

Kajian Banjir Majemuk Terhadap Upaya Pengendalian Banjir Muara Tukad Ayung di Kota Denpasar

Sebastianus Priambodo¹, Mohamad Djaelani²

^{1,2}Universitas Sunan Giri Surabaya

sebastianus.priambodo@gmail.com

Published: April, 2026

ABSTRAK

Tukad Ayung merupakan salah satu sungai terpanjang di Pulau Bali dengan luas DAS 302,913 km² serta panjang sungai utama mencapai 71,3 km. Tukad Ayung bermuara di Desa Adat Kesiman Denpasar Timur. Muara Tukad Ayung kerap berubah seiring sedimentasi dan erosi pantai yang terjadi. Perubahan bentuk Muara Tukad Ayung kembali terjadi saat kejadian banjir akhir Tahun 2025 di Kota Denpasar. Tingginya curah hujan, alih fungsi lahan, limpasan permukaan serta tinggi gelombang pasang memberikan kontribusi pada kejadian banjir majemuk. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan perspektif perencanaan terhadap bangunan pengendali banjir di daerah muara sungai. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif-analitik melalui analisis hidrologi, hidrolika dan analisis gelombang. Penelitian ini akan memadukan elevasi rencana berdasarkan analisis hidrolika dengan analisis gelombang untuk mendapatkan elevasi yang aman di bangunan pengaman pantai serta dinding penahan tanah di wilayah muara Tukad Ayung. Data pengamatan kecepatan dan arah angin BMKG Ngurah Rai periode 1990-2024 dipakai dalam analisis gelombang. Data debit rancangan dan topografi digunakan dalam analisis hidraulik. Data penyelidikan tanah digunakan sebagai acuan kedalaman tanah keras. Berdasarkan hasil analisis gelombang pada kala ulang 25 Tahun, diperoleh panjang gelombang pada 82.898 m, elevasi muka air rencana 2,961 m elevasi puncak bangunan pengaman pantai pada 4,325 m dan elevasi aman 4.8 m. Hasil analisis hidraulik pada bangunan dinding penahan tanah dengan debit rencana Q_{50th} 700,51 m³/detik dan kontrol dengan debit Q_{100th} 780.91 m³/detik memperoleh elevasi aman 5 m.

Kata kunci: Muara Tukad Ayung, Kejadian Banjir Majemuk, Bangunan Pengendali Banjir

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Kejadian banjir di wilayah muara umum terjadi akibat empat mekanisme sumber utama yaitu pasang surut air laut, gelombang pasang, debit sungai dan limpasan permukaan. Fenomena kenaikan muka air laut akibat variabilitas iklim global memberikan kontribusi terhadap kejadian banjir gabungan di masa datang. (Bennett dkk., 2023). Kombinasi antara faktor alam berupa kejadian hujan, jenis tanah dan kemiringan lahan serta factor non alam berupa kapasitas drainase serta tata guna lahan dapat menyebabkan banjir (Nurabriyansyah dkk., 2024). Perkembangan kawasan perkotaan menyebabkan bertambahnya luas permukaan kedap air. Kondisi ini sudah berkontribusi terhadap peningkatan limpasan air permukaan serta beban sistem drainase kawasan perkotaan. Sistem drainase Kawasan perkotaan yang mengalami perubahan struktural dan fungsional seperti sedimentasi, penyumbatan sampah serta kerusakan konstruksi dapat menurunkan kapasitas hidrolis drainase (Edevisio Jose Gandara Sousa Gama dkk., 2026). Rendahnya kesadaran Masyarakat mengenai penanganan sampah yang dialirkan ke badan air memperkecil penampang sistem drainase wilayah. (Marta & Fersari, 2025). Perubahan bentuk dataran yang berada di muara sungai menjadi umum terjadi di banyak lokasi. Perubahan bentuk dataran muara akibat erosi pantai dan sedimentasi merubah kemiringan pantai serta infrastruktur sekitarnya (Purnawanti dkk., 2020). Fenomena ini dapat dilihat pada muara sungai dan pantai di sisi timur Tukad Ayung, seperti Pantai Purnama hingga Pantai Jasri mengalami hal serupa (Putra dkk., 2018) dan (Upadana dkk., 2021).

Kejadian banjir terjadi di Kota Denpasar Bali pada akhir Tahun 2025 menimbulkan korban jiwa, kerusakan infrastruktur dan pemukiman, ekonomi dan pasar serta puluhan titik genangan (Cahyadi dkk., 2026). Kota Denpasar dilalui oleh 3 sungai (Tukad) penting yaitu Tukad Mati, Tukad Badung dan Tukad Ayung. Tukad Mati dan Tukad Badung mengalir dari utara ke selatan dan bermuara di kawasan Teluk Benoa. Tukad Ayung merupakan sungai terpanjang di Bali melintasi sisi timur Kota Denpasar dan bermuara di kawasan desa Adat. Kesiman. Pada muara Tukad Ayung terdapat Pura yang sering dipergunakan sebagai tempat penyucian diri umat hindu yang dikenal sebagai melukat.

Tujuan penelitian ini adalah memberikan perspektif perencanaan terhadap struktur bangunan pengendalian banjir di muara sungai. Struktur bangunan pengendali banjir berupa bangunan pengaman pantai serta dinding penahan tanah yang mampu menahan kondisi banjir majemuk. Kejadian banjir majemuk di muara sungai dipengaruhi oleh hujan di hulu, tinggi muka air sungai serta pasang surut air laut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif–analitik melalui analisis hidrologi, hidrolika dan analisis gelombang. Penelitian ini akan memadukan elevasi rencana berdasarkan analisis hidrolika dengan analisis gelombang untuk mendapatkan elevasi yang aman di wilayah muara Tukad Ayung.

