

KAJIAN SISTEM DRAINASE MELALUI SUMUR RESAPAN DI KAWASAN PERUMAHAN WILIS INDAH 2 KOTA KEDIRI

Muhammad Dicky Arwidyanto¹, I Wayan Mundra², dan Sriliani Surbakti³

^{1,2,3}) Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang

Email : dickyarwidyanto@gmail.com¹

ABSTRACT

The Wilis Indah 2 Residential Area is located in the Pojok Village, Mojoroto District, Kediri City, East Java and is one of the most crowded and dense residential areas in the city center. With an area of $\pm 170,000$ m², the drainage channel in this residential area often inundates, especially during the rainy season for a long time due to the high intensity of rain and the drainage system that cannot accommodate the excess flow of water that comes. So from these conditions it is necessary to study to overcome the existing flood problems. The method used for this research is data collection which will be analyzed from various sources. Maximum design rainfall analysis was carried out with a comparison of the two methods and the results of the analysis from the Log Pearson Type III method were used. In the intensity analysis, a 5-year rainfall return period was used with the result of 118,730 mm. In the existing channel, an analysis of the channel capacity was also carried out. After that, an evaluation of the planned flood discharge with channel capacity was carried out, as many as 12 channels did not meet. One of the alternatives given is the design of infiltration wells with a circular cross section with a diameter of 1.2 meters and a depth of 2 meters. Based on research, the existing condition of the drainage system in the Wilis Indah 2 Housing area is not in good condition. Solutions for handling channel problems are adjusted to the conditions of each channel and several channels are given alternative infiltration well planning with the aim of conserving water resources where rainwater is infiltrated into the ground before entering the canal.

Keywords : Flood, Puddles, Drainage System, Catchment Well

ABSTRAK

Kawasan Perumahan Wilis Indah 2 berada pada Kelurahan Pojok, Kecamatan Mojoroto, Kota Kediri, Jawa Timur dan merupakan salah satu kawasan perumahan yang cukup ramai dan padat yang ada di tengah kota. Dengan luas wilayah ± 170.000 m², saluran drainase di kawasan perumahan ini sering terjadi genangan terutama pada musim hujan dengan waktu yang cukup lama disebabkan karena intensitas hujan yang cukup tinggi dan sistem drainase yang tidak bisa menampung kelebihan debit air yang datang. Sehingga dari kondisi tersebut maka perlu adanya kajian untuk mengatasi permasalahan banjir yang ada. Metode yang digunakan untuk penelitian ini pertama pengumpulan data yang akan dianalisa dari berbagai sumber. Dilakukan analisa hujan rancangan maksimum dengan perbandingan dua metode dan digunakan hasil analisa dari metode Log Pearson Tipe III. Pada analisa intensitas digunakan kala ulang hujan 5 tahun dengan hasil 118,730 mm. Pada saluran eksisting dilakukan juga analisa terhadap kapasitas saluran. Setelah itu dilakukan evaluasi dari debit banjir rencana dengan kapasitas saluran, sebanyak 12 saluran tidak memenuhi. Salah satu alternatif yang diberikan adalah perencanaan sumur resapan dengan penampang lingkaran dimensi diameter 1,2 meter dan kedalaman 2 meter. Berdasarkan penelitian, kondisi eksisting sistem drainase pada kawasan Perumahan Wilis Indah 2 tidak pada kondisi yang baik. Solusi penanganan permasalahan saluran disesuaikan dengan kondisi saluran masing-masing dan beberapa saluran diberikan alternatif perencanaan sumur resapan dengan tujuan konservasi sumber daya air dimana air hujan diresapkan ke tanah sebelum masuk ke saluran.

Kata Kunci : Banjir, Genangan, Sistem Drainase, Sumur Resapan

1. PENDAHULUAN

Air sebagai salah satu sumber daya alam merupakan benda alam yang sangat penting untuk dilestarikan keberadaannya. Apabila terjadi genangan saat hujan di suatu kawasan pemukiman tanpa adanya sarana untuk mengalirkan dan meresapkan ke dalam tanah maka akan mengganggu kenyamanan penghuninya. Konsep drainase yang secara umum yang diterapkan oleh masyarakat adalah konsep drainase konvensional, dimana konsep tersebut sudah mulai dievaluasi. Konsep diatas juga berkaitan langsung dengan usaha konservasi sumber daya air, yang prinsipnya adalah mengendalikan air hujan supaya dapat meresap ke dalam tanah dan tidak banyak terbuang sebagai aliran permukaan. Kota Kediri merupakan kota yang cukup besar dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi. Kawasan Perumahan Wilis Indah 2 berada pada Kelurahan Pojok, Kecamatan Mojojoto, Kota Kediri, Jawa Timur dan merupakan salah satu kawasan perumahan yang cukup ramai dan padat yang ada di tengah kota. Pada beberapa titik jalan dan saluran sering terjadi genangan terutama pada musim hujan dengan waktu yang cukup lama disebabkan karena intensitas hujan yang cukup tinggi dan sistem drainase yang tidak bisa menampung kelebihan debit air yang datang. Penyebab permasalahan genangan ini juga berasal dari kondisi beberapa saluran eksisting yang kurang baik. Dengan permasalahan tersebut warga mengeluhkan karena terganggunya aktivitas dan mengurangi kenyamanan dilingkungan lokasi studi.



Gambar 1. Lokasi Studi dan Peta Administrasi Kota Kediri

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kondisi saluran eksisting terkini yang ada pada lokasi studi?
2. Berapa debit banjir rencana pada saluran drainase Kawasan Perumahan Wilis Indah 2 Kota Kediri?
3. Berapa kapasitas eksisting saluran yang ada pada lokasi studi?
4. Bagaimana hasil evaluasi untuk analisa debit banjir rencana dengan kapasitas saluran eksisting

dan apa solusi yang diberikan untuk hasil analisa tersebut?

