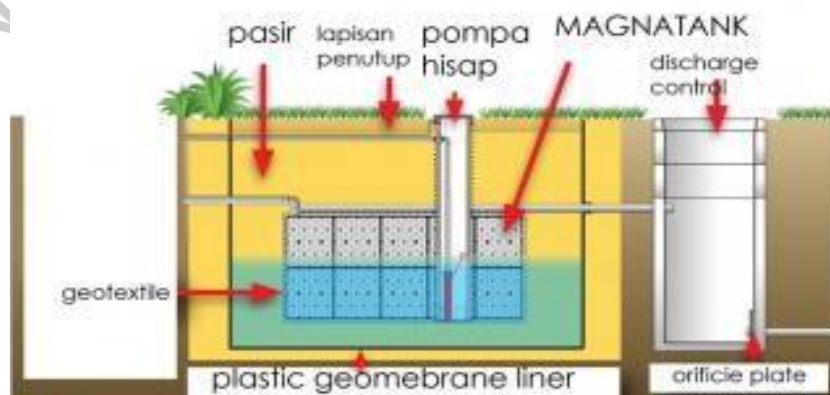
2. Tangki Penyimpanan Air Hujan



Gambar 2.8 Magnatank Sebagai Tangki Air Hujan (Magnatank.com, 2023)

Tangki modul Magnatank umumnya digunakan sebagai tempat pengumpul atau penyimpan air hujan (*rain water harvesting*) sehingga air hujan tidak terbuang secara sia-sia sebagaimana yang selama ini kita lakukan. Dengan menampung dan mengumpulkan air hujan, maka kesulitan pengadaan air bersih akan dapat diminimalisir terutama di daerah- daerah yang curah hujannya sedikit atau untuk melindungi ketersediaan air tanah bagi generasi mendatang.

3. Parkir Air Hujan Bawah Tanah



Gambar 2.9 Magnatank Sebagai Parkir Air Hujan (Magnatank.com, 2023)

Tangki modul Magnatank dapat digunakan sebagai area parkir air hujan di daerah yang sering tergenang atau banjir, dimana besaran volume penampungan air dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Area di atas parkir air juga tetap dapat digunakan contohnya untuk taman atau area parkir kendaraan.

2.1.7 Penggunaan Magnatank

1. Proyek Prasarana GELORA BUNG KARNO (GBK) dimana MAGNATANK diaplikasikan sebagai tangki penyimpan air bawah tanah yang menampung air hujan yang masuk kesaluran drainase diseluruh kawasan GBK. Volume total 3.000.000 liter (3000m³). Oktober 2017.



Gambar 2.10 Proyek Prasarana Gelora Bung Karno (Magnatank.com, 2023)

2. Dinas Tata Air Pemda DKI Jakarta, dimana MAGNATANK berfungsi sebagai sumur resapan modern dan dipasang dilebih dari 8 lokasi di wilayah Jakarta Selatan, seperti di kantor Kecamatan, Puskesmas, RPTRA dan taman kota. Volume total 2.170.000 liter (2.170 m³). Desember 2016



Gambar 2.11 Pemasangan Magnatank di wilayah Jakarta Selatan (Magnatank.com, 2023)

2.1.8 Daerah Aliran Sungai

Asdak (2010) mendefinisikan Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai suatu wilayah daratan secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung serta menyimpan air hujan untuk menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah daratan tersebut dinamakan daerah tangkapan air (DTA atau *catchment area*) yang merupakan suatu ekosistem daerah unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam (tanah, air, dan vegetasi) serta sumber daya manusia sebagai pemanfaat sumber daya alam.

2.1.9 Curah Hujan

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan. Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap serta tidak mengalir. Curah hujan satu 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 dapat menimbulkan banjir.

Tujuan mencari hujan rata-rata adalah untuk mengubah hujan titik menjadi hujan wilayah atau mencari nilai yang dapat mewakili suatu daerah aliran. Triatmodjo (2008) menjelaskan bahwa ada tiga metode untuk menghitung hujan rata-rata yaitu metode rata-rata aritmatik (Aljabar), Polygon Thiessen, dan metode Isohyet.

