

PENANGGULANGAN GENANGAN BERBASIS KONSERVASI DI JALAN DANAU KERINCI - DANAU TOBA KOTA MALANG

Achmad Fadli¹, Ikrar Hanggara², Utami Retno Pudjowati³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³.

Email: ahmadfadliahmad01@gmail.com¹, i.hanggara@polinema.ac.id², utami.retno@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Cuaca ekstrim menyebabkan kekeringan ketika musim kemarau dan curah hujan tinggi ketika musim penghujan, serta menyebabkan beberapa drainase yang ada di wilayah Jalan Danau Kerinci - Danau Toba, Kota Malang tidak mampu menampung debit limpasan air hujan. Adanya tumpukan sampah dan sedimen di dasar saluran semakin memperburuk kondisi saluran. Penelitian ini bertujuan untuk penanggulangan genangan berbasis konservasi dengan pembuatan *sigma tank* dan redesain saluran baru. Metode perhitungan curah hujan menggunakan rata-rata Aljabar, jenis uji distribusi Log Pearson Tipe III kala ulang 5 tahun, dan perhitungan debit menggunakan metode rasional. Data yang diperlukan adalah *site plan*, dimensi saluran *eksisting*, data penduduk, data curah hujan tahun 2013 - 2022 (Stasiun Hujan Ciliwung, Jabung, dan Sukun), serta HSPK Kota Malang tahun 2022. Hasil perhitungan didapatkan curah hujan rancangan sebesar 76,951 mm/hari dengan 4 rencana *sigma tank*. Dimensi *sigma tank* pertama (blok I) sebesar 39,1 m x 39,1 m, kedua (blok H) sebesar 35 m x 35 m, serta ketiga dan keempat (blok G dan L) sebesar 30,3 m x 30,3 m. Keempat *sigma tank* tersebut berukuran tinggi 1,23 m. *Sigma tank* dilengkapi dengan bak kontrol *inflow* maupun *outflow*, pipa PVC berdiameter 6" dan 4", serta dilengkapi dengan redesain 7 saluran baru u-ditch berdimensi: 1,5m x 1,5 m; 1,2 m x 1,2 m; 1,0 m x 1,0 m; dan 0,8 m x 0,8 m. Perhitungan redesain *sigma tank* diperoleh RAB sebesar Rp12.276.906.851,00. Berdasarkan hasil perhitungan serta perencanaan *sigma tank* dan u-ditch, genangan dapat ditanggulangi karena debit kapasitas saluran lebih besar dari debit banjir rancangan.

Kata kunci: rasional, konservasi, debit, *sigma tank*, redesain

ABSTRACT

The extreme weather causes drought during the dry season and high rainfall during the rainy season and causes several drainages in Jalan Danau Kerinci - Danau Toba, Malang City to be unable to accommodate the runoff of rainwater. The presence of garbage and sediment piles at the bottom of the canal worsens the condition of the canal. This study aims to overcome inundation based on conservation by making sigma tanks and redesigning new canals. The rainfall calculation method uses algebraic averages, the type of Pearson Log Type III distribution test with a 5-year return period, and the discharge calculation uses the rational method. The data needed are site plans, dimensions of existing canals, population data, rainfall data for 2013 - 2022 (Ciliwung, Jabung, and Sukun Rain Stations), as well as HSPK Malang City (HSPK) 2022. The calculation results obtained a design rainfall of 76.951 mm/day with 4 sigma tank plans. The dimensions of the first sigma tank (block I) are 39.1 m x 39.1 m, the second (block H) is 35 m x 35 m, and the third and fourth (blocks G and L) are 30.3 m x 30.3 m. The four sigma tanks are 1.23 m high. The Sigma tank is equipped with inflow and outflow control tanks, PVC pipes with a diameter of 6" and 4" and is equipped with a new u-ditch redesign of 7 channels with dimensions: 1.5m x 1.5m; 1.2m x 1.2m; 1.0m x 1.0m; and 0.8m x 0.8m. Calculation of the sigma tank redesign obtained budget estimate of IDR 12,276,906,851.00. Based on the results of calculations and planning of the sigma tank and u-ditch, inundation can be overcome because the channel capacity discharge is greater than the designed flood discharge.