5. Berapa dimensi, jumlah, dan penempatan sumur resapan yang bisa direncanakan pada lokasi studi untuk menampung kelebihan air hujan?

Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari kajian ini adalah mempelajari, memeriksa, menguji, dan menelaah sistem drainase yang ada, dengan sumur resapan sebagai salah satu alternatif dalam meminimalisir atau mengurangi resiko terjadinya genangan air ataupun banjir:

1. Meminimalisir terjadinya genangan di kawasan Perumahan Wilis Indah 2
2. Memberikan kenyamanan dan keamanan terhadap warga Perumahan Wilis Indah 2
3. Mendukung adanya konservasi sumber daya air
4. Sebagai model acuan dan sumber bacaan di bidang prasarana kota untuk rencana penerapan konsep drainase yang baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Curah Hujan Rata-Rata Daerah

Curah hujan adalah tinggi atau tebalnya hujan dalam jangka waktu tertentu (lamanya pengamatan) yang dinyatakan dalam satuan milimeter. Adapun metode yang digunakan untuk menentukan curah hujan rata-rata daerah yaitu :

a. Cara Tinggi Rata-Rata

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

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

P = Curah hujan maksimum setahun (mm)

N = Jumlah stasiun hujan

P_n = Data curah hujan maksimum setahun di stasiun hujan (mm)

b. Cara Polygon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (Weighted Average). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung diantara dua buah pos penakar. Jadi diperoleh persamaan:

$$D = \frac{A_1 \cdot d_1 + A_2 \cdot d_2 + \dots + A_n \cdot d_n}{A} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i \cdot d_i}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

A = Luas daerah (km²)

d = Tinggi curah hujan rata-rata areal

d₁, d₂, ... d_n = Tinggi curah hujan di Stasiun 1, 2, ... n

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = Luas daerah pengaruh di Stasiun
1, 2, ..., n

$\sum_{i=1}^n p_i$ = Jumlah prosentasi luas = 100%

c. Cara Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata. Metode ini memperhitungkan secara aktual pengaruh pada tiap-tiap pos penakar hujan. Dalam hal ini kita harus menggambar dulu contour dengan tinggi hujan yang sama (*isohyet*). Kemudian luas bagian di antara isohyet-isohyet yang berdekatan diukur, dan harga rata-ratanya dihitung sebagai harga rata-rata timbang dari nilai contour, seperti berikut ini:

$$d = \frac{\frac{d_0+d_1}{2}x A_1 + \frac{d_1+d_2}{2}x A_2 + \frac{d_n+d_{n+1}}{2}x A_n}{A} \dots\dots (3)$$

Dimana:

P = Curah hujan daerah maksimum setahun (mm)

N = Jumlah stasiun hujan

Curah Hujan Rancangan

Analisa curah hujan rancangan adalah suatu cara untuk memprediksi hujan maksimum yang akan terjadi kembali pada periode waktu tertentu. Turunnya hujan disuatu daerah baik menurut waktu maupun pembagian geografisnya tidak tetap melainkan berubah-ubah. Setelah diketahui curah hujan harian maksimum, maka dilanjutkan dengan memilih distribusi yang akan dipakai untuk menganalisa besarnya banjir. Untuk menganalisa probabilitas banjir terdapat beberapa metode, yaitu :

a. Distribusi Log Person Type III

Perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Log Person Type III, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus-rumus berikut:

1. Rata-rata

$$\log \bar{x} = \frac{\sum \log x}{n} \dots\dots\dots (8)$$

2. Standar deviasi

$$S \log x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (9)$$

3. Koefisien skewness

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(sd)^3} \dots\dots\dots (10)$$

4. Logaritma hujan rencana

$$\log x = \log \bar{x} + K_T \times S \log x \dots\dots (11)$$

Dimana:

Log X = Nilai logaritma hujan rancangan
kala ulang T tahun

$\log \bar{x}$ = Rata-rata logaritma nilai log x

Cs = Koefisien kemencengan/asimetri

S log x = Standart deviasi

b. Distribusi E.J Gumbel

1. Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (12)$$

2. Standar deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (13)$$

3. Faktor frekuensi

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (14)$$

4. Hujan periode

$$X_t = \bar{X} + (K \times Sd) \dots\dots\dots (15)$$

dimana:

X = Hujan dengan masa ulang T

S = Standart Deviasi

T = Periode Ulang

Yt = Nilai reduksi varian variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu

Yn = Nilai rata-rata reduksi dan varian (*mean of reduced variable*) nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Sn = Deviasi Standar dari reduksi varian (*standart deviation of the reduced varian*) nilainya tergantung dari jumlah data (n)

c. Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Uji kecocokan distribusi ini digunakan untuk mengetahui apakah distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi jenis peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan distribusi frekuensi tersebut, sehingga diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan adalah :

1. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov – Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno, 1995). Metode ini menggunakan selisih perhitungan peluang empiris (PXm) dengan peluang teoritis (P'Xm). Prosedurnya, yaitu:

1. Data diurutkan dari besar ke kecil dan juga ditentukan masing-masing peluangnya

2. Setelah itu ditentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari penggambaran persamaan distribusinya

3. Selisih kedua nilai dapat dihitung dengan persamaan

$$\Delta = \text{maksimum } [P(X_m) - P(X_n)]$$

4. Berdasarkan tabel nilai kritis (smirnov-kolmogorov test), dapat ditentukan nilai Δ_0 . Apabila $\Delta < \Delta_0$ distribusi teoritis diterima. $\Delta > \Delta_0$ distribusi teoritis ditolak.

2. Uji Chi Square

Uji Chi – Square 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:

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (16)$$

Dimana: $EF = \frac{n}{K}$.

