Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (1) 2025,, Page: 10061-10067

Kajian Banjir dan Sedimentasi Terhadap Upaya Konservasi Wilayah Teluk Benoa di Kabupaten Badung

Sebastianus Priambodo[1]
[1]Universitas Sunan Giri Surabaya
sebastianus.priambodo@gmail.com:

Published: Januari 2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya debit banjir rancangan dan volume sedimentasi dari daerah aliran sungai (DAS) yang bermuara ke Teluk Benoa, Kabupaten Badung, serta mengevaluasi implikasinya terhadap kapasitas tampung teluk sebagai retarding basin alami dan upaya konservasi pesisir. Perubahan tata guna lahan dan meningkatnya aktivitas antropogenik di wilayah hulu diduga memperbesar limpasan permukaan dan muatan sedimen, sehingga mempercepat pendangkalan perairan dan meningkatkan risiko banjir di kawasan hilir. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif–analitik melalui pemodelan hidrologi dan erosi. Data curah hujan harian dari delapan stasiun periode 2010–2024 diolah menjadi hujan kawasan menggunakan metode Thiessen, kemudian dianalisis frekuensinya dengan pendekatan Peak Over Threshold. Hujan rancangan ditransformasikan menjadi debit banjir menggunakan metode Rasional untuk DAS kecil dan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS Gama-I) untuk DAS menengah–besar. Estimasi sedimentasi dihitung menggunakan Universal Soil Loss Equation (USLE) dengan parameter erosivitas hujan, erodibilitas tanah, kemiringan lereng, dan tutupan lahan berbasis analisis spasial SIG. Hasil penelitian menggambarkan bahwa debit banjir kala ulang 10 tahun berturut-turut sebesar 103,3 m^3/det (Badung), 98,3 m^3/det (Mati), 59,9 m^3/det (Sama), dan 50,2 m^3/det (Bualu). Volume sedimen tahunan terbesar berasal dari DAS Bualu (±166.434 m^3/tahun), diikuti Badung (±129.649 m^3/tahun), Sama (±121.549 m^3/tahun), dan Mati (±72.450 m^3/tahun), yang menunjukkan tingkat erosi sedang hingga berat dan berkontribusi pada pendangkalan teluk. Kesimpulan yang dapat ditarik bahwa peningkatan limpasan dan sedimentasi dari hulu menurunkan kapasitas tampung Teluk Benoa, sehingga diperlukan pengelolaan DAS dan konservasi pesisir secara terpadu melalui pengendalian erosi, pengendapan sedimen, dan normalisasi sungai guna menjaga fungsi hidrologis dan ekologis kawasan secara berkelanjutan.

Kata kunci: debit banjir, sedimentasi, daerah aliran sungai, konservasi pesisir, Teluk Benoa

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 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

Kawasan Teluk Benoa, berada di sisi Selatan Pulau Bali, merupakan kawasan muara perairan dangkal lintas Kabupaten Badung dan Kota Denpasar yang dikelilingi oleh 12 desa / kelurahan. Kawasan ini berada pada posisi strategis episentrum segitiga emas perekonomian Provinsi Bali, meliputi Sanur- Kuta dan Nusa Dua. Pada Kawasan ini terdapat aktivitas wisata bahari, budidaya perikanan, jalan tol, pelabuhan Benoa hingga tempat pembuangan akhir di Suwung. Di sisi lain kawasan perairan ini merupakan ekosistem penting bagi mangrove dan padang lamun.

Permasalahan lingkungan dan ekosistem kawasan Teluk Benoa meningkat sebagai hasil aktivitas antropologi. teluk Benoa merupakan daerah retarding basin (kawasan cekungan) yang menjadi kawasan tangkapan sedimen semua aliran sungai yang bermuara di teluk Benoa, pada kawasan ini laju sedimentasi sangat tinggi dan terakumulasi seiring waktu. Seiring dengan semakin meningkatnya sedimentasi di teluk Benoa, menyebabkan berkurangnya fungsi sebagai tampungan banjir dari sungai-sungai di sekitarnya, sehingga saat banjir akan berdampak pada kemampuan daya tampung sungai di bagian hulu, diantaranya adalah Tukad Badung, Tukad Mati, Tukad Sama, Tukad Jantung dan Tukad Bualu.

Pulau Pudut atau Pulau Penyu merupakan pulau kecil yang berupa gumuk pasir yang saat ini keberadaannya semakin terancam hilang akibat terjadinya abrasi dan peningkatan muka air laut. Sehingga perlunya strategi penataan kawasan ini untuk dapat menjaga keberadaan pulau.

Kajian mengenai laju sedimentasi pada Kawasan teluk Benoa pernah dilakukan oleh Ranu Fajar, dkk (2019) menggunakan metode numerik. Metode ini memberikan gambaran proses hidrodinamika polutan di perairan serta besaran yang terjadi. Tanto, dkk (2022) melakukan kajian lingkungan melihat dampak kualitas air berdasarkan baku mutu air laut sebagai akumulasi aktivitas di daerah hulu sungai.

