

Implementasi Program EPA SWMM 5.2 Pada Perencanaan Sistem Drainase Perumahan (Studi Kasus: De Naila Village)

Inne Chika Febriana¹⁾, Danayanti Azmi Dewi Nusantara, S.T., M.T.²⁾

¹⁾Teknik Sipil, Teknik, Universitas Negeri Surabaya,
Surabaya, Indonesia

Email: innechika.20063@mhs.unesa.ac.id

²⁾Teknik Sipil, Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Surabaya, Indonesia

Email: danayantinusantara@unesa.ac.id

Received: 2025-02-07; Accepted: 2025-03-14; Published: 2025-05-20

Abstract

De Naila Village Housing is located in Menganti Subdistrict, Gresik, there is an area that is still under construction, so an appropriate drainage system planning is needed. Therefore, this research is planned to combine manual calculations with EPA SWMM 5.2 software. The method used in this research is a descriptive method described in hydrological and hydraulics analysis. After both analyses are successful, the results of the analysis are included in the EPA SWMM 5.2 software. The results of this study obtained the De Naila Village Housing drainage network scheme forming an elbow pattern. The total runoff discharge is 3,193 m³/s. The area drainage channel uses a u-ditch cross section originating from PT Waskita Beton Precast, with the smallest dimension of 0.3x0.3 meters for tertiary channels, while the largest dimension is 1.2x1.2 meters for primary channels. drainage network design in De Naila Village Housing using EPA SWMM 5.2 software shows the continuity error value of all drainage channels is less than 10%. The number of storage ponds is 3 units with dimensions of 40x40x1,5 and 30x30x1,2 meters. The highest river discharge was 33,026 m³/s at a height of 5 meters. In the rainy season the maximum height is at 3 meters

Keywords: Drainage system planning; EPA SWMM; Discharge; Detention basin.

Abstrak

Perumahan De Naila *Village* terletak di Kecamatan Menganti, Gresik terdapat kawasan yang masih dalam tahap pembangunan, sehingga diperlukan perencanaan sistem drainase yang sesuai. Oleh karena itu, pada penelitian ini direncanakan menggabungkan antara perhitungan manual dengan *software* EPA SWMM 5.2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif yang diuraikan dalam analisis hidrologi dan hidrolika. Setelah kedua analisis berhasil, analisis tersebut dimasukkan dalam *software* EPA SWMM 5.2. Hasil dari penelitian ini didapatkan skema jaringan drainase Perumahan De Naila *Village* membentuk pola siku dengan pembagian empat *section*. Total debit limpasan sebesar 3,193 m³/s. Saluran drainase kawasan menggunakan penampang *u-ditch* yang berasal dari PT. Waskita Beton *Precast*, dengan dimensi terkecil 0,3x0,3 meter untuk saluran tersier, sedangkan dimensi terbesar 1,2x1,2 meter untuk saluran primer. desain jaringan drainase dalam Perumahan De Naila *Village* menggunakan *software* EPA SWMM 5.2 menunjukkan nilai *continuity error* seluruh saluran drainase kurang dari 10%. Jumlah kolam tampung sebanyak 3 unit dengan dimensi 40x40x1,5 dan 30x30x1,2 meter. Debit sungai tertinggi sebesar 33,026 m³/s pada ketinggian 5 meter. Pada musim hujan ketinggian maksimal berada pada 3 meter

Kata Kunci: Perencanaan sistem drainase; EPA SWMM; Debit; Kolam Tampung.

PENDAHULUAN

Selama ini kota-kota besar diyakini menawarkan kehidupan yang lebih baik dibandingkan kehidupan di pedesaan. Anggapan ini didasarkan pada perbedaan pembangunan dan pendapatan antara daerah perkotaan dan pedesaan. Pesatnya perkembangan kota menyebabkan terjadinya urbanisasi. Dampak dari peningkatan populasi yang cepat, selain urbanisasi, meningkatkan permintaan akan lahan. (Hidayat dkk., 2023). Salah satu kecamatan di Kabupaten Gresik yang perkembangannya pesat adalah yang sedang berkembang pesat adalah Kecamatan Menganti. Pesatnya pembangunan Kecamatan Menganti menyebabkan menurunnya kapasitas lahan (Nugroho dkk., 2021). Setiap lingkungan yang berdampingan dengan kota besar memiliki permintaan perumahan yang mendesak karena kepadatan penduduk yang tinggi (Rahmawati, 2020). Alih fungsi lahan dapat terjadi akibat meningkatnya kebutuhan lahan, sehingga fungsi lahan sebagai daerah penyerapan air tanah menjadi kurang ideal, sehingga limpasan air pun meningkat

(Kamila & Sejati, 2023). Sebuah area perumahan memiliki elemen penting yaitu sistem drainase. Sistem drainase digunakan untuk mengalirkan limbah atau cairan ke dalam saluran jaringan. (Putra & Nusantara, 2024). Perencanaan menggunakan perangkat lunak merupakan inovasi yang tepat di era serba digital saat ini. Perencana dapat menilai seberapa baik saluran drainase yang direncanakan dapat menangani pembuangan air limpasan dengan menggunakan perangkat lunak yang disebut EPA SWMM (*Storm Water Management Model*) 5.2. (Andawayanti, 2022). perangkat lunak SWMM dibuat untuk memodelkan dan mengevaluasi aliran air permukaan, pengelolaan air, dan perencanaan sistem drainase berkelanjutan. (Achmad dkk., 2024)

Berada era globalisasi mendorong manusia untuk selalu menggunakan teknologi terbaru, salah satunya melibatkan program EPA SWMM pada sebuah permodelan perencanaan (Andawayanti, 2022). Perumahan De Naila *Village* dipilih karena termasuk perumahan yang memiliki luas lahan perumahan cukup

besar. Pada kawasan perumahan penting adanya perencanaan drainase yang matang, sebab bila terjadi kesalahan akan berdampak pada masyarakat sekitar (Romadhon & Nusantara, 2020). Uraian tersebut menjadi alasan penulis mengambil judul “Implementasi Program EPA SWMM 5.2 Pada Perencanaan Sistem Drainase Perumahan (Studi Kasus: De Naila Village).

