

PEMODELAN 1D DAN 2D SUNGAI TUKAD PENET BAGIAN HILIR

1D AND 2 D DOWNSTREAM MODELLING OF TUKAD PENET RIVER

Ayisyah Cindy Harifa¹, Kharisma Nur Cahyani²

^{1,2} Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No.9 Lowokwaru Kota Malang, 65141, Indonesia

Email: ayisyah_civil@polinema.ac.id

ABSTRAK

Banjir di sungai merupakan fenomena yang akan terjadi, apabila kapasitas sungai berkurang. Kapasitas sungai dapat berkurang disebabkan oleh sedimen, sampah, atau material lain yang terbawa dalam aliran sungai. Analisis pemodelan banjir pada Sungai Tukad Penet Bagian Hilir di Kabupaten Tabanan bertujuan untuk menganalisis besarnya banjir dan luasan luapan banjir. Analisis dilakukan dengan perhitungan debit banjir rancangan kemudian dijadikan input model HEC-RAS 1D dan 2D. Hasil yang diperoleh dalam analisis banjir adalah debit banjir rencana dengan metod HSS Nakayasu sebesar 10 tahun sebesar 404.69 m³/dt, 25 tahun sebesar 959.43 m³/dt, 50 tahun sebesar 979.77 m³/dt, 100 tahun sebesar 1,029.87 m³/dt, dan 200 tahun sebesar 1,107.37 m³/dt. berdasarkan model HEC-RAS 1D menghasilkan ketinggian banjir maksimum sebesar 11.06 m sedangkan hasil simulasi 2D menghasilkan area banjir hingga 56.8 Ha.

Kata kunci: Banjir, HEC-RAS, Pemodelan

ABSTRACT

Flooding in rivers is a phenomenon that will occur, if the capacity of the river decreases. The capacity of the river can be reduced due to sediment, garbage, or other materials carried in the river flow. The flood modeling analysis on the Tukad Penet River in the downstream of the Tukad Penet River in Tabanan Regency aims to analyze the magnitude of the flood and the extent of the flood overflow. The analysis was carried out by calculating the flood discharge of the design and then used as input for the HEC-RAS 1D and 2D models. The results obtained in the flood analysis were planned flood discharge with the Nakayasu HSS method of 10 years of 404.69 m³/s, 25 years of 959.43 m³/s, 50 years of 979.77 m³/s, 100 years of 1,029.87 m³/s, and 200 years of 1,107.37 m³/s. based on the HEC-RAS 1D model, it produced a maximum flood height of 11.06 m, while the results of the 2D simulation resulted in a flood area of up to 56.8 Ha.

Keywords: Flood, HEC-RAS, River Modelling

PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu sumber air yang memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan manusia. Namun, jika tidak dikelola dengan baik, sungai juga bisa menjadi sumber berbagai masalah, bahkan bencana, bagi lingkungan sekitarnya.

Penurunan kapasitas alur sungai menyebabkan kemampuan sungai menampung aliran air menurun. Akibatnya, saat curah hujan tinggi atau pada musim hujan, terjadi banjir. Banjir ini tidak hanya merugikan manusia dari sisi ekonomi, tetapi juga menimbulkan berbagai dampak negatif lainnya, seperti lingkungan yang tercemar, risiko penyakit, dan pemandangan yang kurang sedap dipandang. Banjir yang terjadi pada wilayah hulu merupakan akibat dari kiriman dai hulu yang meluap, hujan, dan gennagan air pasang (Dewanti dan Maulana, 2016).

Namun demikian, bencana di Sungai tidak hanya disebabkan oleh peristiwa meteorologi saja, akan tetapi Industrialisasi dan urbanisasi, serta keragaman dan intensitas aktifitas manusia juga memberikan peran penting (Sönmez dan Doğan, 2016).

Pemodelan banjir sangat penting bagi penilaian bahaya banjir untuk menunjukkan besarnya banjir dengan kemungkinan yang lebih besar dari probabilitas (Sönmez dan Doğan, 2016). Hasil pemodelan akan menghasilkan pemetaan terkait luas wilayah yang terdampak banjir.

Permasalah Sungai yang umum terjadi di Sungai-sungai besar di Indonesia adalah banjir, yaitu meluapnya air dari badan Sungai. Sehingga pemodelan pemetaan banjir sangat penting untuk dilakukan sebagai dasar untuk penetapan sempadan, atau sebagai dasar penentuan jalur evakuasi, pada saat terjadi banjir.