Tabel 2.1 *Kriteria Pemilihan 3 Metode*

Luas DAS	Metode Hujan Rata-rata
DAS besar (> 5000 km ²)	Metode Isohyet
DAS sedang (500 s/d 5000 km ²)	Metode Thiessen
DAS kecil (<500 km ²)	Metode Rata-Rata Aljabar

Sumber: Suripin, 2004

1. Metode Rata-rata Aljabar (Aritmatik)

Metode ini merupakan yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan adalah yang berada di dalam DAS, akan tetapi stasiun di luar DAS yang berdekatan juga bisa diperhitungkan. Metode rerata aljabar memberikan hasil baik apabila stasiun hujan tersebar secara merata di DAS dan distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS (Triatmodjo, 2008).

Rumus:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

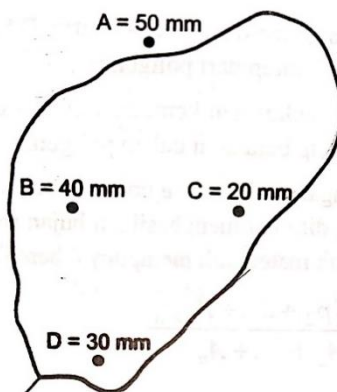
R = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

n = Jumlah stasiun pengamatan

R₁ = Curah hujan pada stasiun pengamatan satu (mm)

R₂ = Curah hujan pada stasiun pengamatan dua (mm)

R_n = Curah hujan pada stasiun pengamatan n (mm)



Gambar 2.12 DAS Metode Aljabar (Triatmodjo, 2008)

2. Metode Polygon Thiessen

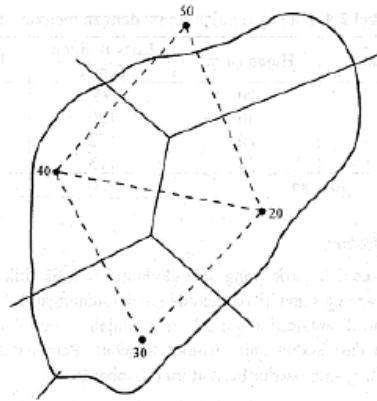
Metode ini memperhitungkan suatu beban dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Metode ini digunakan apabila

stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata, sehingga curah hujan merata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun.

$$\bar{p} = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Di mana:

- \bar{p} = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)
- P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan pada stasiun 1, 2,, n (mm)
- A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2,, n



Gambar 2.13 DAS Metode Polygon Thiessen (Triatmodjo, 2008)

3. Metode Isohyet

Isohyet adalah suatu garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode *isohyet*, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis *isohyet* adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis *isohyet* tersebut.

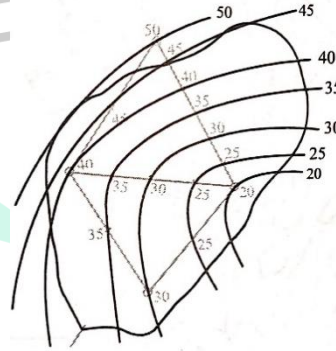
$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_2 + R_3}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n + R_{n+1}}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

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

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan stasiun 1, 2, ..., n (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas bagian yang dibatasi oleh isohyet-isohyet (km^2).



Gambar 2.14 DAS Metode Isohyet (Triatmodjo, 2008)

2.1.10 Analisis Frekuensi Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari air di Bumi, termasuk kejadian, peredaran, distribusi, sifat fisik dan kimia, serta responsnya terhadap lingkungan, termasuk keterkaitannya dengan kehidupan manusia (R.K. Linsley, Max A. Kohler, Joseph L.H. Paulus, 1982). Analisis frekuensi adalah metode yang digunakan untuk memperoleh probabilitas terjadinya curah hujan atau debit banjir, yang digunakan sebagai dasar perencanaan hidrologi untuk mengelola limpasan air hujan dan mengantisipasi kejadian ekstrem seperti banjir. Tujuan dari analisis frekuensi adalah untuk menemukan hubungan antara kejadian ekstrem dengan frekuensi kejadian menggunakan distribusi probabilitas (Triatmodjo, 2008).