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan pada penyusunan penelitian ini ialah metode deskriptif kuantitatif. Suatu metode yang menggunakan angka untuk menggambarkan atau menceritakan suatu keadaan secara objektif, mulai dari pengumpulan data, penampilan dan hasilnya. langkah-langkah guna mencapai hasil yang diinginkan dalam penelitian ini antara lain (Trimas & Nusantara, 2022).

1. Data sekunder dilakukan secara instansional, yaitu dengan mengumpulkan data yang telah dilakukan maupun dikaji oleh instansi terkait (Yogatama & Nusantara, 2024). Data sekunder yang dibutuhkan yakni, data curah hujan dengan kurun waktu 11 tahun (2013-2023), data *siteplan* perumahan, dan peta topografi perumahan.

Data primer didapatkan dengan cara survei di lokasi penelitian (Romadhon & Nusantara, 2020). Data primer yang dibutuhkan yakni, kondisi eksisting jalan, rumah, dan taman, Penampang sungai, Ketinggian maksimal sungai.

2. Analisis Hidrologi
 - a. Perhitungan curah hujan kawasan, menggunakan Metode *Poligon Thiessen*,
 - b. Perhitungan pamaeter statistik,
 - c. Perhitungan Uji kecocokan distribusi,
 - d. Perhitungan curah hujan rencana kala ulang 2, 5, dan 10 tahun menggunakan pendekatan *trial and error*,
 - e. Perhitungan waktu konsentrasi (T_c) menggunakan Metode *Kirby*,
 - f. Perhitungan Intensitas Hujan (I) menggunakan Metode *Mononobe*,
 - g. Perhitungan Debit limpasan ($Q_{rencana}$) menggunakan Metode *Rasional*.
3. Analisis Hidrolika
 - a. Perhitungan penampang saluran, menggunakan *u-dicth* dari PT. Waskita Beton *Precast*,
 - b. Perhitungan debit saluran ($Q_{saluran}$),
 - c. Perhitungan kecepatan aliran, menggunakan rumus *manning*,
 - d. Perhitungan elevasi saluran,
 - e. Perhitungan kapasitas kolam tampung,
 - f. Perhitungan kapasitas sungai.

4. Pemodelan Program EPA SWMM

Tujuan adalah untuk memodelkan hasil dari perhitungan analisis hidrologi dan hidrolika (Trimas & Nusantara, 2022).

- a. Pengumpulan hasil data analisis
- b. Pengaturan pekerjaan
- c. Penggambaran skema jaringan
- d. Input data komponen

- e. Pengaturan pemilihan simulasi
- f. *Running simulation*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skema Jaringan Drainase

Pada perencanaan ini, wilayah *subcatchment* terbagi menjadi 4 *section*. Pada *section A* (merah) akan dialirkan ke kolam tampung 1. Pada *section B* (hijau) akan dialirkan langsung ke sungai. Pada *section C* (kuning) akan dialirkan ke kolam tampung 3, sedangkan pada *section D* (orange) akan dialirkan ke kolam tampung 2. Seluruh kolam tampung, nantinya akan dialirkan ke sungai terdekat dari Perumahan De Naila Village.



Gambar 1. Pembagian *Section Siteplan* Perumahan
Sumber: Dokumen pribadi (2024)

Data Curah hujan

Pada penelitian ini, data curah hujan yang digunakan selama 11 tahun (2013-2023) berasal dari stasiun pengamatan Menganti, Krikilan, Benjeng, dan Wringinanom. Pemilihan keempat stasiun pengamatan hujan tersebut didasarkan dari Peta Instrumentasi BMKG, dilihat stasiun pengamatan yang cukup dekat dengan lokasi studi kasus sehingga menjadi daerah berpengaruh (Nusantara, 2020)

Rekapitulasi curah hujan maksimum setiap stasiun pengamatan dapat ditinjau pada tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Curah Hujan Maksimum

Tahun	St. Menganti	St. Wringinanom	St. Benjeng	St. Krikilan
2013	128	71	98	102
2014	130	71	112	37
2015	60	119	82	124
2016	90	86	82	106
2017	80	65	111	77
2018	40	86	64	51
2019	51	68	85	74
2020	117	57	104	59
2021	85	53	90	63
2022	85	79	71	76
2023	70	104	61	117

Sumber: Dinas PUTR Kabupaten Gresik (2024)

Curah Hujan Kawasan

Dalam mendapatkan curah hujan rata-rata pada penelitian ini dengan menggunakan Metode *Poligon Thiessen*. Didasarkan pada cara rata-rata terbobot (*weighted average*) dari setiap stasiun hujan dibandingkan dengan total luas daerah terpengaruh stasiun pengamatan hujan (Romadhon & Nusantara, 2020).

Tabel 2 Perhitungan rata-rata terbobot (*weighted average*)

Stasiun Pengamatan Hujan	Luas Daerah Terpengaruh (m ²)	Koefisien Thiessen (W)
St. Menganti	58,960	0,261
St. Wringinanom	43,364	0,192
St. Benjeng	55,733	0,247
St. Krikilan	67,610	0,300
Total	225,667	1,0

Sumber: Hasil Perhitungan pribadi (2024)

Tahap selanjutnya adalah mengalikan data curah hujan maksimal dengan hasil koefisien *Thiessen* pada tabel 2. Perhitungan curah hujan rata-rata setiap stasiun pada tahun 2013-2023 dapat ditinjau pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Curah Hujan Kawasan

Tahun	R _{total} (mm/hari)
2013	101,84
2014	86,35
2015	95,94
2016	92,04
2017	83,87
2018	58,06
2019	69,55
2020	84,88
2021	73,49
2022	77,69
2023	88,39

Sumber: Hasil Perhitungan pribadi (2024)

Parameter Statistik

Berdasarkan perhitungan parameter statistik yang telah dilakukan, tahap selanjutnya ialah dengan menggunakan hasil koefisien ketajaman (*C_k*) dan koefisien kemiringan (*C_s*), yang nantinya diidentifikasi jenis metode distribusi yang paling sesuai dengan data curah hujan menurut acuan syarat-syarat (Triatmojo, 2008).