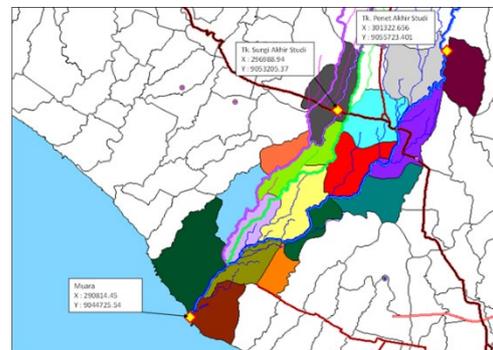
Pemodelan 1D dan 2D (Harifa/hal. 31-39)

Tukad Penet merupakan sungai besar yang berada di dua kabupaten yaitu Tabanan dan Badung. Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Tukad Penet di Bali adalah sekitar 160 km², dengan sungai utama yang memiliki panjang 45,3 km. pemanfaatan air dari Sungai Tukad Penet untuk irigasi dan air baku.

Pemodelan banjir ini pada wilayah hilir tukad penet dilaksanakan dengan tujuan akhir mencari luas genangan akibat luapan Sungai, serta studi ini diharapkan menjadi masukan yang penting bagi penentuan sempadan sungai, sehingga nantinya akan masukan kepada pemerintah kabupaten Badung dan Tabanan terkait pemanfaatan sempadan sungai.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada DAS Tukad Penet yang terletak di Kabupaten Tabanan dan Kabupaten Badung, terlampir pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Studi

Tahapan-tahapan yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Pengumpulan data

Data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah data sekunder untuk menunjang analisis hidrologi dan pemodelan, berupa:

- Data curah hujan yang digunakan mencakup periode minimal 10 tahun, diperoleh dari stasiun hujan terdekat yang berada di area lokasi penelitian.

- b. Data topografi berupa data Digital Elevation Model (DEM), yang diperoleh dari DEMNAS.
2. Pengolahan data
Pada tahapan pengolahan data, yaitu:
 - a. Pengumpulan data curah hujan yang digunakan adalah hujan harian stasiun Baturiti, Luwus, Kuwum, Mengwi Gede, Kapal dan Bongan Tahun 2000 hingga 2014.
 - b. Validasi data hujan
 - c. Analisis hujan rancangan
 - d. Perhitungan distribusi hujan jam-jaman
 - e. Perhitungan hujan efektif
 - f. Perhitungan banjir rancangan
3. Analisis hidrolika profil muka air
Pada tahapan analisis hidrolika profil muka air, yaitu:
 - a. Pendekatan Model Numeric
 - b. Flow Boundary Condition / Syarat Batas
 - c. Running program
 - d. Analisis hidraulik Kondisi Eksisting Tukad Penet
4. Pemetaan
Tahapan terakhir yaitu pemetaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Hidrologi DAS Tukad Penet
Analisis banjir suatu DAS pasti diawali dengan analisis hidrologi, berupa perhitungan banjir rancangan hingga debit banjir rancangan, yang akan digunakan sebagai acuan dalam analisis hidrolika. Tujuan dari analisis ini adalah untuk menentukan muka air banjir di sungai, yaitu di Tukad Penet.
2. Validasi Data Hujan DAS Tukad Penet
Data tidak dapat langsung digunakan, data tersebut harus diuji secara statistik untuk memastikan kelayakannya. Data yang digunakan dalam analisis hidrologi harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu bersifat acak, tidak menunjukkan tren, dan bersifat

homogen. Kriteria ini penting untuk memastikan bahwa data tersebut dapat menggambarkan kondisi yang sebenarnya tanpa adanya pengaruh bias atau ketidakteraturan dalam pengumpulan data (Soemarto, 1988). Data hidrologi yang akan digunakan harus memiliki sifat konsisten dan homogen. Artinya, data tersebut harus menunjukkan kestabilan dan keseragaman dalam variabel yang diukur, tanpa adanya perubahan yang tidak wajar dari waktu ke waktu atau lokasi yang tidak relevan (Soewarno, 1995). Analisis statistik yang dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa data hujan yang diperoleh memenuhi syarat dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Proses ini penting untuk memastikan kualitas dan validitas data sebelum digunakan dalam perhitungan atau model hidrologi.

