

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase

2.1.1 Definisi Drainase

Drainase terdiri dari struktur-struktur air yang dirancang untuk mengelola kelebihan air di suatu area, meningkatkan efisiensi (Suripin, 2004). Menilai sistem drainase sangat penting untuk mengevaluasi efektivitas perencanaan dalam memfasilitasi aliran air hujan dan air limbah dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Standarisasi saluran drainase merupakan metode untuk mengurangi banjir dengan menyempurnakan dan mengevaluasi berbagai bentuk saluran (Nurrisma and Hendrianto, 2020).

Beberapa elemen yang berkontribusi dalam penilaian drainase meliputi pengelolaan tata guna lahan, dimensi saluran, penentuan garis tangkapan air, topografi jalan, kemiringan saluran, arah aliran, dan fitur air di sekitar yang cocok untuk perencanaan sistem drainase di masa depan. Pengembangan sistem drainase juga dapat berfungsi sebagai solusi untuk mengurangi dampak negatif yang disebabkan oleh kelebihan air, dengan ukuran saluran air ditentukan oleh kapasitas untuk menangani aliran air hujan dan air limbah dari pemukiman. Kapasitas ini dapat dinilai dengan mempertimbangkan topografi dan luas wilayah tersebut.

2.1.2 Fungsi Drainase

Beberapa point fungsi dari drainase menurut (Saidah *et al.*, 2021) dapat dilihat sebagai berikut :

1. Mengeluarkan air dari daerah tergenang dan mengalirkannya ke badan air terdekat.
2. Meningkatkan daya tarik visual lingkungan serta memberikan manfaat kesehatan dan rasa aman dari potensi banjir.
3. Mengalirkan air limbah.
4. Memungkinkan air permukaan meresap ke dalam tanah untuk menghemat air dan menjaga tingkat air tanah.

5. Mengelola tingkat air tanah dengan menggunakan sistem drainase bawah tanah.
6. Mengurangi kerusakan jalan dan bangunan untuk memperpanjang masa ekonomi mereka.
7. Berfungsi sebagai sumber air tawar alternatif.
8. Mencegah erosi, khususnya di daerah pegunungan.

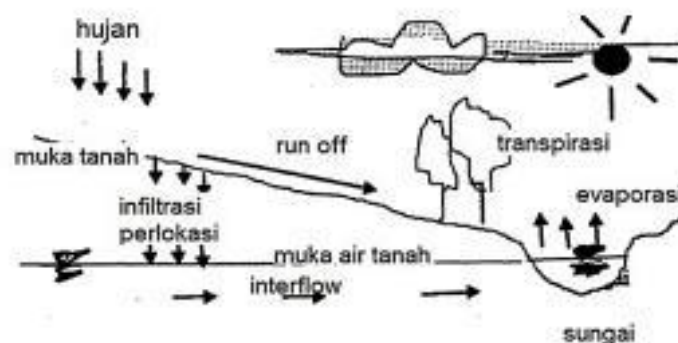
Fungsi lain dari drainase dibagi menjadi 4 point penting menurut maduto dalam jurnal (Fairizi, 2015) sebagai berikut :

1. Mengeluarkan air dari daerah rawa dan jenuh.
2. Mengatur akumulasi berlebihan air hujan yang mengalir.
3. Menangani erosi, kerusakan jalan, dan kerusakan infrastruktur.
4. Memantau kualitas air.

2.1.3 Jenis Drainase

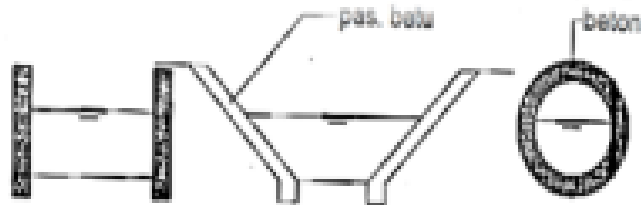
Jenis-jenis drainase Menurut Hadi Hardjaja dalam (Fairizi, 2015) jenis-jenis drainase sebagai berikut :

1. Menurut Sejarah Terbentuknya
 - a. Drainase alami merujuk pada pergerakan air yang dipengaruhi oleh gravitasi Bumi, yang menghasilkan pembentukan jalur air permanen seperti sungai.



Gambar 2.1 Drainase Alamiah

- b. Drainase buatan melibatkan sistem-sistem yang diciptakan oleh manusia untuk membantu pergerakan air dari satu lokasi ke lokasi lainnya, termasuk pipa, selokan, dan struktur-serupa lainnya.