Secara geografis, lokasi penelitian terletak di Muara Tukad Ayung Desa Adat Kesiman, Denpasar Timur, Provinsi Bali pada koordinat $8^{\circ}39'14.34''\text{LS}$, $115^{\circ}16'6.97''\text{BT}$. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.

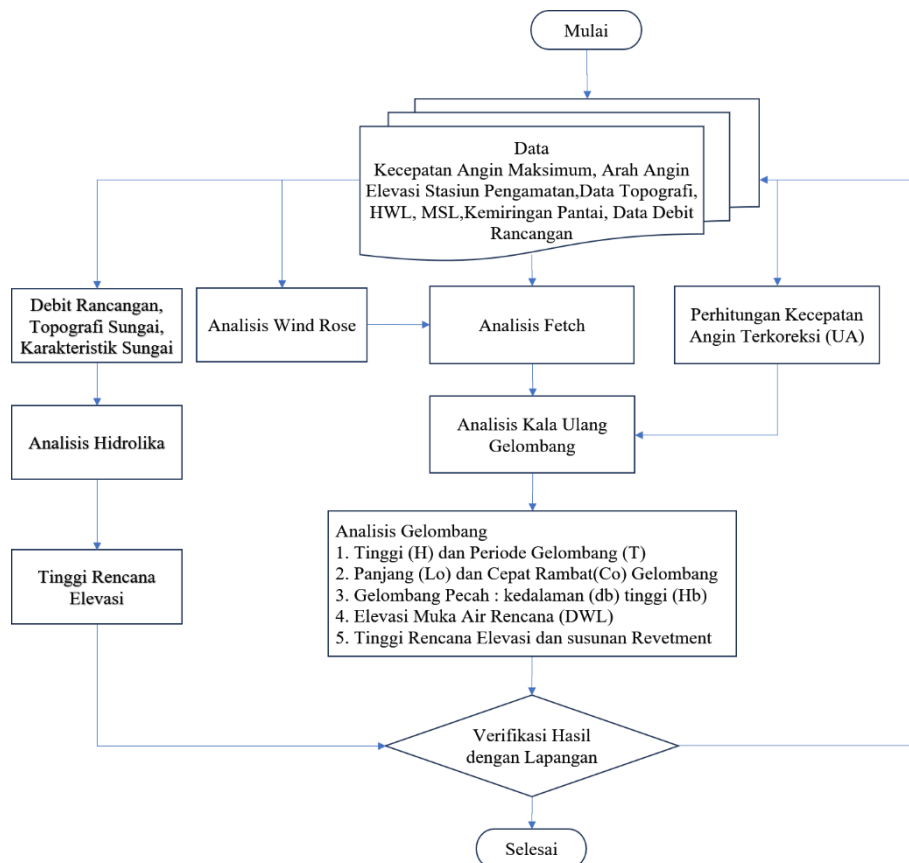


Gambar 1 Lokasi Kegiatan Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data kecepatan dan arah angin harian dari stasiun pengamatan BMKG Ngurah Rai dengan periode pencatatan 1990–2024; Data analisis hidrologi dari BWS Bali Penida untuk DAS Tukad Ayung; Data pengukuran topografi serta Data penyelidikan tanah.

- Data kecepatan, arah kecepatan maksimum, elevasi stasiun pengamatan, kemiringan sungai digunakan dalam analisis wind rose, analisis fetch, serta perhitungan kecepatan koreksi. Analisis gelombang rencana dilakukan dengan analisis kala ulang menggunakan metode gumbel. Selanjutnya dilakukan perhitungan periode gelombang, perhitungan Panjang dan cepat rambat gelombang di laut dalam. Perhitungan sudut datang arah gelombang, perhitungan tinggi gelombang dengan kedalaman tertentu setelah mengalami proses refraksi dan shoaling. Analisis gelombang pecah terdiri dari perhitungan gelombang laut dalam ekuivalen dan perhitungan tinggi gelombang pecah. Analisis elevasi muka air laut rencana, serta elevasi puncak bangunan pengaman pantai berdasarkan run-up dan tinggi jagaan.
- Data debit rancangan, data topografi penampang melintang sungai digunakan sebagai masukan dalam analisis hidrolika untuk mendapatkan tinggi rencana elevasi tanggul.
- Data penyelidikan tanah digunakan sebagai acuan elevasi tanah keras dalam penentuan kedalaman pondasi.
- Data topografi digunakan sebagai acuan dalam penentuan elevasi bangunan struktur. Titik koordinat terdekat menggunakan BM KKOP dengan elevasi acuan msl + 5.341 m