Uji konsistensi bertujuan untuk memastikan keakuratan data yang diperoleh secara langsung di lapangan, yang tidak terpengaruh oleh kekeliruan baik *human error* maupun peralatan yang rusak selama proses pengukuran atau pengiriman data. Data tersebut akan digunakan dalam analisis agar dapat mencerminkan kondisi hidrologi yang sebenarnya di lapangan.

Analisis ini akan menguji konsistensi data menggunakan metode statistik RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Analisis uji konsistensi data dilakukan dengan memakai data langsung dari stasiun itu sendiri. Metode ini menggunakan kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dari data tersebut, kemudian hasilnya dibagi dengan akar dari kumulatif rerata kuadrat penyimpangan terhadap nilai rata-rata tersebut. Hasil pengujian RAPS untuk data dari stasiun Baturiti, Luwus, Kuwum, Mengwi Gede, Kapal dan Bongan Tahun 2000 hingga 2014, ditampilkan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Uji RAPS

Derajat Kepercayaan	Q/n ^{0.5}		R/n ^{0.5}	
	Hitung	Tabel	Hitung	Tabel
90%	0.596	1.075	0.948	1.275
95%	0.596	1.18	0.948	1.355
99%	0.596	1.355	0.948	1.49

3. Analisis Frekuensi

Curah hujan rencana diperlukan untuk menghitung debit banjir rencana, terutama ketika data debit banjir dengan rentang waktu pengamatan yang panjang tidak tersedia. Untuk menentukan curah hujan rencana, dibutuhkan data curah hujan harian maksimum dari wilayah tersebut. Perhitungan curah hujan rencana dilakukan melalui analisis probabilitas frekuensi curah hujan. Analisis ini memungkinkan untuk mengestimasi besaran curah hujan yang mungkin terjadi dalam periode tertentu berdasarkan data historis (Efendi dkk., 2022).

Curah hujan rancangan untuk periode ulang tertentu dapat diperkirakan secara statistik menggunakan seri data curah hujan harian maksimum tahunan dengan metode analisis distribusi frekuensi. Biasanya, curah hujan rancangan dihitung untuk periode ulang seperti 1, 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, dan 1000 tahun. Analisis frekuensi dilakukan untuk menentukan distribusi yang paling sesuai dengan data curah hujan yang tersedia dari pos pengamatan.

Analisis frekuensi dapat dilakukan baik menggunakan data curah hujan maupun data

debit. Dalam hidrologi, distribusi frekuensi yang sering digunakan adalah Distribusi *Gumbel* dan *Log Pearson III*, yang keduanya cocok untuk menggambarkan kejadian ekstrem, seperti curah hujan atau debit tinggi yang jarang terjadi dalam periode tertentu. Pemilihan distribusi ini bergantung pada karakteristik data yang tersedia dan kebutuhan analisis untuk memperkirakan kejadian langka (Wigati dan Soedarsono, 2016).

Hasil analisis curah hujan rencana ditampilkan pada tabel 2, untuk kala ulang 1,01 tahun adalah sebesar 61.682 mm, kala ulang 2 tahun adalah 93.184 mm, kala ulang 5 tahun adalah 111.439 mm, kala ulang 10 tahun adalah 123.166 mm, kala ulang 25 tahun adalah sebesar 137.741 mm, kala ulang 50 tahun adalah sebesar 148.501 mm, kala ulang 100 tahun adalah sebesar 159.179 mm, kala ulang 200 tahun adalah sebesar 169.911 mm, kala ulang 500 tahun adalah sebesar 179.080 mm, serta kala ulang 1000 tahun adalah sebesar 195.490 mm. Berikut perhitungan hujan rancangan yang sudah dikalikan dengan area reduction pada Tabel 2.