Gambar 2.2 Drainase Buatan

2. Menurut Letak Saluran
 - a. Drainase permukaan merujuk pada sistem-sistem di atas permukaan tanah yang mengalirkan air limpasan permukaan dan mengelola genangan.
 - b. Drainase bawah permukaan melibatkan pipa-pipa di bawah tanah yang dirancang untuk mengelola aliran permukaan untuk tujuan estetika.
3. Menurut Fungsinya
 - a. *Single Purpose* mengacu pada sistem drainase yang dirancang khusus untuk mengalirkan satu jenis air buangan.
 - b. *Multi Purpose* mengacu pada sistem drainase yang dirancang untuk mengelola berbagai jenis air buangan, baik dalam bentuk campuran atau secara bergantian.
4. Menurut Kontruksinya
 - a. *Open Channel* merujuk pada jenis sistem drainase yang ditandai dengan bagian atas terbuka yang digunakan untuk mengalirkan air bebas bahan kimia, seperti air hujan. Desain ini ideal digunakan di daerah yang memiliki ruang yang cukup.
 - b. *Closed Channel* merujuk pada sistem drainase dengan bagian atas yang tertutup yang biasanya digunakan untuk mengalirkan air yang mengandung bahan kimia atau limbah yang berpotensi

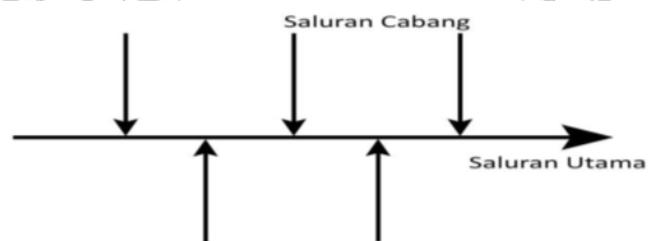
membahayakan kesehatan atau lingkungan, umumnya ditemukan di daerah perkotaan atau pemukiman.

2.1.4 Pola Jaringan Drainase

Pola jaringan drainase di bagi menjadi beberapa pola dalam Saidah *et al.*, 2021 hal. 7 dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Siku

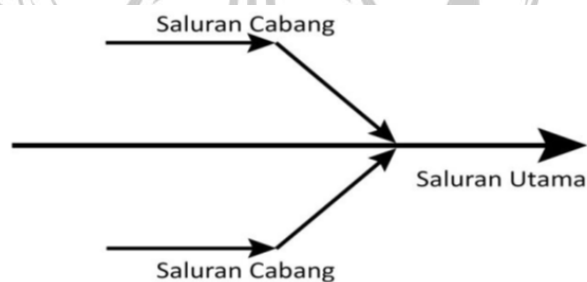
Ini adalah desain jaringan yang dibuat di daerah dengan topografi sedikit lebih tinggi dibandingkan sungai, berfungsi sebagai saluran drainase utama yang terletak di pusat kota.



Gambar 2.3 Pola Jaringan Siku

2. Pararel

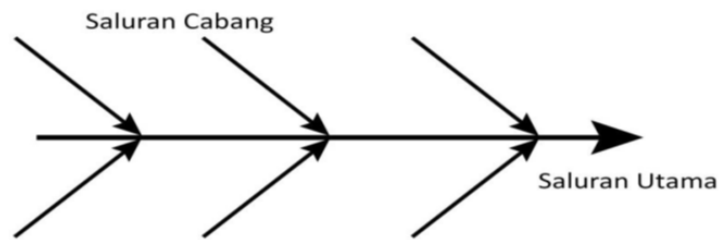
Saluran jaringan utama berjalan sejajar dengan banyak saluran cabang pendek, mampu menyesuaikan diri dengan perubahan dan kemajuan dalam infrastruktur drainase kota.



Gambar 2.4 Pola Jaringan Pararel

3. Alamiah

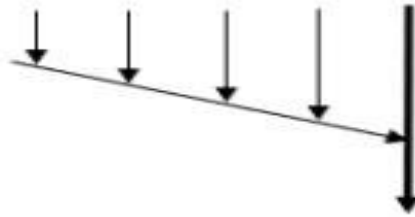
Saluran yang menyerupai pola berbentuk siku, namun dengan variasi alami yang mampu menampung aliran sungai yang lebih besar.



Gambar 2.5 Pola Jaringan Alamiah

4. Pola Grid Iron

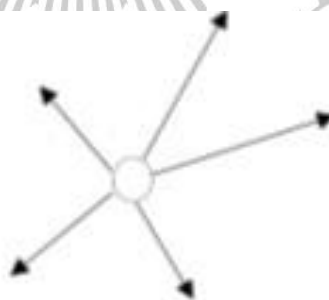
Ini adalah pola di mana aliran dari saluran cabang yang lebih kecil dikumpulkan ke dalam saluran pengumpul sebelum dialirkan ke saluran utama.



Gambar 2.6 Pola Grid Iron

5. Pola Radial

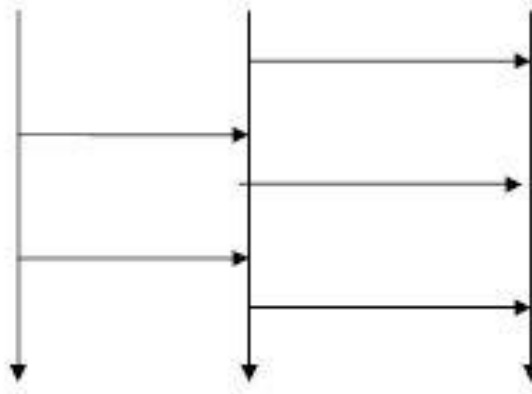
Pola radial menyebar dari semua sumber air, memungkinkan air mengalir ke berbagai arah. Pola ini sangat cocok dan umumnya digunakan di daerah berbukit.



Gambar 2.7 Pola Radial

6. Pola Jaring- Jaring

Pola ini mencakup saluran-saluran yang sejajar dengan jalan raya, terutama jalan tol, sehingga sangat cocok digunakan untuk lanskap datar.