Tabel 4. Kontrol Distribusi Parameter Statistik

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Parameter	Kesimpulan
Normal	<i>C_s</i> ≈ 0 <i>C_k</i> ≈ 3	<i>C_s</i> = -0,545 <i>C_k</i> = 4,004	Tidak Memenuhi
Gumbel	<i>C_s</i> ≤ 1.1396 <i>C_k</i> ≤ 5.4002	<i>C_s</i> = -0,920 <i>C_k</i> = 4,640	Memenuhi
Log Normal	<i>C_s</i> ≈ 3 <i>C_s</i> + <i>C_v</i> ² = 3 <i>C_k</i> = 5,383	<i>C_s</i> = -0,920 <i>C_k</i> = 4,640	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	<i>C_s</i> ≠ 0	<i>C_s</i> = -0,920 <i>C_k</i> = 4,640	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan pribadi (2024)

Berdasarkan hasil uji di atas, distribusi yang memenuhi dan diterima untuk lanjut pada perhitungan selanjutnya ialah.

Uji Kecocokan Distribusi

Berdasarkan perhitungan Uji Chi-Square dan Uji *Smirnov - Kolmogorov*. Didapatkan 2 distribusi yang memenuhi kriteria Uji Kesesuaian *Smirnov - Kolmogorov* dan Uji Kesesuaian Chi-Square. Namun pada pengujian ini hanya dipilih salah satu metode distribusi yang paling sesuai dengan data curah hujan yang didapatkan.

Berikut pada tabel 5 kesimpulan dari hasil kedua uji kecocokan diatas.

Tabel 5. Hasil Uji Kecocokan

Jenis Distribusi	Uji Chi Kuadrat			Uji Smirnov-Kolmogorov		
	X _{kr} ²	X _{kr}	Ket	D _{ms}	D _o	Ket
Gumbel	2,4	< 5,991	Ok!	0,0594	< 0,40	Ok!
Log Pearson III	3,0909	< 5,991	Ok!	0,0679	< 0,40	Ok!

Sumber: Hasil Perhitungan pribadi (2024)

Hasil uji kecocokan tersebut menunjukkan bahwa hasil distribusi metode Gumbel lebih rendah sehingga distribusi metode Gumbel dapat diterapkan untuk perhitungan selanjutnya.

Curah Hujan Rancangan

Periode kala ulang yang digunakan yakni kala ulang T₂ = Saluran tersier, T₅ = Saluran Sekunder, dan T₁₀ = Saluran Primer.

Diketahui:

- $\bar{X} = 82,923$ mm
- Sd = 12,532
- S_n = 0,961 (Tabel Nilai *Reduced Standart Deviation* dengan interpolasi (Suripin, 2004))
- Y_n = 0,498 (Tabel Nilai *Reduced Mean* dengan interpolasi (Suripin, 2004))
- Y_{Tr} = Berdasarkan Tabel *reduced variate* (Soewarno, 1995)

Contoh perhitungan R₂₄ periode ulang 2 tahun

$$\begin{aligned}
 X_2 &= \bar{X} + Sd \times K \\
 &= \bar{X} + Sd \times \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \\
 &= 82,923 + 12,532 \times \frac{0,366 - 0,498}{0,961} \\
 &= 81,207 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan curah hujan rencana dapat ditinjau pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Periode Ulang (Tahun)	Y _{Tr}	Faktor Distribusi (k)	X _{max} (mm)
2	0,366	-0,137	81,207
5	1,499	1,043	95,989
10	2,250	1,824	105,78

Sumber: Hasil Perhitungan Pribadi (2024)

Waktu Konsentrasi (T_c)

Jumlah waktu yang dibutuhkan air untuk berpindah dari titik terjauh di wilayah aliran ke titik kontrol yang ditetapkan di hilir saluran dikenal sebagai waktu konsentrasi (Jusatria, 2021). Untuk mendapatkan nilai T_c sebelumnya perlu menghitung hasil T₀ sebagai durasi air di permukaan lahan, dan menghitung hasil T_f sebagai durasi air pada saluran.

Waktu air di permukaan lahan (T₀)

Berikut contoh perhitungan T₀ pada saluran Tersier Section A

- L₀ rumah = 10 m (pengukuran *type* rumah)

- b. L_0 jalan = 2,5 (pengukuran 1/2 lebar jalan)
- c. L_0 taman = 10 m (pengukuran *siteplan*)
- d. nd rumah = 0,02 (tabel koefisien hambatan (Soewarno, 1995))
- e. nd jalan = 0,1 (tabel koefisien hambatan (Soewarno, 1995))
- f. nd taman = 0,2 (tabel koefisien hambatan (Soewarno, 1995))
- g. S rumah = $\cos 30^\circ = 0,866$
- h. S jalan = 2% = 0,02
- i. S taman = 0,02

Maka, perhitungan t_0 untuk saluran Tersier *Section A*:

- a. T_0 rumah = $1,44 \left(\frac{10 \times 0,02}{\sqrt{0,866}} \right)^{0,467} = 0,702$ menit
- b. T_0 jalan = $1,44 \left(\frac{2,5 \times 0,1}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,467} = 2,046$ menit
- c. T_0 taman = $1,44 \left(\frac{10 \times 0,2}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,467} = 4,962$ menit

Berdasarkan ketiga nilai T_0 yang telah dihitung sebelumnya, dipilih nilai T_0 yang paling tinggi, yaitu T_0 dari taman sebesar 4,962 menit. Perhitungan t_0 untuk saluran lainnya disetiap *section*.