Hubungan antara erosi oleh air hujan di daerah tangkapan air dan besarnya sedimentasi yang terpantau di aliran sungai di bagian bawah daerah tangkapan air tersebut erat kaitannya dengan sistem hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS). Besaran volumetrik air yang mempengaruhi sedimentasi sebagai dasar perhitungan dapat diperoleh dari data pencatatan debit pada ruas sungai. Dalam kondisi data pencatatan tidak tersedia, metode transformasi hujan menjadi debit rancangan dilakukan dengan menggabungkan berbagai teknik pengetahuan dan pengalaman (saidah, dkk., 2020)

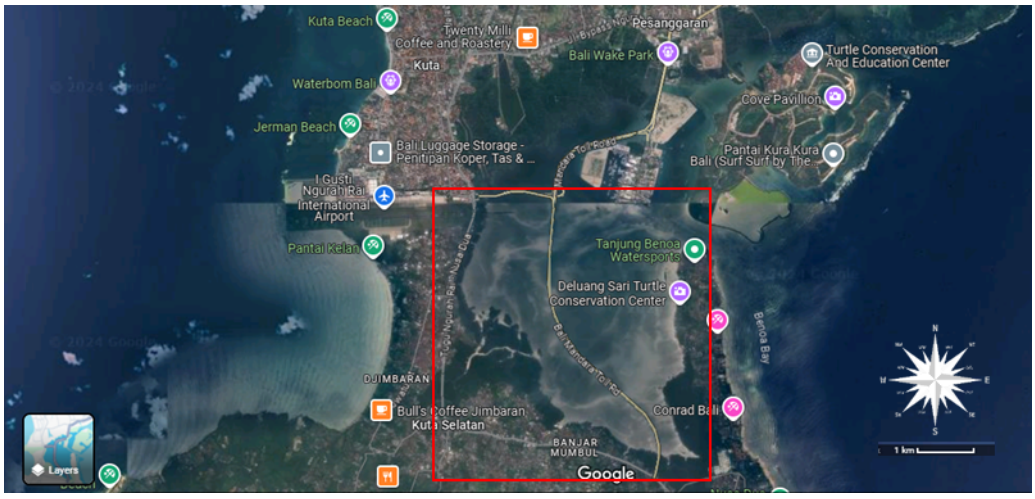
Kajian hidrologi pada sungai-sungai yang bermuara di teluk benoa telah banyak dilakukan, diantaranya: Pramudita, dkk (2024) melakukan analisis debit banjir rancangan menggunakan metode rasional pada ruas Tukad Badung bagian tengah menggunakan data 3 stasiun hujan

Analisis banjir rancangan Tukad Mati menggunakan transformasi data hujan menjadi debit rancangan menggunakan metode hidrograf satuan dan non hidrograf dilakukan dengan membandingkan hasil hitungan dengan kapasitas penampang saluran (Doddy, dkk., 2021). Ketersediaan data hujan dalam analisis debit banjir rancangan menjadi tantangan tersendiri. Pemilihan data hujan secara partial duration series (PDS) dan annual maximum series (AMS) akan menghasilkan besaran yang berbeda (Nika Purnomo, 2017).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besaran debit banjir rancangan dan volume sedimentasi dari empat DAS utama yang bermuara di Teluk Benoa serta mengevaluasi implikasinya terhadap kapasitas tampung dan upaya konservasi kawasan pesisir. Hasil kajian diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah dalam perumusan strategi pengelolaan, normalisasi, dan konservasi Teluk Benoa secara berkelanjutan guna menjaga fungsi hidrologi, ekologis, dan sosial-ekonomi kawasan.

METODE PENELITIAN

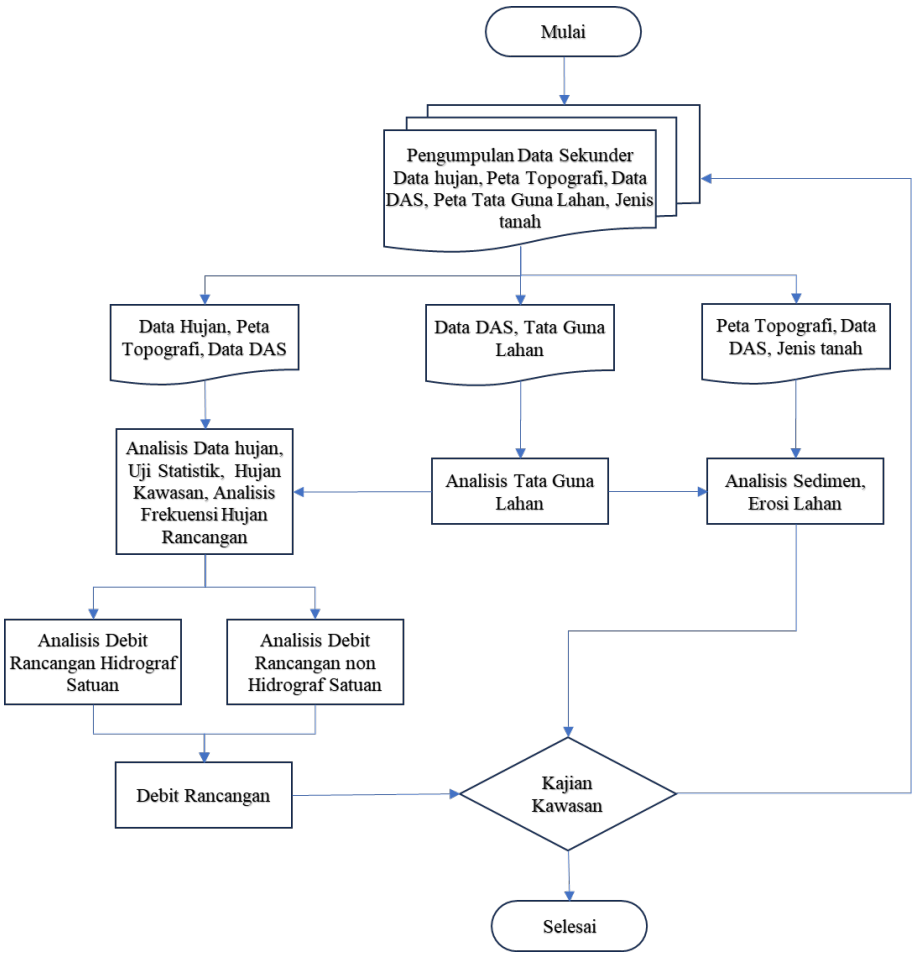
Secara geografis kawasan teluk Benoa berada di kelurahan Tanjung Benoa kabupaten Badung terletak pada 8°45'29.999" Lintang Selatan dan 115°13'9.998" Bujur Timur . Lokasi penelitian ini berada di kawasan teluk Benoa sesuai dengan peta berikut:



Gambar 1. Lokasi Kegiatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif–analitik melalui analisis hidrologi dan sedimentasi untuk mengkaji besarnya debit banjir serta kontribusi muatan sedimen dari daerah aliran sungai (DAS)

yang bermuara ke Teluk Benoa. Analisis dilakukan secara terintegrasi untuk mengevaluasi pengaruh kedua parameter tersebut terhadap kapasitas tampung teluk dan implikasinya terhadap upaya konservasi kawasan pesisir. Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data curah hujan harian dari 8 stasiun pengamatan (BMKG dan BWS Bali-Penida) dengan periode pencatatan 2010–2024.Data karakteristik DAS, meliputi luas, panjang sungai, kemiringan, dan bentuk DAS. Data tata guna lahan tahun 2023 dari citra ESRI Sentinel-2 Land Cover Explorer. Data jenis tanah dan kemiringan lereng dari peta tematik Badan Informasi Geospasial dan data topografi dan batas DAS sebagai dasar analisis spasial. Pada tahapan analisis hidrologi dapat ditinjau sebagai berikut:

a. Hujan kawasan dimana curah hujan titik dari masing-masing stasiun diubah menjadi hujan wilayah menggunakan metode Polygon Thiessen untuk memperoleh bobot pengaruh tiap stasiun terhadap luas DAS.
b. Analisis frekuensi curah hujan dengan data hujan ekstrem dianalisis menggunakan metode Peak Over Threshold (POT) untuk memilih kejadian hujan lebat. Selanjutnya dilakukan analisis frekuensi dengan distribusi probabilitas dan diuji kecocokannya menggunakan uji Chi-Square dan Kolmogorov–Smirnov untuk memperoleh hujan rancangan berbagai kala ulang (2, 5, dan 10 tahun).
c. Transformasi hujan menjadi debit banjir rancangan dengan dua pendekatan, yaitu:
   - Metode non-hidrograf (Rasional) yang digunakan pada DAS kecil (< 5.000 ha) dengan persamaan:

$$Q = 0{,}278\ C\ I\ A$$

di mana Q adalah debit banjir (m^3/det), C koefisien limpasan, I intensitas hujan (mm/jam), dan A luas DAS (km^2).

- Metode hidrograf satuan sintetis (HSS) yang digunakan pada DAS menengah hingga besar dengan model Gama-I, Limantara, Snyder, dan Nakayasu. Model terbaik dipilih berdasarkan kesesuaian karakteristik hidrograf dan kondisi lapangan. Hasil analisis berupa debit puncak banjir untuk kala ulang 2, 5, dan 10 tahun pada masing-masing DAS.

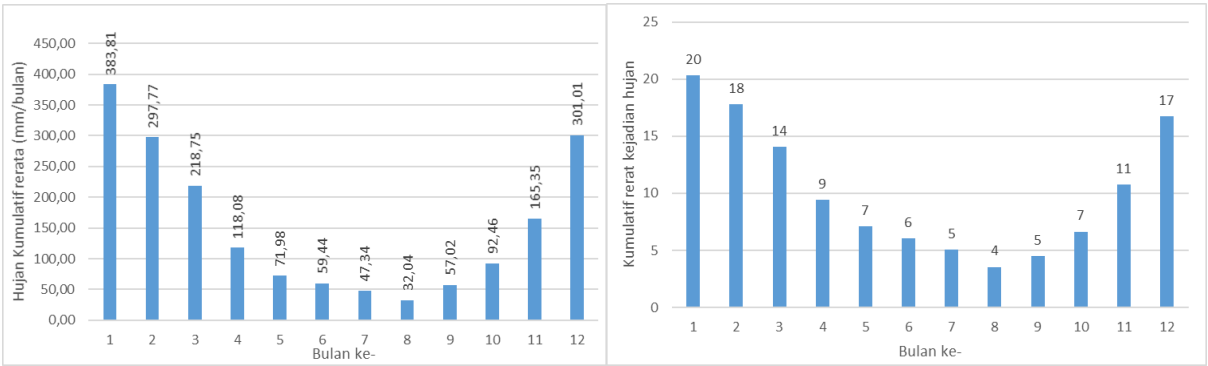
d. Analisis sedimentasi; Potensi erosi dan sedimen dihitung menggunakan metode Universal Soil Loss Equation (USLE) dengan persamaan:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

di mana:
A = laju erosi (ton/ha/tahun)
R = erosivitas hujan
K = erodibilitas tanah
LS = panjang dan kemiringan lereng
C = faktor penutup lahan
P = faktor konservasi tanah
Nilai masing-masing parameter diperoleh dari data curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan tutupan lahan. Laju erosi selanjutnya dikonversi menjadi volume sedimen (m^3/tahun) untuk memperkirakan besarnya muatan sedimen yang masuk ke Teluk Benoa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kawasan tanjung Benoa merupakan kawasan wisata internasional yang secara rutin mengadakan event internasional, kawasan ini mencakup wilayah tanjung Benoa sisi barat yang meliputi juga Pulau Pudut. Profil hidrologi kawasan tanjung Benoa tidak terlepas dari data pengamatan curah hujan yang ada di sekitar wilayah pekerjaan. Berdasarkan data pengamatan curah hujan BMKG terhadap stasiun I Gusti Ngurah Rai dengan tahun pengamatan 1972-2024 dapat diperoleh data sebagai berikut:



Gambar 3. Data Pengamatan Curah Hujan

Kondisi tata guna lahan pada DAS yang bermuara di kawasan teluk Benoa pada penelitian ini menggunakan data tahun 2023 yang diambil dari citra esri-sentinel 2 land cover explorer. Data citra yang digunakan menggambarkan kondisi setiap tahun perubahan tata guna lahan yang terjadi pada DAS Tukad Badung, Das Tukad Mati, DAS Tukad Sama dan DAS Tukad Bualu. Data citra ini kemudian dioverlay dengan peta pada masing-masing DAS untuk memperoleh luasan masing-masing tata guna lahan.