Tahapan dalam melakukan analisis frekuensi yaitu:

1. Perhitungan Parameter Statistik

Nilai – nilai parameter statistik digunakan dalam analisis frekuensi Parameter tersebut sebagai berikut:

a) Nilai rata-rata (\bar{x})

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

\bar{X} = nilai rata-rata curah hujan (cm)

X_i = data curah hujan ke 1 (cm)

n = data hujan

b) Standar Deviasi (Sd)

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

Dimana:

Sd = Standar deviasi

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

n = Banyaknya data hujan

c) Koefisien Variasi (Cv)

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

d) Koefisien Skewness/Kemencengan (Cs)

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

e) Koefisien Kurtois/Puncak (Ck)

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

2. Pemilihan Sebaran

Analisis frekuensi dilakukan dengan melihat kecocokan sebaran data dengan jenis distribusi tertentu. Dari analisis frekuensi terhadap data hidrologi, dari data hujan maupun data debit sungai di Indonesia sebagian besar data mengikuti distribusi Gumbel, Log Normal dan Log Pearson III (Limantara, 2018). Setelah menghitung parameter statistik, langkah selanjutnya menentukan jenis sebaran dengan membandingkan hasil perhitungan dengan parameter untuk menentukan jenis sebaran.

Tabel 2.2 Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Sebaran

Distribusi	Persyaratan
	$C_s \approx 1$
Normal	$C_k \approx 3$
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
Log Pearson III	$C_s \neq 0$

Sumber: Triatmodjo, 2008

3. Pengujian Sebaran

Pengujian sebaran dapat dilakukan dengan Analisa curah hujan Harian Maksimum (HHM) dapat menggunakan beberapa metode sebagai berikut:

a) Metode Gumbel

Hujan rencana untuk periode ulang tertentu dapat ditentukan menggunakan Metode Gumbel. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut, sebagaimana dijelaskan oleh CD Soemarto (1999):

$$X_t = \bar{X} + \frac{Sd}{S_n}(Y_T - Y_n) \dots\dots\dots(2.9)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Hubungan antara periode ulang T dengan Yt dapat dihitung dengan rumus:

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

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \frac{T-1}{T} \right] \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

X_T = Nilai hujan rencana dengan data ukur T tahun

\bar{X} = Nilai rata - rata hujan

S_d = Standar deviasi (simpangan baku)

Y_T = Nilai reduksi variat (*reduced variate*) dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun, dapat dilihat pada tabel 2.3

Y_n = Nilai rata-rata dari reduksi variat (reduce mean) nilainya tergantung dari jumlah data (n), dapat dilihat pada tabel 2.4

S_n = Standar deviasi dari standar deviasi (*reduced standart deviation*) nilainya tergantung dari jumlah data (n), dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.3 Nilai Reduce Variate (Y_T)

No	Periode Ulang, T (tahun)	Reduce Variate (Y_T)
1.	2	0,3665
2.	5	1,4999
3.	10	2,2502
4.	20	2,9606
5.	25	3,1985
6.	50	3,9019
7.	100	4,6001
8.	200	5,2960
9.	500	6,2140
10.	1000	6,9190
11.	5000	8,5390
12.	10000	9,9210

Sumber: SNI 2415, 2016

Tabel 2.4 Nilai Reduce Mean (Y_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber: SNI 2415, 2016

Tabel 2.5 Nilai Reduce Standart Deviation (S_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Sumber: SNI 2415, 2016

b) Metode Log Pearson Type III

Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi

Log Pearson III adalah:

1. Harga rata-rata (Mean)
2. Simpangan baku (Standar Deviasi)
3. Koefisien Kemencengan.

Adapun langkah-langkah perhitungan curah hujan rencana adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

1. Data curah hujan harian maksimum tahunan sebanyak n tahun dalam bentuk logaritma.

2. Hitung harga rata-ratanya sebagai berikut:

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

Dimana:

$\log \bar{X}$ = Curah hujan.

N = Jumlah data.

X_i = Curah hujan rata-rata.

3. Hitung harga simpangan baku (standar deviasinya):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.13)$$

4. Hitung koefisien kemencengan:

$$C_s = \frac{n \sum (\log x_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana:

C_s = Koefisien *skewness*.

5. Hitung logaritma curah hujan rancana dengan periode ulang tertentu dengan rumus sebagai berikut:

$$X_t = \bar{X} + k.S \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana:

X_t = Curah hujan rencana periode ulang T tahun.

K = Harga yang diperoleh berdasarkan nilai C_s yang akan didapatkan pada tabel.