Waktu air di saluran (T_f)

Berikut salah satu perhitungan T_f untuk saluran Tersier *Section A*

- a. Panjang saluran = 45 m
- b. Kecepatan (v) = 0,377 m/s

Maka, perhitungan t_f untuk saluran Tersier *Section A*:

$$T_f = \frac{Ls}{60V} = \frac{45}{60 \times 0,494} = 1,519 \text{ menit}$$

Setelah berhasil menghitung kedua komponen di atas, langkah selanjutnya menghitung nilai waktu konsentrasi (T_c) sebagai berikut saluran Tersier *Section A* menjadi contoh perhitungan.

$$T_c = T_0 + T_f = 4,962 + 1,519 = 6,481 \text{ menit}$$

hal ini berlaku untuk setiap saluran di semua *section*. Perhitungan t_c lainnya dapat ditinjau pada tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Waktu Konsentrasi (T_c)

Nama Saluran	LSal (m)	T_0 (menit)	T_f (menit)	T_c	
				menit	Jam
Section A					
Tersier	10	2,199	0,338	2,536	0,042
Sekunder	5	2,199	0,142	2,341	0,039
Primer	20	0,000	0,228	12,393	0,207
Section B					
Tersier	10	1,879	0,338	2,216	0,037
Sekunder	30	1,879	0,994	3,160	0,053
Primer	7	2,199	0,146	14,942	0,249
Section C					
Tersier	63	1,879	0,196	3,673	0,061
Sekunder	7	2,199	0,256	4,734	0,079
Primer	86,1	5,403	1,277	18,021	0,300
Section D					
Tersier	156	2,199	3,873	6,071	0,101
Sekunder	52	2,199	1,164	7,235	0,121

Nama Saluran	LSal (m)	T_0 (menit)	T_f (menit)	T_c	
				menit	Jam
Primer	12	0,000	0,128	13,455	0,224

Sumber: Hasil Perhitungan Pribadi (2024)

Hasil perhitungan T_f tersebut ditambah dengan nilai T_0 sehingga menghasilkan nilai T_c yang telah terlampir pada tabel 7. berdasarkan tabel tersebut nilai waktu terpanjang sebesar 18,021 menit pada *section C*.

Intensitas Hujan (I)

Berikut contoh perhitungan intensitas hujan menggunakan metode Mononobe (Nusantara, 2020). pada saluran Tersier *Section A*:

- a. R_{24} tersier = 81,207 mm
- b. $T_c = 6,481$ menit = 0,108 jam

Maka, perhitungan I untuk saluran Tersier *Section A*

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{81,207}{24} \left(\frac{24}{0,108} \right)^{\frac{2}{3}} = 124,129 \text{ mm/jam}$$

hal ini berlaku untuk setiap saluran di semua *section*. Perhitungan I lainnya dapat ditinjau pada tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan Intensitas Curah Hujan (I)

Nama Saluran	R_{24} (mm)	T_c		I (mm/jam)
		Menit	Jam	
Section A				
Tersier	81,207	0,338	2,536	232,011
Sekunder	95,989	0,142	2,341	289,277
Primer	105,575	0,228	12,393	122,708
Section B				
Tersier	81,207	2,216	0,037	253,817
Sekunder	95,989	3,160	0,053	236,825
Primer	105,575	14,942	0,249	92,645
Section C				
Tersier	81,207	3,673	0,061	181,250
Sekunder	95,989	4,734	0,079	180,905
Primer	105,575	18,021	0,300	81,763
Section D				
Tersier	81,207	6,071	0,101	129,650
Sekunder	95,989	7,235	0,121	136,339
Primer	105,575	13,455	0,224	99,349

Sumber: Hasil Perhitungan Pribadi (2024)

Debit Rencana ($Q_{rencana}$)

Debit debit maksimum yang diizinkan saluran drainase guna menghindari banjir dikenal sebagai debit rencana (Jusatria, 2021). Rumus perhitungan debit puncak limpasan permukaan pada penelitian ini menggunakan Rumus Rasional. Contoh perhitungan pada saluran Tersier *Section A*.

A.

Diketahui:

- a. $C = 0,487$
- b. $I = 124,129$ mm/jam
- c. $A = 0,000563$ km²

Maka, perhitungan Q rencana pada saluran Tersier *Section A*

$$Q_{rencana} = 0,278 \times C \times I \times A = 0,278 \times 0,487 \times 124,129 \times 0,000563 = 0,009 \text{ m}^3/\text{s}$$

hal ini berlaku untuk setiap saluran di semua *section*. Perhitungan Q rencana lainnya dapat ditinjau pada tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Q rencana

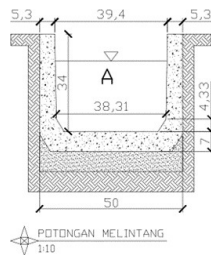
Nama Saluran	C Gabungan	I (mm/jam)	A Gab (km ²)	Q rencana (m ³ /s)
Section A				
Tersier	0,700	232,011	0,00004	0,002
Sekunder	0,505	289,277	0,00062	0,025
Primer	0,546	122,708	0,06137	1,059
Section B				
Tersier	0,700	253,817	0,00003	0,0012
Sekunder	0,635	236,825	0,00046	0,0165
Primer	0,586	92,645	0,01255	0,1896
Section C				
Tersier	0,620	181,250	0,00079	0,0246
Sekunder	0,585	180,905	0,00092	0,0270
Primer	0,548	81,763	0,02843	0,3538
Section D				
Tersier	0,626	129,650	0,00211	0,048
Sekunder	0,627	136,339	0,00271	0,064
Primer	0,573	99,349	0,08148	1,289

Sumber: Hasil Perhitungan Pribadi (2024)

Penampang Saluran Drainase

Saluran drainase harus dirancang dengan baik dan efektif, penampang saluran juga harus dipastikan dapat menampung besarnya debit limpasan (Nusantara, 2020)

Analisis penampang saluran dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *trial and error*. Pada penelitian ini, konfigurasi dimensi yang digunakan berdasarkan katalog dari PT. Waskita Beton *Precast*.



Gambar 1. Penampang U-ditch
Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

Contoh perhitungan kapasitas saluran pada Tersier *Section A* seperti berikut:

Diketahui:

- Kemiringan saluran (s) = 0,003
- Koef. Kekerasan *mannig* (n) = 0,017 (tabel koefisien *mannig* (n) (Suripin, 2004))

Maka, perhitungan kapasitas saluran Tersier *Section A*.

