

## PEMODELAN KAPASITAS AIR PADA SALURAN DRAINASE DENGAN PROGRAM HEC-RAS

(Studi Kasus: Jalan Cekomaria dan Jalan Padma Denpasar Timur)

Ida Bagus Suryatmaja, Anak Agung Ratu Ritaka Wangsa, Krisna Kurniari, I Putu Prasetia

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar

Email: ritaka2020@unmas.ac.id

**ABSTRAK:** Kota Denpasar, sebagai salah satu destinasi wisata unggulan di Bali, berupaya menjaga daya tariknya dengan menciptakan lingkungan yang bersih dan sehat. Namun, pesatnya pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi, terutama di sektor pariwisata, menimbulkan permasalahan lingkungan, salah satunya adalah penurunan kualitas lingkungan akibat perubahan penggunaan lahan. Hal ini menyebabkan berkurangnya daerah resapan air dan meningkatnya limpasan permukaan, sehingga meningkatkan risiko banjir di beberapa wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi daya tampung saluran drainase di Jalan Cekomaria menuju Jalan Padma Denpasar, yang merupakan salah satu area rawan banjir. Metode kuantitatif digunakan dalam penelitian ini, meliputi pengukuran dimensi saluran, perhitungan debit aliran maksimum, dan pemodelan hidrolika menggunakan program HEC-RAS. Hasil analisis menunjukkan bahwa daya tampung saluran drainase eksisting di Jalan Cekomaria masih memadai untuk menampung debit banjir dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun pada segmen 800 hingga 1000 meter. Namun, pada segmen 0 hingga 800 meter, daya tampung saluran tidak mencukupi untuk menampung debit banjir dengan kala ulang tersebut, sehingga berpotensi terjadi banjir. Kondisi ini mengindikasikan perlunya upaya peningkatan kapasitas saluran drainase di segmen 0 hingga 800 meter, baik melalui normalisasi saluran, pembangunan saluran baru, maupun implementasi sistem drainase berkelanjutan untuk mengantisipasi dan meminimalisir risiko banjir di masa mendatang.

**Kata kunci:** Kota Denpasar, Banjir, Drainase, Daya Tampung, HEC-RAS

**ABSTRACT:** The city of Denpasar, as one of the leading tourist destinations in Bali, strives to maintain its attractiveness by creating a clean and healthy environment. However, rapid population growth and economic development, especially in the tourism sector, have caused environmental problems, one of which is the decline in environmental quality due to land use change. This has led to reduced water catchment areas and increased surface runoff, increasing the risk of flooding in some areas. This study aims to evaluate the carrying capacity of drainage channels on Jalan Cekomaria to Jalan Padma Denpasar, which is one of the flood-prone areas. Quantitative methods were used in this study, including measurement of channel dimensions, calculation of maximum flow discharge, and hydraulic modeling using the HEC-RAS program. The results of the analysis show that the capacity of the existing drainage channel on Jalan Cekomaria is still sufficient to accommodate flood discharge with a recurrence period of 2 years, 5 years, and 10 years in the segment of 800 to 1000 meters. However, in segments 0 to 800 meters, the channel capacity is insufficient to accommodate the flood discharge with the re-period, so there is a potential for flooding. This condition indicates the need to increase the capacity of drainage channels in segments 0 to 800 meters, both through channel normalization, the construction of new channels, and the implementation of sustainable drainage systems to anticipate and minimize the risk of flooding in the future.

**Keywords:** Denpasar City, Flood, Drainage, Capacity, HEC-RAS

### PENDAHULUAN

Kota Denpasar, sebagai salah satu destinasi wisata terkemuka di Bali, senantiasa berupaya menjaga daya tariknya bagi para wisatawan. Upaya tersebut diwujudkan melalui penciptaan lingkungan yang bersih dan sehat, yang menjadi faktor krusial dalam menarik minat kunjungan wisatawan. Kebersihan lingkungan tidak hanya meningkatkan estetika kota, namun juga menciptakan suasana nyaman dan aman bagi para pengunjung, sehingga mendorong mereka untuk kembali menikmati keindahan dan keramahan Kota Denpasar (Suryatmaja et al., 2022).

Namun, di balik pesatnya pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi yang didorong oleh industri pariwisata, Kota Denpasar menghadapi tantangan serius dalam menjaga kualitas lingkungannya. Perubahan alih fungsi lahan dari lahan pertanian menjadi non-pertanian, meskipun berkontribusi pada kemajuan ekonomi, justru menimbulkan dampak negatif yang perlu diwaspadai (Negara et al., 2019).

