

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Drainase

Drainase berasal dari kata "*to drain*," yang berarti mengalirkan kelebihan air di permukaan atau bawah tanah melalui sistem tertentu. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum, drainase adalah prasarana untuk menyalurkan kelebihan air ke badan air alami atau buatan, seperti laut, sungai, danau, kolam retensi, waduk, dan sumur resapan. (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2012).

Beberapa prasarana drainase seperti saluran dan bangunan, yang saling berhubungan secara sistemis agar tujuannya dalam mengalirkan air dapat berjalan dengan baik.

2.1.1.1 Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan berperan penting dalam melindungi infrastruktur dan harta benda dari genangan akibat limpasan air. Sistemnya mencakup saluran terbuka, saluran pembuangan, resapan, penampungan air hujan, serta stasiun pompa (Drainase Perkotaan, 2022).

2.1.1.2 Sistem Drainase

Drainase perkotaan mempunyai 2 sistem yaitu utama dan lokal. Untuk sistem utama pengelolaan pada sistem ini di berada di bawah tanggung jawab pemerintah kota/kabupatennya. Sedangkan sistem lokal dikelola oleh pengembang, atau pengelolaan khusus dari daerah tersebut.

Sistem drainase ini terdiri 3 saluran yaitu :

1. **Sistem saluran tersier** mengalirkan air hujan dan limbah dari kawasan tertentu seperti perumahan, kampus, komersial, perkantoran, industri, pasar, dan pariwisata. Mencakup area 10-30 ha, dimulai dari atap bangunan yang menyalurkan air hujan ke talang, kemudian melalui got kecil di halaman untuk mengalirkan limpasan air hujan dan limbah rumah tangga, serta air limbah bersih di got yang lebih besar di tepi jalan atau depan rumah.

2. **Saluran sekunder**, baik terbuka maupun tertutup, berfungsi menampung aliran dari saluran tersier dan limpasan permukaan, lalu mengalirkannya ke saluran primer di tepi jalan. Jalurnya disesuaikan dengan kondisi bangunan, dan pengelolaannya menjadi tanggung jawab pemerintah kota.
3. **Saluran primer**, saluran utama yang menerima aliran dari saluran sekunder, kemudian mengalirkannya ke sungai besar atau laut melalui saluran buatan. Saluran ini berukuran relatif besar dan terletak di bagian hilir jaringan.

2.1.2. Ekodrainase Ramah Lingkungan

Drainase konvensional tidak dapat mengatasi dampak akibat alih fungsi lahan dan perubahan iklim. Sungai akan terus mengalirkan limpasan air yang cukup besar akibat kurangnya resapan air ke dalam tanah. Sebab itu diharuskan adanya penanganan baru seperti konsep yang berkaitan dengan usaha konservasi sumber daya air. Diharapkan limpasan air hujan dapat ditahan, ditampung, dimanfaatkan dan di resapkan ke dalam tanah. Untuk mengurangi jumlah limpasan air hujan yang mengalir pada sistem drainase saluran ataupun sungai yang ada.

Oleh sebab itu ekodrainase ramah lingkungan dipilih karena mengendalikan limpasan air permukaan, dengan menyimpan air dengan kapasitas yang banyak serta meresapkan sebanyak-banyaknya dalam tanah. Ekodrainase dapat menciptakan, kenyamanan, kualitas lingkungan, kuantitas.

2.1.2.1 Metode Ekodrainase (*Ecodrainage*)

Ekodrainase adalah konsep pengelolaan air hujan yang mengintegrasikan prinsip-prinsip ekologi dengan teknik drainase untuk mengatur aliran air permukaan secara alami. Tujuan utama dari ekodrainase untuk mengurangi dampak buruk urbanisasi terhadap siklus air dengan menjaga dan mengembalikan aliran air alami serta meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah. Ini merupakan pendekatan berkelanjutan yang meniru cara alam mengelola air hujan, berbeda dengan sistem drainase konvensional yang cenderung mengalirkan air dengan cepat ke saluran pembuangan. Beberapa metode ekodrainase yang bisa digunakan :