6. Menghitung koefisien kurtosis (C_k):

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \times \sum_{i=1}^n \{ \log(X_i) - \log \bar{X} \}^4 \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana:

C_k = Koefisien kurtosis.

7. Menghitung koefisien variasi (Cv):

$$C_v = \frac{s}{\overline{\log X}} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana:

Cv = Koefisien variasi.

8. Menghitung nilai ekstrem:

$$\log X = \overline{\log X} + G.S \dots \dots \dots (2.18)$$

9. Mencari antilog dari LogX untuk mendapatkan hujan (debit banjir) rancangan yang dikehendaki.

c) Distribusi Normal

Perhitungan hujan periode ulang dapat dilakukan dengan menggunakan distribusi normal. Perhitungan hujan periode ulang dengan metode distribusi normal dipengaruhi oleh nilai variabel reduksi *Gauss* dalam tabel 2.6.

Tabel 2.6 Nilai Variabel Reduksi Gauss

Periode ulang T (tahun)	Peluang	K
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,020	2,05
100,000	0,010	2,33

Periode ulang T (tahun)	Peluang	K
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

Sumber: Soewarno, 1995

Berikut adalah rumus untuk mencari hujan periode ulang dengan metode distribusi normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

X_T = Curah hujan periode ulang (mm/hari).

\bar{X} = Nilai hujan maksimum rata-rata (mm/hari).

K_T = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi *gauss*).

S = Standar deviasi (simpangan baku).

d) Distribusi Log Normal

Metode ini mirip dengan metode normal, hanya saja pada metode distribusi log normal digunakan nilai logaritma

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana:

X_T = Besarnya curah hujan dengan periode ulang T tahun

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

K_T = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi *gauss*)

Sd = Standar deviasi (simpangan baku)

Ciri khas statistik distribusi Log Normal adalah nilai koefisien *skewness* sama dengan tiga kali nilai koefisien variasi (Cv) atau bertanda positif.

4. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi frekuensi dari *sample* data terhadap fungsi jenis peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut, sehingga diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan adalah :

a) Uji Smirnov – Kolmogorov

Menurut Soewarno (1995), uji ini sering di sebut uji kecocokan non parametrik dimana pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya sebagai berikut:

$$a = \frac{P_{max}}{P(x)} - \frac{P(x_i)}{\Delta_{cr}} \dots\dots\dots(2.21)$$

Prosedur uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof yaitu:

1) Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besaran nilai masing-masing data tersebut:

- X1 → P(X1)
- X2 → P(X2)
- Xm → P(Xm)
- Xn → P(Xn)

2) Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya):

- X1 → P'(X1)
- X2 → P'(X2)
- Xm → P'(Xm)
- Xn → P'(Xn)

3) Dari kedua nilai peluang, tentukan selisih terbesar antara peluang pengamat dengan peluang teoritis.

b) Uji Chi – Kuadrat (*Chi Square*)

Uji Chi – Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus:

$$X_h^2 = \sum i = 1 \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana:

- X_h^2 = Parameter Chi – Kuadrat terhitung
- G = Jumlah sub – kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

K_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Parameter X_h^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai X_h^2 sama atau lebih besar daripada nilai Chi – Kuadrat yang sebenarnya (X^2). Tahap-tahap yang digunakan dalam Uji parameter Chi – Kuadrat adalah:

- 1) Mengurutkan data pengamatan.
- 2) Kelompokkan data menjadi G subgrup yang masing-masing beranggotakan minimal 4 data pengamatan.
- 3) Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar O_i tiap-tiap sub grup.
- 4) Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
- 5) Pada tiap-tiap subgrup hitung nilai:
 $(O_i - E_i)$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- 6) Jumlah keseluruhan G sub grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai *Chi-Square* terhitung.
- 7) Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (Nilai $R=2$ untuk distribusi Normal dan Binomial, serta nilai $R = 1$, untuk distribusi poisson)

2.1.11 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan diperlukan dalam penentuan debit rencana ketika merencanakan pembangunan bangunan air. Pada umumnya besar intensitas hujan dipengaruhi oleh lama hujan berlangsung. Makin lama waktu hujan berlangsung maka intensitasnya makin berkurang (Soemarto, 1987).

Untuk menentukan debit banjir rencana (design flood) perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan terutama bila digunakan metoda rational. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau (Loebis, 1987).