Salah satu dampak yang paling dirasakan adalah berkurangnya daerah resapan air dan meningkatnya limpasan permukaan. Kondisi ini menyebabkan beberapa wilayah di Kota Denpasar menjadi rentan terhadap banjir, terutama saat musim hujan (Suamba and Nurdiantoro, 2015). Genangan air yang terjadi tidak hanya mengganggu aktivitas masyarakat, namun juga berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi dan kerusakan infrastruktur (Wangsa and Padilla, 2023).

Permasalahan banjir di Kota Denpasar diperparah oleh sistem drainase yang kurang memadai. Saluran drainase yang ada seringkali tersumbat oleh sedimen dan sampah, sehingga tidak mampu menampung debit air hujan yang berlebihan. Akibatnya, air meluap ke jalan dan permukiman penduduk, menyebabkan ketidaknyamanan dan kerugian bagi Masyarakat (Wangsa et al., 2024b).

Menyadari urgensi permasalahan tersebut, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menganalisis daya tampung saluran drainase di Kota Denpasar. Penelitian ini difokuskan pada saluran drainase di Jalan Cekomaria menuju Jalan Padma Denpasar, yang merupakan salah satu titik rawan banjir.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh data dan informasi yang akurat mengenai daya tampung saluran drainase di Jalan Cekomaria. Hasil analisis tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam upaya peningkatan kapasitas dan efektivitas sistem drainase di Kota Denpasar, sehingga permasalahan banjir dapat diatasi secara komprehensif.

**Kondisi Banjir dan Drainase**

Kondisi drainase dengan genangan yang cukup tinggi dan kondisi banjir yang terjadi di Jalan Cekomaria menuju Jalan Padma Denpasar sesuai pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Kondisi Banjir



Gambar 2. Kondisi Drainase Meluap

**Analisis Hidrolika**

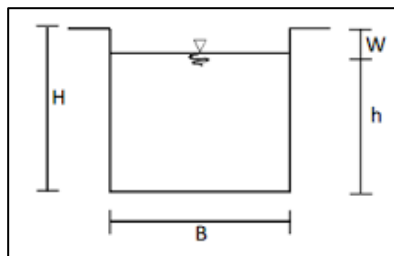
Analisis hidrolis digunakan untuk perhitungan teknik sistem drainase yang direncanakan berdasarkan kebutuhan teknik. Perkiraan ukuran saluran berdasarkan aliran maksimum (Suripin, 2004).

**Penampang Saluran**

Penampang saluran (bagian saluran) melintang secara vertikal terhadap arah aliran, sementara penampang saluran vertikal (bagian saluran vertikal) meliputi titik terendah atau terendah dalam penampang (Suryatmaja et al., 2023a).

Parameter dalam menghitung daya tampung air penampang saluran dengan bentuk saluran segi empat adalah sesuai Gambar 3:

1. Luas Penampang Basah (A)  
 $A = B \cdot h$  .....(1)
2. Keliling basah (P)  
 $P = B + 2h$  .....(2)
3. Jari-jari Hidrolik (R)  
 $R = \frac{A}{P}$  .....(3)



Gambar 3. Bentuk Saluran Segi Empat

Keterangan:

B = Lebar saluran (m)

P = Keliling saluran (m)

h = Kedalaman air (m)

R = Jari-jari hidrolik (m)

4. Kecepatan aliran adalah laju aliran air yang melewati sebuah penampang melintang sungai per satuan waktu (Montjai, 2015). Rumus kecepatan aliran metode *Manning* adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

V = Kecepatan aliran air (m/dt)

n = Koefisien *manning*

R = Jari-jari hidrolik (m)

S = Kemiringan saluran.

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

Tabel 1. Nilai koefisien *Manning*

Bahan	Koefisien <i>Manning</i> (n)
Besi tuang lapis	0,014
Saluran beton	0,013
Beton dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

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

Keterangan:

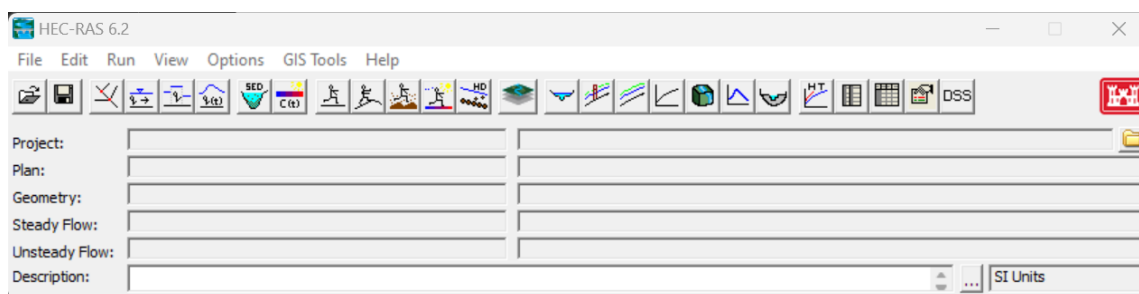
Q = Debit Aliran (m<sup>3</sup>/dt)

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

A = Luas penampang (m)

### Pemodelan Program HEC-RAS

HEC-RAS merupakan sebuah program analisis hidrolik yang komprehensif, di mana pengguna dapat berinteraksi dengan sistem melalui *Graphical User Interface* (GUI) (Istiarto, 2014). Tampilan menu utama program HEC-RAS sesuai pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Menu Utama HEC-RAS

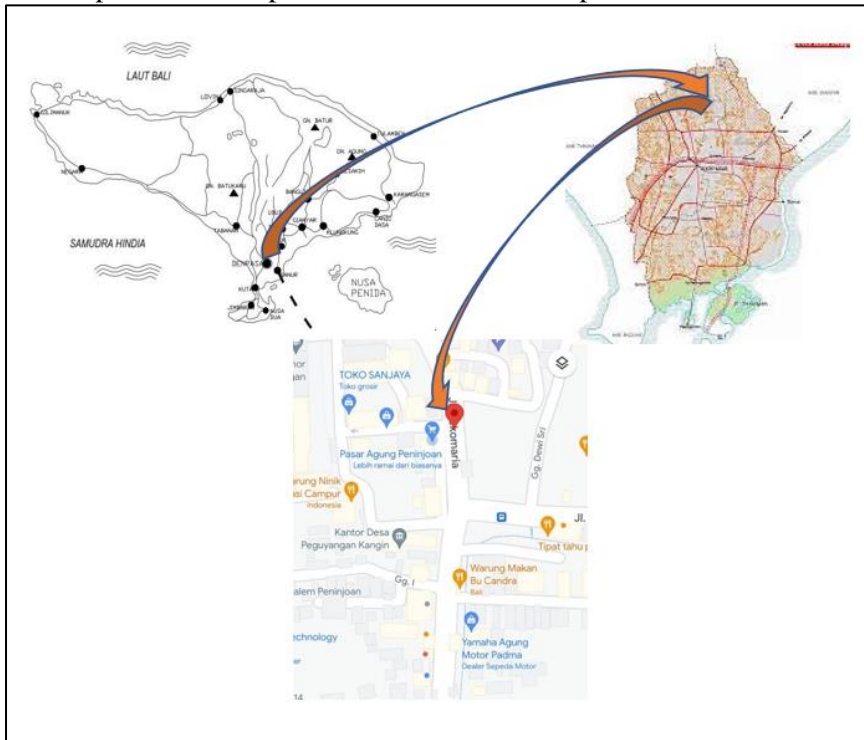
### METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif-kuantitatif. Metode deskriptif dalam penelitian ini adalah dengan pemantauan yang mendeskripsikan kondisi drainase dan kondisi banjir pada lokasi penelitian. Sedangkan metode kuantitatif dalam penelitian ini adalah dengan mengevaluasi kapasitas saluran drainase (Suryatmaja et al., 2023b).

Pemantauan dan evaluasi kinerja sistem drainase perkotaan didasarkan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014, pada bagian kelima paragraf 1 umum pasal 24 ayat 1 dan ayat

5. Pemantauan didasarkan pada paragraf 2 pasal 26, sedangkan evaluasi didasarkan pada paragraf 3 pasal 27 ayat 1, 3 dan 4 (Kementerian PUPR, 2014).

Peta lokasi penelitian dan peta saluran adalah sesuai pada Gambar 5 dan Gambar 6:



Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 6. Peta Saluran

Keterangan:



: Aliran Sungai Ayung  
: Saluran drainase

Karakteristik genangan yang terjadi pada saluran drainase adalah genangan akibat sampah dan genangan air. Tinggi genangan akibat sampah pada penampang saluran adalah 10 cm dan genangan air dengan tinggi 10 cm. Terlihat sesuai pada Gambar 7 dan Gambar 8. Lama genangan pada seluruh penampang adalah selama 30 menit.