Keywords: rational, conservation, discharge, *sigma tank*, redesign

1. PENDAHULUAN

Cuaca ekstrem akibat efek rumah kaca semakin mengancam kelestarian lingkungan. Cuaca ekstrem pada musim penghujan terjadi dengan meningkatnya curah hujan yang dapat menyebabkan genangan air pada kawasan permukiman maupun jalan. Genangan air dapat disebabkan oleh kapasitas drainase yang tidak mampu menampung debit air limpasan, kerusakan drainase, sedimentasi dan sampah pada saluran, dan inlet yang tertutup. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui debit banjir kala ulang 5 tahun, debit limbah domestik, dimensi dan jumlah sigma tank dan bak kontrol, tata cara pemeliharaan drainase permukiman dan rencana anggaran biaya.

2. METODE

Tahap awal kajian ini adalah pengumpulan data, yakni data peta yang didapatkan dari Dinas PUPR untuk merencanakan DTA, elevasi titik, skema jaringan, dan letak sigma tank. Data hujan dari Dinas SDA untuk analisis hidrologi, yakni menguji konsisten data, menghitung curah hujan daerah, menghitung curah hujan rancangan, pengujian distribusi log pearson, uji *Smirnov-Kolmogorov* dan *Chi-Square*, serta menghitung intensitas curah hujan dan debit banjir rancangan. Data penduduk untuk menghitung debit limbah rumah tangga. Data dimensi saluran eksisting untuk evaluasi kapasitas saluran eksisting yang diperoleh dari pengukuran di lapangan. Kemudian analisis hidrolika yang dimulai dengan evaluasi kapasitas saluran eksisting, merencanakan dimensi serta jumlah sigma tank, bak kontrol dan pipa. Serta perencanaan saluran baru menggunakan u-ditch. Selanjutnya menghitung analisa harga satuan pekerjaan (AHSP), volume pekerjaan dan RAB menggunakan Harga Satuan Pekerjaan Kota Malang tahun 2022.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Hidrologi

Dalam perencanaan drainase perumahan, digunakan data curah hujan dari tiga stasiun hujan terdekat dengan lokasi perencanaan, yaitu stasiun hujan Sukun, stasiun hujan Ciliwung, dan stasiun hujan Jabung. Data curah hujan yang diambil mencakup periode 10 tahun terakhir, mulai dari tahun 2013 hingga tahun 2022. Data tersebut terdiri dari catatan curah hujan harian yang kemudian akan diolah melalui Uji Konsistensi Data Curah Hujan untuk memeriksa jika ada ketidakakuratan data. Uji konsistensi dilakukan dengan membandingkan data curah hujan harian maksimum untuk setiap stasiun secara terpisah. Uji konsistensi dibuat dengan menggunakan tabel yang berisi data curah hujan harian maksimum dengan melakukan perbandingan data untuk masing- masing stasiun sebagai berikut:

1) Uji Konsistensi Ciliwung

Didapatkan nilai rata-rata kumulatif di Sta. Jabung, dan Sta. Sukun yang akan diplot sebagai nilai absis X dan nilai

kumulatif Sta. Ciliwung akan diplot sebagai nilai absis Y dalam grafik kurva massa ganda (Gambar 1).



Gambar 1. Grafik Analisis Kurva Massa Ganda Sta. Ciliwung terhadap Sta. Jabung dan Sta. Sukun Terkonsistensi
Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan grafik analisis kurva massa ganda Sta. Ciliwung (Gambar 1) sudah tidak terdapat kemiringan yang signifikan sehingga dapat disimpulkan bahwa Sta. Ciliwung konsisten terhadap 2 Sta. lainnya sehingga tidak perlu melakukan perbaikan data atau pengujian kembali.