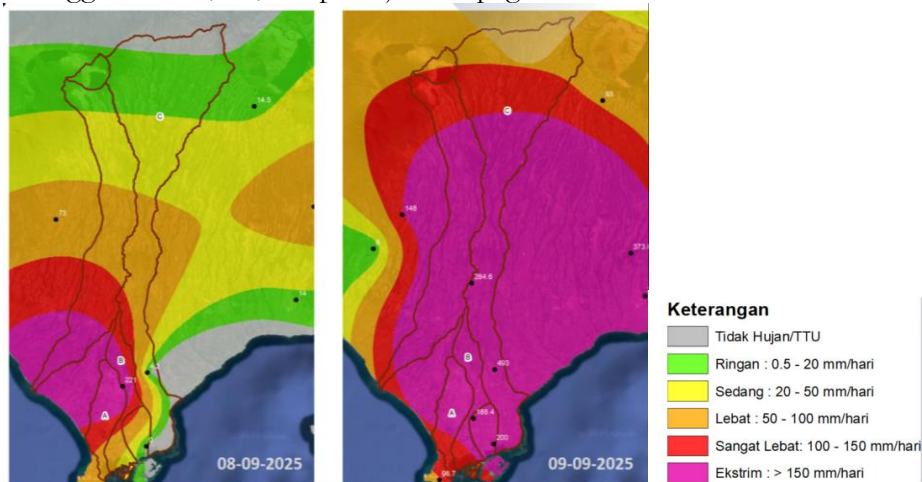
Alur penelitian Kajian Banjir Majemuk Terhadap Upaya Pengendalian Banjir Muara Tukad Ayung di Kota Denpasar dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

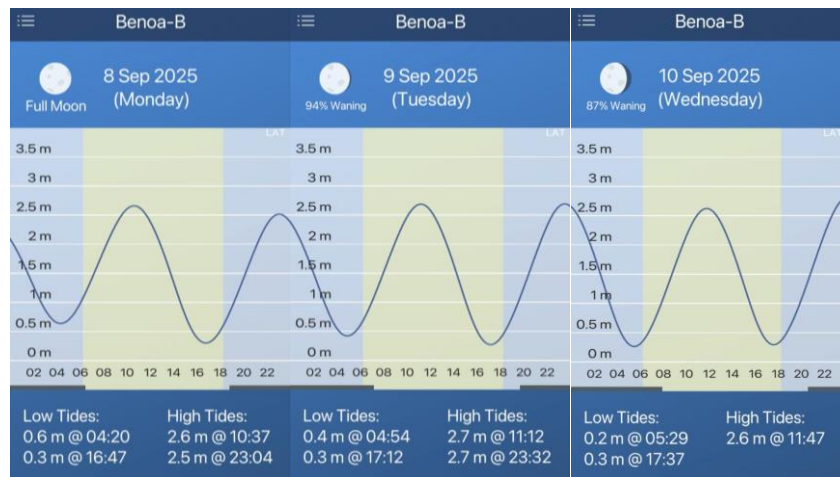
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran fenomena alam yang terjadi saat kejadian banjir gabungan di muara Tukad Ayung Denpasar pada September 2025 lalu adalah sebagai berikut. Berdasarkan data pengamatan curah hujan harian terdapat kejadian hujan ekstrim di wilayah tengah DAS Ayung. Sedangkan pada hilir DAS Ayung terjadi pasang tertinggi antara 2,5-2,7 m pada jam 10 pagi serta 23 malam.



Gambar 3 Isohyet Kejadian Hujan saat Kejadian Banjir Denpasar September 2025

Sumber : BWS Bali Penida, 2026



Gambar 4 Kondisi Pasang Surut saat Kejadian Banjir Denpasar September 2025

Sumber : Aplikasi Tides, 2026

Dampak yang terjadi akibat banjir gabungan di wilayah Muara Tukad Ayung adalah hilangnya jalan setapak beserta sarana wisata yang berada di sisi kiri Tukad Ayung serta hilangnya sebagian besar Pura Desa Melanting Jambe Pule di sisi kanan Tukad Ayung. Perbandingan kondisi muara Tukad Ayung tahun 2023 serta tahun 2026 akibat banjir gabungan dapat dilihat pada gambar google earth berikut.



Gambar 5 Perubahan bentuk muara pada tahun 2023 (kiri) dan tahun 2026 (kanan)

Sumber : Google earth, 2026

Untuk mempelajari fenomena kejadian banjir gabungan yang terjadi di Muara Tukad Ayung, maka dilakukan analisis gelombang. Analisis gelombang menggunakan data pengamatan kecepatan dan arah dominan selama 35 tahun. Analisis data pengamatan yang dipergunakan merupakan pengamatan selama 35 tahun berdasarkan koreksi elevasi data pengamatan, selanjutnya di hitung nilai koreksi tegangan angin (UA) sebagai berikut.

Tabel 1 Koreksi Tegangan Angin

Tahun	Arah Dominan	Umax (knots)	Umax (m/s)	U4	U10 (UL)	RL	Uw	UA
1990	225	12	6,1728	6,1728	7,036	1,289474	9,073	10,698
1991	225	13	6,6872	6,6872	7,622	1,263158	9,628	11,509
1992	225	15	7,716	7,716	8,795	1,210526	10,647	13,024
1993	270	18	9,2592	9,2592	10,554	1,118421	11,804	14,786
1994	315	16	8,2304	8,2304	9,381	1,186842	11,134	13,761
1995	270	18	9,2592	9,2592	10,554	1,118421	11,804	14,786
1996	225	16	8,2304	8,2304	9,381	1,186842	11,134	13,761
1997	270	13	6,6872	6,6872	7,622	1,263158	9,628	11,509
1998	90	9	4,6296	4,6296	5,277	1,394737	7,360	8,270