Hujan kumulatif rerata tahunan yang terjadi di stasiun I Gusti Ngurah Rai 1845,05 mm/tahun dengan kejadian kumulatif rerata tahunan 122 kejadian/ tahun. Kejadian hujan terbanyak adalah pada bulan januari, februari dan desember dengan rerata kumulatif hujan bulanan dari 297,77 mm – 383,81 mm. Sungai yang mengalir di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung sebagian besar bermuara di Teluk Benoa, yang berpotensi membawa debit banjir dan sedimen yang akan memasuki area teluk benoa dan mengakibatkan sedimentasi di Teluk Benoa.

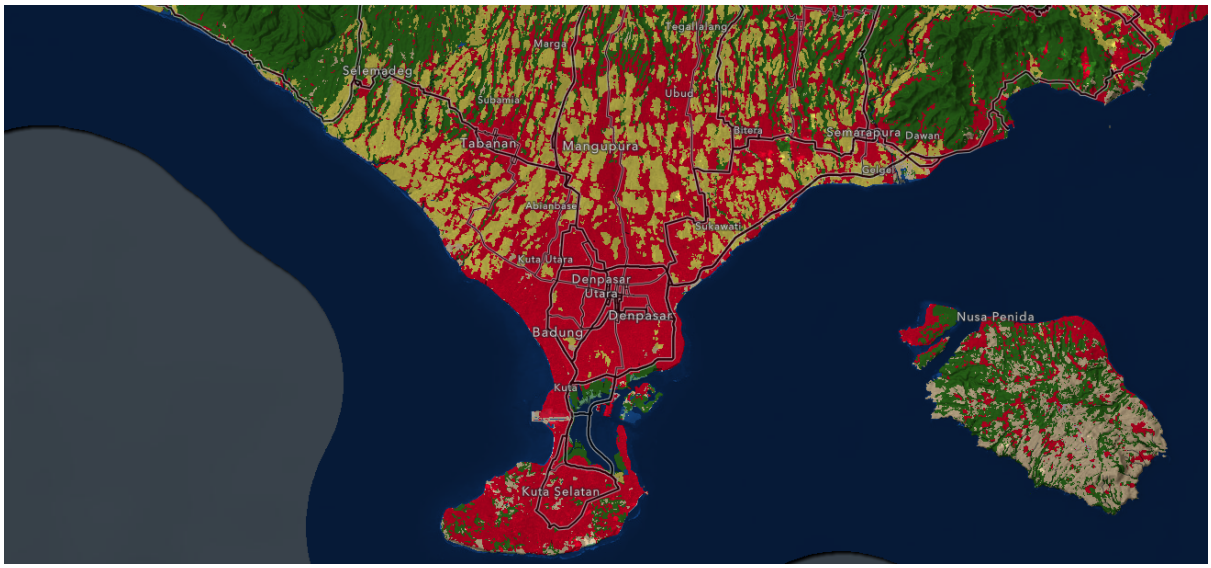
Jenis dan tipe aliran yang masuk ke teluk Benoa dibagi menjadi 2 yaitu sungai dengan aliran contious flow yaitu Tukad Badung, Tukad Mati, Tukad Buaji, Tukad Ngejung, Tukad Punggawa, Tukad Pekaseh, dan juga sungai dengan jenis aliran intermitten flow yaitu tukad Bualu, Tukad Sama,

Daerah aliran sungai (DAS) yang digunakan pada analisis hidrologi di kawasan teluk Benoa, serta bermuara di kawasan ini berjumlah 4 DAS. Peta DAS yang digunakan menggunakan referensi peta dari dari Balai Wilayah Sungai Bali Penida. DAS yang bermuara di kawasan Teluk Benoa diantaranya DAS Bualu, DAS Sama (Tukad Nangka/ Tukad Jantung), DAS Mati dan DAS Badung. Pada analisis hidrologi kawasan Teluk Benoa, keterserdiaan data hujan yang diperoleh di sekitar lokasi, terdapat 8 stasiun pengamatan curah hujan sebagai beriku:

Tabel 1. Ketersediaan Data Pengamatan Curah Hujan

No	Stasiun	Lintang	Bujur	Elevasi (m dpl)	Data Tahun Pencatatan	Sumber
1	I Gusti Ngurah Rai	: -8.75000	: 115.17000	4	1972 - 2024	BMKG
2	Sanglah / Denpasar	: -8.67689	: 115.21000	15	1995 - 2024	BMKG
3	Buagan	: -8.68440	: 115.19698	35	2010 - 2020	BWS Bali Penida
4	Ungasan	: -8.82619	: 115.16928	148	2010 - 2020	BWS Bali Penida
5	Unud	: -8.79791	: 115.17620	67	2012 - 2020	BWS Bali Penida
6	Mambal	: -8.58861	: 115.19110	146	2010 - 2020	BWS Bali Penida
7	Sading	: -8.59970	: 115.19467	109	2010 - 2020	BWS Bali Penida
8	Penatih	: -8.61967	: 115.23470	74	2013 - 2020	BWS Bali Penida