2) Uji Konsistensi Jabung

Didapatkan nilai rata-rata kumulatif di Sta. Jabung, dan Sta. Ciliwung yang akan diplot sebagai nilai absis X dan nilai kumulatif Sta. Sukun akan diplot sebagai nilai absis Y dalam grafik kurva massa ganda (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik Analisis Kurva Massa Ganda Sta. Sukun terhadap Sta. Jabung dan Sta. Ciliwung Terkonsistensi
Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan grafik analisis kurva massa ganda Sta. Sukun (Gambar 2) sudah tidak terdapat kemiringan yang signifikan sehingga dapat disimpulkan bahwa Sta. Jabung konsisten terhadap 2 Sta. lainnya sehingga tidak perlu melakukan perbaikan data atau pengujian kembali.

3) Uji Konsistensi Sukun

Didapatkan nilai rata-rata kumulatif di Sta. Ciliwung, dan Sta. Sukun yang akan diplot sebagai nilai absis X dan nilai kumulatif Sta. Jabung akan diplot sebagai nilai absis Y dalam grafik kurva massa ganda (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik Analisis Kurva Massa Ganda Sta. Jabung terhadap Sta. Sukun dan Sta. Ciliwung Terkonsistensi
Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan grafik analisis kurva massa ganda Sta. Jabung (Gambar 3) sudah tidak terdapat kemiringan yang signifikan sehingga dapat disimpulkan bahwa Sta. Jabung konsisten terhadap 2 Sta. lainnya sehingga tidak perlu melakukan perbaikan data atau pengujian kembali.

4) Curah Hujan Daerah

Perhitungan curah hujan daerah menggunakan metode rata-rata aljabar. Berikut ini adalah hasil perhitungan curah hujan daerah sebagai berikut :

Tabel 1. Curah Hujan Daerah

Tahun	Tanggal	STA			Rata-rata	Hujan Max
		Ciliwung	Jabung	Sukun		
		F 2013-2015	F 2013-2014	F 2013-2015		
		1,031	0,691	1,005		
2022	14-Mar	115,000	34,000	31,000	60,000	60,000
	01-Apr	50,000	95,000	15,000	53,333	
	28-Nov	29,000	24,000	82,000	45,000	
2021	23-Mar	102,000	0,000	53,000	51,667	72,000
	16-Mar	10,000	111,000	8,000	43,000	
	13-Jan	0,000	83,000	133,000	72,000	
2020	22-Mar	97,000	29,000	0,000	42,000	67,333
	13-Dec	59,000	96,000	47,000	67,333	
	31-Mar	0,000	7,000	125,000	44,000	
2019	11-Feb	82,000	7,000	0,000	29,667	70,667
	19-Mar	2,000	72,000	24,000	32,667	
	10-Feb	56,000	21,000	135,000	70,667	
2018	21-Jun	97,000	10,000	64,000	57,000	57,000
	19-Jan	59,000	82,000	0,000	47,000	
	24-Feb	0,000	0,000	94,000	31,333	
2017	04-Apr	104,000	0,000	56,000	53,333	60,000
	25-Jan	79,000	98,000	0,000	59,000	
	01-Apr	20,000	28,000	132,000	60,000	
2016	12-Apr	64,000	19,500	56,000	46,500	67,333
	11-Apr	0,000	122,000	0,000	40,667	
	29-Jun	45,000	35,000	122,000	67,333	
2015	03-May	101,019	27,000	0,000	42,673	56,945
	02-Mar	0,000	84,000	7,034	30,345	
	29-Mar	0,000	0,000	170,835	56,945	
2014	27-Apr	128,851	5,531	0,000	44,794	72,194
	30-Jan	7,216	77,440	19,093	34,583	
	26-Apr	57,725	24,200	134,658	72,194	
2013	08-Dec	95,865	116,160	50,246	87,423	87,423
	31-Jan	39,171	123,074	28,138	63,461	
	29-Mar	25,770	0,000	101,496	42,422	

Sumber: Hasil Analisis

5) Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar tahunan yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan kala ulang tertentu. Perhitungan ini digunakan dengan kala ulang selama lima tahun. Untuk menentukan metode distribusi yang akan digunakan didahului dengan mencari nilai koefisien kepeccangan (Cs) dan nilai koefisien kepuncakan (Ck).