Gambar 2.8 Pola Jaring-Jaring

2.2 Banjir

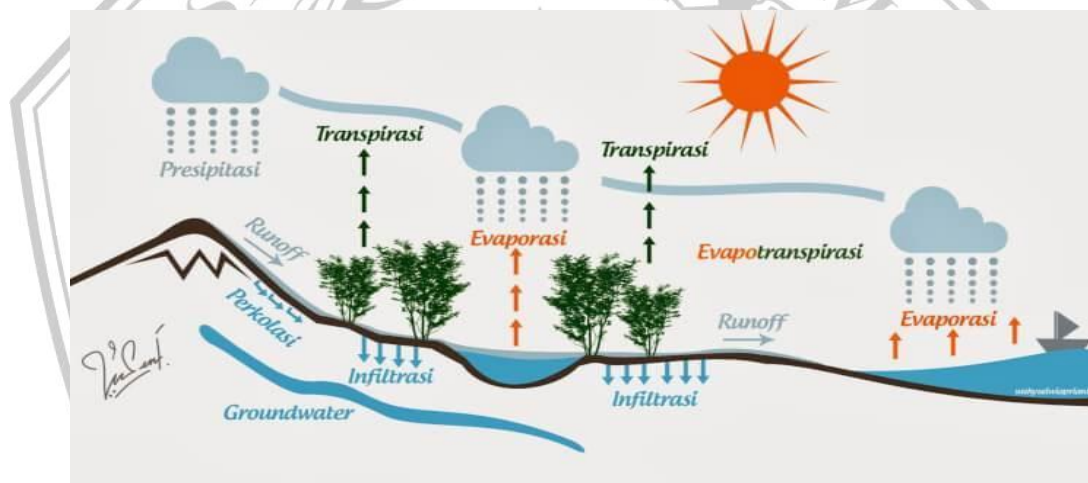
Banjir perkotaan menyebabkan tergenangnya beberapa sarana dan prasarana umum terutama jalan. Sehingga menyebabkan terjadinya gangguan aktifitas Masyarakat yang terdampak banjir. Pertumbuhan penduduk dan aktivitas manusia meningkatkan kerentanan terhadap bencana, yang mengakibatkan perubahan tata guna lahan perkotaan yang memperluas area impermeabel dan meningkatkan lahan yang dibangun. Genangan air hujan menyebabkan kurangnya efektivitas saluran drainase didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh (Muliawan, 2019).

2.3 Siklus Hidrologi

Menurut Hisbulloh,1995 dalam jurnal (Lubis, 2019) siklus hidrologi dimulai dengan air bergerak dari laut ke atmosfer, di mana air berubah menjadi uap air, mengembun menjadi awan, menghasilkan presipitasi dalam bentuk hujan, dan tersebar di seluruh bumi dalam berbagai arah dan pola. Sebagian besar presipitasi yang telah jatuh ke tanah akan tertahan dan kemudian akan dikembalikan lagi ke atmosfer peristiwa ini disebut sebagai penguapan (evaporasi) dan transpirasi yang dilakukan oleh tanaman.

Sedangkan pendapat menurut Suripin (2004), Siklus hidrologi adalah pergerakan air yang tidak terputus dan berkelanjutan dari atmosfer ke Bumi dan kembali lagi ke atmosfer melalui berbagai proses seperti yang dijelaskan di bawah ini:

1. Evapotranspirasi: Air menguap dari laut, daratan, sungai, tanaman, dan sumber lainnya ke atmosfer, di mana air tersebut membentuk awan. Awan-awan ini akhirnya mencapai titik jenuh dan melepaskan tetesan air, yang jatuh ke Bumi sebagai presipitasi, termasuk hujan, salju, batu es, dan bentuk lainnya.
2. Infiltrasi/perkolasi: Air mengalir melalui tanah melalui retakan dan pori-pori menuju air tanah. Pergerakan ini terjadi baik melalui aksi kapiler maupun secara vertikal dan horizontal.
3. Air permukaan: Air yang mengalir di permukaan tanah dekat aliran utama meningkat seiring dengan dataran yang semakin datar dan berkurangnya pori-pori tanah. Pergerakan air ini terjadi di daratan sebagai bagian dari komponen siklus hidrologi yang dijelaskan di bawah ini.



Gambar 2.9 Siklus Hidrologi

(Sumber: Suripin, 2004)

2.4 Analisis Hidrologi

Menurut Triatmojo, 2008 dalam jurnal ('Khairul Amri, et. al', 2018) analisis hidrologi melibatkan pengumpulan informasi tentang berbagai aspek fenomena hidrologi, termasuk intensitas curah hujan, suhu, penguapan, durasi paparan sinar matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi permukaan air sungai, kecepatan aliran, dan perubahan konsentrasi sedimen dari waktu ke waktu.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa analisis ini berkontribusi dalam pengambilan keputusan mengenai pengelolaan aliran permukaan atau kebutuhan

drainase. Ini melibatkan data tentang frekuensi intensitas curah hujan yang diproyeksikan dan luas area drainase.