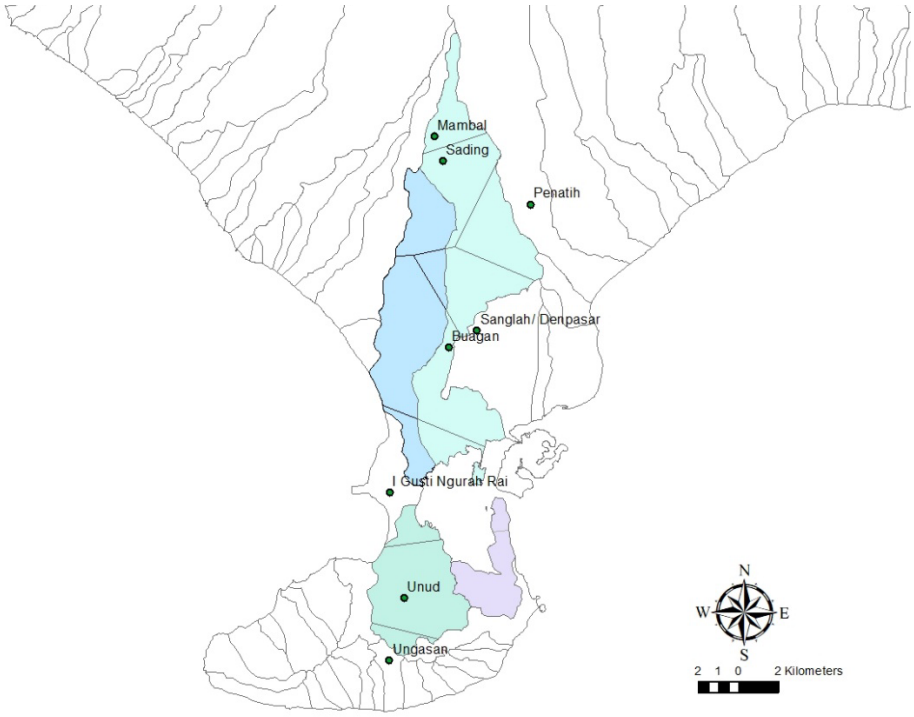
Kondisi tata guna lahan pada DAS yang bermuara di kawasan Teluk Benoa pada penelitian ini menggunakan data tahun 2023 yang diambil dari citra esri-sentinel 2 land cover explorer. Data citra yang digunakan menggambarkan kondisi setiap tahun perubahan tata guna lahan yang terjadi pada DAS Tukad Badung, Das Tukad Mati, DAS Tukad Sama dan DAS Tukad Bualu. Data citra ini kemudian dioverlay dengan peta pada masing-masing DAS untuk memperoleh luasan masing-masing tata guna lahan sesuai dengan gambar berikut:



Gambar 4. Peta Tata Guna Lahan di lokasi Teluk Benoa

Untuk menjadi hujan kawasan, dilakukan dengan merata-ratakan hujan titik yang terjadi pada DAS. Perata-ratan data hujan untuk memperoleh hujan DAS hanya dapat dilakukan untuk hujan yang terjadi pada periode yang sama. Misalnya untuk hujan harian, maka hanya hujan-hujan dengan tanggal yang sama yang dapat dirata-ratakan. Hujan yang terjadi pada tanggal yang berbeda tidak dapat dirata-ratakan, karena tidak mempunyai arti fisik apapun. Demikian pula hujan mingguan, bulanan, dan tahunan.

Berdasarkan letak posisi stasiun pengamatan curah hujan yang digunakan serta letak DAS yang digunakan dalam analisis debit rencana, selanjutnya dicari bobot pengaruh setiap stasiun pengamatan curah hujan terhadap kontribusinya dalam DAS. Metode yang digunakan adalah polygon thiessen. Hasil analisis polygon thiessen dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Prosentasi Pengaruh Stasiun Curah Hujan pada DAS Badung

Analisis frekuensi atau kecocokan dalam pemilihan fungsi distribusi diuji dengan uji kecocokan menggunakan metode pengujian dan dengan confidence interval (tingkat interval kepercayaan) tertentu dapat menggunakan Metode Chi-Square dan Metode Kolmogorov-Smirnov. Berdasarkan hasil analisis hidrologi yang telah dilakukan pada 4 DAS yang bermuara pada kawasan Teluk Benoa, dapat memberikan gambaran potensi debit banjir yang mungkin akan terjadi berdasarkan kala ulang yang direncanakan.

Analisis hidrologi pada studi kelayakan program konservasi pesisir sisi barat pantai teluk Benoa dilakukan menggunakan pemodelan transformasi data hujan menjadi data debit rancangan. Data hujan pada beberapa stasiun pengamatan di sekitar 4 DAS yang bermuara di kawasan teluk benoa dianalisis menggunakan metode peak over threshold untuk mendapatkan data hujan lebat (intensitas > 50mm/hari). Metode ini digunakan untuk menyikapi panjang data pengamatan curah hujan yang diperoleh. Hasil metode peak over threshold untuk data hujan lebat dapat memperoleh data hujan lebat > 10 data pada masing-masing stasiun pengamatan. Data hujan lebat ini selanjutnya digunakan pada proses hujan kawasan dan analisis frekuensi. Hasil analisis frekuensi pada 4 DAS dapat dilihat pada tabel 6.6 - 6.9 sebagai hujan rancangan untuk berbagai kala ulang.

Nika Purnomo (2017) dalam analisis besaran banjir menggunakan hidrograf satuan membandingkan pemilihan data partial duration series (PDS) dan annual maximum series (AMS) pada DAS Serayu. Hasil analisis menunjukkan metode PDS selalu memberikan data hujan dan debit

rancangan yang lebih besar dari AMS. Jika data hujan yang tersedia tidak terlalu panjang, metode PDS dapat digunakan.

Analisis debit rancangan yang bermuara pada kawasan teluk Benoa memberikan hasil yang beragam sesuai dengan karakteristik masing-masing DAS. Karakteristika DAS ini dapat dilihat dari bentuk DAS, lebar DAS, luas DAS, kemiringan sungai, panjang sungai, serta waktu tiba banjir yang menjadi masukkan dalam transformasi data hujan menjadi aliran. Pemilihan analisis debit rancangan menggunakan analisis hidrograf dan non hidrograf ditentukan berdasarkan luasan DAS.