Dengan :

X_h^2 = Parameter Chi – Square terhitung

G = Jumlah sub – kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E_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 – Square yang sebenarnya (X^2). Tahap-tahap yang digunakan dalam Uji parameter Chi – Square adalah:

1. Mengurutkan data pengamatan
2. Kelompokkan data menjadi k 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:

$$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots 2.13 \text{ dan}$$

$$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots 2.14$$
6. Jumlah keseluruhan k sub grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai Chi-Square terhitung.
7. Tentukan derajat kebebasan $dk = k - R - 1$ (Nilai $R=2$ untuk distribusi Normal dan Binomial, serta nilai $R = 1$, untuk distribusi *poisson*)

Debit Banjir Rencana Dengan Metode Rasional

Debit rencana adalah besarnya debit yang direncanakan untuk suatu periode waktu tertentu. Perhitungan debit rencana dilakukan dengan menggunakan persamaan Rasional (jika daerah pengaliran kurang dari 0,8 km²) adalah sebagai berikut (Suyono Sosrodarsono, 1983:144).

$$Q = \left(\frac{1}{36}\right) C \cdot I \cdot A \dots \dots \dots (18)$$

Dimana :

Q = Debit rencana (m³/detik)

C = Koefisien pengaliran run off

I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Daerah tangkapan air/*catchment area* (km²)

a. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada

aliran yang ditentukan dibagian hilir suatu aliran. Dalam pembahasan ini menghitung waktu konsentrasi menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$tc = 0,0195 L^{0,77} S^{-0,385} \dots \dots \dots (19)$$

Dimana :

L = Jarak dari tempat terjauh kesaluran drainase (m)

S = Kemiringan rata-rata daerah aliran (m)

$S = \frac{H}{L}$, dimana

H = Selisih tinggi tempat terjauh saluran (elevasi hulu dan hilir)

b. Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah kedalaman air hujan atau tinggi air hujan per satuan waktu (Suripin, 2004). Sifat umum hujan adalah semakin singkat hujan berlangsung, intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya, makin tinggi pula intensitasnya. Jika yang tersedia adalah data curah hujan jangka pendek maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Talbot, Sherman dan Ishiguro. Namun apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan Metode Mononobe (Suripin, 2004) dengan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (20)$$

Dimana :

R_{24} = Curah hujan rancangan (mm)

Tc = Waktu konsentrasi (jam) ($Tc = 0,0195 \left[\frac{L}{\sqrt{S}}\right]^{0,77}$)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

c. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan perbandingan pada jumlah air limpasan permukaan di suatu daerah dengan jumlah curah hujan yang turun pada daerah tersebut. Besarnya koefisien pengaliran dipengaruhi oleh :

- Kemiringan daerah aliran
- Struktur dan jenis permukaan tanah
- Klimatologi

Untuk menentukan harga koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Nilai koefisien pengaliran

TATAGUNA LAHAN	C	TATAGUNA LAHAN	C
Perkantoran		Pertamanan. Kuburan	0.10 - 0.25
Daerah pusat kota	0.70 - 0.95	Tempat bermain	0.20 - 0.35
Daerah sekitar kota	0.50 - 0.70	Daerah stasiun KA	0.20 - 0.40
		Daerah tak berkembang	0.10 - 0.30
Perumahan		Jalan raya	
Rumah tinggal	0.30 - 0.50	Beraspal	0.70 - 0.95
Rumah susun terpisah	0.40 - 0.50	Berbeton	0.80 - 0.95
Rumah susun bersambung – sambung	0.60 - 0.75	Berbatu bata	0.70 - 0.85
Pinggiran kota	0.25 - 0.40	Trotoar	0.75 - 0.85
		Daerah beratap	0.75 - 0.95
Daerah industri		Ladang garapan	
Kurang padat industri	0.50 - 0.80	Tanah berat tanpa vegetasi	0.30 - 0.60
Padat industri	0.60 - 0.90	Tanah berat dengan vegetasi	0.20 - 0.50
		Tanah berat dengan vegetasi	0.20 - 0.25
Tanah lapang/perumputan		Beraspal dengan vegetasi	0.10 - 0.25
Beraspal datar <2%	0.05 - 0.10		
Beraspal agak rata 2-7%	0.10 - 0.15	Padang rumput	
Beraspal miring 7%	0.15 - 0.20	Tanah berat	0.15 - 0.45
Tanah berat datar <2%	0.13 - 0.17	Beraspal	0.05 - 0.25
Tanah berat agak rata 2-7%	0.18 - 0.22	Hutan atau bervegetasi	0.05 - 0.25
Tanah berat miring 7%	0.25 - 0.35		
Tanah pertanian 0 – 30 %		Tanah tidak produktif	
Tanah kosong	0.30 - 0.60	Rata kedap air	0.70 - 0.90
Rata	0.20 - 0.50	Kasar	0.50 - 0.70
Kasar	0.25 - 0.60		

Sumber : Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan Berkelanjutan*, 2004

Analisa Kapasitas Eksisting

Analisa ini ditujukan untuk mendapatkan dimensi hidrolis dari saluran drainase dan untuk mengetahui kapasitas pada saluran eksisting maupun saluran yang akan direncanakan. Saluran drainase dapat terbuka ataupun tertutup sesuai dengan keadaan, meskipun saluran tertutup aliran yang ada adalah seragam. Rumus yang akan digunakan untuk menghitung debit kapasitas pada penampang saluran segi empat, yaitu:

- Kecepatan aliran (V) = $\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$ 2.20
- Keliling basah (P) = $b + 2 \times h$ 2.21
- Jari-jari hidrolis (R) = $\frac{A}{P}$ 2.22
- Luas penampang basah (A) = $b \times h$ 2.23
- Debit Eksisting (Q) = $V \times A$ 2.24

Dimana :

- b = Lebar dasar saluran (m)
 h = Kedalaman air (m)
 n = Koefisien kekasaran Manning
 S = Kemiringan dasar saluran = $\Delta H/L$
 L = Panjang ruas yang ditinjau

Rumus ini merupakan rumus dalam bentuk sederhana namun memberikan hasil yang tepat, sehingga penggunaannya sangat luas dalam aliran seragam untuk perhitungan dimensi saluran. Gambar penampang segiempat saluran disajikan pada gambar 2.3 dan untuk nilai Koefisien Kekasaran Manning pada tabel 2.7.