Adapun proses perhitungan analisis hidrologi yang biasa dilakukan sebagai berikut:

1. Perhitungan deviasi standar
2. Perhitungan kemencengan
3. Perhitungan kurtosis
4. Perhitungan koefisien variabel
5. Perhitungan distribusi Log Perason Type III
6. Uji kecocokan distribusi

2.4.1 Parameter Statistik

Parameter ini digunakan dalam analisis susunan data dari suatu variable, perhitungan yang dilakukan dalam parameter statistik ini meliputi nilai rata-rata hitung (\bar{X}), simpangan baku (S_d), koefisien variasi (C_s), dan koefisien kortuis. Perhitungan ini digunakan untuk menentukan nilai dari debit banjir rencana dengan melihat periode ulang dan data curah hujan. (Soewarno, 1995;80) dalam jurnal (Supardi, 2012).

Setelah itu dilakukan perhitungan nilai dan analisis distribusi probabilitas dengan rumus perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Mean } (\bar{X}) = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$$

Dimana;

\bar{X} : Rata-rata hitung
 x : Data curah hujan tahun n
 n : Banyak data

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

Dimana;

N : Banyak data

X_i : Nilai varian

\bar{X} : Rata-rata hitung

S : Simpangan baku

Koefisien variasi (CV) adalah perbandingan dari nilai distribusi rata-rata dan standar deviasi dengan perhitungan berikut:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

Dimana;

Cv : Koefisien Variasi

S : Simpangan baku

\bar{X} : Rata-rata hitung

Koefisien kemiringan (C_s) adalah nilai yang menunjukkan tingkat ketidaksimetrisan dari jenis distribusi tertentu dengan perhitungan berikut:

$$C_s = \frac{n \times \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times S^3}$$

Koefisien kortuis (C_k) merupakan koefisien untuk menghitung keruncingan kurva distribusi dengan rumus:

$$C_k = \frac{n \times \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times S^4}$$

2.4.2 Curah Hujan Rerata

Intensitas curah hujan rata-rata mengacu pada hubungan antara jumlah curah hujan dan intensitasnya di suatu wilayah tertentu (Nurgiyantoro, 2002). Organisasi Meteorologi Dunia (WMO) menyatakan bahwa kerapatan tipikal stasiun pemantauan curah hujan di wilayah tropis seperti Indonesia bervariasi antara 100 hingga 250 km². Setiap stasiun hujan mempunyai zona pengaruh yang digunakan sebagai presentasi hubungan dengan stasiun hujan lainnya.

Sehingga pentingnya penyediaan data curah hujan yang akurat, berkesinambungan dan tepat waktu karena data analisis hidrologi untuk keperluan pengelolaan sumber daya air kurang tepat hal ini disebabkan oleh data yang dihasilkan dari alat ukur hujan hanya bisa menunjukkan data curah hujan pada suatu wilayah tertentu.

2.4.3 Analisa Frekuensi dan Probabilitas Curah Hujan

Analisis frekuensi bergantung pada karakteristik statistik dari data peristiwa historis untuk memprediksi kemungkinan besaran curah hujan di masa depan (Nurgiyantoro, 2002). Drainase perkotaan dengan luas daerah 10-100 hektar dengan karakteristik hidrologi ditetapkan memiliki periode ulang 2-5 tahun. Dengan demikian pada 5 tahun sekali terjadi curah hujan tertinggi atau dengan periode ulang eksklusif sama dengan atau melebihi perkiraan.

Perkiraan curah hujan ini dapat diperkirakan dengan menghitung memakai metode distribusi normal, log perison type III, dan distribusi gumbel.

Tabel 2.1 Karakteristik distribusi frekuensi

Jenis Distribusi Frekuensi	Syarat Distribusi
Distribusi Normal	$C_s = 0$ dan $C_k = 3$
Distribusi Log Normal	$C_s > 0$ dan $C_k > 3$
Distribusi Gumbel	$C_s \leq 1,139$ dan $C_k \leq 5,402$
Distribusi Log-Pearson III	C_s (Tanpa Kriteria) dan C_k (Tanpa Kriteria)

(Sumber: Suripin, 2004)

1. Distribusi Normal (Distribusi Gaussian)

Persamaan frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi normal yang akan digunakan sebagai berikut:

$$X_r = X + K_t \cdot S_x$$

Dimana;

X_T : Besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun

X : Rata-rata hitung variabel

K_T : Koefisien frekuensi, fungsi dari peluang atau periode

S_x : Standar deviasi, $\sqrt{\frac{\sum_1^n X_i^2 - \sum_1^n X_i^2}{n-1}}$

Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode Ulang	Peluang	KT
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1000,000	0,001	3,09

(Sumber: Suripin, 2004)

2. Distribusi Log Normal

Persamaan frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi log normal sebagai berikut:

$$\text{Log } X_r = \text{Log } X + Kt.S . \text{Log } X$$

Dimana;

S : Simpangan baku nilai variant

Y : Rata-rata nilai hitung variant

Y_t : Perkiraan yang diinginkan periode keuntungan T

$$Y_t = \text{Log } x$$

K_T : Koefisien frekuensi, fungsi dari peluang atau periode ulang (nilai K_T tabel 2.2)

3. Distribusi Log Person III

Persamaan frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi log person III sebagai berikut:

$$\text{Log } X_t = \text{Log } X + K_t \times S \text{Log } X$$

Dengan;