1. Sumur Resapan dan Biopori: Membuat lubang di tanah untuk mempercepat penyerapan air hujan ke dalam tanah.

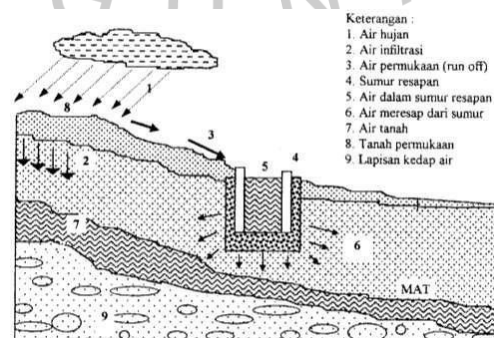
2. *Atap Hijau (Green Roofs)*: Menanam vegetasi di atap untuk menyerap dan memperlambat aliran air hujan.
3. *Swale*: Parit dangkal yang ditanami tumbuhan dan dirancang untuk memperlambat, menahan, dan menyerap air hujan.
4. *Kolam Retensi dan Detensi*: Kolam buatan yang berfungsi menampung air hujan sementara sebelum dialirkan secara perlahan ke sistem drainase atau ke dalam tanah.
5. *Paving Permeabel*: Material jalan atau trotoar yang memungkinkan air hujan meresap ke dalam tanah melalui pori-pori pada permukaannya.

2.1.2.2 Fungsi Sumur Resapan

Sumur resapan berfungsi untuk mengisi ulang cadangan air tanah, untuk kawasan yang sering mengalami kekurangan air. Dengan memperlambat aliran air permukaan, sumur ini juga membantu mencegah erosi tanah, yang dapat mengakibatkan kerusakan dan hilangnya kesuburan lahan. Sumur resapan juga mengurangi tekanan pada sistem drainase perkotaan dengan menyerap sebagian besar air hujan, sehingga menghindari kelebihan kapasitas yang dapat memicu banjir. Proses penyaringan alami melalui lapisan tanah saat air hujan diserap oleh sumur ini juga membantu membersihkan air dari polutan sebelum mencapai cadangan air tanah, sehingga meningkatkan kualitas air tanah.

2.1.2.3 Prinsip Kerja Sumur Resapan

Keberadaan sumur resapan mampu memproses infiltrasi air menuju ke bawah tanah sehingga air tidak hanya mengalir sebagai aliran permukaan (*run-off*). Aliran permukaan yang semakin kecil dapat menekan terjadinya erosi tanah. Semakin banyak air yang meresap ke dalam tanah berarti air tanah yang tersimpan sebagai cadangan air juga semakin banyak. (Beta Suryokusumo S., 2018). Prinsip kerja sumur resapan ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



Sumber: Kusnaedi, (2011)

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Sumur Resapan Penampung Air Hujan

2.1.2.4 Faktor-faktor Pertimbangan Sumur Resapan

Sumur resapan yang akan dibuat juga perlu dipertimbangkan faktor-faktor nya yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Kondisi Tanah: Permeabilitas tinggi lebih ideal, hindari tanah c dengan air tanah dangkal untuk mencegah kontaminasi.
2. Topografi dan Drainase: Lahan datar dan sistem drainase yang baik diperlukan agar air hujan mudah meresap.
3. Kapasitas Resapan: Sesuaikan ukuran dan kedalaman sumur dengan curah hujan dan luas area tangkapan.
4. Jarak dari Sumber Kontaminasi: Hindari penempatan dekat septic tank dan pastikan jarak aman dari bangunan.
5. Pemeliharaan: Desain harus memudahkan pemeliharaan dan mencegah penyumbatan.

2.1.3. Curah Hujan Kawasan

Curah hujan ialah air hujan yang jatuh ke tanah dan tidak menguap, terserap, atau mengalir. Intensitas hujan terjadi apabila hujan turun dalam jumlah banyak dalam waktu yang bersamaan atau intensitas tinggi terjadi apabila hujan turun dengan lebat. Ini adalah kondisi yang dapat menyebabkan air bocor. Mengembangkan rencana pengendalian air permukaan memerlukan data curah hujan rata-rata untuk area yang dimaksud. Untuk memperoleh data ini, ganti titik hujan menjadi hujan wilayah.

Terdapat 3 metode untuk menentukan besarnya curah hujan daerah, yaitu metode Rata-rata aritmatik (Aljabar), *Polygon Thiessen*, dan metode *Isohyet*. Pemilihan metode dapat dilihat pada tabel 2.1.

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

2.1.3.1 Metode Rata-rata Aritmatika

Metode ini adalah cara paling sederhana untuk menghitung hujan rata-rata di suatu daerah. Data dari beberapa stasiun dicatat secara bersamaan, dijumlahkan, lalu dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun dalam DAS digunakan, tetapi yang berdekatan di luar DAS juga bisa dipertimbangkan. Metode ini akurat jika stasiun tersebar merata dan distribusi hujan relatif (Triatmodjo, 2008).