- $B_{u-ditch}$ = 0,4 meter
- $H_{u-ditch}$ = 0,3 meter
- H_{air} = 0,1 meter
- Luasan penampang (A) = $B_{u-ditch} \times H_{air}$
= $0,4 \times 0,1 = 0,04$ meter
- Keliling basah (P) = $B_{u-ditch} \times (2 + H_{air})$
= $0,4 \times (2 + 0,1) = 0,6$ meter
- Jari-jari hidrolik (R) = A/P
= $0,04 / 0,6 = 0,067$ m²

Menghitung kecepatan aliran menggunakan persamaan *mannig* (Wesli, 2021)

$$\begin{aligned}
 \text{a. Kecepatan (v)} &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{S} \\
 &= \frac{1}{0,017} \times 0,067^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,003} \\
 &= 0,530 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Debit saluran} &= v \times A \text{ (Nusantara, 2020)} \\
 &= 0,530 \times 0,04 = 0,021 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan debit hidrolika, langkah selanjutnya yaitu memperhitungkan debit rumah tangga. Asumsi yang digunakan untuk menentukan debit rumah tangga berdasarkan (Permen LHK, 2016) tentang mutu air limbah domestik, didapati debit limbah domestik sebesar 100 liter/orang/hari atau sebesar 10% dari debit limpasan.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Debit limbah} &= 10\% \times Q \text{ rencana} \\
 &= 10\% \times 0,010 = 0,001 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Debit total} &= Q \text{ rencana} + Q \text{ limbah} \\
 &= 0,010 + 0,001 = 0,011 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol debit} &= Q \text{ saluran} > Q \text{ total} \\
 &= 0,021 > 0,011 \text{ (OK!)}
 \end{aligned}$$

Hal ini berlaku untuk setiap saluran di semua *section*. Perhitungan Penampang saluran lainnya dapat ditinjau pada tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan Penampang Saluran

Nama Saluran	B (m)	H (m)	Q sal (m ³ /s)	Q limp (m ³ /s)	Q limbah (m ³ /s)	Q total (m ³ /s)	Kontrol
Section A							
Tersier	0,3	0,3	0,015	0,002	0,0002	0,0022	OK!
Sekunder	0,3	0,4	0,028	0,025	0,002	0,027	OK!
Primer	1,2	1,2	1,086	0,978	0,098	1,076	OK!
Section B							
Tersier	0,3	0,3	0,015	0,0012	0,0001	0,0014	OK!
Sekunder	0,3	0,4	0,019	0,0165	0,016	0,0181	OK!
Primer	0,6	0,8	0,216	0,1896	0,0190	0,2085	OK!
Section C							
Tersier	0,3	0,3	0,028	0,0246	0,025	0,0271	OK!
Sekunder	0,3	0,4	0,030	0,0270	0,0027	0,0297	OK!
Primer	1	0,8	0,393	0,3538	0,0354	0,3592	OK!
Section D							
Tersier	0,3	0,4	0,052	0,048	0,0048	0,0523	OK!
Sekunder	0,4	0,5	0,074	0,064	0,0064	0,0708	OK!
Primer	1,2	1,2	1,442	1,289	0,1289	1,4182	OK!

Sumber: Hasil Perhitungan Pribadi (2024)

Berdasarkan tabel perhitungan di atas, didapatkan dimensi yang berbeda-beda namun konfigurasi terbesar berada pada ukuran 1,2x1,2 m untuk saluran primer. Sedangkan untuk konfigurasi terkecil berada pada ukuran 0,3x0,3 m untuk saluran tersier. Dari perhitungan di atas juga diketahui bahwa debit rencana seluruhnya lebih kecil daripada debit saluran, sehingga tidak menimbulkan luapan debit.

Elevasi Saluran

Perencanaan elevasi bertujuan untuk mengetahui acuan wilayah urugan maupun timbunan (Trimas & Nusantara, 2022). Dalam menghitung elevasi saluran drainase kawasan, membutuhkan data kontur lokasi. Data kontur Perumahan De Naila *Village* didapat berdasarkan aplikasi *google earth* dan *global mapper*.

Berdasarkan hasil kontur tanah, direncanakan seluruh area Perumahan De Naila *Village* akan diurug dan

ditimbun rata ketinggiannya sebesar 4 meter. Berikut contoh perhitungan elevasi pada saluran Tersier *Section A*.

Elevasi Dasar Saluran

Diketahui:

- a. Tinggi hulu = +4 m
- b. Panjang saluran = 45 m
- c. Kemiringan (s) = 0,003 m
- d. Tinggi hilir = tinggi hulu – (L sal x s)
= 4 – (45 x 0,003) = +3,865 m

Maka, ketinggian elevasi dasar saluran pada:

- a. Titik Hulu = +4 m
- b. Titik Hilir = +3,865 m

Elevasi Tanggul

Diketahui:

- a. H air = 0,1 m
- b. Elv. Dasar saluran = +4 m (hulu)
= +3,865 m (hilir)
- c. Tinggi hulu = Elv. Dasar saluran + h_{air}
= 4 + 0,1 = +4,100 m
- d. Tinggi hilir = Elv. Dasar saluran + h_{air}
= 3,865 + 0,1 = +3,965 m

Maka, ketinggian elevasi tanggul pada:

- a. Titik Hulu = +4,100 m
- b. Titik Hilir = +3,965 m

Elevasi Muka Air

Diketahui:

- a. Tinggi jagaan (w) = 0,2 m
- b. Elv. Dasar saluran = +4 m (hulu)
= +3,865 m (hilir)
- c. Tinggi hulu = Elv. tanggul - w
= 4,100 - 0,2 = +3,900 m
- d. Tinggi hilir = Elv. Tanggul - w
= 3,965 - 0,2 = +3,765 m

Maka, ketinggian elevasi muka air pada:

- a. Titik Hulu = +3,900 m
- b. Titik Hilir = +3,765 m

Perhitungan di atas berlaku untuk setiap saluran di semua *section* seperti pada tabel 11.