Gambar 7. Genangan Air di Cekomaria (Hulu)



Gambar 8. Genangan Air di Padma (Hilir)

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian adalah pada Stasiun Peguyangan Kaja, Stasiun Sumerta dan Stasiun Sanglah. Berikut adalah data curah hujan ke-3 stasiun tersebut dari tahun 2003 hingga 2022 adalah sesuai pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Curah Hujan

No	Tahun	Stasiun Curah Hujan		
		Peguyangan Kaja (mm)	Sumerta (mm)	Sanglah (mm)
1	2003	0.00	170.00	124.00
2	2004	0.00	163.00	112.00
3	2005	0.00	152.00	148.00
4	2006	0.00	131.00	106.00
5	2007	0.00	125.00	190.00
6	2008	147.00	130.-00	106.00
7	2009	210.00	92.00	190.00
8	2010	160.00	135.00	89.00
9	2011	120.00	123.00	106.00
10	2012	103.00	93.00	99.00
11	2013	113.00	140.00	128.00
12	2014	90.00	119.00	68.00
13	2015	96.00	110.00	99.00
14	2016	133.00	164.00	180.00
15	2017	139.00	98.00	106.00
16	2018	100.00	194.00	139.00
17	2019	76.00	115.00	73.00
18	2020	63.00	72.00	124.00
19	2021	125.00	155.00	184.00
20	2022	148.00	180.00	120.00

Sumber: (Stasiun Klimatologi, 2023)

Setelah penelitian kami sebelumnya dan dari sumber SNI 2415:2016 (BSN, 2016) mengenai tata cara perhitungan debit banjir rencana, untuk hasil perhitungan curah hujan rencana dan debit banjir rencana didapatkan sebagai berikut (Prasetya et al., 2023):

1. Curah Hujan Rencana menggunakan metode *Log Pearson Tipe III*
  - a. Kala ulang 2 tahun = 112,510 mm
  - b. Kala ulang 5 tahun = 136,970 mm
  - c. Kala ulang 10 tahun = 152,432 mm
2. Debit Banjir Rencana menggunakan metode Rasional
  - a. Kala ulang 2 tahun,  $Q = 0,320 \text{ m}^3/\text{dt}$
  - b. Kala ulang 5 tahun,  $Q = 0,441 \text{ m}^3/\text{dt}$
  - c. Kala ulang 10 tahun,  $Q = 0,520 \text{ m}^3/\text{d}$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Evaluasi Daya Tampung Saluran Drainase Eksisting

Analisis dan evaluasi daya tampung saluran drainase eksisting dilakukan dengan tujuan untuk mencapai debit maksimum saluran eksisting dibandingkan dengan debit banjir rencana. Tabel berikut merupakan perhitungan untuk memperkirakan kapasitas saluran drainase eksisting sesuai pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Analisis  $Q$  eksisting Saluran Metode Rasional

No.	Section	Lebar, dalam Saluran		Keliling Basah	Jari-jari hidrolis	Luas Permukaan	Kecepatan	Debit Aliran
		b	h	P	R	A	V	Q
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)
1	0-200 m	0,5	0,6	1,7	0,18	0,3	0,415	0,124
2	200-400 m	0,6	0,6	1,8	0,20	0,36	0,451	0,162
3	400-600 m	0,6	0,7	2	0,21	0,42	0,466	0,196
4	600-800 m	0,7	0,8	2,3	0,24	0,56	0,514	0,288
5	800-1000 m	1	0,8	2,6	0,31	0,8	0,601	0,480

Catatan: Nilai koefisien *manning* (n) yang digunakan adalah untuk pasangan batu di semen = 0,024  
Kemiringan talud saluran (m) = 0,001

Dari hasil  $Q$  Debit Rencana dan  $Q$  Debit Aliran diatas dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan untuk mengetahui kondisi daya tampung sesuai pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan  $Q$  Debit Aliran dan  $Q$  Debit Rencana

No.	Section	Q	Q 2th	Q 5th	Q 10th	Keterangan
		Eksisting (m <sup>3</sup> /dt)	Rasional (m <sup>3</sup> /dt)	Rasional (m <sup>3</sup> /dt)	Rasional (m <sup>3</sup> /dt)	
1	0-200 m	0,124	0,320	0,441	0,520	Tidak Memenuhi
2	200-400 m	0,162	0,320	0,441	0,520	Tidak Memenuhi
3	400-600 m	0,196	0,320	0,441	0,520	Tidak Memenuhi
4	600-800 m	0,288	0,320	0,441	0,520	Tidak Memenuhi
5	800-1000 m	0,480	0,320	0,441	0,520	Memenuhi

Hasil evaluasi daya tampung saluran drainase eksisting di Jalan Cekomaria menuju Jalan Padma Denpasar menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kapasitas tampung pada segmen saluran yang berbeda. Berdasarkan perhitungan debit banjir rencana dan kapasitas saluran eksisting, segmen saluran pada titik 0–800-meter tidak mampu menampung debit banjir rencana untuk kala ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun (Wangsa et al., 2021).