Rumus :

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

Keterangan :

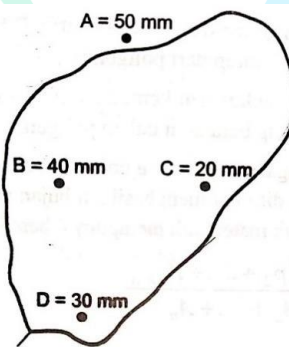
R = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

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 2.2 DAS Metode Aljabar (Triatmodjo,2008)

2.1.4. Analisis Frekuensi Hidrologi

Analisis frekuensi digunakan untuk menentukan probabilitas curah hujan atau limpasan air dalam perencanaan hidrologi terkait kejadian ekstrem seperti banjir, dengan menghubungkan kejadian tersebut pada frekuensinya melalui distribusi probabilitas (Analisis Frekuensi Hidrologi , 2008).

2.1.4.1 Perhitungan Parameter Statistik

1. Nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

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

X_i = data curah hujan ke 1 (cm)

n = data hujan

2. Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

Sd = standar deviasi

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

X_i = data curah hujan ke 1

n = banyaknya data hujan

3. Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

Sd = standar deviasi

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

4. Koefisien Skewness/ Kemencengan

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)Sd^3} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

n = banyaknya data hujan

Sd = standar deviasi

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

X_i = data curah hujan ke 1

5. Koefisien *Kurtosis*

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{Sd^4} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

n = banyaknya data hujan

Sd = standar deviasi

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

X_i = data curah hujan ke 1

2.1.4.2 Pemilihan Sebaran

Tabel 2.2 Parameter Statistik Menentukan Jenis Sebaran

Distribusi	Persyaratan
Normal	$C_s \approx 1$ $C_k \approx 3$
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

2.1.4.3 Pengujian Sebaran

Pengujian ini dilakukan dengan analisis curah hujan harian maksimum (HHM) dan metode yang dapat digunakan yaitu :

a. Metode *Gumbel*

Metode gumbel digunakan menganalisis atau khusus nya untuk memodelkan distribusi dari nilai-nilai ekstrem dalam data. Dapat memprediksi kejadian ekstrem seperti limpasan air permukaan besar, angin kencang dan beban puncak.

Rumus :

$$X_t = \bar{X} + \frac{S_d}{S_n} (Y_t - Y_n) \dots \dots \dots (2.7)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Hubungan antara periode ulang T dengan Yt dihitung dengan rumus:

$$Y_T = \left[-\ln \frac{T-1}{T} \right] \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan :

Xt = Besarnya Nilai curah hujan dengan periode T tahun

\bar{X} = Nilai rata-rata hujan

Sd = Standar deviasi data hujan harian (simpangan baku)

Yt = Nilai reduksi *variat* dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun, Dapat dilihat pada Tabel 2.3

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

Sn = Standar deviasi dari reduksi *variat* nilainya tergantung dari jumlah data (n), dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.3 Nilai *Reduce Variate* (YT)

No	Periode Ulang, T (tahun)	<i>Reduce Variate</i> (YT)
1.	2	0,3668
2.	5	1,5004
3.	10	2,251
4.	20	2,9709
5.	25	3,1993
6.	50	3,9028
7.	75	4,3117
8.	100	4,6012
9.	200	5,2969
10.	250	5,5206
11.	500	6,2149
12.	1000	6,9087
13.	5000	8,5188
14.	10000	9,2121

Sumber: Suripin, 2004

Tabel 2.4 Nilai *Reduce 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	0,5396	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: Suripin, 2004.

Tabel 2.5 Nilai *Reduce Standart Deviasi* (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: Suripin, 2004.

b. Distribusi Normal

Distribusi normal menggunakan perhitungan hujan periode ulang. Dipengaruhi oleh nilai variable reduksi Gauss dalam table 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

Periode ulang T (tahun)	Peluang	K
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

Sumber: Soewarno, 1995

Mencari hujan periode ulang dengan metode distribusi normal, menggunakan rumus berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan :

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).

c. Distribusi Log Normal

Kedua metode distribusi log normal dan metode normal mirip, perbedaan hanya dinilai logaritma.