Tabel 11. Perhitungan Elevasi Saluran

Nama Saluran	S (m)	L sal (m)	Elv. Dasar Saluran (m)		Elv. Tanggul (m)		Elv. Muka Air (m)	
			Hulu	Hilir	Hulu	Hilir	Hulu	Hilir
<i>Section A</i>								
Tersier	0,003	10	4,000	3,970	4,100	4,070	3,900	3,870
Sekunder	0,003	5	3,865	3,838	4,070	3,638	3,870	3,438
Primer	0,003	20	3,037	2,977	3,767	3,667	3,297	3,157
<i>Section B</i>								
Tersier	0,003	10	4,000	3,970	4,100	4,070	3,900	3,870
Sekunder	0,003	5	3,880	3,808	4,000	3,928	3,720	3,648
Primer	0,003	7	3,352	3,160	3,522	3,470	3,192	3,180
<i>Section C</i>								
Tersier	0,003	63	4,000	3,811	4,180	3,991	4,060	3,871
Sekunder	0,003	7	3,811	3,790	3,991	3,950	3,871	3,710
Primer	0,003	86,1	2,407	2,148	2,677	2,538	2,447	2,128

Nama Saluran	S (m)	L sal (m)	Elv. Dasar Saluran (m)		Elv. Tanggul (m)		Elv. Muka Air (m)	
			Hulu	Hilir	Hulu	Hilir	Hulu	Hilir
<i>Section D</i>								
Tersier	0,003	156	4,000	3,532	4,220	3,752	4,040	3,572
Sekunder	0,003	52	3,532	3,376	3,752	3,546	3,532	3,326
Primer	0,003	12	2,969	2,933	3,319	3,773	2,869	3,213

Sumber: Hasil Perhitungan Pribadi (2024)

Kolam Tampung (Boezem)

Direncanakan pembangunan kolam tampung (*Boezem*) di kawasan Perumahan De Naila *Village*. Pada perencanaan ini, direncanakan tiga kolam tampung (*Boezem*). kolam tampung (*Boezem*) 1 menerima air dari *section A*, kolam tampung (*Boezem*) 2 menerima air dari *section D*, dan kolam tampung (*Boezem*) 3 menerima air dari *section C*.

Terdapat tiga skema yang digunakan untuk menganalisis kolam retensi:

- 1) Waktu hujan sama dengan waktu konsentrasi (td=tc), tanpa pompa.
- 2) Waktu hujan 2x waktu konsentrasi (td=2tc), tanpa pompa.
- 3) Waktu hujan 2x waktu konsentrasi (td=2tc), menggunakan pompa.

Dari ketiga skema yang direncanakan, skema kedua dinilai lebih kritis dibandingkan dengan dua skema lainnya. Berikut penjelasan dari skema kedua.

Skema 2 : Durasi hujan 2x waktu konsentrasi (td=2tc), tanpa pompa

Berikut contoh perhitungan kolam tampung 1:

Data perencanaan kolam:

- a. Panjang kolam = 40 m
- b. Lebar kolam = 40 m
- c. Kedalaman (h) = 1,5 m
- d. T_c = 12,4 menit
= 0,206 jam
- e. interval waktu = tc/5
= 12,4/5 = 2,5 menit
- f. Q puncak = 1,177 m³/detik
- g. Vol. *Boezem* = P x L x h
= 40 x 40 x 1,5 = 2.400 m³
- h. T_d = 2T_c = 2(12,4) menit = 24,8 menit
= 1,488 detik

Berikut hasil perhitungan skema 2 td=2tc dapat ditinjau pada tabel 12 di bawah ini.

Tabel 12. Perhitungan Skema 2 pada *Boezem* 1

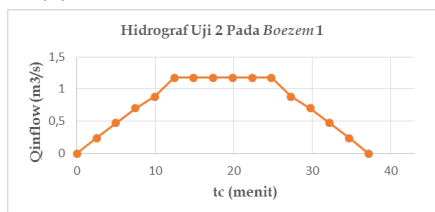
t (menit)	t (detik)	Q inflow (m ³ /s)	Vol. Inflow (m ³)	Voluma Kumulatif (m ³ /s)	h (m)
0	0	0	0,00	0,00	0,000
2,5	150	0,237	17,62	17,62	0,011
5,0	300	0,474	52,87	70,49	0,044
7,4	444	0,702	87,45	157,94	0,099
9,9	594	0,880	117,64	275,58	0,172
12,4	744	1,177	152,94	428,52	0,268
14,9	894	1,177	175,01	603,53	0,377
17,4	1,044	1,177	175,01	778,54	0,487
19,8	1,188	1,177	175,01	953,55	0,596
22,3	1,338	1,177	175,01	1.128,56	0,705
24,8	1,488	1,177	175,01	1.303,56	0,815
27,3	1,638	0,880	152,94	1.456,51	0,910
29,7	1,782	0,702	117,64	1.574,14	0,984
32,2	1,932	0,474	87,45	1.661,59	1,038
34,7	2,082	0,237	52,87	1.714,46	1,072

t (menit)	t (detik)	Q inflow (m ³ /s)	Vol. Inflow (m ³)	Volume Kumulatif (m ³ /s)	h (m)
37,2	2,232	0,000	17,62	1.732,08	1,083

Sumber: Hasil Perhitungan Pribadi (2024)

berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 12 di atas debit puncak berada dimenit ke – 12,4 hingga dimenit ke - 24,8 sebesar 1,177 m³/s, sedangkan kedalaman tertinggi berada pada 1,083 m.

Pada gambar 2 di bawah ini menunjukkan korelasi antara debit yang masuk (*inflow*) dengan waktu konsentrasi (*t_c*)



Gambar 2. Grafik Hidrograf Skema 2 pada Boezem 1
Sumber: Hasil Analisis Pribadi (2024)

Dari hidrograf di atas, dapat disimpulkan bahwa debit puncak berada di periode 12,4 menit hingga 24,8 menit, membentuk grafik trapesium.

Kontrol kapasitas = Vol. Boezem > Volume Kumulatif
= 2.400 > 1.732,08 (OK!)

Berdasarkan hasil kontrol di atas, dapat disimpulkan bahwa skema 2 $t_d = 2t_c$ dapat menggunakan dimensi kolam yang telah direncanakan sebelumnya.

Kapasitas Sungai

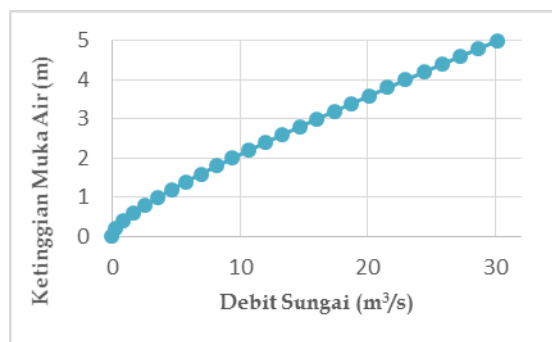
Perhitungan kapasitas sungai bertujuan untuk mengetahui kapasitas dari sungai sebelum maupun setelah adanya debit limpasan dari Perumahan De Naila Village.

Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi penelitian didapatkan data berupa lebar sungai dan kedalaman sungai. Hasil panjang sungai didapatkan dari google earth seperti pada berikut:

- a. Lebar sungai eksisting:
- b. Hasil 1 = 9,02 m (Dekat Boezem 1)
- c. Hasil 2 = 5,18 m (Dekat Boezem 2)
- d. Hasil 3 = 4,23 m (Dekat outlet Section B)
- e. Kedalaman sungai = 5,06 m
- f. Panjang sungai = 929 m
- g. Elevasi hulu = 20 m

- h. Elevasi hilir = 19 m

Pada perhitungan kapasitas sungai di penelitian ini, menggunakan lebar sungai 4,23 m. Lebar sungai tersebut dinilai lebih kritis karena lebarnya lebih kecil dibandingkan hasil survei yang lain. Berikut Hubungan ketinggian muka air dengan debit sungai ditampilkan Grafik pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Debit dan Ketinggian Muka Air Sungai
Sumber: Hasil Analisis Pribadi (2024)

Berdasarkan tabel perhitungan dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa debit sungai paling tinggi berada di kedalaman 5 m dengan debit maksimum 33,026 m³/s.

Hasil observasi dan wawancara di lokasi penelitian, didapatkan ketinggian air sungai rata-rata ketika hujan berada pada ketinggian 3 m. Maka debit sungai pada saat ketinggian 3 m adalah 18,924 m³/s, hal ini tidak menimbulkan banjir karena sungai dapat menampung debit maksimum sebesar 33,026 m³/s

Permodelan Program EPA SWMM 5.2

Kalibrasi ini berfungsi sebagai mekanisme validasi untuk memastikan akurasi hasil perhitungan, baik yang dilakukan oleh aplikasi maupun secara manual. Dengan membandingkan *output* dari kedua metode, kita dapat mengukur tingkat kesesuaiannya dan mengidentifikasi potensi *error* dalam proses perhitungan (Yogatama & Nusantara, 2024).

Dalam melakukan pemodelan sistem drainase dengan SWMM, diperlukan parameter sebagai *input*, diantaranya (Muhammad Roeyhan Mahendra, Mohammad Bisri, 2024): Sub daerah tangkapan air (*subcatchment*), Intensitas curah hujan (*rain gages*), Titik persimpangan saluran (*Junction*), Saluran penampang drainase (*conduit*), dan Titik keluaran sungai (*outfall*)

Output Program EPA SWMM

Setelah melalui analisis yang telah dilakukan dengan program SWMM didapatkan beberapa output antara lain:

- *Output Run Status*

hasil run status seperti pada tabel 13 berikut.

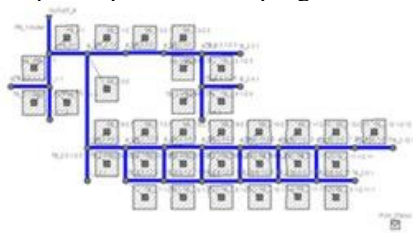
Tabel 13. Hasil Run Status EPA SWMM 5.2

Section Analisis	Continuity Error (%)	
	Surface Runoff	Flow Routing
Section A	-0,04	0,06
Section B	-0,08	0,58
Section C	-0,06	-2,76
Section D	-0,03	-0,34

Sumber: Hasil Perhitungan Pribadi (2024)

Berdasarkan hasil *run status* di atas, didapatkan *continuity error* tidak lebih dari 10%. Simulasi dapat dikatakan berhasil jika total *continuity error* < 10%. Berikut hasil kapasitas penampang menurut Program EPA SWMM 5.2.

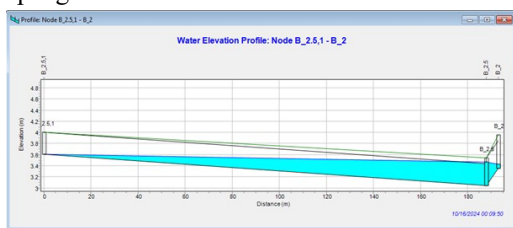
• **Output Kapasitas Penampang**



Gambar 4. Kapasitas Saluran Section B
Sumber: Hasil Analisis Pribadi (2024)

Dari hasil simulasi kapasitas saluran pada section B, dapat dilihat bahwa kapasitas saluran yang telah direncanakan masih dalam kategori aman. Pada gambar 4 parameter EPA SWMM 5.2 menunjukkan warna biru yang berarti masih dalam kategori sangat aman.

Pada gambar 5 merupakan gambaran profil penampang saluran Tersier Section B.



Gambar 5. Long Section Tersier Section B
Sumber: Hasil Analisis Pribadi (2024)

Berdasarkan hasil long section di atas kapasitas saluran pada section B, dapat dilihat bahwa saluran tidak mengalami luapan dari debit. Penampang yang digunakan cukup untuk menampung debit limpasan di waktu puncak.

Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Hasil EPA SWMM

Tujuan dari penggunaan software EPA SWMM 5.2 ini ialah salah satunya untuk menjadi perbandingan antara perhitungan hidrologi dan hidrolika secara manual dengan hasil output dari software EPA SWMM 5.2 dapat ditinjau pada tabel 14.