Hal ini mengindikasikan bahwa pada segmen tersebut, saluran drainase eksisting tidak memiliki kapasitas yang cukup untuk menampung debit air sehingga berpotensi menyebabkan banjir ketika hujan dengan intensitas tinggi terjadi (Suardana et al., 2022).

Di sisi lain, segmen saluran pada titik 800–1000-meter menunjukkan kapasitas yang memadai untuk menampung debit banjir rencana pada seluruh kala ulang. Artinya, pada segmen ini, saluran drainase eksisting mampu mengalirkan air dengan lancar sehingga tidak terjadi genangan atau banjir.

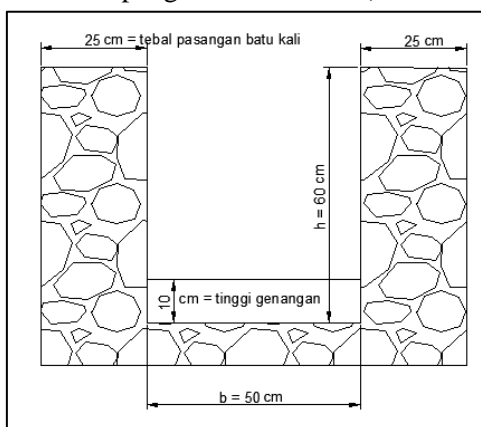
Untuk memperjelas hasil evaluasi dan mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi hidrolika saluran drainase, dilakukan pemodelan menggunakan program HEC-RAS. Pemodelan ini memungkinkan visualisasi profil muka air dan menunjukkan dengan jelas segmen saluran mana yang mengalami *overtopping* atau luapan air pada berbagai kondisi debit banjir (Wangsa et al., 2023).

Dengan demikian, kombinasi analisis perhitungan kapasitas dan pemodelan HEC-RAS memberikan pemahaman yang mendalam mengenai kinerja saluran drainase eksisting dan menjadi dasar yang kuat dalam merumuskan rekomendasi perbaikan atau peningkatan sistem drainase di lokasi penelitian (Wangsa et al., 2024a).

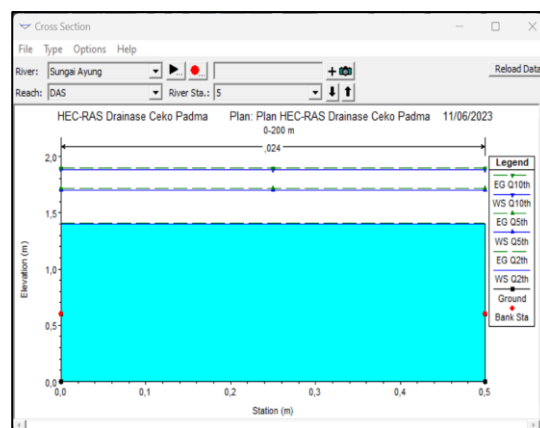
### Pemodelan Daya Tampung Air dengan Program HEC-RAS

Berikut hasil analisis perbandingan pada gambar saluran eksisting dan hasil analisis saluran:

#### 1. Penampang saluran di titik (0 – 200 m)



Gambar 9. Skema Saluran Eksisting

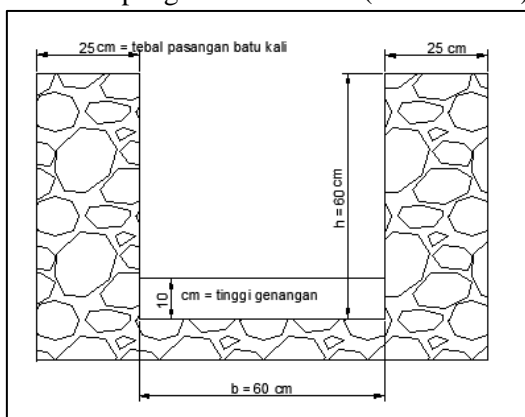


Gambar 10. Hasil analisis saluran titik 0-200 m

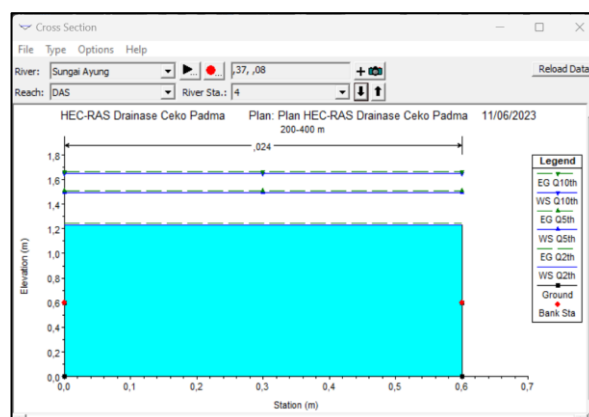
#### Keterangan:

Berdasarkan analisis data skema saluran eksisting dan hasil pemodelan debit banjir rancangan menggunakan program HEC-RAS, terdapat potensi banjir pada titik 0–200-meter karena daya tampung saluran tidak mencukupi.

#### 2. Penampang saluran di titik (200 – 400 m)



Gambar 11. Skema Saluran Eksisting

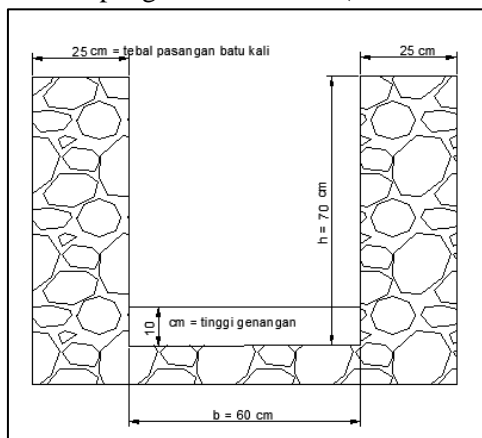


Gambar 12. Hasil analisis saluran titik 200-400 m

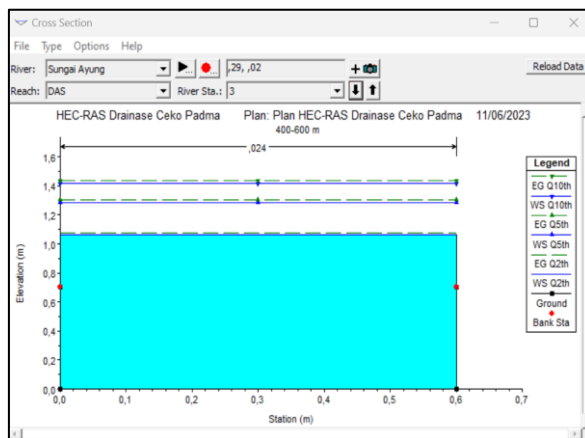
#### Keterangan:

Hasil pemodelan HEC-RAS menunjukkan bahwa saluran drainase eksisting pada titik 200–400-meter tidak mampu menampung debit banjir rancangan, sehingga berpotensi terjadi genangan air atau banjir di area tersebut.

3. Penampang saluran di titik (400 – 600 m)



Gambar 13. Skema Saluran Eksisting

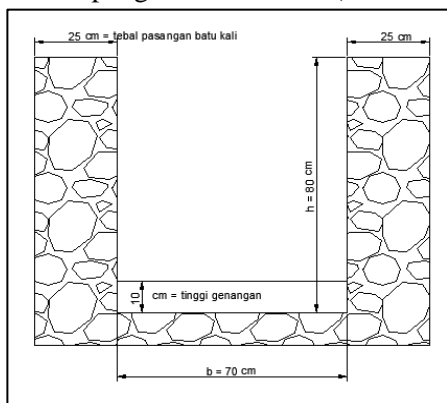


Gambar 14. Hasil analisis saluran titik 400-600 m

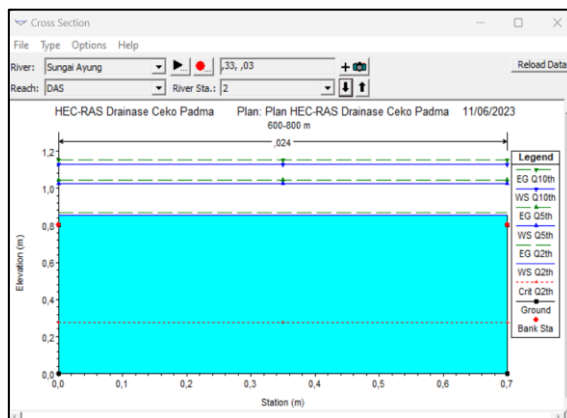
Keterangan:

Simulasi hidrolika dengan HEC-RAS, menggunakan data skema saluran eksisting dan debit banjir rancangan, mengindikasikan risiko banjir pada titik 400–600-meter akibat keterbatasan daya tampung saluran.