Tabel 2. Koefisien Kekasaran Manning (N)

TIPE SALURAN	N
A. Saluran Tertutup Terisi Sebagian	
1. Gorong-gorong dari beton lurus dan bebas kikisan	0,010 - 0,013
2. Gorong-gorong dengan belokan dan sambungan	0,011 - 0,014
3. Saluran pembuang lurus dari beton	0,013 - 0,017
4. Pasangan bata dilapisi dengan semen	0,011 - 0,014
5. Pasangan batu kali disemen	0,015 - 0,017
B. Saluran dilapisi atau disemen	
1. Pasangan bata disemen	0,012 - 0,018
2. Beton dipoles	0,013 - 0,016
3. Pasangan batu kali disemen	0,017 - 0,030
4. Pasangan batu kosong	0,023 - 0,035

Sistem Drainase Sumur Resapan

Ada beberapa metode yang dipakai untuk menentukan ukuran sumur resapan. Berikut ini akan digunakan rumus untuk menentukan kedalaman sumur resapan

$$H_{sumur} = \frac{Q}{\omega \times \pi \times r \times K} \dots\dots\dots 2.25$$

Faktor geometrik adalah mewakili keliling serta luas tampang sumur, gradien hidraulik, keadaan perlapisan tanah serta kedudukan sumur terhadap perlapisan tersebut serta porositas dinding sumur dinyatakan dalam besaran radius sumuran.

METODOLOGI

Pengumpulan Data

Setelah melaksanakan tahap persiapan maka dilanjutkan dengan mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan evaluasi sistem drainase untuk penanganan gangguan dan banjir di kawasan Perumahan Wilis Indah 2 Kota Kediri. Data yang diperlukan adalah data yang diperoleh dengan survei pada lokasi sehingga dapat diidentifikasi penyebab terjadinya genangan di daerah tersebut.

Data lain seperti peta topografi dan data curah hujan diperlukan dalam penentuan debit banjir rencana, data ini sangat dibutuhkan dalam perencanaan drainase, data yang diperlukan adalah data dengan rentang waktu 10 tahun terakhir pada 3 stasiun curah hujan terdekat pada lokasi studi. Stasiun penghitung curah hujan yang digunakan sebagai sumber data curah hujan adalah Stasiun Mrican, Stasiun UPT Kediri, dan Stasiun Gambiran.

Analisa Data

- Analisa data yang dilakukan yaitu, pertama menganalisa curah hujan rata-rata setelah itu bisa dilanjutkan untuk perhitungan curah hujan rancangan dan dilanjutkan analisa distribusi frekuensi. Langkah selanjutnya adalah menganalisis waktu konsentrasi dengan data panjang saluran dan kemiringan saluran, selanjutnya bisa dilakukan analisa sntensitas hujan. Setelah data-data untuk menghitung debit banjir rencana telah didapat bisa dilanjutkan analisa dengan Metode Rasional.
- Dalam menganalisa kapasitas saluran eksisting digunakan data dimensi saluran eksisting, kemiringan saluran, koefisien *Manning*, dan data yang lain untuk menunjangnya.
- Setelah semua analisa dilakukan dilanjutkan untuk evaluasi debit banjir rencana dengan kapasitas saluran drainase. Dengan persyaratan jika nilai debit kapasitas lebih besar daripada kapasitas debit rencana dapat dianggap memenuhi, jika sebaliknya saluran dianggap tidak layak dan kemungkinan besar terjadi genangan.
- Dengan analisa yang ada jika saluran dianggap tidak memenuhi dan aman akan diberikan solusi

yaitu perencanaan sumur resapan yang berwawasan lingkungan. Perencanaan dari sumur resapan ini berupa jumlah sumur resapan, kedalaman rencana sumur resapan, debit yang dapat ditampung sumur resapan, dll.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data Hujan

Dalam analisa ini data yang digunakan adalah data curah hujan rentang waktu 10 tahun dari stasiun penakar hujan terdekat dari wilayah studi. Data curah hujan dapat digunakan sebagai bahan perhitungan nilai intensitas hujan (I) dan selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung debit banjir rencana. Data digunakan adalah data curah hujan 2010 sampai 2019. Data curah hujan maksimum harian setiap stasiun yang digunakan dalam perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 3. Curah hujan maksimum

No.	Tahun	Stasiun		
		Mrican	UPT Kediri	RS Gambiran
1	2010	58	70	89
2	2011	101	154	92
3	2012	62	75	73
4	2013	68	83	128
5	2014	80	134	120
6	2015	77	93	97
7	2016	57	94	109
8	2017	96	130	131
9	2018	118	128	133
10	2019	84	112	98

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4. Curah hujan maksimum

No.	Tahun	Tinggi Hujan mm
1	2010	72,333
2	2011	115,667
3	2012	70,00
4	2013	93,00
5	2014	111,333
6	2015	89,00
7	2016	86,667
8	2017	119,00
9	2018	126,333
10	2019	98,00