Tabel 14. Hasil Perbandingan Perhitungan dengan Simulasi Pada Program

Nama Saluran	Output Perhitungan		Output EPA SWMM 5.2	
	V (m/s)	Q sal (m ³ /s)	Q Running (m ³ /s)	V Running (m/s)
Section A				
Tersier	0,334	0,010	0,003	0,22
Sekunder	0,463	0,028	0,011	0,13
Primer	1,209	1,001	0,544	0,22
Section B				
Tersier	0,334	0,0012	0,007	0,21
Sekunder	0,377	0,018	0,000	0,25
Primer	0,801	0,199	0,129	0,79
Section C				
Tersier	0,334	0,010	0,0008	0,21
Sekunder	0,377	0,018	0,016	0,25
Primer	0,801	0,199	0,129	0,77
Section D				
Tersier	0,564	0,050	0,002	0,44
Sekunder	0,598	0,067	0,006	0,18
Primer	1,176	0,882	0,193	0,7

Berdasarkan tabel perbandingan yang diuraikan pada tabel 14, terdapat perbandingan debit dan kecepatan dari perhitungan dengan hasil output EPA SWMM 5.2. Nilai debit saluran hasil perhitungan dengan nilai hasil output tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Selain itu pada bagian kecepatan juga tidak menunjukkan perbedaan yang jauh antara kedua metode.

KESIMPULAN
Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan hidrologi, hidrolika dan simulasi pada perangkat lunak, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Total debit limpasan yang berada pada Perumahan De Naila Village sebesar 3,193 m³/s. Debit limpasan tertinggi Perumahan De Naila Village berada pada saluran primer section D sebesar 1,418 m³/s, sedangkan debit terendah berada pada section B yaitu 0,208 m³/s.
2. Saluran yang digunakan pada perencanaan drainase Perumahan De Naila Village terdiri atas 13 konfigurasi dimensi yang berbentuk *u-ditch*. Dimensi terbesar dimiliki oleh saluran primer dengan ukuran 1,2 x 1,2 meter. Sedangkan untuk dimensi terkecil dimiliki oleh saluran tersier dengan ukuran 0,3 x 0,3 meter.
3. Hasil perbandingan simulasi kapasitas saluran pada software EPA SWMM 5.2 dengan hasil perhitungan hidrolika, masing-masing dikategorikan aman dari banjir. Hasil simulasi menunjukkan continuity error tidak lebih dari 10% sehingga masuk dalam kategori hasil simulasi berhasil. Perbandingan nilai debit saluran hasil perhitungan dengan nilai hasil output tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan oleh penulis berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

Perhitungan limbah rumah tangga untuk penelitian selanjutnya dapat perhitungan limbah dapat dihitung secara langsung di lapangan, sehingga didapatkan perhitungan real.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, N., Harahap, M. A., & Widyasari, T. (2024). Perencanaan Saluran Buang Boga Daerah Irigasi Wariori Menggunakan Perangkat Lunak *Strom Water Management Model (SWMM) 5.1* (Distrik Masni, Manokwari, Papua Barat). *AGREGAT*, 9(2), 1171–1177.

Andawayanti (2022). Aplikasi SWMM dalam Perencanaan Drainase Perkotaan - Google Books. *UB Press*, 1–123.

Hidayat, I., Haris, R. A., & Siswanto, I. J. (2023). Mekanisme Alih Fungsi Lahan Pertanian Menjadi Perumahan Di Kabupaten Sumenep. *Jurnal Pertanian Cemara*, 20(1), 64–82. <https://doi.org/10.24929/fp.v20i1.2547>

- Jusatria, M. G. M. (2021). Evaluasi Perencanaan Drainase Menggunakan Simulasi Hec Ras 4.0 (Studi Kasus : Jalan Budiman – Tembilahan). *Selodang Mayang: Jurnal Ilmiah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Indragiri Hilir*, 7(1), 30–39.
- Kamila, P. N., & Sejati, W. (2023). Perencanaan Drainase Dengan Konsep *Zero Delta Run Off* Pada Perumahan Permata Puri Cibubur. *Technomedia Journal*, 8(1SP), 1–17.
- Muhammad Roeyhan Mahendra, Mohammad Bisri, L. P. (2024). Aplikasi EPA SWMM 5.1 pada Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan Aura Park Kecamatan Dau Kabupaten Malang. *04(01)*, 460–470.
- Nugroho, D., Leksono, B., & Sholikhah, I. (2021). Perencanaan Ulang Sistem Saluran Drainase di Kecamatan Menganti Kabupaten Gresik. *Jurnal Keilmuan Dan Terapan Teknik Hal*, 15, 22.
- Nusantara, D. A. D. (2020). Analisis Kapasitas Saluran Sistem Drainase di Simo Katrungan Kidul Sawahan Surabaya. *Ge-STRAM J. Perenc. Dan Rekayasa Sipil*, 3(1), 1–6.
- Nusantara, D. A. D. (2020). Evaluasi kapasitas saluran drainase pada catchment area sub sistem Bendul Merisi Kota Surabaya. *Ukarst: Jurnal Universitas Kadiri Riset Teknik Sipil*, 4(1), 85–95.
- Permen LHK. (2016). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 10–27.
- Putra, A. D. A., & Nusantara, D. A. D. (2024). Perencanaan Sistem Drainase Di Kawasan Permata Kwangsan *Residence* , Kecamatan Sedati , Sidoarjo. 1–8.
- Rahmawati, T. (2020). Urbanisasi dan Polemik Penduduk Kota di Indonesia. *Jurnal Geografi*, 2–4.
- Romadhon, M. F. R., & Nusantara, D. A. D. (2020). Studi Evaluasi Dimensi Saluran Drainase Terhadap Permasalahan Genangan Di Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo Jawa Timur. *Rekayasa Teknik Sipil*, 8(5).
- Soewarno. (1995a). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1* (1st ed.). Nova.
- Soewarno. (1995b). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2* (2nd ed.). Nova.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Andi.
- Triatmojo. (2008). *Hidrologi Terapan* (1st ed.). Beta Offset Yogyakarta.
- Trimas, A., & Nusantara, D. A. D. (2022). Penanggulangan Banjir Dengan Merencanakan Bangunan Drainase Didusun Gambiran Desa Besole Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung Menggunakan Aplikasi Hec-Ras.
- Wesli. (2021). *Drainase Perkotaan Edisi 2* (Edisi 2). Graha Ilmu.
- Yogatama, A. T., & Nusantara, D. A. D. (2024). *Planning Of Raw Water Distribution Network Sumberrejo Village Candipuro District Lumajang Regency: Perencanaan Jaringan Distribusi Air Baku Desa Sumberrejo Kecamatan Candipuro Kabupaten*

Lumajang. *Civilla: Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan*, 9(1), 27–38.