4. Penampang saluran di titik (600 – 800 m)



Gambar 15. Skema Saluran Eksisting

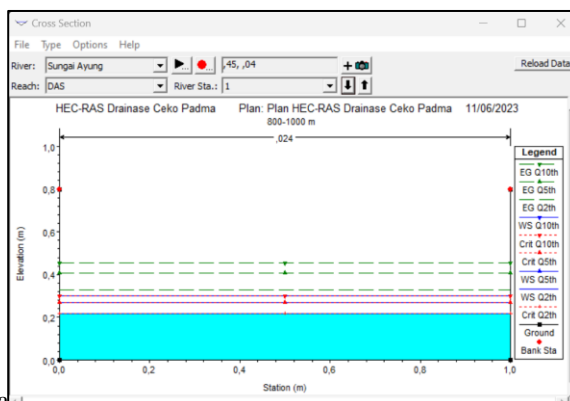
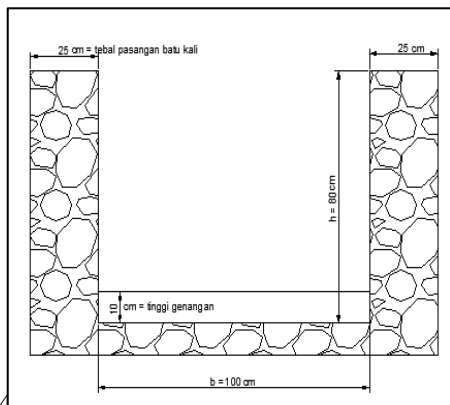


Gambar 16. Hasil analisis saluran titik 600-800 m

Keterangan:

Analisis daya tampung saluran drainase eksisting dengan program HEC-RAS menunjukkan bahwa segmen 600–800-meter tidak dapat menampung debit banjir rancangan, sehingga diperlukan upaya penanganan banjir di area tersebut.

5. Penampang saluran di titik (800 – 1000 m)





Gambar 17. Skema Saluran Eksisting

Gambar 18. Hasil analisis saluran titik 800-1000 m

Keterangan:

Berdasarkan analisis hidrolika menggunakan program HEC-RAS dengan data skema saluran eksisting dan debit banjir rancangan, hasil menunjukkan bahwa kapasitas saluran pada titik 800–1000-meter mencukupi untuk menampung debit banjir pada seluruh kala ulang yang dianalisis. Dengan demikian, diperkirakan tidak akan terjadi banjir di segmen tersebut.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting di Jalan Cekomaria menuju Jalan Padma Denpasar menunjukkan bahwa segmen 0-800 meter tidak mampu menampung debit banjir rancangan untuk kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Hal ini disebabkan karena kapasitas saluran eksisting lebih kecil dibandingkan debit banjir rancangan, sehingga berpotensi menyebabkan banjir di segmen tersebut. Sementara itu, segmen 800-1000 meter memiliki kapasitas yang mencukupi untuk menampung debit banjir rancangan pada seluruh kala ulang, sehingga tidak akan terjadi banjir di segmen tersebut.
2. Analisis hidrolika menggunakan program HEC-RAS dengan input data skema saluran eksisting dan debit banjir rancangan mengkonfirmasi hasil evaluasi kapasitas saluran. Pada segmen 0-800 meter, terjadi luapan air (*overtopping*) karena kapasitas saluran tidak mencukupi untuk menampung debit banjir pada seluruh kala ulang. Sebaliknya, pada segmen 800-1000 meter, tidak terjadi luapan air karena kapasitas saluran mencukupi.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, diajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Peningkatan kapasitas saluran drainase di segmen 0-800 meter. Beberapa alternatif yang dapat dipertimbangkan antara lain:
  - a. Normalisasi saluran dengan memperlebar dan memperdalam saluran.
  - b. Pembangunan saluran drainase baru untuk menambah kapasitas tampung.
  - c. Implementasi sistem drainase berkelanjutan, seperti sumur resapan dan bioretensi, untuk mengurangi limpasan permukaan.
2. Perbaikan sistem drainase secara menyeluruh. Upaya ini meliputi:
  - a. Pemeliharaan saluran secara berkala untuk mencegah sedimentasi dan penyumbatan.
  - b. Pengendalian sampah untuk mencegah sampah masuk ke saluran drainase.
  - c. Sosialisasi kepada masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan dan tidak membuang sampah sembarangan.
3. Pemantauan berkala terhadap kondisi saluran drainase. Pemantauan ini bertujuan untuk:
  - a. Mencegah terjadinya kerusakan dan penyumbatan saluran.
  - b. Mengevaluasi efektivitas sistem drainase dalam mengendalikan banjir.
  - c. Menyediakan data dan informasi untuk perencanaan dan pengembangan sistem drainase di masa mendatang.