Tabel 2. Persyaratan Pemilihan Distribusi Frekuensi

Normal	Log Normal	Log Pearson Tipe III	Gumbel tipe I
0,05 < Cs < 0,05	Cs = 3.Cv		Cs ≤ 1,1396
		Cs ≠ 0	
2,7 < Ck < 3,3	Ck = 5,383		Ck ≤ 5,400

Sumber: Suripin, 2004

Dari perhitungan (Tabel 2) didapatkan nilai Cs sebesar 1,016 dan nilai Ck sebesar 1,399. Berdasarkan tabel pemilihan distribusi, maka nilai Cs ≠ 0 dan memenuhi syarat distribusi Log Pearson III. Jadi distribusi yang digunakan adalah distribusi Log Pearson III. Pada distribusi ini, semua data terlebih dahulu dirubah ke dalam bentuk logaritma. Persamaan curah hujan rancangan adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } Q = \text{Log } \bar{X} + G \cdot S_1$$

Keterangan:

xranc = Curah hujan rancangan (mm/hari)

x = Data curah hujan (mm/hari)

x̄ = Rata-rata data curah hujan (mm/hari)

G = Nilai konstanta berdasarkan kala ulang dan Cs (tabel)

S = Standar deviasi (mm/hari)

Cs = Koefisien kepeccangan

Berikut adalah penentuan nilai G dan tahap perhitungan

Curah Hujan Rancangan:

$$\begin{aligned} \text{Log } Q &= \text{Log } \bar{X} + G \cdot S_1 \\ &= 1,823 + 0,791 \cdot 0,058 \\ &= 1,869 \end{aligned}$$

$$Q_T = 10^{\text{Log } Q} = 10^{1,869} = 76,951 \frac{\text{mm}}{\text{hari}}$$

Jadi curah hujan rancangan adalah 76,951 mm/hari

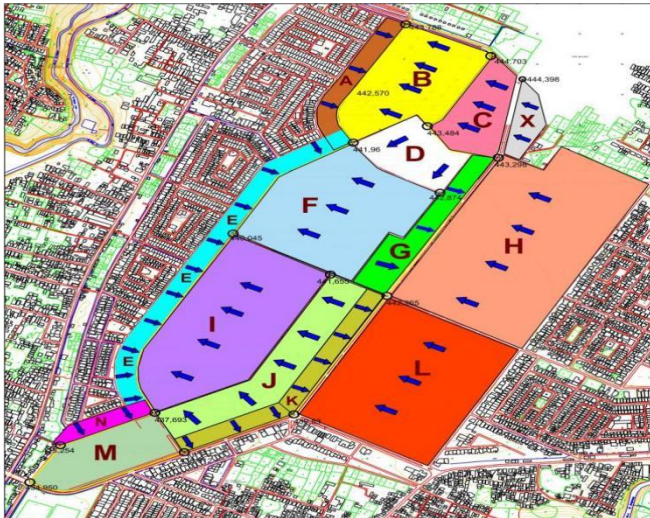
6) Uji Distribusi

Simpangan horizontal (peluang) diuji dengan Uji Smirnov-Kolmogorof, simpang vertikal (hujan) diuji dengan Uji Chi-Square. Nilai simpangan mutlak terbesar antara peluang empiris dan teoritis dibandingkan dengan nilai D0 kritis yang terdapat dalam tabel pada tingkat keyakinan tertentu dan jumlah data tertentu. Jika nilai D0 hitung lebih kecil dari D0 tabel, maka distribusi dapat diterima. Untuk Uji Chi-Square, nilai simpangan total diperhitungkan secara total dengan persamaan: Nilai X2hit dibandingkan dengan X2 untuk derajat kebebasan (degree of freedom) tertentu. Derajat kebebasan untuk pengujian distribusi hujan dihitung dengan n-1-2, n adalah jumlah data. Karena hasil yang didapat

memenuhi syarat, maka distribusi yang digunakan sesuai dengan data hujan yang ada.