Log X : Rata-rata dari log x = $\sqrt{\frac{\sum \log x_i}{n}}$

S log X : Nilai Rata-rata populasi X = $\sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \log x)^2}{n-1}}$

Log X_t : Logaritma nilai hujan rencana dengan periode ulang T

K_T : Koefisien frekuensi dilihat dari koefisien kemencengan G. dapat dilihat pada tabel 2.3

2.3 Nilai K untuk distribusi Log Pearson Type III

Interval Kejadian (Recurrence Interval), Tahun (Periode Ulang)								
Koef, G	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase Peluang Terlampaui (Percent Chance Of Being Exceeded)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,169	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber: Suripin, 2004

4. Distribusi Gumbel

Persamaan frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi gumbel sebagai berikut:

$$X_t = X + K \times S$$

Persamaan untuk nilai koefisien frekuensi ditentukan sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_{tr} - Y_n}{S_n}$$

Dimana;

Tr : Siklus tahunan berulang

Xt : Curah hujan periode tahunan Tr (mm/hari)

S : Simpanan baku

K : Koef. Frekuensi

X : Curah hujan tinggi pada tahun diamati (mm/hari)

Y_{tr} : *Reduced Variate* lihat tabel 2.4

Y_n : *Reduced Mean* lihat tabel 2.5

S_n : *Reduced Standart Deviation* lihat tabel 2.6

Tabel 2.4 Nilai *Reduced Variate* (Y_{tr})

Periode Ulang, Tr (Tahun)	Reduced Variate, Y _{tr}
2	0,3668
5	1,5004
10	2,251
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
75	4,3117
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 2.5 Nilai Reduced Mean (Yn)

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	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
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	0,5533	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5557	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5572	0,5572	0,0558	0,0558	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5592	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: Suripin, 2004)

Tabel 2.6 Nilai Reduced Standart Deviation (Sn)

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	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1363	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	1,6380	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	1,2030	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: Suripin, 2004)

2.5 Uji Kecocokan Distribusi

Analisis ini digunakan untuk memastikan bahwa distribusi frekuensi dari data sampel sesuai dengan distribusi statistik terhadap fungsi distribusi peluang (Susilowati and Sadad, 2019).

Analisis uji kecocokan biasanya menggunakan dua metode pengujian parametrik, yaitu Uji Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi-square (Suripin,2004). Uji ini dilakukan untuk mengevaluasi seberapa baik data distribusi frekuensi sampel sesuai dengan fungsi distribusi atau representasi distribusi frekuensi yang diestimasi.

2.5.1 Metode Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji ini juga dikenal sebagai uji kesesuaian non parametrik, uji Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan analisis sebagai berikut:

1. Menggunakan data X_i terbesar hingga terkecil atau sebaliknya.
2. Mencari probabilitas empiris dari data $P(X_i)$ dengan persamaan sebagai berikut;

$$Pe = \frac{m}{n - 1} \times 100$$

Dengan:

n : banyaknya data

m : nomor urutan data dari tabel

Pe : peluang empiris

i : nomor urutan data setelah diurutkan dari terbesar ke terkecil.

Perhitungan nilai $f(i)$ dilakukan untuk acuan mengitung nilai pada tabel luas di bawah kurva normal.

$f(i) = \text{data curah hujan} + \text{curah hujan rerata} + \text{standar deviasi}$

a. $P_t = P_t'(X_i) \times 100$

Dimana mencari probabilitas teoritis (P_t) merupakan nilai dari X_i dari 1 nilai tabel wilayah luas di bawah kurva normal.

b. $\Delta P_i = P_e - P_t$

Digunakan untuk menghitung ΔP_i antara probabilitas eksperimen dan probabilitas teoritis setiap data yang disusun.

- c. Tentukan apakah $\Delta P < \Delta P$ sangat kritis, jika “tidak” menunjukkan bahwa data probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima. Untuk mengetahui nilai kritis (ΔP) didapa dari tabel berikut:

Tabel 2.7 Nilai Kritis (*Smirnov-Kolmogorov*)

N	a			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	1,07 N ^{0,5}	1,22 N ^{0,5}	1,36 N ^{0,5}	1,63 N ^{0,5}

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.5.2 Metode Uji Chi-Square

Metode ini mencari untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang digunakan secara akurat mencerminkan distribusi statistik dari data sampel yang dianalisis seperti yang dijelaskan oleh persamaan tersebut:

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

Dengan:

X^2 : Parameter Chi-Square

M : Banyak kategori

O_i : Frekuensi hasil observasi

E_i : Frekuensi yang diinginkan

Drajat kepercayaan (α) yang digunakan didalam penelitian ini adalah 5%. Derajat kebebasan (DK) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$DK = K - (P + 1)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n$$

Dengan:

K : Banyak kelas

P : Jumlah parameter untuk chi-square 2

n : Jumlah data

DK : Derajat kebebasan

Sebaran curah hujan dapat ditentukan dengan metode sebaran dengan simpangan maksimum (X^2) lebih kecil dari simpangan kritis (X^2_{cr}), menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X^2 < X^2_{cr}$$

Dengan:

X^2 : parameter chi-square

X^2_{cr} : parameter chi-square kritis (tabel 2.7)