Tahun	Arah Dominan	Umax (knots)	Umax (m/s)	U4	U10 (UL)	RL	Uw	UA
1999	270	10	5,144	5,144	5,863	1,355263	7,946	9,088
2000	270	13	6,6872	6,6872	7,622	1,263158	9,628	11,509
2001	270	13	6,6872	6,6872	7,622	1,263158	9,628	11,509
2002	270	15	7,716	7,716	8,795	1,210526	10,647	13,024
2003	270	11	5,6584	5,6584	6,450	1,328947	8,571	9,975
2004	270	12	6,1728	6,1728	7,036	1,289474	9,073	10,698
2005	270	10	5,144	5,144	5,863	1,355263	7,946	9,088
2006	270	14	7,2016	7,2016	8,209	1,236842	10,153	12,285
2007	270	18	9,2592	9,2592	10,554	1,118421	11,804	14,786
2008	270	18	9,2592	9,2592	10,554	1,118421	11,804	14,786
2009	270	15	7,716	7,716	8,795	1,210526	10,647	13,024
2010	270	16	8,2304	8,2304	9,381	1,186842	11,134	13,761
2011	270	22	11,3168	11,3168	12,899	1,052632	13,578	17,566
2012	350	25	12,86	12,86	14,659	1,013158	14,851	19,612
2013	270	24	12,3456	12,3456	14,072	1,019737	14,350	18,801
2014	250	21	10,8024	10,8024	12,313	1,072368	13,204	16,972
2015	30	15	7,716	7,716	8,795	1,210526	10,647	13,024
2016	250	13	6,6872	6,6872	7,622	1,263158	9,628	11,509
2017	120	15	7,716	7,716	8,795	1,210526	10,647	13,024
2018	280	13	6,6872	6,6872	7,622	1,263158	9,628	11,509
2019	260	13	6,6872	6,6872	7,622	1,263158	9,628	11,509
2020	40	15	7,716	7,716	8,795	1,210526	10,647	13,024
2021	290	13	6,6872	6,6872	7,622	1,263158	9,628	11,509
2022	270	16	8,2304	8,2304	9,381	1,186842	11,134	13,761
2023	280	20	10,288	10,288	11,727	1,092105	12,807	16,346
2024	280	12	6,1728	6,1728	7,036	1,289474	9,073	10,698

Berdasarkan data pengamatan harian, dilakukan analisis wind rose untuk menunjukkan arah dominan sebagai acuan perhitungan fetch.



Gambar 6 Analisis Wind Rose pada lokasi penelitian

Tabel 2 Analisis *Fetch*

Sudut	m	km	arah	sudut	cos α	Xi (km)	Xi.cos α
42	801.5687	0.801569	Timur Laut	42	0.7431	0.801569	0.595682
36	21432.84	21.43284	Timur Laut	36	0.8090	21.43284	17.33953
30	96666.6	96.6666	Timur Laut	30	0.8660	96.6666	83.71573
24	98639.84	98.63984	Timur Laut	24	0.9135	98.63984	90.11198
18	87226.94	87.22694	Timur Laut	18	0.9511	87.22694	82.95775
12	89268.99	89.26899	Timur Laut	12	0.9781	89.26899	87.31825
6	88953.52	88.95352	Timur	6	0.9945	88.95352	88.46623
0	19807.55	19.80755	Tenggara	0	1.0000	19.80755	19.80755
6	17974.93	17.97493	Tenggara	6	0.9945	17.97493	17.87646
12	19463.88	19.46388	Tenggara	12	0.9781	19.46388	19.03855
18	21473.1	21.4731	Tenggara	18	0.9511	21.4731	20.42213
24	32307.98	32.30798	Tenggara	24	0.9135	32.30798	29.5148
30	200000	200	Tenggara	30	0.8660	200	173.2051
36	200000	200	Tenggara	36	0.8090	200	161.8034
42	200000	200	Tenggara	42	0.7431	200	148.629
Jumlah					13.5109	Jumlah	1040.802

Berdasarkan hasil analisis, Fetch maka dapat diketahui nilai Fetch efektif. Besaran $F_{eff} = \frac{\sum Xi \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$ adalah 77034.154 m. Nilai fetch ini menjadi masukkan dalam perhitungan tinggi dan periode gelombang signifikan. Perhitungan tinggi dan periode gelombang signifikan tahun 1990-2024 adalah sebagai berikut.

Tabel 3 Analisis Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan

Tahun	panjang Fetch	UA	Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) (m)	Periode Gelombang Signifikan (Ts) (dt)	HS- HS	(Hs- Hs)^2
1990	77034.154	10.698	1.517	5.845	-0.324	0.105
1991	77034.154	11.509	1.632	5.989	-0.209	0.044
1992	77034.154	13.024	1.847	6.241	0.005	0.000
1993	77034.154	14.786	2.096	6.511	0.255	0.065
1994	77034.154	13.761	1.951	6.357	0.110	0.012
1995	77034.154	14.786	2.096	6.511	0.255	0.065
1996	77034.154	13.761	1.951	6.357	0.110	0.012
1997	77034.154	11.509	1.632	5.989	-0.209	0.044
1998	77034.154	8.270	1.173	5.365	-0.669	0.447
1999	77034.154	9.088	1.289	5.536	-0.553	0.305
2000	77034.154	11.509	1.632	5.989	-0.209	0.044
2001	77034.154	11.509	1.632	5.989	-0.209	0.044
2002	77034.154	13.024	1.847	6.241	0.005	0.000
2003	77034.154	9.975	1.414	5.710	-0.427	0.182
2004	77034.154	10.698	1.517	5.845	-0.324	0.105
2005	77034.154	9.088	1.289	5.536	-0.553	0.305
2006	77034.154	12.285	1.742	6.121	-0.099	0.010
2007	77034.154	14.786	2.096	6.511	0.255	0.065
2008	77034.154	14.786	2.096	6.511	0.255	0.065
2009	77034.154	13.024	1.847	6.241	0.005	0.000