Dalam analisis curah hujan jam-jaman ini metode yang digunakan yaitu metode Mononobe. Sedangkan untuk periode hujan yang digunakan yaitu hujan selama 4 (empat) jam dengan curah hujan rancangan. Untuk analisi non hidrograf dilakukan pada beberapa DAS seperti pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Analisis Debit Rancangan Sekitar Teluk Benoa

	DAS Tukad Badung	DAS Tukad Mati	DAS Tukad Nangka/ Sama/ Jantung	DAS Tukad Bualu
Luas DAS (km^2)	54,951	33,942	23,5738	9,8798
Metode	HSS Gama -1	HSS Gama -1	HSS Gama -1	Rasional
Debit Banjir				
Q2th (m^3/det)	58,6	45,3	24,7	26,7
Q5th (m^3/det)	85,8	75,3	45,9	40,7
Q10th (m^3/det)	103,3	98,3	59,9	50,2

Untuk DAS Bualu, dengan luas DAS 9,87984 km^2 atau 987,984 Ha. Luas DAS ini < 5.000 Ha. Hasil analisis menggunakan metode rasional memberikan nilai debit banjir Q2th sebesar 26,707 m^3/det; Q5th sebesar 40, 755 m^3/det dan Q10th sebesar 50,234 m^3/det.

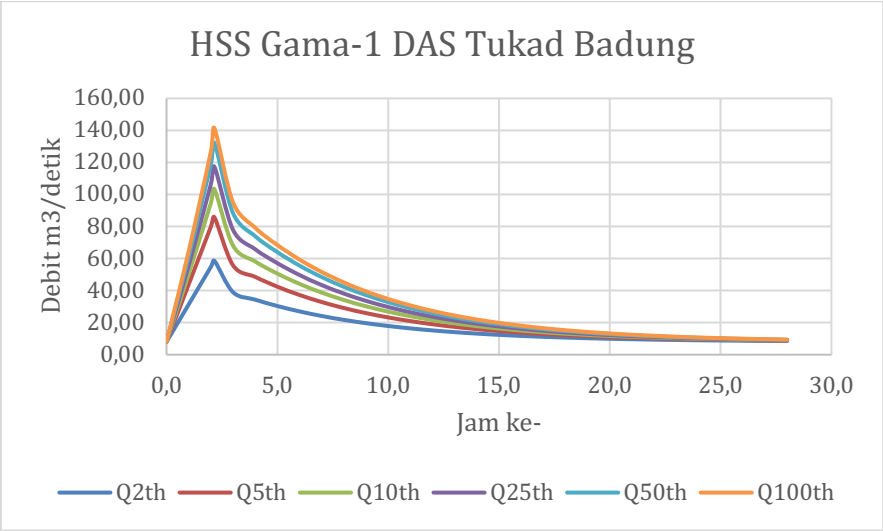
Pada DAS Tukad Nangka (DAS Sama) dengan luas 23,5738 km^2 atau 2.357,38 Ha masih lebih kecil dari 5.000 Ha dilakukan analisis menggunakan non hidrograf menghasilkan debit banjir Q5th 80,6349 m^3/det. Kondisi ini tidak sesuai dengan visualisasi di lapangan, sehingga DAS Tukad Nangka dilakukan menggunakan analisis hidrograf. Analisis hidrograf pada DAS Tukad Nangka dilakukan menggunakan 4 model Hidrograf Satuan Sintetis (HSS). Hasil analisis HSS yang digunakan cenderung mengarah pada HSS Gama-I, dimana hasil ini mendekati kondisi di lapangan. Besaran debit banjir rancangan hasil HSS Gama-I adalah Q2th sebesar 24,7 m^3/det; Q5th sebesar 45,9 m^3/det dan Q10th sebesar 59,9 m^3/det.

Pada DAS Tukad Mati, dengan luas DAS 33,94202 km^2, berbentuk lonjong memanjang. Hasil analisis HSS DAS Tukad Mati cenderung mengarah ke HSS Gama-I. Besaran debit banjir rancangan hasil HSS Gama-I adalah Q2th sebesar 45,3 m^3/det; Q5th sebesar 75,3 m^3/det dan Q10th sebesar 98,3 m^3/det.

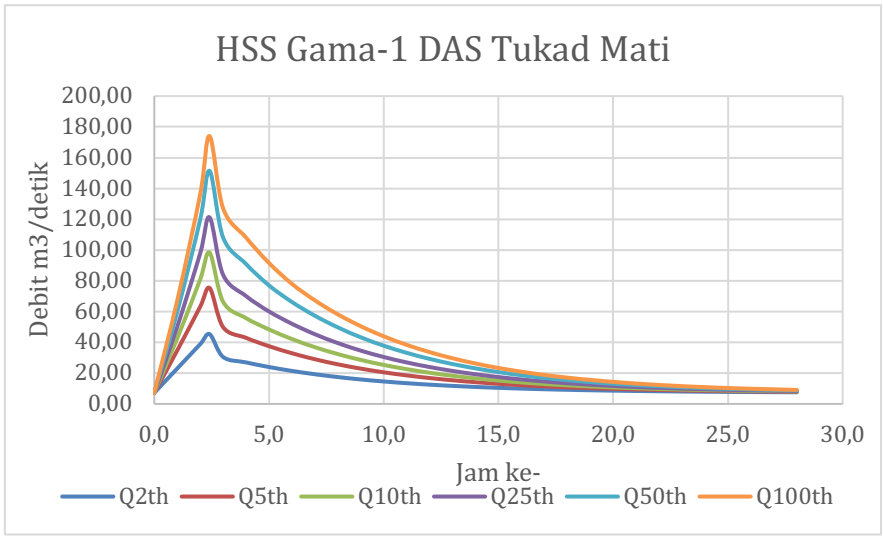
Pada DAS Tukad Badung, dengan luas 54,951 km^2, berbentuk lonjong memanjang dengan lebar mengecil pada daerah hilir. . Hasil analisis HSS DAS Tukad Badung cenderung mengarah ke HSS Gama-I. Besaran debit banjir rancangan hasil HSS Gama-I adalah Q2th sebesar 58,6 m^3/det; Q5th sebesar 85,8 m^3/det dan Q10th sebesar 103,3 m^3/det.