Rumus menghitung intensitas curah hujan menggunakan hasil analisa distribusi frekuensi yang sudah dirata-rata, menggunakan rumus Mononobe sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

2.1.12 Debit Banjir Rencana

Metode yang biasa digunakan untuk menghitung debit banjir umumnya sebagai berikut:

1. Metode Rasional

Menurut Wanielista (1990) metode rasional adalah kaitan antara run-off dengan intensitas curah hujan awalnya digunakan hanya untuk memperkirakan debit puncak (peak discharge). Metode rasional ini dapat dinyatakan secara aljabar dengan persamaan sebagai berikut (Subarkah, 1980):

$$Q_t = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \text{ (m}^3\text{/detik)} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana:

Q_t = debit banjir rencana (m³/dtk)

C = koefisien run off (koefisien limpasan)

I = intensitas maksimum selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = luas daerah aliran (km²)

Konstanta 0,278 adalah faktor konversi debit puncak ke satuan dalam m³/detik (Seyhan, 1990).

Koefisien *run off* tergantung dari beberapa faktor antara lain jenis tanah, kemiringan, luas dan bentuk pengaliran sungai. Sedangkan besarnya nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel 2.7

Tabel 2.7 Koefisien Pengaliran

Tipe daerah aliran	Kondisi daerah	Koefisien pengaliran (C)
Perumputan	Tanah Gemuk 2-7%	0,18 – 0,22
Perdagangan	Daerah kota	0,70 – 0,95
	Daerah dekat kota	0,50 – 0,70
Perumahan	Singel family	0,3 – 0,5
	Terpisah penuh	0,4 – 0,6
	Tertutup/rapat	0,6 – 0,7
Industri	Apartemen	0,5 – 0,7
	Ringan	0,5 – 0,8
	Berat	0,6 – 0,9

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya, 2012

2. Metode Melchior

Metode *Melchior* ini digunakan untuk memperkirakan debit banjir rancangan untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) yang luasnya lebih dari 100 km². Adapun prosedur perhitungannya adalah sebagai berikut (Subarkah, 1980):

$$Q_t = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A \dots\dots\dots(2.25)$$

a) Koefisien Pengaliran (α):

Koefisien pengaliran *Melchior* berkisar 0,42-0,62 dan dianjurkan menggunakan 0,52 (Loebis, 1987).

b) Koefisien Reduksi (β):

$$f = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720\beta \dots\dots\dots(2.26)$$

c) Menghitung waktu tiba banjir (t) dengan persamaan:

$$t = \frac{1000L}{3600V} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana:

T = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang sungai (km)

V = Kecepatan air rata-rata

d) Menghitung kecepatan aliran (V) dengan persamaan:

$$V = 1,31 \cdot \sqrt[5]{\beta \cdot q \cdot f \cdot i^2} \dots\dots\dots(2.28)$$

e) Menghitung kemiringan rata-rata dasar sungai dengan rumus:

$$i = \frac{H}{0,9L} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana:

I = Kemiringan rata-rata sungai

H = Beda elevasi antara titik yang dimaksud

L = Panjang alur sungai (km)

f) Hujan Maksimum (q)

Hujan maksimum (q) dihitung dari grafik hubungan persentase curah hujan dengan t terhadap curah hujan harian dengan luas DPS dan waktu.

$$Qt = a * q * F \frac{Rt}{200} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana:

Qt = debit banjir rencana (m³/det).

a = koefisien *run off*.

Ft = koefisien reduksi daerah untuk curah hujan DAS.

q = hujan maksimum (m³/km²/det).

t = waktu konsentrasi (jam).

F = luas daerah pengaliran (km²).

L = panjang sungai (km).

I = gradien sungai atau medan yaitu kemiringan rata-rata sungai (10% bagian hulu dari panjang sungai tidak dihitung.

Beda tinggi dan panjang diambil dari suatu titik 0,1 L dari batas hulu DAS).

2.1.13 Kala Ulang

Berbagai macam bangunan air memerlukan perhitungan hidrologi yang merupakan bagian dari perencanaan bangunan-bangunan tersebut. Pemilihan

kala ulang (*return period*) banjir rancangan untuk bangunan air adalah suatu masalah yang sangat bergantung pada analisa statistik dari urutan kejadian banjir.