Tabel 2. Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson III

No	Tr	Hujan (mm)	Area Reduction	Hujan (mm)
1	1.01	68.220	0.904	61.682
2	2.00	103.060	0.904	93.184
3	5.00	123.250	0.904	111.439
4	10.00	136.220	0.904	123.166
5	25.00	152.340	0.904	137.741
6	50.00	164.240	0.904	148.501

No	Tr	Hujan (mm)	Area Reduction	Hujan (mm)
7	100.00	176.050	0.904	159.179
8	200.00	187.920	0.904	169.911
9	500.00	198.060	0.904	179.080
10	1000.00	216.210	0.904	195.490

4. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Metode analisis banjir rancangan menggunakan metode HSS Nakayasu yang telah dikembangkan berdasarkan data yang diambil dari beberapa kondisi fisik sungai di Jepang. Metode Nakayasu memerlukan karakteristik fisik DAS, seperti luas areatangkapan air, panjang sungai, dan kemiringan lereng, yang digunakan untuk menghitung waktu tempuh air hingga titik tertentu di sungai. Karakteristik ini penting untuk memperkirakan debit puncak dan pola aliran air di daerah yang diteliti (Harifa dkk., 2023):

- Waktu yang dibutuhkan sejak hujan mulai turun hingga mencapai titik tertinggi hidrograf (*time to peak magnitude*).
- Waktu dari titik berat hujan hingga titik berat hidrograf merujuk pada durasi yang dibutuhkan dari saat curah hujan mulai terakumulasi hingga titik di mana hidrograf mencapai puncaknya, menggambarkan peralihan antara intensitas curah hujan dan aliran puncak di sungai atau sistem drainase.
- Tenggang waktu hidrograf, durasi yang menggambarkan seluruh periode aliran air yang tercatat dalam hidrograf, mulai dari titik saat hujan pertama kali mulai turun hingga berakhirnya aliran banjir, ini menggambarkan waktu yang diperlukan bagi aliran air untuk kembali ke kondisi normal setelah puncak banjir terjadi. (*time base of hydrograph*)
- Panjang fisik sungai utama (length of the longest channel).
- Koefisien Pengaliran.

Selanjutnya, berdasarkan parameter tersebut, hidrograf unit dihitung untuk setiap jam dan kemudian digambarkan dalam bentuk grafik.

a. Parameter DAS dan Hujan

Berikut ini ialah parameter DAS dan Hujan Tukad Penet:

$$\begin{aligned} \text{Luas DAS} &= 168.51 \text{ km}^2 \text{ (A)} \\ \text{Panjang Sungai} &= 9.90 \text{ km (L)} \\ \text{Tinggi hujan satuan} &= 1,2 \text{ mm (Ro)} \\ \text{Koefisien} &= 2 \text{ (\alpha)} \end{aligned}$$

b. Perhitungan waktu puncak (tp) dan *time lag* (tg)

Waktu Puncak (Tp) dan Time Lag (Tg):

$$\begin{aligned} T_g &= 1.05 \text{ jam} \\ T_r &= 1.05 \text{ jam} \\ T_p &= 1.88 \text{ jam} \\ T_{0.3} &= 2.09 \text{ jam} \\ T_p + T_{0.3} &= 3.97 \text{ jam} \\ T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3} &= 7.11 \text{ jam} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Debit Puncak (Qp)

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{A \times R_o}{3.6 (0.3 T_p + T_{0.3})} \\ &= \frac{168.51 \times 1.2}{3.6 (0.3 \times 1.88 + 2.09)} \\ &= 21.16 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan debit rancangan metode HSS Nakayasu untuk sungai Tukad Penet ditampilkan pada tabel 3. Kala ulang 1.01 tahun menghasilkan debit sebesar 404.69 m³/dt, sedangkan kala ulang 200 tahun menghasilkan debit 1,107.37 m³/dt. Perhitungan yang lebih lengkap ditampilkan pada tabel berikut ini.

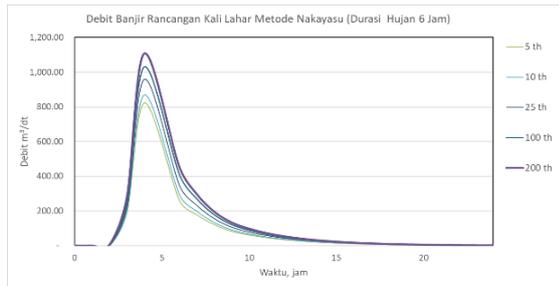
Sedangkan grafik yang menggambarkan bentuk kurva debit rancangan ditunjukkan

Pemodelan 1D dan 2D (Harifa/hal. 31-39)

pada Gambar 2. Pada grafik tersebut menunjukkan kenaikan seragam dari berbagai kala ulang mulai dari 1.01 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun hingga 200 tahun. Kenaikan terjadi pada jam ke 2 sesuai dengan perhitunga *time peak*. Sedangkan penurunan berjalan seragam pula hingga menuju debit dasar atau *baseflow*.