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan :

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)

S_d = Standar deviasi (simpangan baku)

Statistik distribusi Log Normal memiliki ciri khas yaitu nilai Koefisien skewness sama dengan tiga kali nilai koefisien variasi (Cv) atau bertanda positif.

d. Metode Log Person Type III

Terdapat parameter-parameter statistik yang diperlukan sebagai berikut :

1. Simpangan baku (Standar Deviasi) : dihitung dari data yang telah di-log-transformasi dan menggambarkan seberapa jauh nilai data tersebar rata-rata.

2. Harga rata-rata (*Mean*) : menghitung rata-rata dari logaritma data yang ada
3. Koefisien Kemencengan: mengukur asimetri distribusi data yang telah di-log-transformasi.

Terdapat langkah-langkah menghitung curah hujan rencana,yaitu sebagai berikut :

1. Menentukan data curah hujan harian dilihat dari banyak nya n tahun yang terdapat di logaritma

2. Menghitung harga rata-rata (*Mean*)

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

Dengan :

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

N = Jumlah data.

X_i = Curah hujan rata-rata.

3. Menghitung harga simpangan baku (standar deviasinya)

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

4. Koefisien kemencengan

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

Dengan :

C_s = Koefisien *skewness*

5. Menghitung logaritma curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu.

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

Dengan :

X_t = Curah hujan rencana periode ulang T tahun.

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

6. Koefisien kurtosis (C_k)

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

Dengan :

C_k = Koefisien kurtosis .

7. Menghitung Koefiensi variasi (C_v)

$$C_v = \frac{s}{\log \bar{x}} \dots \dots \dots (2.17)$$

8. Menghitung nilai ekstrem

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

9. Menentukan antilog dari Log_x agar mendapatkan debit limpasan air permukaan rancangan yang ditentukan.

2.1.5. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan didapatkan dari jumlah curah hujan yang turun dalam jangka waktu tertentu, biasanya diukur dalam milimeter perjam (mm/jam). Sering digunakan sebagai perencanaan dan analisis hidrologi seperti desain sistem drainase, pengelolaan air permukaan dan upaya mitigasi banjir.

Menentukan intensitas curah hujan, data curah hujan diperoleh dari periode waktu tertentu (5 menit, 1 jam, 24 jam) kemudian dibagi dengan durasi pengamatan untuk mendapatkan intensitasnya analisis ini menggunakan waktu curah hujan dalam waktu 24 jam, maka menggunakan rumus berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dengan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

R₂₄ = Curah hujan maksimum dalam 24 jam

2.1.6. Debit Limpasan Air Permukaan Rencana

Debit limpasan air permukaan rencana merupakan perkiraan aliran air maksimum yang dapat dicegah, jika terjadi di suatu sungai atau saluran selama periode tertentu akibat hujan intensitas spesifik. Debit limpasan air permukaan rencana sangat penting untuk memastikan bahwa infrastruktur dapat menahan dan mengalirkan air selama peristiwa banjir, sehingga risiko kerusakan dan bencana dapat diminimalkan. Perhitungan debit limpasan air permukaan rencana didapatkan dari data historis mengenai curah hujan dan aliran sungai. Terdapat metode yang umum dipakai yaitu sebagai berikut :

2.1.6.1 Metode Rasional

Dalam perencanaan debit limpasan air permukaan rencana untuk drainase perkotaan biasanya menggunakan metode rasional dan cukup sederhana untuk dilakukan. Menurut (Triatmodjo, 2008) metode rasional yang dimanfaatkan tersebut didasarkan pada rumus berikut :

$$Q = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots(2.20)$$

Dengan :

Q = debit limpasan air permukaan maksimum (m³/dt)

C = Koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah tangkapan (km²)

Koefisien runoff dipengaruhi oleh faktor seperti jenis tanah, kemiringan, luas, dan bentuk aliran sungai. Nilai koefisien limpasan permukaan dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Koefisien limpasan Permukaan (c)

