

## PEMODELAN EVALUASI KAPASITAS SALURAN DRAINASE MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK *STORM WATER MANAGEMENT MODEL* (SWMM)

(Studi Kasus: Jalan Pidada, Kelurahan Ubung, Kecamatan Denpasar Utara)

Ida Bagus Suryatmaja<sup>1\*</sup>, Anak Agung Ratu Ritaka Wangsa<sup>2</sup>, I Gusti Agung Istri Lita Pramudita<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mahasaraswati Denpasar

\*Email: bagussuryatmaja@unmas.ac.id

**ABSTRAK:** Peningkatan konversi lahan hijau menjadi kawasan permukiman di perkotaan secara signifikan mengurangi kemampuan tanah dalam menyerap air, sehingga meningkatkan volume limpasan permukaan dan menyebabkan genangan air. Studi ini berfokus pada evaluasi kinerja sistem drainase di Jalan Pidada, Denpasar Utara, yang sering mengalami genangan akibat alih fungsi lahan dan kurangnya pemeliharaan saluran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas saluran drainase dan mengidentifikasi penyebab genangan di area tersebut. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan fokus pada evaluasi hidrologi dan hidrolika. Data curah hujan, karakteristik daerah aliran, dan dimensi saluran dianalisis menggunakan perangkat lunak *Storm Water Management Model* (SWMM). Pemodelan dilakukan untuk simulasi kala ulang hujan 2, 5, dan 10 tahun dengan durasi hujan 6 jam. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kapasitas saluran drainase di Jalan Pidada tidak memadai. Puncak banjir terjadi setelah 5 jam 15 menit untuk kala ulang 2 tahun, 5 jam 30 menit untuk kala ulang 5 tahun, dan 6 jam untuk kala ulang 10 tahun. Studi ini menyimpulkan bahwa ketidakmampuan saluran dalam menampung limpasan air hujan menjadi penyebab utama genangan. Rekomendasi perbaikan sistem drainase sangat diperlukan untuk mitigasi banjir di kawasan tersebut.

**Kata kunci:** Kota Denpasar, Limpasan, Saluran Drainase, Banjir, Infrastruktur.

**ABSTRACT:** The increase in the conversion of green land into residential areas in urban areas significantly reduces the ability of the soil to absorb water, thereby increasing the volume of surface runoff and causing waterlogging. This study focuses on evaluating the performance of the drainage system on Jalan Pidada, North Denpasar, which often experiences inundation due to land conversion and lack of channel maintenance. This study aims to analyze the capacity of drainage channels and identify the causes of inundation in the area. This study uses a quantitative method with a focus on hydrological and hydraulic evaluation. Rainfall data, flow area characteristics, and channel dimensions were analyzed using *Storm Water Management Model* (SWMM) software. Modeling was carried out to simulate the rainfall repeats of 2, 5, and 10 years with a rain duration of 6 hours. The simulation results showed that the capacity of the drainage channel on Jalan Pidada was inadequate. The peak of the flood occurred after 5 hours and 15 minutes for the 2-year birthday, 5 hours 30 minutes for the 5-year anniversary, and 6 hours for the 10-year anniversary. The study concluded that the inability of the channel to accommodate rainwater runoff was the main cause of inundation. Recommendations for improving drainage systems are urgently needed for flood mitigation in the area.

**Keywords:** Denpasar City, Runoff, Drainage Channels, Floods, Infrastructure.

### PENDAHULUAN

Kecamatan Denpasar Utara tengah berkembang pesat sebagai pusat perdagangan, jasa, perumahan, dan transportasi, sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Denpasar 2021-2041. Pesatnya pembangunan ini didukung oleh berbagai proyek infrastruktur yang bertujuan meningkatkan fungsi kawasan. Namun, pertumbuhan urban ini juga membawa konsekuensi terhadap kondisi lingkungan dan sistem hidrologi alami (Wangsa et al., 2023).

Pembangunan yang masif, terutama alih fungsi lahan hijau menjadi permukiman atau industri, mengurangi daya serap tanah secara signifikan. Akibatnya, volume limpasan permukaan meningkat drastis, yang menjadi penyebab utama genangan air. Banyak ruang terbuka hijau di Denpasar yang seharusnya berfungsi sebagai area resapan kini beralih fungsi, memperburuk kondisi hidrologi perkotaan (Wangsa et al., 2022).