Kajian analisis hidrologi yang dilakukan pada penyusunan studi kelayakan program konservasi pesisir sisi barat pantai teluk Benoa di kabupaten Badung bertujuan untuk menjawab seberapa besar volume banjir yang terjadi di sekitar lokasi. Pada latar belakang disampaikan bahwa pada Tukad Badung, Tukad Mati, Tukad Jantung (Tukad Sama) dan Tukad Bualu telah terjadi degradasi pada volume tampungan sungai pada bagian hulu. Degradasi pada badan sungai ekuivalen dengan kondisi sedimentasi di teluk Benoa. Melihat kondisi ini, selanjutnya dilakukan analisis hidrologi untuk memberikan besaran volume banjir yang terjadi.

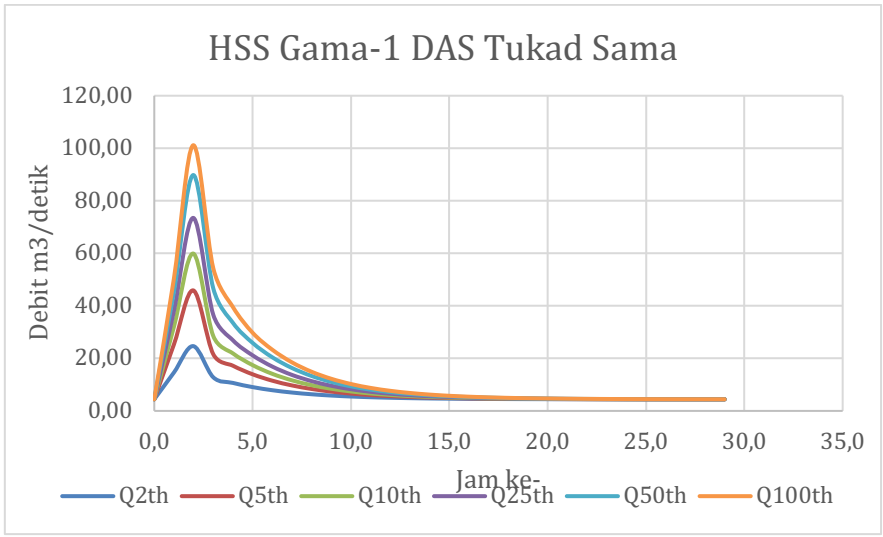
Analisis hidrologi dilakukan menggunakan transformasi data hujan menjadi data debit rancangan. Model transformasi hujan yang digunakan menggunakan non hidrograf yaitu metode rasional dan hidrograf satuan, yaitu Gama-1. Hasil debit rancangan pada masing-masing DAS dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar **Kesalahan! Tidak ada teks dari gaya yang ditentukan dalam dokumen.**. Hidrograf Satuan Sintentik Gama -1 pada DAS Badung



Gambar 7. Hidrograf Satuan Sintentik Gama -1 pada DAS Mati



Gambar 8. Hidrograf Satuan Sintentik Gama -1 pada DAS Sama

Berdasarkan hasil analisis hidrologi yang telah dilakukan pada 4 DAS yang bermuara pada kawasan teluk Benoa, dapat memberikan gambaran potensi debit banjir yang mungkin akan terjadi berdasarkan kala ulang yang direncanakan. Kajian analisis sedimen yang dilakukan pada penyusunan studi kelayakan program konservasi pesisir sisi barat pantai teluk Benoa di kabupaten Badung bertujuan untuk mengetahui besaran sedimen yang terjadi di sekitar lokasi. Volume sedimentasi di teluk Benoa merupakan akumulasi sedimen pada Tukad Badung, Tukad Mati, Tukad Nangka/Jantung (Tukad Sama) dan Tukad Bualu. Melihat kondisi ini, selanjutnya dilakukan analisis sedimen untuk memberikan besaran volume sedimen yang terjadi. Analisis sedimen dilakukan menggunakan metode USLE. Parameter yang dapat mempengaruhi erosi lahan pada metode USLE meliputi erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang lereng (L), kemiringan lereng (S), tanaman (C), serta faktor tindakan konservasi tanah (P). Berikut hasil analisis prediksi erosi dan sedimentasi yang terjadi di lokasi pekerjaan.

Tabel 3. Erosivitas Hujan

Erosivitas					
Tahun	Satuan	Daerah Aliran Sungai			
		Mati	Badung	Bualu	Sama
2020	*KJ/ha*	623.114	914.628	358.215	302.962

Berdasarkan peta jenis tanah provinsi bali yang dapat diketahui jenis tanah serta nilai erodibilitas pada lokasi penelitian adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Erodibilitas Lokasi Penelitian

	Daerah Aliran Sungai			
	Mati	Badung	Bualu	Sama
Jenis Tanah	Latosos	Latosol	Regosol	Regosol
Nilai K	0.02	0.02	0.11	0.11

Analisis mengenai panjang (L) dan kemiringan lereng (S) dalam penelitian ini dilakukan dengan pengukuran pada peta yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial.