Gambar 2. Grafik Banjir HSS Nakayasu Sungai Tukad Penet

Berikut merupakan ringkasan perhitungan debit banjir dengan metode nakayasu DAS tukad penet pada Tabel 3.



Tabel 3. Ringkasan Perhitungan Debit Banjir dengan Metode Nakayasu DAS Tukad Penet

t jam	Debit Banjir Rancangan Untuk Tiap Kala Ulang (m ³ /dt)				
	1.01 th	25 th	50 th	100 th	200 th
0	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
1	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
2	0.58	0.58	0.58	1.88	5.83
3	95.55	225.91	230.69	247.25	280.08
4	404.69	959.43	979.77	1,029.87	1,107.37
5	227.75	549.85	566.46	599.18	646.94
6	128.98	348.91	377.38	412.86	455.88
7	88.04	232.64	249.42	271.28	298.47
8	60.15	155.80	165.79	179.42	196.78
9	41.16	106.30	113.11	122.43	134.36
10	30.69	78.46	83.22	89.89	98.51
11	23.16	58.53	61.88	66.68	72.97
12	17.51	44.00	46.49	50.07	54.77
13	13.27	33.13	35.00	37.69	41.21
14	10.10	24.99	26.39	28.40	31.05
15	7.71	18.88	19.93	21.44	23.42
16	5.93	14.30	15.09	16.22	17.71
17	4.59	10.87	11.46	12.31	13.42
18	3.59	8.29	8.74	9.37	10.21
19	2.83	6.36	6.69	7.17	7.80
20	2.27	4.92	5.16	5.52	5.99
21	1.85	3.83	4.02	4.29	4.64
22	1.53	3.02	3.16	3.36	3.62
23	1.29	2.41	2.51	2.66	2.86
24	1.11	1.95	2.03	2.14	2.29
Debit maks.	404.69	959.43	979.77	1,029.87	1,107.37

Pemodelan 1D dan 2D (Harifa/hal. 31-39)

5. Pemodelan Banjir Dengan Hec-Ras

Software HEC-RAS (*Hydrological Engineering Center - River Analysis System*) adalah perangkat lunak *freeware* yang digunakan untuk menganalisis berbagai masalah hidrolika baik sungai maupun saluran. Aplikasi ini membantu dalam memprediksi atau memperkirakan banjir, menganalisis kapasitas sungai, memantau kedalaman air di berbagai titik sungai, serta menentukan lokasi yang tepat untuk pembangunan struktur air seperti bendungan dan stasiun pompa (Wijayanto dan Helda, 2022).

Fokus model untuk analisis hidrolika adalah pada penampungan sungai dan data hidrologi sebagai input (Bachri et al., 2021). Sedangkan proses diawali dengan pembuatan geometri sungai dan disimulasikan menggunakan *steady* dan *unsteady flow*. Geometri seperti pada Gambar 3 berikut ini. Geometri berupa garis tengah sungai, cross section sungai, dan letak sempadan kanan dan kiri.

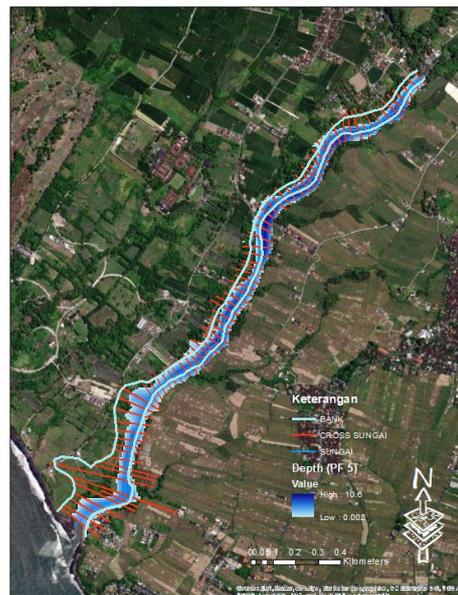


Gambar 3. Cross Sungai Input HECRAS

Berdasarkan Gambar 3 tersebut, sungai tidak berkelok dan tidak terjadi erosi. Cross section dibuat tidak seragam, mengikuti batas bibir sungai kanan dan kiri.