No	Jenis Daerah	Koefisien C
1.	Daerah perdagangan	
	• Perkotaan (<i>down town</i>)	0,70 – 0,90
	• Pinggiran	0,50 – 0,70
2.	Permukiman	
	• Perumahan satu keluarga	0,30 – 0,50
	• Perumahan berkelompok, terpisah-pisah	0,40 – 0,60
	• Perumahan berkelompok, bersambungan	0,60 – 0,75
	• Suburban	0,25 – 0,40
	• Daerah apartemen	0,50 – 0,70
3	Industri	
	• Daerah industri ringan	0,50 – 0,80
	• Daerah industri berat	0,80 – 0,90
4.	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
5	Tempat bermain	0,20 – 0,35
6	Daerah stasiun kereta api	0,20 – 0,40
7	Daerah belum diperbaiki	0,10 – 0,30
8	Jalan	0,70 – 0,95
9	Bata	
	• Jalan, hamparan	0,75 – 0,85
	• Atap	0,75 – 0,95

Sumber: Schwab,ef,al, 1981, dalam Arsyad,2006

Koefisien ditentukan berdasarkan kecepatan maksimum aliran air dari daerah tangkapan hujan, yang mencerminkan karakteristik daerah tersebut (Seputar Geografi, 30 maret 2019) yaitu :

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

Koefisien limpasan permukaan (C) menggambarkan dampak penggunaan lahan terhadap limpasan, yaitu perbandingan antara limpasan permukaan dan curah hujan. Nilai C menunjukkan proporsi curah hujan yang mengalir sebagai limpasan, dipengaruhi oleh permeabilitas dan kapasitas tanah menahan air. Nilai C rendah berarti sebagian besar air terserap, sementara nilai C tinggi menunjukkan hampir semua air hujan menjadi limpasan. Tanah dengan vegetasi cenderung memiliki nilai C rendah, sedangkan lahan terbangun dengan permukaan kedap air memiliki nilai C tinggi.

2.1.6.2 Metode Melchior

Metode Melchior dapat memprediksikan debit limpasan air permukaan rancangan untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) yang luasnya lebih dari 100 Km², dengan perhitungan sebagai berikut : (subarkah , 1980)

$$Qt = \alpha \beta x q_n x A \dots \dots \dots (2.21)$$

a. Perhitungan koefisien pengaliran (α) :

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

b. Perhitungan reduksi (β) :

$$f = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720 x \beta \dots \dots \dots (2.22)$$

c. Perhitungan waktu tiba limpasan air permukaan (t) :

$$t = \frac{1000 L}{3600 v} \dots \dots \dots (2.23)$$

Dengan :

L = Panjang sungai (km)

T = Waktu konsentrasi (jam)

V = Kecepatan air rata-rata

d. Perhitungan kecepatan aliran (v) :

$$v = 1,31 \cdot \sqrt[5]{\beta \cdot q \cdot f \cdot i^2} \dots \dots \dots (2.24)$$

e. Perhitungan kemiringan rata-rata dasar sungai :

$$i = \frac{H}{0,9 L} \dots \dots \dots (2.25)$$

f. Hujan Maksimum (q)

Grafik hubungan persentase curah hujan dengan waktu dan luas DPS dihitung untuk menentukan nilai hujan maksimum.

$$Qt = axqxf \frac{Rt}{200} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan :

F = Luas daerah pengaliran (km²).

Qt = Debit limpasan air permukaan rencana (m³/det).

a = Koefisien run off.

L = Panjang sungai (km).

Q = Hujan maksimum (m³/km²/det).

Ft = Koefisien reduksi daerah untuk curah hujan DAS

t = Waktu konsentrasi (jam).

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).

2.1.7. Kata Ulang

Bangunan yang terkait dengan air memerlukan perhitungan hidrologi khusus dalam perencanaan, dengan pemilihan periode ulang aliran air permukaan yang bergantung pada analisis statistik banjir.

Tabel 2.8 Kata Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

TOPOLOGI KOTA	DAERAH TANGKAPAN AIR			
	<10	10-100	101-500	>500
Kota Metropolitan	2 Th	2-5 Th	5-10 Th	10-25 Th
Kota besar	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-20 Th
Kota Sedang	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2-5 Th

Sumber: Menteri Perkerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014,201

2.1.8. Model EPA SWMM

EPA SWMM (*Environmental Protection Agency Storm Water Management Model*). Mengevaluasi kondisi saluran drainase untuk menilai kecukupannya berdasarkan curah hujan beberapa tahun terakhir dan menganalisis permasalahan limpasan perkotaan. Pemodelan jaringan drainase menggunakan EPA SWMM 5.2 di beberapa subarea cekungan, meliputi *subcatchment area*, *junction nodes*, *conduit*, dan *outfall nodes*.