Tahun	panjang Fetch	UA	Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) (m)	Periode Gelombang Signifikan (Ts) (dt)	HS- HS	(Hs- Hs)^2
2010	77034.154	13.761	1.951	6.357	0.110	0.012
2011	77034.154	17.566	2.491	6.896	0.649	0.422
2012	77034.154	19.612	2.781	7.154	0.940	0.883
2013	77034.154	18.801	2.666	7.054	0.825	0.680
2014	77034.154	16.972	2.406	6.817	0.565	0.319
2015	77034.154	13.024	1.847	6.241	0.005	0.000
2016	77034.154	11.509	1.632	5.989	-0.209	0.044
2017	77034.154	13.024	1.847	6.241	0.005	0.000
2018	77034.154	11.509	1.632	5.989	-0.209	0.044
2019	77034.154	11.509	1.632	5.989	-0.209	0.044
2020	77034.154	13.024	1.847	6.241	0.005	0.000
2021	77034.154	11.509	1.632	5.989	-0.209	0.044
2022	77034.154	13.761	1.951	6.357	0.110	0.012
2023	77034.154	16.346	2.318	6.732	0.476	0.227
2024	77034.154	10.698	1.517	5.845	-0.324	0.105
Jumlah Data	35	Total	64.440			4.756
		Rerata	1.841			

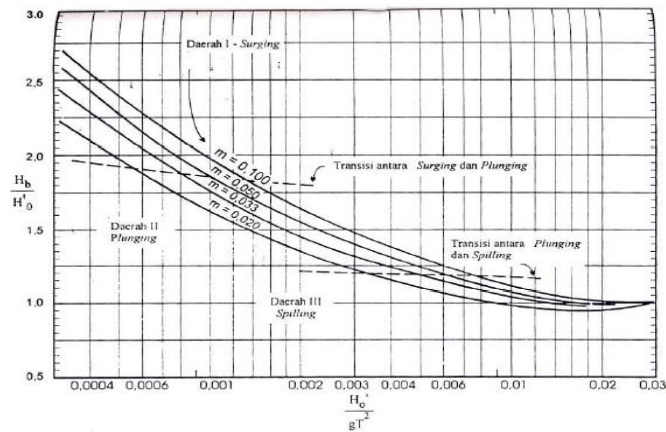
Nur Yuwono (1992) dalam (Putra dkk., 2018) menyebutkan untuk menentukan kala ulang pada gelombang rencana, maka dipakai nilai-nilai ekstrim tinggi gelombang pada setiap tahun pengamatan. Kala ulang yang dipergunakan adalah kala ulang 25 tahun, dimana nilai ini merupakan kejadian yang sering kali terjadi di alam. Perhitungan tinggi gelombang kala ulang 25 tahun $H_t = \bar{H} + \frac{\sigma H}{\sigma n} (Y_t - \bar{Y}n)$ adalah H_{25} adalah 2,729 m

Perhitungan spektrum gelombang menggunakan spektrum gelombang Pierson dan Moskowitz (Yati Muliati, 2020). Hasil analisis spektrum memberikan nilai U 2.729 m/detik dan periode T_{25} sebesar 7.285 detik

Perhitungan panjang (L_0) dan kecepatan rambat (C_0) gelombang di laut dalam diperoleh nilai $L_0 = 1.56T^2$ sebesar 82.898 m dan $C_0 = 1.56T$ sebesar 11.380 m/detik. Perhitungan tinggi gelombang pecah, dengan asumsi kedalaman (d) 1 m, maka nilai $\frac{d}{L_0}$ diperoleh 0.01206. berdasarkan tabel $\frac{d}{L}$ untuk pertambahan nilai $\frac{d}{L_0}$ diperoleh nilai $\frac{d}{L} = 0.01388$ dan nilai $\tanh 2\pi d/L$ diperoleh 0.08693 serta $K_s = 2.4010$. Panjang gelombang laut transisi (L) $L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$ diperoleh 7.206 m dan kecepatan gelombang di laut transisi (C) $C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$ diperoleh 0.989 m/detik.

Perhitungan refraksi gelombang, arah datang gelombang $\sin \alpha_1 = \left(\frac{C_1}{C_0}\right) \sin \alpha_0$ diperoleh nilai $\alpha_1 = 3.522$. selanjutnya dapat dihitung koefisien refraksi (K_r) $K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}}$ diperoleh nilai 0.842. Koefisien pendangkalan (K_s) menggunakan tabel $\frac{d}{L}$ untuk pertambahan nilai $\frac{d}{L_0}$ diperoleh 2.4010.

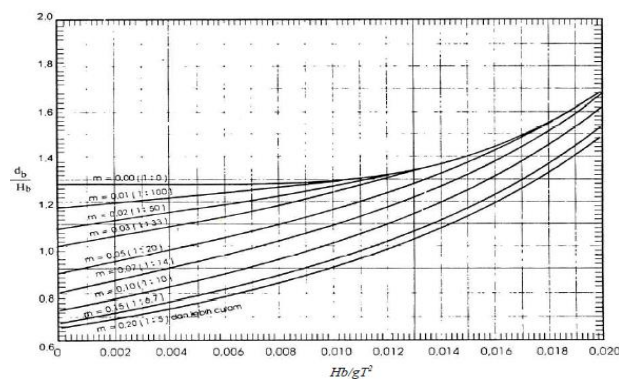
Gelombang di laut dalam ini akan bergerak merambat menuju pantai. Kondisi kemiringan pantai akan membuat gelombang dari laut dalam ini tidak stabil dan pecah. Perhitungan gelombang pecah untuk lokasi penelitian adalah sebagai berikut. Tinggi gelombang di laut dalam ekivalen $H_0' = K_r H_0 = 1.137$ m. Tinggi gelombang pecah : $\frac{H_0'}{gT^2} = 0.002$ m. Mencari nilai $\frac{H_b}{H_0'} = 1.2$. Kemiringan pantai di lokasi 0.02. $H_b = H_0' \cdot \frac{H_b}{H_0'} = 1.364$ m