Sumber: Hasil perhitungan

Analisa Hujan Rancangan Maksimum

Selanjutnya pada perhitungan curah hujan rancangan digunakan dua metode yaitu Metode E.J. Gumbel dan Metode Log Pearson Tipe III dengan data hujan yang telah dianalisis sebelumnya.

a. Hujan Rencana Metode Log Person Tipe III

Distibusi Log Pearson Tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson Tipe III dengan menggantikan data menjadi nilai algoritmik. Dari hasil perhitungan diatas maka diperoleh nilai :

Nilai Log Xi Rata-rata :

$$\bar{X} = \frac{\sum \text{curah hujan}}{\sum \text{data}(n)} = \frac{19,8383}{10} = 1,9838 \text{ mm}$$

Simpangan Baku :

$$Si = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log} X - \text{Log} \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

$$Si = \sqrt{\frac{0,0708}{9}} = 0,0887 \text{ mm}$$

Koefisien Kepencengan

$$Cs = \sqrt{\frac{n \sum (\text{Log} X - \text{Log} \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(Si)^3}}$$

$$Cs = \sqrt{\frac{-0,00159 \times 10}{9 \times 8 \times 0,0887^3}} = -0,3164$$

Berdasarkan nilai $Cs = -0,3164$ yang diperoleh dan periode ulang (T), dapat ditentukan nilai K dari Tabel dengan interpolasi nilai Cs diatas. Selanjutnya besaran nilai hujan harian maksimum dapat dihitung sesuai dengan periode ulang hujan sebagai contoh periode 2 tahun

$$\text{Log} X = \text{Log} \bar{X} + (Si \times K_t)$$

$$\text{Log} X = 1,984 + (0,08872 \times 0,06657) = 1,9897$$

$$\text{Nilai hujan harian maksimum} = \text{Antilog } X = 10^x \\ = 10^{1,9897} = 97,664 \text{ mm}$$

Tabel 5. Curah Hujan Rancangan dengan Metode Log Person Tipe III

Tahun	Cs	Log X	R ₂₄ (mm)
2	0,066579	1,989735	97,66422
5	0,855072	2,059691	114,7337
20	1,479951	2,115130	130,3558
50	1,831974	2,146362	140,0754
200	2,197636	2,178803	150,9397
1000	2,638734	2,217938	165,1725

Sumber: Hasil perhitungan

b. Hujan Rencana Metode E.J Gumbel

Perhitungan besarnya curah hujan rencana dengan Metode Gumbel menggunakan data curah hujan yang sudah diolah. Menghitung debit hujan rancangan untuk kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 20 tahun, 50 tahun, 200 tahun, dan 1000 tahun. Dalam perhitungan ini sampel digunakan (n) = 10, maka dari tabel 2.3 dan 2.4 didapat nilai $Y_n = 0,4952$ dan nilai $S_n = 0,9496$

Mencari nilai Y_t

Untuk periode ulang $T=2$ tahun :

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

$$Y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{2}{2-1} \right) \right] = 0,3665$$

Faktor Frekuensi

$$K_T = \frac{Y_T - Y_n}{\frac{S_n}{0,3665 - 0,4952}}$$

$$K_T = 1,05802$$

Curah Hujan Rancangan

$$X_T = X + (K_T \times Sd)$$

$$X_T = 98,13 + (-0,13553 \times 19,467098)$$

$$X_T = 95,4949$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dari kala ulang 2 tahun hingga 1000 tahun, dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 6. Nilai Reduced Variated, Faktor Frekuensi, dan Curah Hujan Rancangan

Periode Ulang (Tahun)	Yt	Yn	Sn	K	R ₂₄ (mm)
2	0,3665	0,4952	0,9496	-0,13553	95,4949
5	1,4999	0,4952	0,9496	1,05802	118,7300
20	2,9606	0,4952	0,9496	2,59625	148,6748
50	3,9019	0,4952	0,9496	3,58751	167,9718
200	5,296	0,4952	0,9496	5,05560	196,5512
1000	6,919	0,4952	0,9496	6,76474	229,8232

Sumber: Hasil perhitungan

Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa metode distribusi *Log Person Tipe III* dan metode distribusi E.J Gumbel dapat dipakai untuk perhitungan Curah Hujan Rencana. Hasil dari perhitungan metode distribusi yang akan digunakan adalah metode distribusi E.J Gumbel, karena distribusi ini memiliki nilai curah hujan lebih besar dibandingkan metode distribusi *Log Person Tipe III*.

c. Uji Kesesuaian Distribusi

Dengan data hasil 2 metode maka dilakukan pengujian kesesuaian distribusi menggunakan 2 metode statistik untuk mengetahui apakah data tersebut benar sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih

Tabel 7. Perbandingan Hujan Rancangan Maksimum

Kala Ulang	E.J Gumbel	Log Pearson Tipe III
2	95,494943	97,664
5	118,729999	114,734
20	148,674807	130,356
50	167,971752	140,075
200	196,551239	150,94
1000	229,823249	165,173

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 8. Perbandingan Pengujian Smirnov-Kolmogorov

Perbandingan	E.J Gumbel	Log Pearson Tipe III
N	10	10
A	5%	5%
ΔMaks	17,91%	9,54%
ΔCr	41%	41%
Uji Distribusi	Diterima	Diterima

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 9. Perbandingan Pengujian Smirnov-Kolmogorov

Perbandingan	E.J Gumbel	Log Pearson Tipe III
N	10	10
A	5%	5%
X ² hitung	3	3,2
X ² standar	5,991	5,991
Uji Distribusi	Diterima	Diterima

Sumber: Hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan uji distribusi Smirnov-Kolmogorov dan Chi Square pada metode Log Pearson Tipe III dan metode E.J Gumbel dapat diterima seluruhnya. Untuk perhitungan selanjutnya dapat digunakan metode Log Pearson Tipe III sebagai acuan untuk proses analisa selanjutnya.

d. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Nilai koefisien pengaliran tergantung pada kondisi penggunaan tanah atau tipe daerah pengaliran. Untuk

nilai koefisien pengaliran pada daerah studi disesuaikan dengan letak catchment area yang sudah dibuat perblok pada masing-masing saluran. Selanjutnya untuk analisa debit hujan rencana dengan rumus sebagai berikut yang diaplikasikan pada analisa saluran Jalan H1 Kiri blok H (1) :

$$Q = \left(\frac{1}{36}\right) C.I.A$$

$$Q = 0,00278 \times 0,68 \times 268,6289 \times 504,57$$

$$Q = 0,025623 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 10. Perhitungan Debit Banjir Rencana

No	Saluran	L (m)	S	Tc	C	I (mm/jam)	A (m ²)	Q _{banjir} (m ³ /detik)
Blok H (1)								
1	Jl H1 Kiri	33	0,00303	0,04475	0,68	315,5807	104,57	0,030101
2	Jl H1 Kanan	33	0,00303	0,04475	0,68	315,5807	494,5	0,029739
3	Jl H4 Kiri	57	0,00677	0,04527	0,68	313,1445	385,8	0,022838
4	Jl H4 Kanan	57	0,00677	0,04527	0,68	313,1445	405,24	0,023989
5	Jl G7 Raya Kiri	40	0,00250	0,05188	0,68	272,1522	486,3	0,023988
6	Jl G8 Kiri	31	0,00325	0,04163	0,68	331,1446	278,8	0,017428
7	Jl G8 Kanan	31	0,00325	0,04163	0,68	331,1446	283,68	0,017883
8	Jl H Raya Kiri	103	0,01165	0,06401	0,68	248,5829	3486,57	0,162901
9	Jl H Raya Kanan	103	0,01165	0,06401	0,68	248,5829	2203,94	0,103568

Sumber: Perhitungan excel

e. Perhitungan Debit Buangan Rumah Tangga

Diasumsikan air buangan rumah tangga sebesar 80% dari kebutuhan rata-rata air bersih. Dalam Rencana Detail Tata Ruang Kota sambungan rumah membutuhkan air 100 liter/orang/hari. Pada lokasi studi, air buangan hanya berasal dari kebutuhan air rumah tangga dan diperkirakan air buangan 80% dari total kebutuhan air rumah tangga

$$Q_{rt} = \frac{334 \times 0,00093}{6936} = 0,000045 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 11. Perhitungan Debit Buangan Rumah Tangga

No	Blok	Σ Penduduk (jiwa)	A (m ²)	Q _{rt} (m ³ /detik)
1	Blok H (1)	334	6936	0,000045
2	Blok H (2)	332	23307	0,000013
3	Blok G	404	23278	0,000016
4	Blok H (3)	706	31798	0,000021
5	Blok J	782	34473	0,000021
6	Blok I Dusun	345	9898	0,000032
7	Blok I Raya	184	9538	0,000018
8	Blok I	588	24072	0,000023
9	Blok J Raya	198	9471	0,000019

Sumber: Hasil perhitungan

f. Perhitungan Debit Buangan Rumah Tangga

Pada tahap analisa ini dapat dihitung debit rencana untuk setiap saluran dengan menjumlahkan debit hujan dan debit kotor rumah tangga. Sebagai contoh pada saluran Jalan H1 dan untuk saluran lainnya disediakan pada Tabel 4.18.

$$Q_{Total} = (Q_{hujan} + Q_{rt})$$

$$Q_{Total} = (0,025623 + 0,00007373)$$

$$Q_{Total} = 0,025697 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 12. Perhitungan Debit Banjir Rencana Total

No	Saluran	Q _{dt} (m ³ /detik)	Q _{banjir} (m ³ /detik)	Q _{total} (m ³ /detik)
Blok H (1)				
1	Jl. H1 Kiri	0,000045	0,030101	0,030146
2	Jl. H1 Kanan	0,000045	0,029739	0,029784
3	Jl. H4 Kiri	0,000045	0,022838	0,022883
4	Jl. H4 Kanan	0,000045	0,023989	0,024034
5	Jl. G7 Kiri	0,000045	0,023988	0,024033
6	Jl. G8 Kiri	0,000045	0,017428	0,017473
7	Jl. G8 Kanan	0,000045	0,017883	0,017928
8	Jl. H Raya Kiri	0,000045	0,162901	0,162946
9	Jl. H Raya Kanan	0,000045	0,103568	0,103613

Sumber: Hasil perhitungan

Kapasitas Saluran Drainase

Perhitungan kapasitas saluran eksisting untuk mendapatkan hasil berapa besaran kapasitas tampung saluran pada kondisi yang terdapat di lapangan. Untuk data tinggi muka air (h) yang telah didapat adalah tinggi air dari dasar saluran hingga muka air. Tipe konstruksi dari seluruh saluran eksisting adalah pasangan batu kali yang disemen.