Kondisi ini diperparah oleh pembangunan yang tidak mempertimbangkan daya dukung lingkungan dan penggunaan material kedap air yang masif. Alih fungsi lahan tanpa perencanaan sistem drainase yang memadai mengganggu siklus hidrologi alami, memperbesar risiko genangan. Hal ini tidak hanya menyebabkan ketidaknyamanan, tetapi juga berpotensi merusak infrastruktur dan lingkungan sekitar (Suryatmaja et al., 2024).

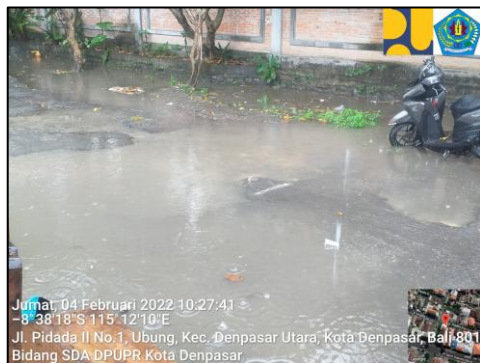
Salah satu lokasi yang terdampak adalah Jalan Pidada, Denpasar Utara, yang sering mengalami genangan akibat limpasan air hujan yang tinggi. Masalah ini diperkirakan karena ketidakmampuan saluran drainase menampung volume air. Selain itu, kondisi saluran yang kurang terawat, seperti sedimentasi dan sampah, juga menjadi faktor penting penyebab genangan (Wangsa & Padilla, 2023).

Mengingat permasalahan tersebut, evaluasi kinerja sistem drainase menjadi krusial untuk mengidentifikasi akar penyebab genangan. Analisis ini diperlukan untuk mengetahui kapasitas saluran eksisting dan dampaknya terhadap perubahan tata ruang yang terjadi. Studi mendalam tentang hidrologi dan hidrolika di kawasan ini sangat penting untuk menemukan solusi yang berkelanjutan (Suryatmaja et al., 2022).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melanjutkan penelitian sebelumnya (Pramudita et al., 2024) yaitu menganalisis hidrolika sebagai evaluasi kapasitas saluran drainase di Jalan Pidada, Denpasar Utara. Analisis ini akan difokuskan pada hubungan antara perubahan tata ruang, limpasan permukaan, dan kemampuan saluran drainase dalam menampung debit air hujan. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat menjadi dasar untuk merekomendasikan perbaikan yang akan menghasilkan sistem drainase yang lebih efektif dan terintegrasi.

### Kondisi Banjir Pada Saluran Drainase

Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan kondisi eksisting saluran drainase di Jalan Pidada, Denpasar Utara. Genangan air yang tinggi dan banjir yang sering terjadi, terutama pada musim hujan, mengindikasikan ketidakmampuan kapasitas saluran drainase dalam menampung debit air hujan.



*Gambar 1. Kondisi Banjir*



*Gambar 2. Kondisi Drainase Melimpas*

### Analisis Hidrolika

Untuk merancang sistem drainase yang sesuai dengan kebutuhan teknis, diperlukan analisis hidrolika. Analisis ini berfungsi untuk menentukan ukuran saluran yang optimal, yang didasarkan pada debit aliran maksimum (Suripin, 2004).

### Penampang Saluran

Penampang melintang saluran adalah irisan saluran yang tegak lurus terhadap arah aliran air. Berbeda dengan penampang melintang, penampang vertikal saluran mencakup titik terendah dari irisan tersebut, seperti dasar saluran (Chow, 1993).