## DAFTAR PUSTAKA

- BSN, I., 2016. Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana. SNI 2415, 2016.
- Istiarto, 2014. Simulasi aliran 1 dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS. Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kementerian PUPR, I., 2014. Peraturan Menteri PU RI No. 12/PRT/M/ 2014. Tentang Penyelenggaraan Sist. Drainase Perkota. 1–18.
- Montjai, 2015. Analisis Koefisien Kekasaran Sungai Di Sungai Sario Dengan Persamaan Manning. In *cocos* 6.
- Negara, I., Sudiarta, I.N., Suardana, I.W., 2019. Faktor yang Mempengaruhi Kepuasan Wisatawan Berkunjung di Serangan Denpasar Bali. *J. Master Pariwisata* 6, 125–140.
- Prasetya, I.P., Suryatmaja, I.B., Ratu, A.A., Wangsa, R., 2023. Analisis Hidrologi Rancangan Pada Saluran Drainase Di Daerah Pegunungan Kangin Denpasar Utara 3, 2023.
- Stasiun Klimatologi, J., 2023. Data Curah Hujan Stasiun Pegunungan Kaja, Sumerta dan Sanglah.

Jembrana.

- Suamba, D.P., Nurdiantoro, E., 2015. Pembangunan Berwawasan Budaya Di Kota Denpasar. *Media Komun. FPIPS* 14, 1–8.
- Suardana, I.M., Suryatmaja, I.B., Wangsa, A.A.R.R., Nada, I.M., 2022. Analisis Kapasitas Saluran Drainase Kota Bangli Ruas Jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai Selatan Lapangan Kapten Mudita-Patung Adipura Kabupaten Bangli. *J. Ilm. Tek. Univ. Mahasaraswati Denpasar* 2, 15–20.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta, Indones. ANDI Offset 7.
- Suryatmaja, I.B., Ritaka Wangsa, A.A. ratu, Wijaya, I.M.P., 2023a. Analisis Hidrolika Pada Saluran Drainase Di Daerah Seminyak Kecamatan Kuta Kabupaten Badung. *J. Ilm. Kur* 12, 62–68.
- Suryatmaja, I.B., Wangsa, A.A.R.R., Nada, I.M., Perdana, I.W.G.P., 2023b. Analisis Kapasitas Saluran Drainase di Jalan Tukad Yeh Aya Renon Denpasar. *J. Ilm. Kurva Tek.* 12, 158–165.
- 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. *J. Ilm. Kurva Tek.* 11, 37–44.
- Triatmodjo, B., 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta.
- Wangsa, A.A.R.R., Nada, Im., Suryatmaja, I.B., 2024a. Efficiency of Infrastructure Planning of Retaining Wall as Flood Control in Bangin River Pecatu Badung Bali BT - Proceedings of the International Conference on Emerging Smart Cities (ICESC2022). In: Mohammed, B.S., Min, T.H., Sutanto, M.H., Joewono, T.B., As'ad, S. (Eds.), . Springer Nature Singapore, Singapore, pp. 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, 300–308.
- Wangsa, A.A.R.R., Pradnyadari, N.L.M.A.M., Ramadhana, M.A., 2021. Analisis Kapasitas Saluran Pada Proyek Normalisasi Sungai di Desa Adat Peminge Banjar Sawangan Nusa Dua Bali. *J. Ilm. Kurva Tek.* 10, 86–96.
- 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 J. Mitra Tek.* Sipil 755–764.
- Wangsa, A.A.R.R., Suryatmaja, I.B., Nada, I.M., 2024b. Analisis Kapasitas Air Pada Saluran Drainase Di Jalan Antasura Daerah Peguyangan Kaja Denpasar Utara. *Ganec Swara* 18, 445.