2.1.9. Sistem Drainase Dengan Sumur Resapan

2.1.9.1 Persyaratan Umum SNI 8456:2017

Persyaratan umum yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut menurut SNI 8456:2017:

1. Air yang masuk kedalam sumur resapan adalah limpasan air hujan.
2. Sumur resapan ditempatkan pada lahan yang relatif datar dengan
 - kemiringan maksimum $< 2\%$.
3. Sumur resapan bisa dibuat secara individual dan komunal.
4. Penempatan sumur resapan air hujan harus mempertimbangkan keamanan bangunan sekitarnya.

2.1.9.2 Persyaratan Teknis SNI 8456:2017

Menurut SNI 8456 : 2017, Persyaratan teknis yang harus dipenuhi :

1. Jika kedalaman air tanah $< 2\text{m}$, dapat digunakan lubang resapan air hujan dengan penampang segi empat atau trapesium (kemiringan talud 1:2). Untuk kedalaman air tanah $> 2\text{m}$, gunakan sumur resapan air hujan. Sisi penampang sumur resapan berukuran 80cm sampai dengan 100 cm.
2. Penampang sumur resapan bisa berbentuk segi empat, lingkaran, atau bentuk lain yang memudahkan pengerjaan.
3. Permeabilitas tanah

Struktur tanah yang dapat digunakan harus mempunyai nilai koefisien permeabilitas tanah $> 2.0\text{ cm/jam}$, dengan klasifikasi sebagai berikut:

- 1) Nilai permeabilitas tanah sedang (jenis tanah lanau, $2,0 - 3,6\text{ cm/jam}$ atau $0,48 - 0,864\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$).
- 2) Nilai permeabilitas tanah agak cepat (jenis tanah pasir halus, $3,6 - 36\text{ cm/jam}$ atau $0,864 - 8,64\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$).

- 3) Nilai permeabilitas tanah cepat (jenis tanah pasir kasar, lebih besar 36 cm/jam atau 8,64 m³/ m²/ hari).

2.1.9.3 Langkah-langkah Perencanaan Sumur Resapan

Langkah-langkah menurut SNI 8456:2017 yang perlu diperhatikan dalam pembuatan sumur resapan air hujan yaitu sebagai berikut :

1. Menentukan lokasi lahan penempatan sumur
2. Melakukan pengukuran jarak antara rencana penempatan sumur resapan air hujan dengan bangunan dan ketentuan jarak.
3. Pengukuran muka air tanah di tempat yang dibuatkan sumur resapan, kedalaman muka air tanah >2 m, maka sumur resapan dapat dibuat.
4. Perhitungan dimensi sumur resapan dengan cara sebagai berikut:
 - a. Data curah hujan harian 10 tahunan untuk menghitung intensitas hujan.
 - b. Data luas bidang tadah yang akan digunakan sebagai pengumpul air hujan.
 - c. Data jenis tanah (nilai koefisien permeabilitas tanah) di lokasi rencana sumur resapan.
 - d. Data koefisien limpasan air hujan (c) di lokasi rencana sumur resapan

Sesudah pengumpulan data-data diatas, selanjutnya dimensi sumur resapan air hujan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

- a. Perhitungan intensitas hujan.
- b. Penentuan koefisien limpasan (c) berdasarkan tabel 2.7 maka perumahan puri bintaro indah memiliki nilai $c = 0,65$.
- c. Perhitungan kedalaman sumur resapan (H).

2.1.10. *Low Impact Development (LID)*

LID adalah pedekatan inovatif untuk pengelolaan air hujan yang dirancang untuk meniru proses alami dalam siklus hidrologi. Bertujuan untuk mengurangi dampak pembangunan terhadap lingkungan dengan mengendalikan aliran air hujan sedekat mungkin dengan sumbernya. Pendekatan ini menekankan infiltrasi alami, konservasi air, dan pengelolaan untuk mengurangi risiko banjir, meningkatkan

kualitas air, dan melindungi ekosistem. Beberapa teknik yang umum digunakan Teknologi penutup yang digunakan meliputi bioretensi, perkerasan berpori, rain garden, dan pemanenan air hujan.

Penerapan LID tidak hanya membawa manfaat lingkungan, seperti mengurangi erosi dan polusi air, tetapi juga meningkatkan efisiensi ekonomi dengan mengurangi biaya infrastruktur drainase konvensional. Di Indonesia, penerapan LID sudah mulai banyak diterapkan dalam proyek pembangunan berkelanjutan yang bertujuan untuk mengatasi permasalahan urbanisasi, seperti banjir perkotaan dan menurunnya kualitas air di tanah. Pendekatan ini merupakan solusi penting untuk menciptakan pembangunan berkelanjutan.