Perhitungan daya tampung air pada saluran berbentuk segiempat dilakukan berdasarkan parameter-parameter yang ditunjukkan pada Gambar 3:

1. Luas Penampang Basah (A)

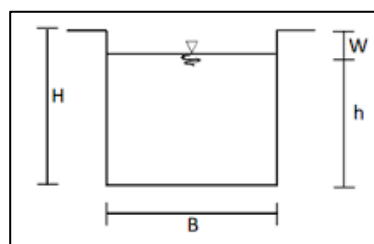
$$A = B \cdot h \dots\dots\dots(1)$$

2. Keliling basah (P)

$$P = B + 2h \dots\dots\dots(2)$$

3. Jari-jari Hidrolik (R)

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(3)$$



*Gambar 3. Penampang Segi Empat*

Keterangan:

B : Lebar saluran (m)

H: Kedalaman air (m)

P : Keliling saluran (m)

R: Jari-jari hidrolik (m)

4. Menurut (Montjai, 2015), kecepatan aliran air adalah volume air yang melewati area sungai per satuan waktu. Untuk menghitungnya, digunakan rumus kecepatan aliran metode *Manning*, yaitu:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

V : kecepatan aliran air, diukur dalam satuan meter per detik (m/dt).

n : koefisien Manning.

R : jari-jari hidrolik dalam satuan meter (m).

S : kemiringan saluran.

Berikut merupakan tabel nilai koefisien *manning* (n) (Triadmodjo, 2008):

*Tabel 1. Nilai Koefisien Manning (n)*

Material	Koefisien <i>Manning</i> (n)
Pipa besi cor lapis	0,014
Drainase beton	0,013
Beton dengan lapisan mortar	0,015
Saluran pasangan batu	0,025
Drainase tanah tanpa perkerasan	0,022
Saluran terbuka	0,030
Saluran revetment	0,040
Saluran di batuan padas	0,040

5.  $Q = V \cdot A \dots\dots\dots(5)$

Keterangan:

Q : Debit Aliran (m<sup>3</sup>/dt)

V : Kecepatan aliran rata-rata (m/dt)

A : Luas penampang (m)

## Pemodelan Menggunakan SWMM 5.2

SWMM merupakan sebuah alat simulasi hidrologi yang khusus dikembangkan untuk memodelkan proses hidrologi perkotaan. Program ini mampu mensimulasikan berbagai aspek dari siklus hidrologi perkotaan, mulai dari proses infiltrasi, aliran permukaan, hingga kualitas air limpasan. Analisis hidrolik yang komprehensif dalam masalah manajemen jaringan drainase, dimana pengguna memasukkan parameter-parameter yang tercatat pada kondisi sesungguhnya (Rossman, 2010). Gambar 4 menampilkan menu utama dari program SWMM.



*Gambar 4. Tampilan Menu Utama Perangkat Lunak SWMM 5.0.*

## METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan pendekatan campuran, yaitu kualitatif dan kuantitatif, untuk menganalisis kondisi drainase dan banjir di lokasi penelitian. Pendekatan kualitatif dilakukan melalui observasi langsung, sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan untuk evaluasi numerik terhadap kinerja saluran drainase.

Peta lokasi penelitian, peta tata ruang dan peta saluran ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6:



*Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian*



*Gambar 6. Peta Tata Ruang dan Peta Saluran di Lokasi Penelitian*

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan tahunan maksimum dari tahun 2013 s/d 2022. Data curah hujan tahunan maksimum terdekat yang dianggap mewakili daerah studi diperoleh dari tiga stasiun penangkaran hujan yaitu stasiun Ubung, Buagan dan Sumerta. Curah hujan maksimum diperoleh dari mencari nilai tertinggi curah hujan per-tahunnya seperti pada tabel 2 berikut:



*Tabel 2. Data Curah Hujan Tahunan Maksimum*  
**Stasiun Curah Hujan**

No.	Tahun	Ubung	Buagan	Sumerta
		(mm)	(mm)	(mm)
1.	2013	82,00	65,00	0,00
2.	2014	85,00	95,00	494,50
3.	2015	95,00	92,00	373,50
4.	2016	246,00	115,00	389,50
5.	2017	134,00	145,00	393,50
6.	2018	100,20	179,00	543,00
7.	2019	110,00	106,00	328,50
8.	2020	172,00	211,00	253,50
9.	2021	160,00	122,00	814,50
10.	2022	247,00	125,00	749,50

*Sumber: Balai Wilayah Sungai Bali-Penida dan BMKG Wilayah III, 2024.*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Evaluasi ini bertujuan untuk menghitung kapasitas maksimal saluran drainase eksisting. Hasil perhitungan ini kemudian dibandingkan dengan debit banjir rencana untuk mengetahui kelayakan sistem. Hasil perhitungan yang lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.