Langkah-langkah yang dapat dilakukan sebelum melakukan pengujian sebagai berikut:

- a. Mengurutkan data dari terkecil ke terbesar atau sebaliknya
- b. Hitung banyak kelas
- c. Hitung parameter X^2_{cr} dan DK
- d. Hitung kelas distribusi
- e. Hitung jarak/selang waktu antar lapisan
- f. Menghitung parameter X^2
- g. Membandingkan hasil nilai X^2 dengan X^2_{cr}

Nilai kritis distribusi Chi-Square dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.8 Chi Square

df	0,1	0,05	0,025	0,001	0,005
1	2,705543	3,841459	5,023886	6,634897	7,879439
2	4,605170	5,991457	7,377759	9,210340	10,596635
3	6,251389	7,814728	9,348404	11,344867	12,838156
4	7,779440	9,487729	11,142870	13,276704	14,860259
5	9,779440	11,070498	12,832502	15,086272	16,749602
6	9,236357	12,591587	14,449375	16,811894	18,547584
7	12,017037	14,067140	16,012764	18,475307	20,277740
8	13,361566	15,507313	17,534546	20,090235	21,954955
9	13,361566	16,918978	19,022768	21,665994	23,589351
10	15,987179	18,307038	20,483177	23,209251	25,188180
11	17,275009	19,675138	21,920049	24,724970	26,756849
12	18,549348	21,026070	23,336640	26,216967	28,299519
13	19,811929	22,362032	24,735605	27,688250	29,819471
14	21,064144	23,684791	26,118948	29,141238	31,319350
15	22,307130	24,995790	27,488393	30,577914	32,801321
16	23,541829	26,296228	28,845351	31,999927	34,267187
17	24,769035	27,581120	30,191009	33,408664	35,718466
18	25,989423	28,869299	31,526378	34,805306	37,156451
19	27,203571	30,143523	32,852327	36,190869	38,582257
20	28,411981	31,410433	34,169607	37,566235	39,996846
21	29,615089	32,670573	35,478876	38,932173	41,401065
22	30,813282	33,924438	36,780712	40,289360	42,795655
23	32,006900	35,172462	38,075627	41,638398	44,181275
24	33,196244	36,415029	39,364077	42,979820	45,558512
25	34,381587	37,652484	40,646469	44,314105	46,927890
26	35,563171	38,885139	41,923170	45,641683	48,289882
27	36,741217	40,113272	43,194511	46,962942	49,644915

df	0,1	0,05	0,025	0,001	0,005
28	37,915923	41,337138	44,460792	48,278236	50,993376
29	39,087470	42,556968	45,722286	49,587884	52,335618
30	40,256024	43,772972	46,979242	50,892181	53,671962
31	41,421736	44,985343	48,231890	52,191395	55,002704
32	42,584745	46,194260	49,480438	53,485772	56,328115
33	43,745180	47,399884	50,725080	54,775540	57,648445
34	44,903158	48,602367	51,965995	56,060909	58,963926
35	46,058788	49,801850	53,203349	57,342073	60,274771
36	47,212174	50,998460	54,437294	58,619215	61,581179
37	48,363408	52,192720	55,667973	59,892500	62,883335
38	49,512580	53,383541	56,895521	61,162087	64,181412
39	50,659770	54,572228	58,120060	62,428121	65,475571
40	51,805057	55,758479	59,341707	63,690740	66,765962

(Sumber: Suripin, 2004)

2.6 Faktor Limpasan

Limpasan permukaan terjadi ketika terjadi hujan lebat dan kapasitas saluran drainase yang tidak mencukupi, sehingga air menumpuk di permukaan. Penyesuaian koefisien aliran normal membantu menjaga efisiensi saluran di daerah drainase besar di mana akumulasi berlebihan dapat terjadi.

Tabel 2.9 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan

Kondisi Pemukaan Tanah	Koefisien Pengaliran	Faktor Limpasan
1. Jalan beton dan jalan aspal	0,70 - 0,95	-
2. Jalan krikil dan jalan aspal	0,40 - 0,70	-
3. Bahu jalan		-
- Tanah berbutir	0,40 - 0,65	-
- Tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20	-
- Batuan industri keras	0,70 - 0,35	-
- Batuan industri lunak	0,60 - 0,75	-

Kondisi Pemukaan Tanah	Koefisien Pengaliran	Faktor Limpasan
4. Daerah perkotaan	0,70 - 0,95	2,0
5. Daerah pinggiran kota	0,60 - 0,70	1,5
6. Daerah industri	0,60 - 0,90	1,2
7. Pemukiman padat penduduk	0,60 - 0,80	2,0
8. Pemukiman tidak padat	0,40 - 0,60	1,5
9. Taman dan kebun	0,20 - 0,40	0,2
10. Persawahan	0,45 - 0,60	0,5
11. Perbukitan	0,70 - 0,80	0,4
12. Pegunungan	0,75 - 0,90	0,3

(Sumber: Suripin, 2004)

2.7 Proyeksi Jumlah Penduduk

Tujuan dilakukannya proyeksi jumlah penduduk yaitu untuk mengidentifikasi berapa volume air limbah yang dihasilkan dalam suatu pemukiman dan kemudian dilakukan perhitungan jumlah penduduk untuk perencanaan tahun mendatang menggunakan perhitungan metode aritmatika, geometri, dan eksponensial.