Model 1D digunakan secara luas untuk mensimulasikan aliran di saluran sungai utama dan mungkin sangat berguna untuk memprediksi tingkat banjir dalam beberapa keadaan. Dalam menangani aliran dalam jaringan yang rumit dan besar, pemodelan 1D juga menunjukkan efisiensi komputasi dan parameterisasi yang mudah (Armain dkk., 2021). Untuk parameter yang dimasukkan dalam model 1D adalah banjir maksimal hasil penelusuran banjir dengan metode HSS Nakayasu. Kondisi upstream menggunakan critical depth dan downstream menggunakan slope alami sungai yaitu 0.00524. Analisis Profil permukaan air menggunakan analisis *steady flow*, fungsinya untuk menghitung profil muka air untuk aliran bertahap yang tetap. Komponen aliran tetap mampu memodelkan profil permukaan air rezim aliran subkritis, superkritis, dan campuran (Patel dan Gundaliya, 2016).

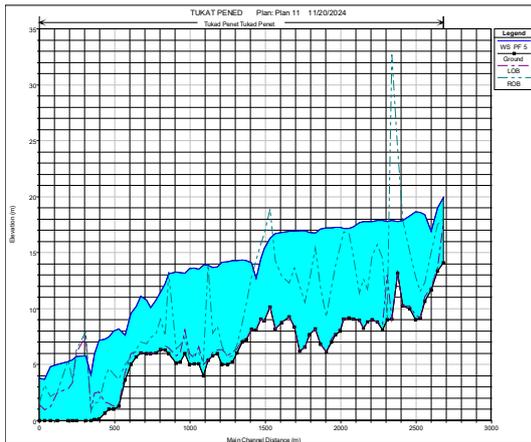
Hasil simulasi *steady flow* 1D ditampilkan dalam Gambar 4. Terlihat bahwa hasil simulasi menunjukkan hanya ada beberapa titik yang memiliki luapan banjir dari sungai dan tidak berada pada wilayah pemukiman, sedangkan ketinggian banjir maksimum adalah 11.06 m.



Gambar 4. Hasil Simulasi 1D Menggunakan *Steady Flow*

Pemodelan 1D dan 2D (Harifa/hal. 31-39)

Gambar 7 menunjukkan profil muka air hasil simulasi steady flow, nampak bahwa area hilir terjadi banjir hingga 1.2 Km. Luas banjir yang menggenang adalah 56.8 Penanganan yang di anjurkan adalah mengurangi area dengan koefisien banjir tinggi, sehingga perlu adanya ruang terbuka disepanjang sungai Tukad Penet. Kegiatan yang bermanfaat untuk penyerapan air seperti pembuatan bangunan konservasi di wilayah hulu sungai memberikan dampak positif untuk penanggulangan banjir di wilayah hilir (Mandagi dan Suharnoto, 2019).



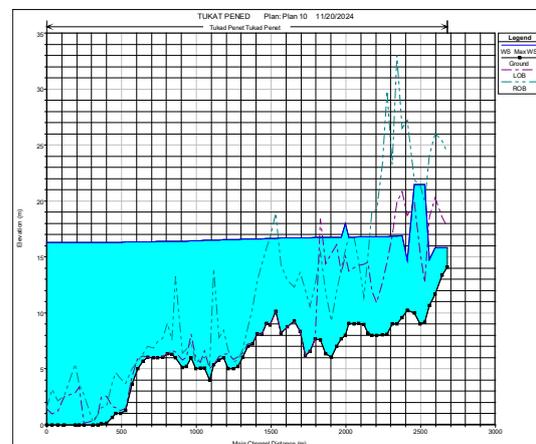
Gambar 5. Profil Muka Air *Steady Flow*

Berdasarkan Gambar 5, model 2D menggunakan simulasi unsteady flow dengan input debit dengan kala ulang 200 th dari jam ke 00.00 hingga 24.00. simulasi dilakukan selama 5 x 24 jam. Input model hampir sama dengan 1D, yang memedakan adalah pada bagian debit yang digunakan, yaitu menggunakan debit jam-jaman, dan juga area tergenang mejadi lebih luas, tidak terbatas pada bibir sungai saja. Debit yang digunakan untuk simulasi unsteady flow menggunakan kala ulang 200 tahun.