*Tabel 3. Hasil Perhitungan Debit Eksisting Saluran dengan Metode Rasional*

No	Section	b (m)	h (m)	P (m)	R (m)	I	n	A (m <sup>2</sup> )	V (m/dt)	Q <sub>eks</sub> (m <sup>3</sup> )
1	0 - 200 m	0,7	0,5	1,7	0,21	0,0027	0,025	0,35	0,725	0,254
2	200 - 400 m	0,7	0,5	1,7	0,21	0,0027	0,025	0,35	0,725	0,254
3	400 - 600 m	0,7	0,5	1,7	0,21	0,0027	0,025	0,35	0,725	0,254
4	600 - 800 m	0,7	0,5	1,7	0,21	0,0027	0,025	0,35	0,725	0,254
5	800 - 1000 m	1,4	0,8	2	0,21	0,0027	0,025	1,12	1,078	1,207

Dalam perhitungan ini, nilai koefisien *manning* (n) digunakan saluran pasangan batu = 0,025

Tabel 4 menyajikan hasil evaluasi kapasitas tampung saluran, yang diperoleh dari perbandingan antara debit rencana dan debit aliran.

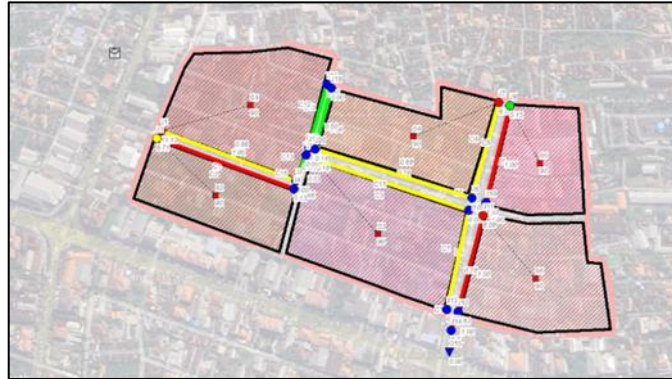
*Tabel 4. Hasil Perbandingan Debit Aliran dan Debit Rencana*

No	Section	Q <sub>eksisting</sub>	Q <sub>2th</sub>	Q <sub>5th</sub>	Q <sub>10th</sub>	Keterangan
		(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)	
1	0 - 200 m	0,254	0,54	4	11,72	Tidak Memenuhi
2	200 - 400 m	0,254	0,54	4	11,72	Tidak Memenuhi
3	400 - 600 m	0,254	0,54	4	11,72	Tidak Memenuhi
4	600 - 800 m	0,254	0,54	4	11,72	Tidak Memenuhi
5	800 - 1000 m	1,207	0,54	4	11,72	Tidak Memenuhi

Berdasarkan analisis hidrolika, kapasitas aliran maksimum saluran drainase pada segmen 0–1000 meter lebih kecil daripada volume air banjir rencana. Hal ini menunjukkan bahwa saluran tidak mampu menampung seluruh debit air, sehingga berpotensi menyebabkan luapan atau banjir. Selain analisis komparatif ini, simulasi menggunakan perangkat lunak SWMM juga dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang lebih akurat mengenai kinerja sistem drainase.

### Penerapan Pada Perangkat Lunak SWMM

Data yang telah diuji digunakan untuk menjalankan simulasi program SWMM. Berikut hasil simulasi didapatkan data saluran yang mengalami banjir sebagai berikut:

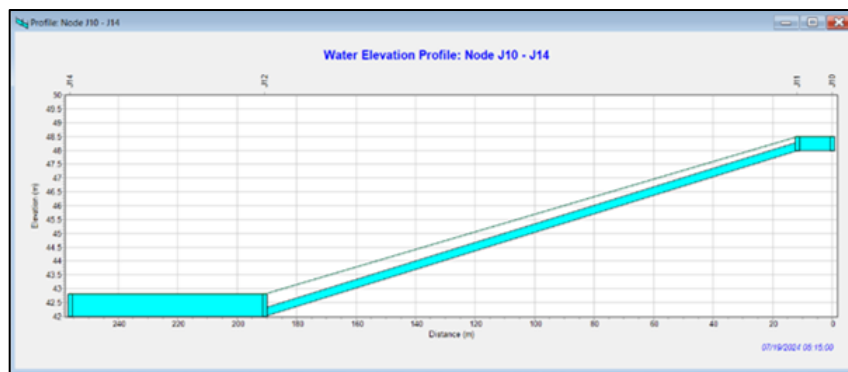


Gambar 7. Saluran yang Melimpas

Keterangan: Saluran yang mengalami banjir ditandai dengan warna merah.

Gambar 9 menyajikan hasil simulasi yang menunjukkan lokasi dan durasi banjir (*hours flooded*) untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. Detail profil banjir (*profile plot*) untuk setiap periode ulang tersebut dapat dilihat pada Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12.

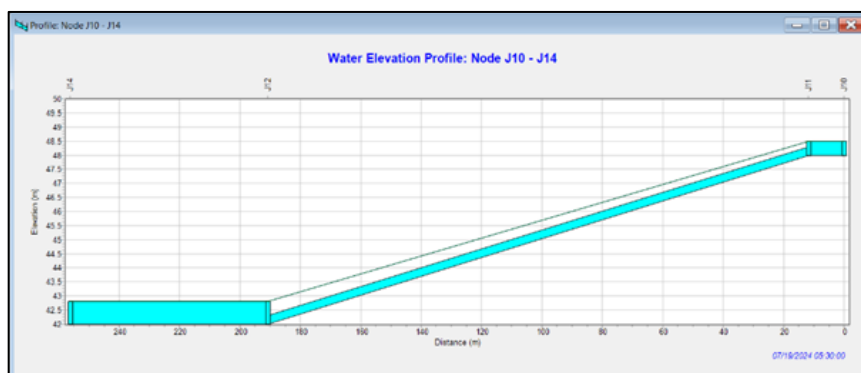
1. Profil saluran yang mengalami banjir dengan kala ulang 2 tahun



Gambar 8. Titik J10-J14 dengan kala ulang 2 tahun

Simulasi model hidrologi dengan periode ulang 2 tahun pada segmen aliran J10 hingga J14 mengindikasikan bahwa puncak banjir maksimum terjadi pada pukul 05:15:00, setelah hujan turun selama 6 jam.

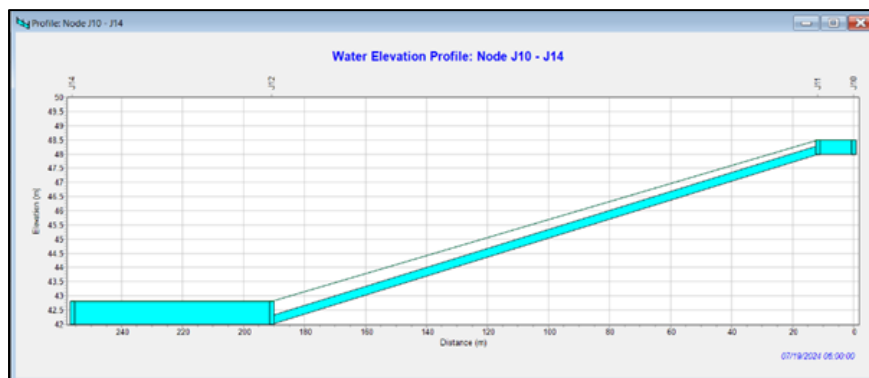
2. Profil saluran yang mengalami banjir dengan kala ulang 5 tahun



Gambar 9. Titik J10-J14 dengan kala ulang 5 tahun

Simulasi model hidrologi dengan periode ulang 5 tahun pada segmen aliran J10 hingga J14 mengindikasikan bahwa puncak banjir maksimum terjadi pada pukul 05:30:00, setelah hujan turun selama 6 jam.