Tabel 2.8 *Kriteria Pemilihan Kala Ulang Banjir Rancangan*

No	Jenis Bangunan Air	Kala Ulang Banjir T (tahun)
1.	Bendungan Urugan tanah/batu	1000
2.	Bendungan Beton/ batu kali	500-1000
3.	Bendung	50-100
4.	Saluran pengelak banjir	20-50
5.	Tanggul sungai	10-20
6.	Drainase saluran di sawah/pemukiman	5-10

Sumber: Ir. Suwanto M MS Diktat *Morfologi Sungai*

2.1.14 Perencanaan Saluran Drainase

1. Kapasitas Saluran

Kapasitas saluran didefinisikan sebagai debit maksimum yang mampu dilewatkan oleh setiap penampang sepanjang saluran. Kapasitas saluran ini, digunakan sebagai acuan untuk menyatakan apakah debit yang direncanakan tersebut mampu untuk ditampung oleh saluran pada kondisi eksisting tanpa terjadi peluapan air (Anggrahini,2005). Kapasitas saluran dihitung berdasarkan rumus:

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times l^{\frac{1}{2}} \times A \dots \dots \dots (2.31)$$

Keterangan:

Q = Debit hidrolika (m³/s)

n = Koefisiensi kekasaran manning

R = Jari-jari hidrolis saluran (m)

l = Kemiringan saluran

A = Luas penampang saluran (m²)

2. Koefisien Kekasaran

Koefisien kekasaran ditentukan oleh bahan atau material saluran, jenis sambungan, material padat yang terangkut dan yang terendap dalam saluran, akar tumbuhan, *alinyemen*, lapisan penutup (pipa), umur saluran serta aliran lateran yang mengganggu aliran.

Koefisien kekasaran pada kenyataannya bervariasi, hal ini dilihat dari koefisien bentuk kekasaran penampang yang ditetapkan oleh manning seperti terlihat pada tabel 2.9 Berikut:

Tabel 2.9 Koefisien Kekasaran Sungai

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<i>A. Lined or Built-Up Channels</i>			
1. Concrete			
a. Trowel finish	0.011	0.013	
b. Float Finish	0.013	0.015	0.015
c. Finished, with gravel bottom	0.015	0.017	0.016
d. Unfinished	0.014	0.017	0.020
e. Gunit, good section	0.016	0.019	0.020
f. Gunit, wavy section	0.018	0.022	0.023
g. On good excavated rock	0.017	0.020	0.025
h. On irregular excavated rock	0.022	0.027	
2. Concrete bottom float finished with sides of:			
a. Dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.020
b. Random stone in mortar	0.017	0.020	0.024
c. Cement rubble masonry, plastered	0.016	0.020	0.024
d. Cement rubble masonry	0.020	0.025	0.030
e. Dry rubble on riprap	0.020	0.030	0.035
3. Gravel bottom with sides of:			
a. Formed concrete	0.017	0.020	0.025
b. Random stone in mortar	0.020	0.023	0.026
c. Dry rubble or riprap	0.023	0.033	0.036
4. Brick			
a. Glazed	0.011	0.013	0.015
b. In cement mortar	0.012	0.015	0.018
5. Metal			
a. Smooth steel surfaces	0.011	0.012	0.014
b. Corrugated metal	0.021	0.025	0.030
6. Asphalt			
a. Smooth	0.013	0.013	
b. Rough	0.016	0.016	
7. Vegetal lining	0.030		0.500

Sumber: HEC-RAS River Analysis System, 2002

3. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak tanggul sampai ke permukaan air pada kondisi perencanaan.

Tabel 2.10 *Tinggi jagaan minimum untuk saluran dari tanah dan pasangan*

Komponen	Tinggi jagaan (m)
Saluran tersier	0,10 - 0,20
Saluran sekunder	0,20 - 0,40
Saluran primer	0,40 - 0,60
Sungai (<i>Basin drainage</i>)	1,00

Sumber: Suyono Sosrodarsono, 1985

2.1.15 Permodelan Hidrolika dengan HEC-RAS

1. Data yang dibutuhkan

Dalam pengerjaan analisis hidrolika, digunakan program bantu HEC-RAS (*Hidrologic Engineering System River Analysis System*). HEC-RAS melakukan analisis hidrolika menggunakan asumsi aliran *steady* dan *unsteady* serta akan memberikan desain berdasarkan hasil analisis tersebut. Data yang harus dimasukkan untuk melakukan analisis hidrolika menggunakan program bantu HEC-RAS adalah:

- Data geometri saluran Sungai Petir, berupa koordinat x dan y untuk penampang memanjang dan penampang melintang.
- Koefisien *Manning*
- Data aliran (debit tiap titik penampang)

Hasil analisis program bantu HEC-RAS adalah:

- Elevasi muka air sepanjang aliran
- Profil aliran yang ditinjau

2. Konsep Perhitungan dalam HEC-RAS

Dalam HEC-RAS, penampang saluran ditentukan terlebih dahulu, kemudian luas penampang akan dihitung. Untuk mendukung fungsi saluran sebagai penghantar aliran, maka penampang saluran dibagi atas beberapa bagian. Pendekatan yang dilakukan HEC-RAS adalah membagi area penampang berdasarkan nilai n (koefisien kekasaran *manning*). Setiap aliran yang terjadi pada bagian penampang, dihitung dengan persamaan *manning* :

$$Q = KS^{1/2} \dots \dots \dots (2.32)$$

$$K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3} \dots \dots \dots (2.33)$$

Keterangan:

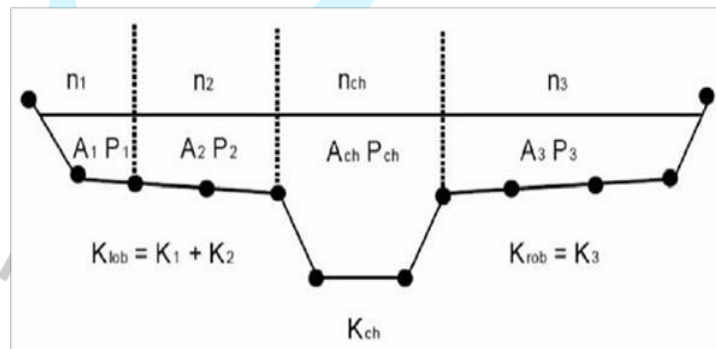
K = nilai pengantar aliran pada unit

n = koefisien kekasaran *manning*

A = luas bagian penampang

R = jari-jari hidrolis

Perhitungan nilai K dapat dihitung berdasarkan kekasaran *manning* yang dimiliki oleh bagian penampang tersebut, seperti terlihat pada gambar:



Gambar 2.15 Contoh Penampang Saluran dalam HEC-RAS (Istiarto, 2014)

Setelah penampang ditentukan maka HEC-RAS akan menganalisis profil aliran, HEC-RAS menggunakan dua jenis asumsi, yaitu aliran *steady* dan *unsteady*. Aliran *steady* adalah aliran yang parameter alirannya, seperti kecepatan (v) tidak berubah selama selang waktu tertentu, sedangkan aliran *unsteady* adalah aliran yang parameter

alirannya berubah-ubah selama selang waktu tertentu. Konsep dasar perhitungan yang digunakan dalam aliran steady dan unsteady adalah:

a) Persamaan Energi

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots(2.34)$$

Keterangan:

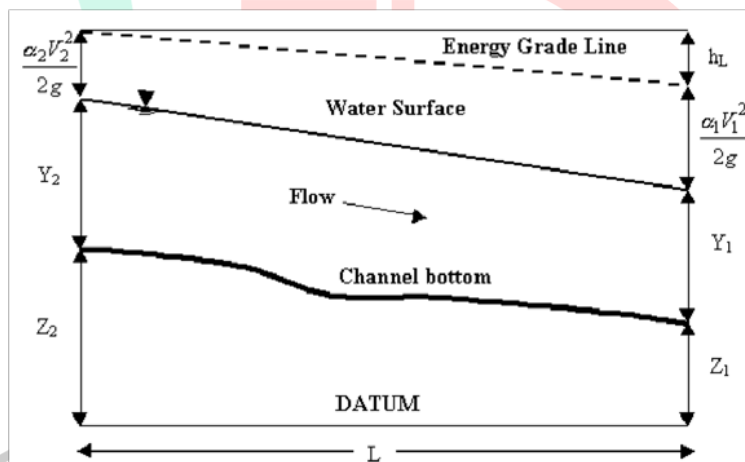
Z1, Z2 = elevasi dasar saluran

Y1, Y2 = tinggi airdalam saluran

V1, V2 = kecepatan aliran

α_1, α_2 = koefisien kecepatan

h_e = kehilangan energi (*energy head loss*)