Berikut rumus perhitungan metode aritmetika untuk menghitung peningkatan populasi di masa depan:

$$P_n = P_0(1 + r.n)$$

Dimana;

P_n : Banyak penduduk pada tahun ke n

P_0 : Banyak penduduk awal tahun

n : Jangka waktu

r : Laju pertumbuhan

Berikut rumus dari pendekatan geometri digunakan untuk menghitung laju pertumbuhan menggunakan nilai pertumbuhan yang konstan sepanjang tahun.

$$P_n = P_0(1 + r.n)^n$$

Dan pendekatan eksponensial digunakan untuk mengetahui pertumbuhan harian yang telah ditentukan dengan rumus berikut:

$$P_n = P_0 e^{rt}$$

Dimana:

e : nilai eksponensial

2.8 Debit Hujan

Volume air hujan yang besar masuk ke saluran drainase. Rencana drainase yang luas umumnya diterapkan di daerah sungai, sedangkan daerah drainase yang lebih sempit lebih mengandalkan perhitungan sistematis. Bentuk umum dari persamaan rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Dengan:

Q : Debit air hujan maksimum (m³/detik).

C : Koefisien debit/aliran.

I : Intensitas hujan (mm/jam).

A : Luas permukaan luas drainase (Km²).

0,278 : Merupakan nilai dari faktor konversi

Tabel 2.10 Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan

Luas DAS	Periode Ulang	Metode Perhitungan Debit Hujan
Hektar (ha)	Tahun	
< 10	2	Rasional
10 - 100	2 - 5	Rasional
101 - 500	5 - 20	Rasional
> 500	10 - 25	Hidrograf Satuan

(Sumber: Suripin, 2004)

2.8.1 Analisis Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan mengacu pada jumlah hujan yang jatuh dalam periode tertentu, dipengaruhi oleh durasi peristiwa hujan. Berikut ini adalah rumus untuk intensitas curah hujan yang menggunakan rumus Mononobe (Astarini, 2022):

$$I = \frac{R}{24} \times \left[\frac{24}{tc} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Dimana;

I : Intensitas curah hujan (mm/jam)

R²⁴ : Curah hujan yang terjadi pada masa ulang tertentu (hujan maksimum 24 jam)

Tc : Lama curah hujan (jam)

Perhitungan Tc menggunakan persamaan berikut:

$$Tc = t1 + t2$$

Untuk mencari nilai waktu inlet dalam menit (t1) sebagai berikut:

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times lo \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167}$$

Untuk mencari nilai waktu aliran dalam menit (t2) sebagai berikut:

$$t_2 = \frac{L}{60 \times v}$$

Dimana;

Tc : waktu konsentrasi (jam)

t2 : waktu aliran (menit).

L : panjang saluran (m).

S : kemiringan daerah drainase.

nd : koef. hambatan (tabel 2.13).

v : kecepatan aliran yang diijinkan (m/detik)

lo : panjang permukaan daerah drainase.

t1 : waktu inlet (menit).

2.8.2 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran dapat mengalami perubahan terhadap waktu karena dipengaruhi lokasi daratan dan aliran sungai (Khotimah, 2020). Koefisien pengaliran ini digunakan untuk mengukur rasio antara curah hujan terhadap besarnya debit air hujan yang jatuh pada suatu wilayah tersebut.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koefisien aliran di suatu daerah yaitu:

1. Letak daerah aliran pada arah mata angin.
2. Kemiringan daerah drainase dan dasar sungai.
3. Ukuran serta bentuk daerah drainase.
4. Kapasitas dasar sungai dan luas area sekitarnya.
5. Kondisi hujan.
6. Kemampuan tanah untuk menembus dan menyaring.
7. Kelembaban tanah.
8. Suhu udara, angin dan penguapan.

Untuk menghitung koefisien pengaliran ditentukan dengan nilai dari koefisien pencarian dari suatu wilayah yang terdiri dari berbagai tipe penggunaan lahan, rata-rata koefisien drainase setiap tipe penggunaan lahan dihitung berdasarkan bobot pada setiap luas yang diwakili. Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Dimana;

- C : Koefisien rata-rata (mean) drainase
 A_i : Luas penggunaan lahan
 C_i : Koefisien pengaliran tata guna lahan

2.9 Debit Air Kotor

Limba hingga limbah air kotor berasal dari pemukiman, fasilitas, atau struktur lainnya. Jumlah air kotor yang dihasilkan ditentukan oleh ukuran populasi dan rata-rata konsumsi air per orang di wilayah tersebut. Daerah perencanaan umumnya membutuhkan 100 liter air bersih per orang per hari. Diperkirakan volume air buangan mencapai sekitar 70% dari kebutuhan air minum standar (Suhardjono, 1984) dalam (Resmani, 2017)

Persamaan untuk menghitung debit air kotor dinyatakan sebagai berikut:

$$Q = \frac{Pn \times q}{A}$$

Dimana:

Q : Debit air buangan (m³/detik/ha)

A : Luas daerah (ha)

Pn : Banyak penduduk (orang)

q : Jumlah total air kotor (m³/detik/ha)

Dengan rumus untuk jumlah total air kotor yaitu ($q = 90\% \times$ jumlah kebutuhan air bersih).