Berikut hasil simulasi 2D ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Simulasi 2D Menggunakan *Unsteady Flow*



Gambar 7. Profil Muka Air *Unsteady Flow*

SIMPULAN

Hasil analisis dan pembahasan terkait kajian banjir di Tukat Penet, Kabupaten Tabanan, Bali, antara lain yaitu hasil perhitungan curah hujan rencana menunjukkan nilai untuk berbagai periode ulang: 1,01 tahun sebesar 61,682 mm, 2 tahun 93,184 mm, 5 tahun 111,439 mm, 10 tahun 123,166 mm, 25 tahun 137,741 mm, 50 tahun 148,501 mm, 100 tahun 159,179 mm, 200 tahun 169,911 mm, 500 tahun 179,080 mm, dan 1000 tahun 195,490 mm.

Debit rencana yang dihitung untuk berbagai periode ulang adalah 404,69 m³/dt untuk 10 tahun, 959,43 m³/dt untuk 25 tahun, 979,77 m³/dt untuk 50 tahun, 1.029,87 m³/dt untuk 100 tahun, dan 1.107,37 m³/dt untuk 200 tahun. Tinggi maksimum banjir tercatat

sebesar 11,06 m yang terjadi di sungai utama. Luas area yang terdampak banjir di sekitar sungai mencapai 56,8 Ha, terletak di hilir sungai utama. Model analisis yang diterapkan, termasuk perhitungan debit banjir dan analisis hidrologi, memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pola aliran dan dampak banjir yang dapat terjadi, serta rekomendasi untuk mitigasi risiko banjir di daerah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Armain, M. Z. S., Hassan, Z., Rozainy, M. A. Z. M. R., dan Kamarudzaman, A. N. (2021). Hydrodynamic Modelling of Historical Flood Event Using One Dimensional Hec-Ras in Kelantan Basin, Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 920(1).

Bachri, S., Aldianto, Y. E., Sumarmi, dan Utomo, K. S. B., dan Fathoni, M. N. (2021). Flood Modelling of Badeng River Using Hec-Ras in Singojuruh Sub-District, Banyuwangi Regency, East Java, Indonesia. *Jurnal Geografi*, 13(1), 76–87.

Dewanti, A. P., dan Maulana, A. (2016). Alternatif Penanganan Masalah Genangan Air Hujan pada Drainase Jalan Menggunakan Bak Penampung Dan Pompa (Studi Kasus Jalan Nusa Indah Raya Kelurahan Malaka Jaya Jakarta Timur. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 79–92.

Efendi, M., Harifa, A. C., dan Sutikno, S. (2022). Capacity and Performance Evaluation of Drainage Channel (Case Study on Letjen Sutoyo Street Malang City). *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 7(1), 41–62.

Harifa, A. C., Purnomo, F., dan Sutikno, S. (2023). Flood Model of Downstream

Kali Lahar Using HECRAS. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 8(2), 183–198.

Mandagi, A., dan Suharnoto, Y. (2019). Pemetaan Banjir Menggunakan HEC-RAS pada Kebun Pisang PT Agro Prima Sejahtera di Sekampung Udik, Lampung Timur. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 4(2), 125–134.

Patel, C. G., dan Gundaliya, P. J. (2016). Floodplain Delineation Using HECRAS Model - a Case Study of Surat City. *Open Journal of Modern Hydrology*, 6(1), 34–42.

Soemarto, C. (1988). *Hidrologi Teknik*.

Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Nova.

Sönmez, O., dan Doğan, E. (2016). Determination of Flood Inundation Area in Cedar River Using Calibrated and Validated 1D and 1D/2D Model. *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 337.

T.A. Buishand. (1982). *Some Methods for Testing the Homogeneity of Rainfall Records*. *Journal of Hydrology*, 8(12).

Wigati, R., dan Soedarsono, S. (2016). Analisis Banjir Menggunakan Software Hec-Ras 4.1.0 (Studi Kasus Sub DAS Ciberang HM 0+00 - HM 34+00). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 51–61.

Wijayanto, M. R., dan Helda, N. (2022). Aplikasi Program HEC-RAS 5.0.7 untuk Pemodelan Banjir di Sub-sub DAS Martapura Kabupaten Banjar. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(4), 3868–3880.