Gambar 2.16 Penggambaran Persamaan Energi Pada Saluran Terbuka (Triadmodjo, 1993)

Nilai h_e didapat dengan persamaan:

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1}{2g} \right| \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan:

L = jarak antara dua penampang

S_f = kemiringan aliran

C = koefisien kehilangan energi (penyempitan, pelebaran atau belokan)

b) Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \sum Q_m - \sum Q_{out} \dots \dots \dots (2.36)$$

Terjadi perbedaan hasil pada aliran steady dan unsteady. Pada aliran *steady*, debit yang masuk akan sama dengan debit yang keluar, sedangkan pada aliran *unsteady*, debit yang masuk akan berbeda dengan debit yang keluar.

c) Persamaan Momentum

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(vQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \dots \dots \dots (2.37)$$

2.2 Penelitian Terdahulu

1. Penelitian M. Yasser Akbar (2021) dengan judul “Analisis Sumur Resapan Dalam Mengurangi Dampak Banjir di Perumahan Bukit Pamulang Indah” dengan kesimpulan yaitu permasalahan banjir yang terjadi di Perumahan Bukit Pamulang Indah akibat dari luapan saluran utama dapat diatasi dengan sumur resapan. Penanganan banjir dengan membangun sumur resapan dirasa tepat untuk saat ini, dikarenakan adanya lahan taman pada Kawasan Perumahan Bukit Pamulang Indah. Sumur resapan yang dibuat di taman tersebut berjumlah 15 lubang sumur resapan, setiap taman dapat dibangun 5 sumur resapan dengan kedalaman 3 m dan diameter 1 m. Debit yang terserap oleh sumur resapan sebesar 0,833 m³/jam. Besar pemanfaatan sumur resapan dalam mereduksi beban drainase di Perumahan Bukit Pamulang Indah adalah sebesar 61,31 %.
2. Penelitian Bryan Charles (2019) dengan judul “Perencanaan Pemanfaatan Limpasan Air Hujan Dengan Sistem Magnatank di Perumahan Grand Natura Kota Mataram” dengan kesimpulan yaitu dari

sumber yang didapat satu unit magnetank dapat menampung sebesar 125 lt air, cukup untuk mengurangi beban yang akan melimpah pada saluran drainase perumahan Grand Natura kota Mataram. Sedangkan debit yang didapat dari hasil analisa bab IV sebesar $0,176 \text{ m}^3/\text{dt}$.

3. Penelitian Ayu, Septiana, dan Fauzul (2011) dengan judul “Strategi Penerapan Sumur Resapan Sebagai Teknologi Ekodrainase di Kota Malang (SUB DAS Metro)” dengan kesimpulan yaitu ditemukan bahwa terdapat beberapa wilayah di Sub DAS Metro yang ketika datang musim hujan mengalami genangan dan banjir yang penyebab utamanya adalah kapasitas saluran yang tiak memenuhi. Sementara itu, beberapa potensi yang mendukung ekodrainase adalah jumlah luas lahan hijau di Sub DAS Mtero adalah sebesar 37,39% dan juga telah dimulainya upaya untuk memperbanyak lahan.
4. Penelitian Jesika Iignes (2021) dengan judul “Analisa Debit Maksimum Pada Long Storage Sungai Serua di Lingkungan Universitas Pembangunan Jaya” dengan kesimpulan yaitu debit optimal yang mampu ditampung sementara pada penelitian ini yaitu pada tahun rencana periode ulang 20 tahun sebesar $22.040 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan menggunakan metode rasional. Kapasitas efektifitas long storage pada penelitian ini menghasilkan output dari program HEC-RAS yaitu penampang Sungai Serua pada kala ulang 20 Tahun mampu menampung debit banjir rencana, namun pada kala ulang 50 Tahun, dan 100 Tahun terdapat penampang stasiun yang tidak mampu menampung debit banjir rencana karena elevasi banjir di atas elevasi tanggul, sehingga dapat mengakibatkan banjir.