2.2. Penelitian Terdahulu

2.2.1 Eka Ayu Indramaya, Rancangan Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Salah Satu Usaha Konservasi Air Tanah Di Perumahan Dayu Baru Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta, (2018)

Penelitian ini dilaksanakan di Perumahan Dayu Baru dengan tujuan merancang sumur resapan sebagai upaya konservasi air tanah untuk meningkatkan cadangan air tanah. Desain sumur resapan ditentukan berdasarkan luas atap di area penelitian. Metode survei digunakan dalam penelitian ini, dengan pengukuran permeabilitas dilakukan menggunakan metode inverse auger hole, sementara luas atap ditentukan melalui digitasi citra satelit. Setelah parameter diperoleh, kedalaman sumur resapan dihitung menggunakan rumus Sunjoto.

2.2.2 Wilhelmus Bunganaen, Chrestta Penna, Pemanfaatan Sumur Resapan Untuk Meminimalisir Genangan Di Sekitar Jalan Cak Doko, (2016)

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan debit limpasan air permukaan pada setiap rumah dan debit yang dapat ditampung oleh sumur resapan di Kelurahan Oetete, khususnya di sekitar SMA N 1 Kupang, guna mengurangi genangan yang terjadi di jalan depan sekolah tersebut. Dalam penelitian ini, digunakan data curah hujan selama 20 tahun terakhir dari stasiun curah hujan Lasiana, dengan perhitungan debit limpasan air permukaan rencana menggunakan metode Log Pearson Tipe III dan Metode Gumbel Tipe I.

2.2.3 Chairil Saleh, Kajian Penanggulangan Limpasan Permukaan dengan menggunakan sumur resapan di Perumnas Made Lamongan, (2020)

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limpasan dan mencegah terjadinya limpasan permukaan serta dapat meningkatkan potensi air tanah. Disamping itu agar dapat memanfaatkan discuss hujan yang masuk ke dalam tanah melalui sumur resapan. Sehingga pengolahan tersebut dapat menghemat dan menyimpan sumber daya air tanah untuk jangka panjang. Perancangan bangunan resapan air pada penelitian ini adalah sumur resapan. Sumur resapan dapat menampung limpasan permukaan dan curah hujan pada setiap talang rumah.

2.2.4 Meliyana Meliyana, Ichsan Syahputra, Helwiyah Zain, Antoniadi Zal, Analisis Kebutuhan Sumur Resapan Sebagai Salah Satu Upaya Dalam Limpasan air permukaan Genangan ,(2019)

Lahan kedap air pada suatu wilayah tidak dapat menyerap air hujan, sehingga air hujan menjadi limpasan dan menimbulkan genangan banjir. Sumur resapan berfungsi untuk menampung dan menyerap air hujan ke dalam tanah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai permeabilitas tanah, menentukan dimensi dan jumlah sumur resapan dalam mereduksi banjir. Penelitian dilakukan di Sekolah Dasar Negeri 1 Pulo Ie Kabupaten Nagan Raya dengan luas lahan 1500 m² dan jumlah bangunan sebanyak 4 unit. Perencanaan sumur resapan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum 11/PRT/M/2014.

2.2.5 Surya Adijaya, Sobriyah Sobriyah, Siti Qomariyah, Analisis Resapan Limpasan Permukaan Dengan Pembuatan Sumur Resapan Di Fakultas Teknik UNS,(2016).

Penelitian ini membahas besar resapan limpasan hujan ke dalam tanah dengan pembuatan sumur resapan. Hasil akhir yang diinginkan adalah diketahuinya kondisi eksisting resapan limpasan hujan di Fakultas Teknik UNS dan kondisi resapan limpasan setelah dilakukan pembuatan sumur resapan. Analisis dilakukan dengan panjang data hujan 24 tahun dengan 5 stasiun hujan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limpasan hujan yang meresap ke tanah di Fakultas Teknik pada kondisi eksisting sebesar 245,9587756 m³/hari selama musim hujan. Pembuatan sumur resapan dapat meresapkan limpasan permukaan di Fakultas Teknik sebesar 368,6435036 m³/hari selama musim hujan. Terjadi peningkatan resapan setelah pembuatan sumur resapan sebesar 48,88 % dari resapan kondisi eksisting.