7) Daerah Tangkapan Air (DTA)

Gambar peta Daerah Tangkapan Air direncanakan berdasarkan peta topografi yang telah diperoleh. Berikut peta Daerah Tangkapan Air pada lokasi studi:



Gambar 4. Peta Daerah Tangkapan Air

Sumber: Hasil Analisis

8) Debit Banjir

Perhitungan debit banjir menggunakan metode rasional dengan langkah perhitungan sebagai berikut.

- a. Menghitung luas DTA sesuai dengan peta DTA.
- b. Menghitung debit banjir dengan rumus

$$Q = 0,278 C.I.A$$

Q = debit banjir (m³/detik)
 C = koefisien limpasan
 I = intensitas curah hujan (mm/jam)
 A = luas daerah pengaliran (km²)

Contoh pada blok A:

$$C = 0,9$$

$$I = 17,1 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,023 \text{ km}^2$$

$$Q = 0,278 \times 0,9 \times 17,1 \times 0,023$$

$$= 0,100 \text{ m}^3/\text{detik}$$

9) Debit Limbah

Perhitungan debit limbah dengan langkah perhitungan sebagai berikut.

- a. Menghitung luas area per blok DTA
- b. Menghitung proyeksi jumlah penduduk 5 tahun
- c. Menghitung debit limbah

$$Q = P_n W$$

Q = debit limbah (m³/detik)
 P_n = jumlah penduduk tahun ke-n
 W = volume limbah cair (liter/orang/hari)

Contoh pada blok A:

$$P_n = 346 \text{ jiwa}$$

$$W = 300 \text{ liter/orang/hari}$$

$$Q = 346 \times 300$$

$$= 103.800 \text{ liter/hari}$$

$$= 0,0012 \text{ m}^3/\text{detik}$$

B. Analisis Hidrolika

Perhitungan hidrolika dimulai dengan evaluasi kapasitas saluran eksisting. Data dimensi saluran eksisting didapatkan dengan mengukur saluran di lapangan.

1) Evaluasi Eksisting

Perhitungan kapasitas saluran eksisting dievaluasi terhadap debit banjir rancangan. Jika kapasitas > debit banjir maka tidak perlu ada perencanaan ulang, jika kapasitas < debit banjir maka perlu perencanaan ulang saluran. Analisis ini menggunakan beberapa rumus berikut.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{S}$$

$$Q = V.A$$

V = kecepatan rata-rata dalam saluran (m/detik)
 n = koefisien kekasaran Manning pada tabel 2.10
 R = jari-jari hidrolis (m)
 S = kemiringan dasar saluran
 Q = debit (m³/detik)
 A = luas penampang (m²)

Contoh perhitungan pada saluran trapesium H11-H9:

$$s = 0,002$$

$$n = 0,025$$

$$A = 0,4 \text{ m}$$

$$R = 0,195 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{0,025} 0,195^{2/3} \sqrt{0,002}$$

$$= 0,6 \text{ m/detik}$$

$$Q = 0,6 \times 0,4$$

$$= 0,24 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Q_{kapasitas} 0,24 m³/detik < Q_{rencanan} = 0,945 m³/detik maka perlu perencanaan saluran baru.

2) Perencanaan Sigma Tank

Perencanaan sigma tank berfungsi untuk mereduksi debit banjir. Contoh perhitungan pada blok H:

$$RTH_{tersedia} = 3500 \text{ m}^2$$

$$Q_{banjir} = 0,331 \text{ m}^3$$

$$t = 6 \text{ jam} = 21600 \text{ detik (ditentukan)}$$

$$k = 1,71 \text{ cm/jam}$$

$$n \text{ sigma} = 4000 \text{ unit (ditentukan)}$$

$$A_{sigma} = 1219,92 \text{ m}^2$$

$$A_{sigma} = 1,23 \text{ m}$$

$$V_{banjir} = Q \times t$$

$$= 0,331 \times 21600$$

$$\begin{aligned}
 &= 7146,398 \text{ m}^3 \\
 Q_{\text{resap}} &= A_{\text{sigma}} \times k \\
 &= 1219,92 \times 1,71 \\
 &= 0,00209 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 V_{\text{resap}} &= 0,00209 \times 21600 \\
 &= 45,056 \text{ m}^3 \\
 V_{\text{sigma}} &= 1219,92 \times 1,23 \\
 &= 1500,502 \text{ m}^3 \\
 V_{\text{total}} &= 45,056 + 1500,502 \\
 &= 1545,561 \text{ m}^3 \\
 \% \text{ Reduksi} &= \frac{1545,561}{7146,398} \times 100 \\
 &= 22\%
 \end{aligned}$$