Tabel 5. Data Panjang Lereng

	Daerah Aliran Sungai			
LS	Mati	Badung	Bualu	Sama
	(%)			
	15.256	17.230	9.986	8.562

Analisis mengenai tutupan lahan (C) dan pengolahan lahan (P) dalam pekerjaan ini dilakukan dengan pengolahan data dari citra satelit ESRI Sentinel-2 Land Cover Explorer. Berdasarkan peta yang di tampilkan, tutupan lahan dominan adalah bangunan dan sedikit lahan pertanian. Maka, berikut ditampilkan dalam tabel nilai koefisien tata guna lahan di Lokasi pekerjaan.

Tabel 6. Data Tutupan Lahan dan Pengelolaan Lahan

	Daerah Aliran Sungai			
CP	Mati	Badung	Bualu	Sama
	0.755	0.815	0.838	0.844

DAS	R	K	LS	CP	A (Laju Erosi)		Volume Sedimen	
	(KJ/ha)		*(%)*		*(Ton/ha/thn)*	*ton/km2/thn*	*ton/thn*	*m3/thn*
Bualu	358.215	0.11	9.986	0.838	329.754	32,975.432	62,526.123	166,434.118
Mati	623.114	0.02	15.256	0.755	143.544	14,354.406	27,218.000	72,449.781
Badung	914.628	0.02	17.230	0.815	256.872	25,687.222	48,706.637	129,648.950
Sama	302.962	0.11	8.562	0.844	240.823	24,082.328	45,663.529	121,548.703

Berdasarkan hasil perhitungan volume sedimen pada masing-masing DAS, volume terbesar terjadi di DAS Bualu, sedangkan terkecil terjadi di DAS Mati. Berdasarkan klasifikasi tingkatan erosi menurut Departemen Kehutanan, DAS Tukad Mati masuk pada kategori erosi sedang (60 – 180 Ton/ha/thn) sedangkan Erosi Berat (180 – 480 Ton/ha/thn) terjadi pada DAS Bualu, Badung dan Sama.

Ranu Fajar Maharta, dkk (2019) dalam analisis pemodelam numerik laju sedimentasi di teluk Benoa menunjukkan nilai antara 1,08 x 10-6 hingga 24,88 kg/m^2/hari dengan rata-rata 0,57 kg/m^2/hari. Laju sedimentasi tertinggi terjadi di bagian barat teluk pada jalur sungai serta di baguan utara teluk di antara Pulau Serangan dan Pantai Mertasari. Daerah yang berpotensi mengalami pendangkalan di teluk Benoa meliputi daerah selatan pelabuhan Benoa yang mencapai 0,23 m/ tahun, perairan di utara Pulau Serangan mencapai 0,008 m/ tahun dan daerah yang dekat dengan muara sungai mencapai 0,35 m/tahun.

KESIMPULAN

Analisis hidrologi menunjukkan bahwa empat DAS yang bermuara ke teluk Benoa menghasilkan debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun sebesar 103,3 m^3/det (Tukad Badung), 98,3 m^3/det (Tukad Mati), 59,9 m^3/det (Tukad Sama), dan 50,2 m^3/det (Tukad Bualu), yang berpotensi melampaui kapasitas tampung alami teluk sebagai retarding basin. Sementara itu, estimasi sedimentasi metode USLE memperlihatkan suplai sedimen tahunan yang cukup besar, terutama dari DAS Bualu (±166.434 m^3/tahun) dan Badung (±129.649 m^3/tahun), sehingga mempercepat pendangkalan dan menurunkan efektivitas pengendalian banjir. Temuan ini menegaskan bahwa peningkatan limpasan dan sedimentasi dari hulu berkontribusi langsung terhadap degradasi fungsi hidrologis teluk Benoa dan memerlukan pengelolaan konservasi secara terpadu.

DAFTAR PUSTAKA

Doddy Heka Ardana, Putu., Ketut Soriarta., I Gede Arimbawa Widnyana., I Wayan Diasa., 2021, Analisis Debit Banjir Rancangan Di Daerah Aliran Sungai Tukad Mati, Jurnal Teknik Gradien, Vol 14 no 2, hal 58070

Nika Purnomo, Sanidhya., 2017, Pengaruh Metode Pemilihan Data Hujan Pada Perancangan Debit Banjir di DAS Serayu, Techno Vol 18 no 1, April 2017, hal. 50-58.

Pramudita, I Gusti Agung Istri Lita., Ida Bagus Suryatmaja., Anak Agung Ratu Ritaka Wangsa., Krisna Kurniari., 2024, Analisis Hidrologi Rancangan pada Saluran Drainase di Daerah Kelurahan Ubung Kecamatan Denpasar Utara, Jurnal Ilmiah Teknik Unmas Vol 4 no 2, hal 99-104

Purnayasa Wijaya, I Made., Ida Bagus Suryatmaja., & Anak Agung Ratu Ritaka Wangsa, 2024, Analisis Debit Banjir Rancangan pada Saluran Drainase di Jalan Kunti II Seminyak Kecamatan Kuta Kabupaten Badung, Jurnal Ilmiah Teknik Unmas Vol 4 no 1.

Ranu Fajar Maharta, I Putu., I Gede Hendrawan., & Yulianto Suteja, 2019, Prediksi Laju Sedimentasi di Perainan Teluk Benoa Menggunakan Pemodelan Numerik, Journal of Marine and Aquatic Sciences Vol 5 hal 44-54 doi: https://doi.org/10.24843/jmas.2019.v05.i01.p06

Saidah, Humairoh., Atas Pracoyo. & Khairudin, 2020, Perbandingan Beberapa Metode Debit Banjir Rancangan, Jurnal Unmas mataram, Vol 14 no 1

Tanto, Try AI., Rahmadi Prasetyo., Ilham., 2022, Distribusi Spasial Parameter Kualitas Air di Teluk Benoa Bali, Jurnal Kelautan Vol. 15 no 2, hal 169 - 178