Gambar 7 Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (H_b)

Sumber : (Bambang Triatmojo, 1999)

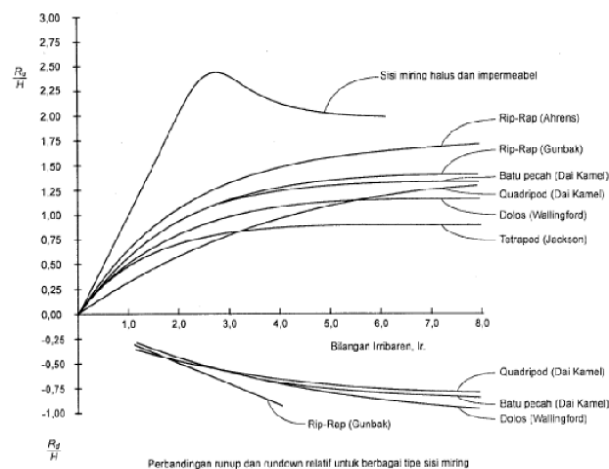
Kedalaman gelombang pecah (d_b) $\frac{H_b}{gT^2} = 0.003$; $a = 43.75 (1 - e^{-19.m})$ diperoleh $a = 13.831$ dan $b = \frac{1.56}{(1+e^{-19.m})}$ diperoleh $b = 0.930$ nilai $\frac{db}{Hb}$ diperoleh 1.111. nilai db diperoleh 1.623 m



Gambar 8 Grafik Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah (db)

Sumber : (Bambang Triatmojo, 1999)

Perhitungan elevasi muka air rencana (DWL) = HWL + SW + Δh + Pemanasan Global. Nilai HWL di lokasi 1.465 m, kenaikan muka air akibat gelombang (Sw) 0.153 m, Kenaikan muka air akibat angin 1.073 m, Pemanasan global diambil 15 tahun adalah 0,27 m. Sehingga nilai DWL diperoleh 2.961 m



Gambar 9 Grafik Run Up dan Run Down Gelombang

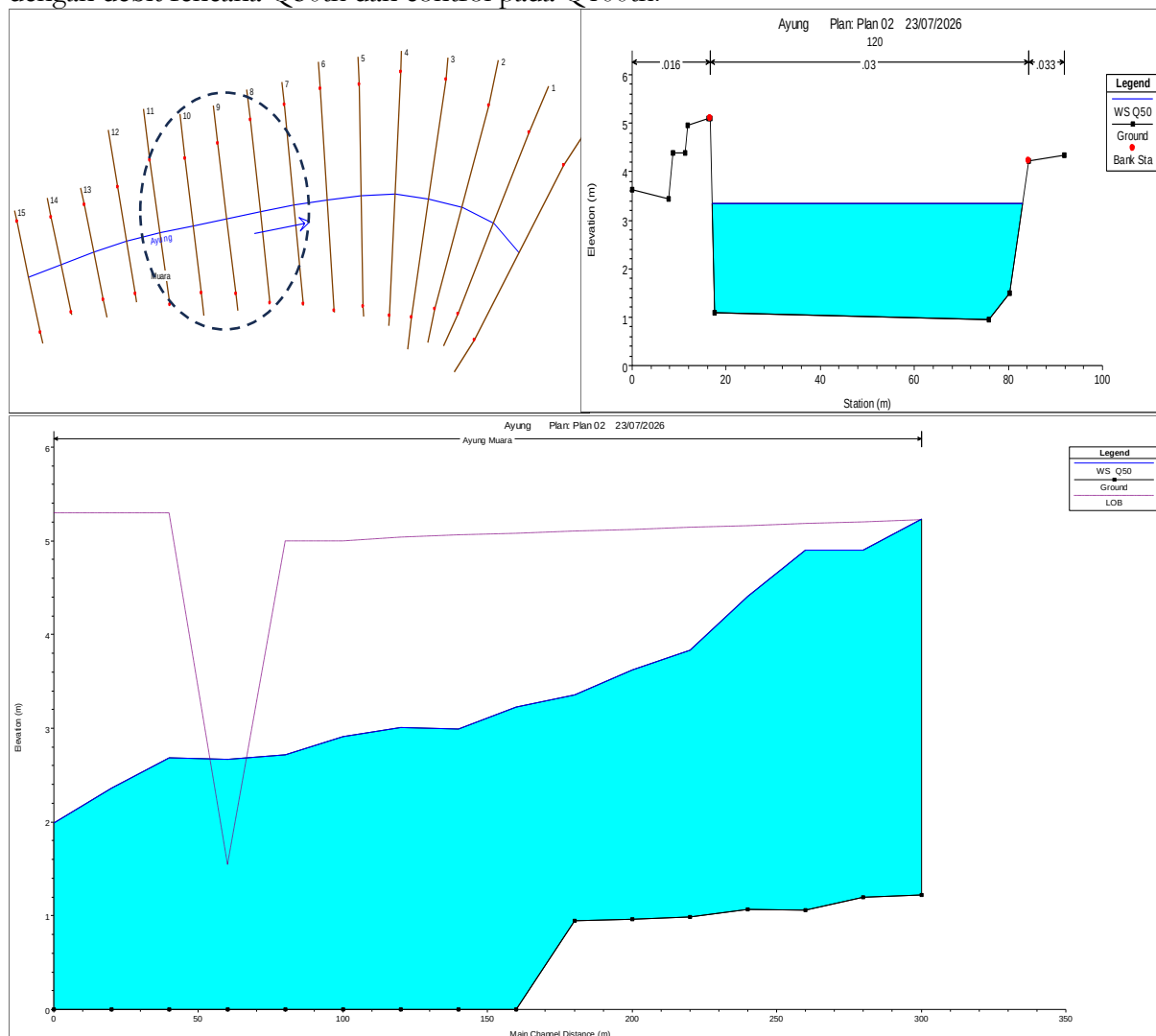
Sumber : (Bambang Triatmojo, 1999)