Perencanaan sigma tank pada blok H dapat mereduksi debit banjir sebesar 22%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan diatas, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil diantaranya:

- Debit banjir rancangan kala ulang 5 tahun pada Jalan Danau Kerinci -Danau Toba Kota Malang terbesar adalah 2,039 m³/detik.
- Debit air limbah domestik pada kawasan Jalan Danau Kerinci - Danau Toba Kota Malang terbesar adalah 0,025 m³/detik.
- Dimensi dan jumlah kebutuhan sigma tank yang diperlukan masing-masing adalah sigma tank blok G dengan dimensi 30,3 m x 30,3 m x 1,23 m, blok H dengan dimensi 35m x 35m x 1,23 m, blok I dengan dimensi 39,1 m x 39,1 m x 1,23 m, blok L dengan dimensi 30,3 m x 30,3 m x 1,23 m.
- Dimensi bak kontrol bervariasi, dengan dimensi terkecil 1,0 m x 0,6 m, terbesar 1,4 m x 1,1 m dan jumlah total 24 buah. Perencanaan ini juga dilengkapi dengan 7 saluran *redesign* dengan saluran baru u-ditch persegi berdimensi 0,8; 1,0; 1,2; dan 1,5 m.
- Rencana Anggaran Biaya (RAB) perencanaan ini adalah Rp12.767.906.851,00.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Drainase Perkotaan, Penerbit Gunadarma.
- Ardiyana, 2016, *Studi Penerapan Ecodrain pada Sistem Drainase Perkotaan*, Universitas Brawijaya, Malang.

- Badan Pusat Statistik (BPS). "Kota Malang Dalam Angka 2020". Katalog BPS 1102002.3573 diakses dari [Badan Pusat Statistik \(bps.go.id\)](http://Badan.Pusat.Statistik(bps.go.id)), diakses pada tanggal 19 Januari 2023 pada jam 13.00 WIB.
- Hasmar, H 2012, *Drainasi Terapan*, UII Press, Yogyakarta.
- Ibrahim, HB 1993, *Rencana Dan Estimate real Of Cost*, PT. Bumi Aksara, Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup 2009, *Pemanfaatan Air Hujan*. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 1990, *Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan*, Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2006, *Perencanaan Sistem Drainase Jalan*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2014, *Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Kustamar 2019, *Sistem Drainase Perkotaan*, Dream Litera, Malang.
- Laksono 2020, *Analisis Penggunaan Sigma Tank dalam Penanggulangan Drainase Limpasan Air pada Perumahan Graha Kartika Perdana Kecamatan Kediri Kabupaten Lombok Barat*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Mataram.
- Machasin, MR, Hapsari, RI & Charits, M 2020, *Penilaian Saluran Drainase Berdasarkan Penilaian Tingkat Pelayanan Jaringan Drainase Aspek Teknis di Perumahan Sawojajar Kota Malang*, Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif.
- Soemarto, CD 1986, *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Soeparman & Suparmin 2001, *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*, ECG, Jakarta.
- Suhardono, dkk, (2021), *Perencanaan Ulang Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan RW 08 Kelurahan Sukun Kecamatan Sukun Kota Malang Jawa Timur*, Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi.
- Suripin 2004, *Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Triatmojo, Bambang 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Zuliarti, A, Saptomo, S.K 2021, *Perencanaan Penampung Air Hujan dengan Filtrasi Sederhana Skala Unit Rumah di Perumahan Villa Citra Bantarjati*, Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor, Bogor.