### 3. Profil saluran yang mengalami banjir dengan kala ulang 10 tahun



Gambar 10. Titik J10-J14 dengan kala ulang 10 tahun

Simulasi model hidrologi dengan periode ulang 5 tahun pada segmen aliran J10 hingga J14 mengindikasikan bahwa puncak banjir maksimum terjadi pada pukul 06:00:00, setelah hujan turun selama 6 jam.

#### Keterangan:

Berdasarkan hasil analisis menggunakan perangkat lunak SWMM, saluran eksisting pada titik J10 hingga J14 tidak mampu menampung debit banjir yang diproyeksikan. Kondisi ini berpotensi menyebabkan terjadinya banjir di area tersebut.

#### SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini, berdasarkan perhitungan dan simulasi perangkat lunak SWMM, adalah bahwa sistem drainase eksisting di titik J10-J14 memiliki kapasitas yang tidak mencukupi. Semua skenario debit banjir rencana menunjukkan volume air yang melebihi kapasitas aliran maksimum saluran. Kondisi ini menjadi penyebab utama terjadinya genangan atau banjir karena ketidakmampuan sistem drainase dalam menampung curah hujan yang tinggi.

#### SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar pemerintah daerah, khususnya Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kota Denpasar, melakukan perbaikan dan peningkatan kapasitas saluran drainase di Jalan Pidada. Peningkatan ini dapat dilakukan dengan memperbesar dimensi saluran, melakukan normalisasi saluran secara berkala untuk menghilangkan sedimen dan sampah, serta menerapkan konsep drainase berkelanjutan seperti sumur resapan atau *biopori* di area yang memungkinkan. Selain itu, diperlukan edukasi kepada masyarakat mengenai pentingnya menjaga kebersihan saluran drainase untuk mencegah penyumbatan yang dapat memperparah genangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Chow. (1993). *Hidrolika Saluran Terbuka*. PT Erlangga.
- Montjai. (2015). Analisis Koefisien Kekasaran Sungai Di Sungai Sario Dengan Persamaan Manning. *In Cocos*, 6(12).
- Pramudita, I. G. A. I. L., Suryatmaja, I. B., Wangsa, A. A. R. R., & Kurniari, K. (2024). Analisis Hidrologi Rancangan Pada Saluran Drainase Di Daerah Kelurahan Ubung Kecamatan Denpasar Utara. *Jurnal Ilmiah Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar (JITUMAS)*, 4(2), 99–104.
- Rossman, L. A. (2010). *Storm water management model user's manual, version 5.0* (Vol. 276). National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and ....
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta, Indonesia: ANDI Offset, 7.
- Suryatmaja, I. B., Wangsa, A. A. R. R., Kurniari, K., & Prasetya, I. P. (2024). Pemodelan Kapasitas Air Pada Saluran Drainase dengan Program HEC-RAS:(Studi Kasus: Jalan Cekomaria dan Jalan Padma Denpasar Timur). *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 13(2), 127–136.

- Suryatmaja, I. B., Wangsa, A. A. R. R., & Semadi, A. A. K. A. Y. (2022). Analisis Profil Muka Air Pada Saluran Drainase di Jalan Nagasari Penatih Denpasar. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 11(2), 37–44.
- Triadmodjo. (2008). *Hidrologi Terapan* (B. Offset (ed.)).
- Wangsa, A. A. R. R., Nada, Im., & Suryatmaja, I. B. (2022). Efficiency of Infrastructure Planning of Retaining Wall as Flood Control in Bangin River Pecatu Badung Bali. *International Conference on Emerging Smart Cities*, 693–706.
- Wangsa, A. A. R. R., & Padilla, P. M. D. (2023). Analisis Debit Banjir Rancangan untuk Normalisasi Saluran Drainase dan Desain Dinding Penahan Tanah di Daerah sekitar Sungai Ephemeral. *Ganec Swara*, 17(1), 300–308.
- Wangsa, A. A. R. R., Suryatmaja, I. B., & Andini, A. A. M. P. (2023). Analisis Daya Tampung Air Pada Saluran Drainase Di Lingkungan Art Centre Kota Denpasar. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 755–764.