Pada lokasi rencana revetment armor, dipergunakan nilai panjang gelombang (Lo) 82.989 m dan tinggi gelombang rencana (H0) 1.350 m untuk menghitung nilai run-up $Ir = \frac{tg\theta}{(\frac{H}{Lo})^{0.5}}$ dan diperoleh nilai 2.6091. menggunakan grafik run up gelombang diperoleh nilai Ru sebesar 1.363.

Pada perhitungan elevasi puncak revetment armor digunakan nilai elevasi muka air rencana + Ru + Tinggi jagaan diperoleh nilai 4.325 m dengan elevasi aman pada 4.8 m. Berdasarkan data topografi, elevasi ini menyerupai dengan elevasi bangunan pengaman pantai eksisting pada 4.3 m.

Data debit banjir rancangan Tukad Ayung berasal dari kajian masterplan banjir Kota Denpasar Tahun 2026. Daerah aliran sungai (DAS) Tukad Ayung memiliki luas 302,913 km² dengan panjang sungai utama mencapai 71,3 km memiliki debit rencana Q25th 616,63 m³/det, Q50th 700,51 m³/det dan Q100th 780,91 m³/det. Pada penelitian ini dipakai debit rencana Q50th serta control pada Q100th.

Simulasi hidraulika menggunakan HEC RAS untuk menampilkan perilaku aliran. Data topografi dipergunakan untuk membuat potongan melintang sungai, nilai kekasaran dinding saluran dipilih pasang batu dengan siaran serta dasar berupa batuan gravel. Analisis menggunakan metode aliran steady flow, dengan debit rencana Q50th dan control pada Q100th.



Gambar 10 Simulasi Hidraulik Aliran Muara Tukad Ayung

Tabel 4 Hasil Simulasi Hidraulik Aliran Muara Tukad Ayung

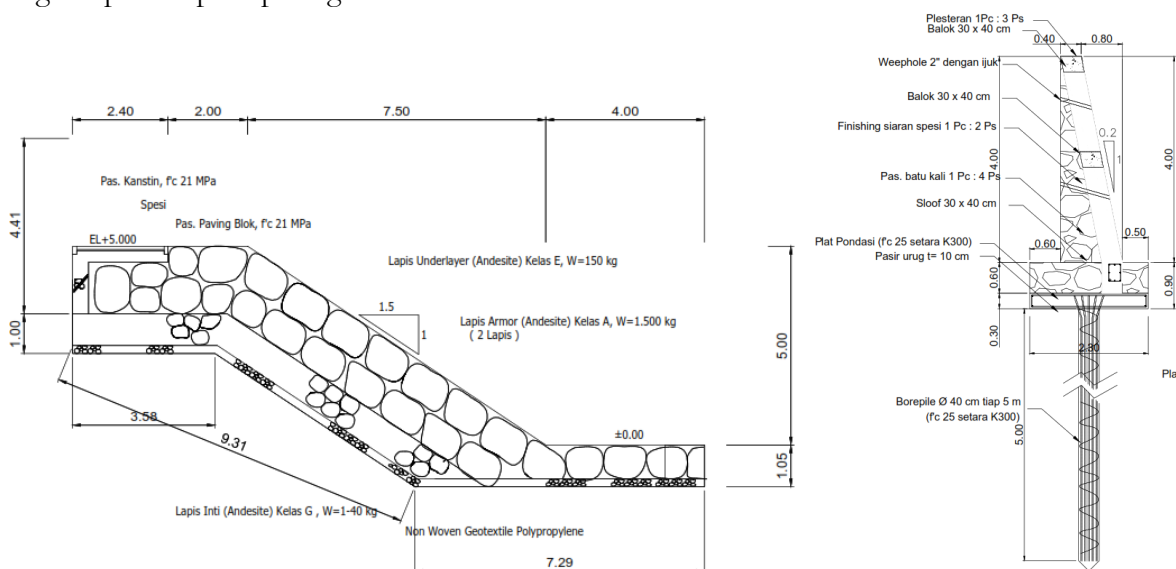
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	
Muara	15	Q50	700.51	1.22	5.23	3.7	0.62
Muara	14	Q50	700.51	1.2	4.9	4.33	0.73

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Froude # Chl
Muara	13	Q50	700.51	1.06	4.9	4.13	0.68
Muara	12	Q50	700.51	1.07	4.41	4.92	0.91
Muara	11	Q50	700.51	0.98	3.84	5.05	1
Muara	10	Q50	700.51	0.96	3.63	4.91	1
Muara	9	Q50	700.51	0.95	3.35	4.72	1
Muara	8	Q50	700.51	0	3.23	3.43	0.69
Muara	7	Q50	700.51	0	2.99	3.82	0.83
Muara	6	Q50	700.51	0	3.01	3.4	0.74
Muara	5	Q50	700.51	0	2.91	3.46	0.75
Muara	4	Q50	700.51	0	2.72	3.7	0.87
Muara	3	Q50	700.51	0	2.67	3.4	0.8
Muara	2	Q50	700.51	0	2.69	3.13	0.62
Muara	1	Q50	700.51	0	2.36	3.79	0.81
Muara	0	Q50	700.51	0	1.99	4.36	1

Berdasarkan analisis hidraulik, elevasi bangunan dinding penahan tanah dapat diambil pada elevasi 5 m. Elevasi rencana ini dapat dipakai dalam perencanaan bangunan pengendali banjir di daerah Muara Tukad Ayung.