Perhitungan saluran untuk menentukan nilai luas dan keliling penampang basah saluran, jari-jari hidrolis, kecepatan aliran, dan kapasitas saluran pada saluran Jalan H1 Kiri dengan dimensi saluran $b = 30$ cm, $h = 20$ cm, $w = 20$ cm adalah sebagai berikut :

Tabel 13. Perhitungan Kapasitas Eksisting

No	Saluran	L (m)	D _{saluran} (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	S	V (m/detik)	Q _{eksisting} (m ³ /detik)
Blok H (1)									
1	Jl. H1 Kiri	31	0,3	0,06	8,7	0,00714	0,0040	0,73434	0,042806
2	Jl. H1 Kanan	31	0,3	0,06	8,7	0,00714	0,0040	0,73434	0,042806
3	Jl. H4 Kiri	37	0,3	0,07	8,3	0,0077	0,0045	0,82879	0,028709
4	Jl. H4 Kanan	37	0,3	0,07	8,3	0,0077	0,0045	0,82879	0,028709
5	Jl. G7 Kiri	39	0,3	0,08	8,7	0,00714	0,0040	0,84089	0,018881
6	Jl. G8 Kiri	31	0,3	0,06	8,3	0,00728	0,00313	0,817409	0,017409
7	Jl. G8 Kanan	31	0,3	0,06	8,3	0,00728	0,00313	0,817409	0,017409
8	Jl. H Raya Kiri	181	0,3	0,09	8,8	0,00160	1,19298	0,119528	0,119528
9	Jl. H Raya Kanan	181	0,3	0,09	8,8	0,00160	1,19298	0,111375	0,111375

Sumber: Hasil perhitungan

Evaluasi Debit Banjir Rencana dan Kapasitas Saluran Eksisting

Setelah dilakukan analisis untuk debit rencana dan kapasitas eksisting, nilai dari perhitungan bisa dilakukan evaluasi untuk mengetahui apakah saluran eksisting mampu menampung debit banjir rencana ($Q_{eksisting} > Q_{total}$). Jika saluran tidak mampu menampung debit rencana maka dianggap meluap dan akan diberikan alternatif untuk perencanaan sumur resapan di wilayah tangkapan air pada saluran tersebut.

Tabel 14. Evaluasi Debit Rencana dan Kapasitas Saluran

No	Saluran	Q _{eksisting}	Keterangan	Q _{total}
Blok H (1)				
1	Jl. H1 Kiri	0,042806	AMAN	0,030146
2	Jl. H1 Kanan	0,042806	AMAN	0,029784
3	Jl. H4 Kiri	0,028709	AMAN	0,022883
4	Jl. H4 Kanan	0,028709	AMAN	0,024034
5	Jl. G7 Kiri	0,018881	AMAN	0,024033
6	Jl. G8 Kiri	0,017409	MELUAP	0,017473
7	Jl. G8 Kanan	0,017409	MELUAP	0,017928
8	Jl. H Raya Kiri	0,119528	MELUAP	0,162946
9	Jl. H Raya Kanan	0,111375	AMAN	0,103613

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel evaluasi didapat 12 saluran tidak memenuhi sehingga saluran dianggap tidak aman atau meluap, saluran tersebut diantaranya adalah :

1. Saluran Jalan G8 kiri dan kanan yang ada pada Blok H (1) tidak memenuhi karena debit limpasan air hujan yang masuk tidak tertampung pada saluran eksisting dikarenakan pada saluran ini terdapat sedimen di dasar saluran dan kondisi saluran yang kurang baik.
2. Saluran Jalan H Raya kiri dan Jalan H4 kanan terdapat genangan dan tidak memenuhi yang disebabkan komulatif debit yang masuk ke saluran ini dari saluran-saluran lain dan dimensi saluran yang tidak mampu menampung debit komulatif tersebut.
3. Saluran Jalan H9 kiri dan kanan tidak memenuhi karena debit limpasan air hujan yang masuk tidak tertampung pada saluran eksisting dikarenakan pada saluran ini terdapat sedimen di dasar saluran dan kondisi saluran yang kurang baik.

Saluran Jalan Wilis Indah, Jalan I2 dan I7 kiri terdapat genangan dan saluran eksisting tidak memenuhi yang disebabkan komulatif debit yang masuk ke saluran tersebut dari saluran lainnya, disisi lain saluran tidak dalam kondisi yang baik dengan adanya sumbatan sampah dan sedimen di dasar saluran

Tabel 17. Solusi Untuk Saluran yang Meluap

No	Saluran	Solusi
1	Jl. G8 Kiri, Jl. G8 Kanan, Jl. H Raya Kiri, Jl. H9 Kiri, Jl. H9 Kanan, Jl. I7 Kiri	Perawatan secara berkala pembersihan sampah dan sedimentasi, pemberian informasi kepada warga setempat untuk ikut dalam perawatan dan menjaga saluran drainase disekitar lingkungan masing-masing.
2	Jl. H4 Kanan, Jl. H8 Kiri	Perawatan secara berkala pembersihan sampah dan sedimentasi, pemberian informasi kepada warga setempat untuk ikut dalam perawatan dan menjaga saluran drainase disekitar lingkungan masing-masing, pemugaran pada saluran karena terjadi kerusakan pada konstruksi.
3	Jl. Wilis Indah Kiri, Jl. Wilis Indah Kanan, Jl. I2 Kiri, Jl. I2 Kanan	Perawatan secara berkala pembersihan sampah dan sedimentasi, pemberian informasi kepada warga setempat untuk ikut dalam perawatan dan menjaga saluran drainase disekitar lingkungan masing-masing, perencanaan sumur resapan yang berwawasan lingkungan.

Sumber: Hasil perhitungan

Perencanaan Sumur Resapan

Setelah dilakukan analisa terhadap debit rencana dan kapasitas saluran eksisting didapat 12 saluran yang meluap karena nilai debit rencana yang lebih besar dari kapasitas saluran eksisting. Pada perencanaan sumur resapan ini direncanakan bahwa pada saluran Jalan Wilis Indah dan Jalan I2 akan diberikan alternatif menggunakan sumur resapan dengan melihat lokasi di sekitar saluran eksisting terdapat lahan yang cukup untuk penempatan sumur resapan dan pada saluran ini juga mendapat komulatif dari saluran-saluran yang lain paling besar sehingga dibutuhkan pengurangan jumlah debit yang masuk

saluran dengan pembuatan sumur resapan dan penempatan yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan tata guna lahan. Direncanakan sumur resapan diameter 1,2 m dan kedalaman 2,0 m, waktu pengaliran selama 2 jam dan variasi atap rumah dengan luas atap 60 m², 70 m², dan 80 m² pada daerah dengan saluran yang meluap, digunakan langkah perhitungan sesuai SNI 03-2453-2002.