2.10 Analisis Hidrolika

Analisis ini menggunakan metode hidrolika untuk menentukan dimensi saluran berdasarkan desain banjir di suatu wilayah, dengan tujuan untuk menetapkan patokan dalam menentukan dimensi hidrolika saluran drainase bangunan tambahan. Aliran dalam saluran dibagi menjadi dua jenis yaitu aliran terbuka dan aliran tertutup.

Terdapat tiga tahapan dalam analisis hidrolik yaitu menganalisis kapasitas saluran maksimum, mengevaluasi kapasitas saluran relative terhadap debit rencana, serta memperkirakan tinggi dan kemiringan ideal saluran berdasarkan daya tampung atau massa yang masuk kedalam saluran. Sehingga kriteria perencanaan harus diperhitungkan Ketika menentukan ukuran saluran drainase.

2.10.1 Kapasitas Saluran

Langkah awal dalam melakukan analisis yaitu dengan mengasumsikan terhadap aliran yang sama, dalam menghitung daya tampung digunakan persamaan kontinuitas dan rumus manning sebagai berikut:

$$Q = A \times V$$

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

Untuk menemukan jari-jari hidrolis (R) berikut:

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

Dimana;

Q : Debit saluran (m³/detik)

A : Luas penampang basah(m²)

V : Kecepatan rata-rata atau *mean* (m/detik)

R : Jari-jari hidrolis (m)

P : Keliling basah (m)

S : Kemiringan saluran

n : Koefisien kekasaran

Tabel 2.11 Nilai Koefisien Kekasaran Manning

No.	Tipe Saluran dan Jenis Beton	Harga		
		Minimum	Normal	Maksimum
1	Beton			
	gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,01	0,011	0,013
	gorong-gorong dengan lingkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011	0,013	0,014
	beton di poles	0,011	0,012	0,014
	saluran pembuangan dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2	Tanah, lurus dan seragam			
	bersih baru	0,016	0,018	0,02
	bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	Berkerikil	0,022	0,025	0,03
	berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3	saluran alam			
	bersih lurus	0,025	0,03	0,033
	bersih berkelok-kelok	0,033	0,04	0,045
	banyak tanaman pengganggu	0,05	0,07	0,08
	dataran banjir berumput pendek - tinggi	0,025	0,03	0,035
	saluran di belukar	0,035	0,05	0,07

(Sumber: Chow,1997)

Tabel 2.12 Nilai kecepatan air yang diizinkan

No.	Jenis Bahan	Kecepatan aliran air yang diizinkan (V) m/detik
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau aluvial	0,60
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Kerikil kasar	1,20
8	Batu-batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton bertulang	1,50

(Sumber: SNI 03-3424 (1994:7))

Tabel 2.13 Harga koefisien hambatan (nd)

Jenis Permukaan	nd
Lapisan semen dan aspal beton	0,013
Permukaan licin dan kedap air	0,02
Permukaan licin dan kokoh	0,10
Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,20
Padang rumput dan rerumputan	0,40
Hutan gundul	0,60
Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan rumput jarang sampai rapat	0,80

(Sumber: Fifi Sofia, 2006)

2.10.2 Bentuk Penampang Saluran

Saluran yang mampu mentransmisikan laju aliran secara maksimal merupakan penampang yang paling ekonomis untuk profil basah, kasar, dan gradien rendah tertentu. Terdapat beberapa bentuk penampang sebagai berikut:

1. Penampang Persegi

Untuk merencanakan saluran dengan reservator berbentuk persegi panjang digunakan persamaan berikut Suripin (2004):

$$A = b \times h$$

$$P = b + 2h$$

$$R = \frac{b \times h}{b + 2h}$$

Dimana;

A : Luas penampang

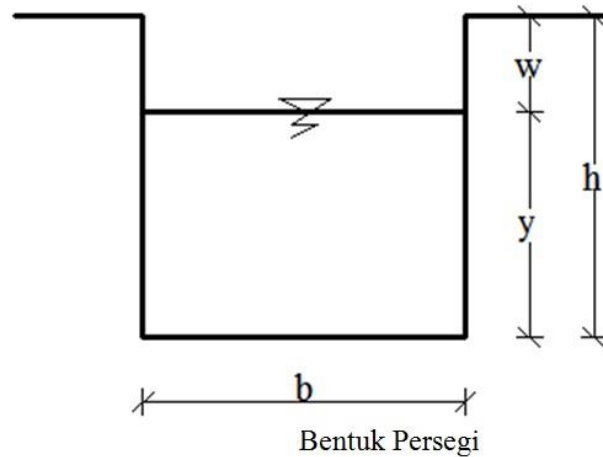
P : Keliling basah (m)

R : jari-jari hidrolis (m)

m : kemiringan

b : Lebar dasar saluran (m).

h : tinggi saluran tergenang (m).



Gambar 2.10 Saluran Penampang Persegi

2. Penampang Trapesium

Persamaan untuk penampang trapesium sebagai berikut:

$$A = (B + m \times h)h$$

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

$$Y = Y_{kamp} + F$$

Dimana :

B : Lebar dasar (m)

F : Tinggi jagaan (m)

Y_{kaps} : Tinggi aliran maksimum

m : Faktor Kemiringan