Berdasarkan data penyelidikan tanah yang dilakukan pada 2 titik pada titik Bor 1 ($8^{\circ}39'14.57''\text{LS}$, $115^{\circ}15'59.94''\text{BT}$) dan Bor 2 ($8^{\circ}39'14.34''\text{LS}$, $115^{\circ}16'6.97''\text{BT}$) dapat digambarkan bahwa lokasi penelitian merupakan daerah tanah pasir kelanauan dengan kedalaman tanah keras berada di elevasi – 5m.

Berdasarkan hasil analisis gelombang serta analisis hidraulik di wilayah Muara Tukad Ayung, dapat menentukan elevasi acuan bangunan pengaman pantai serta dinding penahan tanah pada wilayah sungai dengan tipikal seperti pada gambar berikut.



Gambar 11 Desain bangunan pengaman pantai dan dinding penahan tanah

Penelitian ini masih terdapat celah untuk dikembangkan lebih lanjut. Kajian bathimetri sebagai acuan penentuan elevasi dasar pantai belum dilakukan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis gelombang pada kala ulang 25 Tahun, diperoleh panjang gelombang pada 82.898 m, elevasi muka air rencana 2,961 m elevasi puncak bangunan pengaman pantai pada 4,325 m dan elevasi aman 4.8 m. Hasil analisis hidraulik pada bangunan dinding penahan tanah dengan debit

rencana Q50th 700,51 m³/detik dan kontrol dengan debit Q100th 780.91 m³/detik memperoleh elevasi aman 5 m. Temuan ini menegaskan bahwa perencanaan bangunan pengendali banjir di wilayah muara memerlukan kajian secara holistik pada wilayah pantai dan sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Bennett, W. G., Karunarathna, H., Xuan, Y., Kusuma, M. S. B., Farid, M., Kuntoro, A. A., Rahayu, H. P., Kombaitan, B., Septiadi, D., Kesuma, T. N. A., Haigh, R., & Amaratunga, D. (2023). Modelling compound flooding: a case study from Jakarta, Indonesia. *Natural Hazards*, 118(1), 277–305. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06001-1>
- Cahyadi, A., Putra, P., Puan, T., Wardoyo, B., Putu, N., Surya, N., Tiliya, D., Wirastuti, P. V., Widhaningtyas, T. U., Sungai, B. W., & Penida, B. (2026). *Flood Inundation Potential Analysis in Denpasar City Using Topographic Wetness Index from Digital Elevation Model*. <https://doi.org/10.26760/jrh.V10i1.37-50>
- Edevisio Jose Gandara Sousa Gama, I Ketut Nuraga, Dewa Ayu Putu Adhiya Garani Putri, & Decky Cipta Indrashwara. (2026). Analisis Kawasan Tergenang Akibat Banjir dan Kerusakan Sistem Drainase di Kelurahan Sidakarya, Kecamatan Denpasar Selatan. *Ocean Engineering : Jurnal Ilmu Teknik dan Teknologi Maritim*, 5(2), 109–125. <https://doi.org/10.58192/ocean.v5i2.4803>
- Marta, D. J., & Fersari, T. P. (2025). Manajemen Bencana Banjir Dalam Meningkatkan Ketahanan Wilayah oleh BPBD Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 19 no 1, 39–48. <http://ripteck.semarangkota.go.id48>.<http://ripteck.semarangkota.go.id>
- Yati Muliati. (2020). *Rekayasa Pantai* (1 ed.). Penerbit Itenas.
- Nurabriansyah, R., Kusuma, M. S. B., & Moerwanto, A. S. (2024). Analysis of Compound Flooding in the Cakung Drain Area, DKI Jakarta Province. *E3S Web of Conferences*, 500. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450002016>
- Purnawanti, Y. N., Ayunda, L. D., & Santoso, A. R. (2020). Studi Perencanaan Revetment dan Groin Sebagai Upaya Penanganan Erosi Pantai Camplong di Kabupaten Sampang Madura. *Jurnal Teknik Transportasi*, 1.
- Putra, I. G. A. W., Eryani, I. G. A. P., & Rahadiani, A. A. S. D. (2018). Perencanaan Bangunan Groin dengan Bahan Tetrapod di Pantai Jasri Kabupaten Karangasem. *Paduraksa*, 7, 138–149.
- Bambang Triatmojo. (1999). *Teknik Pantai* (5 ed.). Beta Offset.
- Upadana, I. K., Rahadiani, A. A. S. D., Sriastuti, D. A. N., & Nudja, I. K. (2021). Perencanaan Bangunan Groin dengan Bahan Batu Buatan Jenis Tetrapod di Pantai Purnama Kabupaten Gianyar. *Jurnal Teknik Gradien*, 13, 50–57.