Tabel 17. Perhitungan pada Perencanaan Sumur Resapan

Luas atap (m ²)	Debit rumah (m ³ /detik)	Volume air hujan (m ³)	Volume sumur resapan (m ³)	Volume penampungan (m ³)	Qredaksi (m ³ /detik)
60	0,0046	4,259	0,25434	4,0046	0,21252
70	0,0046	4,968	0,25434	4,7136	0,2772
80	0,0046	5,678	0,25434	5,4236	0,2079

Sumber: Perhitungan excel

4. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian kondisi eksisting sistem drainase pada kawasan Perumahan Wilis Indah 2 dapat ditarik kesimpulan bahwa setelah dilakukan survei saluran eksisting yang ada tidak pada kondisi yang baik seperti kerusakan pada struktur saluran karena pergerakan tanah ataupun karena usia saluran, sedimentasi dari hasil buangan kotor rumah warga, vegetasi yang hidup ditanah sekitar saluran, dan sampah yang terbuang ke saluran. Dari beberapa kondisi diatas membuat saluran eksisting tidak maksimal dalam perannya untuk pengaliran air limpasan permukaan dan buangan kotor rumah warga. Pada kondisi tertentu air tergenang di dalam saluran dan saat intensitas hujan tinggi, genangan juga terjadi pada jalanan. Dengan permasalahan sistem drainase yang ada maka dilakukan analisa debit rencana saluran dan debit eksisting yang ada untuk dibandingkan apakah saluran masih mampu dan aman atau akan meluap jika teraliri oleh limpasan air hujan dan buangan kotor rumah warga. Hasil dari perhitungan dan analisa yang sudah dilakukan didapatkan bahwa :

1. Dilakukan analisa hujan rancangan maksimum dengan perbandingan dua metode dan digunakan hasil analisa dari metode Log Pearson Tipe III. Pada analisa intensitas digunakan kala ulang hujan 5 tahun dengan hasil 118,730 mm.
2. Dari saluran yang sudah dikaji, 12 saluran meluap karena hasil evaluasi debit banjir rencana lebih besar dari kapasitas saluran eksisting yang sudah ada. Dengan meluapnya beberapa saluran maka alternatif yang digunakan adalah sistem drainase menggunakan sumur resapan. Dimensi sumur resapan direncanakan dengan kedalaman 2 m dan diameter 1,2 m.

Jumlah sumur resapan maksimum yang dapat direncanakan pada setiap bidang tadah atap :

Sumur resapan bidang tadah atap 60 m² = 2 buah

- Sumur resapan bidang tadah atap 70 m² = 3 buah sumur resapan
- Sumur resapan bidang tadah atap 80 m² = 3 buah sumur resapan

Debit yang dapat direduksi pada saluran yang meluap :

- Sumur resapan bidang tadah atap 60 m² = 0,2125 m³/detik
- Sumur resapan bidang tadah atap 70 m² = 0,2772 m³/detik
- Sumur resapan bidang tadah atap 80 m² = 0,2079 m³/detik

Saran

1. Dari kesimpulan diatas, saran dan masukan yang dapat diberikan yaitu :
2. Dengan ini diharapkan pemerintah dan warga agar lebih memperhatikan kondisi eksisting saluran drainase yang terdapat pada kawasan perumahan khususnya pada Perumahan Wilis Indah 2 apakah sesuai dengan keadaan dan kondisi lingkungan.
3. Diperlukan pemeliharaan dan perawatan yang terjadwal pada saluran eksisting agar berfungsinya saluran secara maksimal.
4. Memberikan himbauan dan sosialisasi kepada masyarakat terkait pentingnya ikut menjaga dan merawat saluran drainase untuk tidak membuang sampah dan melakukan pembakaran sampah pada saluran drainase agar tidak terjadi sedimentasi dan mengganggu aliran saluran.
5. Dengan alternatif penanggulangan genangan pada saluran menggunakan sumur resapan diharapkan untuk selalu dikontrol dan dirawat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahunta, L., & Wasposito, B. R. (2019). Rancangan Sumur Resapan Air Hujan sebagai Upaya Pengurangan Limpasan di Kampung Babakan, Cibinong, Kabupaten Bogor. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, Vol. 04 No. 01.
- BSN. (2002). *Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dr. Ir. Kustamar, M. (2019). *Sistem Drainase Perkotaan Pada Kawasan Pertanian, Urban, dan Pesisir*. Malang: Dream Litera.
- Lourin. (2019). *Evaluasi dan Perencanaan Saluran Drainase Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Mori, K. (2003). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Muliawati, D. N. (2015). *Perencanaan Penerapan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eko-Drainase) Menggunakan Sumur Resapan*

- di Kawasan Rungkut. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pattiruhu, W., Sakliressy, A., & Tiwery, C. (2019). Analisis Sumur Resapan Guna Mengurangi Aliran Permukaan untuk Upaya Pencegahan Banjir (Studi Kasus Pemukiman Pulogangsa Kota Ambon). *Jurnal Manumata*, Vol.5 No.1.
- Rurung, M. A., & Hendratta, H. R. (2019). Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan Dengan Sumur Resapan di Lahan Perumahan Wenwin-Sea Tumpengan Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.7 No.2.
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta: Andi.
- Wesli. (2008). Drainase Perkotaan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wilson, E. (1993). Hidrologi Teknik. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Yulianto, D. (2012). Kajian Sistem Drainase Pada Universitas Negeri Yogyakarta Kampus Karangmalang. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.