

Analisis Kapasitas Saluran Drainase Menggunakan Software HEC RAS 4.0.1 di DAM-BONO 1 Bulubendo Kabupaten Sidoarjo

Rizky Hutama Putra Haqq¹⁾, Faradlillah Saves²⁾

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya^{1,2)}
Hutamaptr2@gmail.com¹

ABSTRAK

Studi ini digunakan untuk mengetahui kapasitas saluran drainase di DAM-BONO 1 Bulubendo, Sidoarjo yang mengalami masalah banjir akibat urbanisasi dan perubahan iklim. Menggunakan software HEC-RAS 4.0.1, studi ini menghitung besaran debit banjir rencana dengan periode 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun, serta mengevaluasi daya tampung saluran yang ada. Data sekunder yang dipakai adalah data hujan (2013-2023), peta catchment area, dan topografi, sementara data primer meliputi dimensi, titik koordinat, dan elevasi saluran. Metode yang dipakai adalah *polygon Thiessen* untuk analisis curah hujan, distribusi frekuensi *Log Pearson Type III*, serta perhitungan intensitas hujan persamaan Mononobe. Debit dihitung dengan cara rasional, dan kapasitas saluran dibandingkan dengan debit banjir yang dirancang. Pemodelan dengan HEC-RAS akan menguji akurasi perhitungan manual. Hasilnya diharapkan memberi referensi untuk penanggulangan banjir dan rekomendasi perbaikan drainase.

Kata Kunci

Debit; HEC-RAS; Kapasitas Saluran

This study aims to evaluate the drainage channel capacity at DAM-BONO 1 Bulubendo, Sidoarjo, which faces flooding issues due to urbanization and climate change. Using HEC-RAS 4.0.1 software, the study calculates flood discharge for 2, 5, and 10-year return periods and assesses the existing channel capacity. The secondary data used include rainfall data (2013-2023), catchment area maps, and topography, while the primary data include channel dimensions, coordinates, and elevation. The methods employed are the Thiessen polygon for rainfall analysis, frequency distribution using the Gumbel and Log Pearson Type III methods, and rainfall intensity calculations using the Mononobe equation. The flood discharge is calculated using the rational method, and the channel capacity is compared to the designed flood discharge. Modeling with HEC-RAS will verify the accuracy of the manual calculations. The results are to provide a great reference for flood management and recommendations for drainage improvement.

Keywords

Drainage Channel; Flood Discharge; HEC-RAS

PENDAHULUAN

Kabupaten Sidoarjo adalah kabupaten yang terkecil dan terpadat jumlah penduduknya, berdasarkan analisis dari Badan Pusat Statistika (BPS) jumlah penduduk Kabupaten Sidoarjo pada tahun 2023 adalah 1.996.825 jiwa. Seiring perkembangan jaman Kabupaten Sidoarjo mengalami perubahan tata guna lahan, yang mulanya adalah tangkapan air menjadi lahan yang diuruk atau dikeringkan untuk pembangunan permukiman baru, perluasan, ataupun pembukaan kawasan industri (Astuti, 2020) Cepatnya urbanisasi dan perkembangan perkotaan menimbulkan beberapa masalah, salah satunya adalah sistem drainase tidak mampu mengimbangi laju pertumbuhan tersebut menurut (Harahap & Ramdhani, 2013) Urbanisasi telah menyebabkan peningkatan infrastruktur secara signifikan, kawasan yang dulunya merupakan lahan kosong yang ditumbuhi pohon – pohon, saat ini digantikan oleh rumah – rumah, gedung – gedung atau jalan – jalan aspal dan beton. Peningkatan permukaan lahan kedap air menyebabkan naiknya jumlah debit air yang melebihi kapasitas drainase dan menyebabkan banjir. Indikasi lain yang menyebabkan banjir merupakan perubahan iklim, faktor ini menyebabkan rangkaian curah hujan semakin meningkat baik intensitas dan juga frekuensinya, bahkan kejadian hujan yang tidak menentu ini tidak dapat diprediksi.

Berdasarkan hasil *survey* awal pada bulan Juni 2024 diketahui bahwa banjir di saluran drainase DAM-BONO 1 Bulubendo disebabkan oleh beberapa faktor. Diantaranya adalah parahnya curah hujan dengan intensitas yang lama, tidak memiliki saluran untuk menadah air dalam debit tinggi, saluran drainase yang tidak terawat dengan baik, banyaknya sampah, endapan sedimentasi, dan tumbuhnya rumput – rumput liar yang tumbuh di saluran drainase. Selain itu daerah sekitar drainase merupakan daerah yang padat penduduk, hal ini menyebabkan hilangnya daerah resapan air kedalam tanah yang dapat menyebabkan naiknya jumlah debit air.

Tujuan dari studi ini ialah untuk menemukan aliran banjir yang mengalir pada drainase di DAM-BONO 1 untuk periode 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun. Penelitian ini akan menganalisis debit banjir yang terjadi dengan menggunakan software HEC-RAS 4.0.1, yang diharapkan dapat memberikan model yang efektif untuk perhitungan debit banjir dan kapasitas saluran. Rumusan masalah yang terpilih fokus utama dalam penelitian ini merupakan berapa debit banjir yang mengalir pada drainase di DAM-BONO 1 Bulubendo Kabupaten Sidoarjo periode 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun. Penelitian ini diharapkan membawa banyak manfaat bagi pembaca yang diharapkan dapat menambah wawasan terkait keilmuan hidrologi dan juga hidrolika, serta menjadi pertimbangan penelitian lebih lanjut dengan topik yang sejenis.

METODE PENELITIAN

Survey Lokasi penelitian berada di kawasan dekat bandara juanda Kabupaten Sidoarjo, tepatnya ada di DAM-BONO 1 Bulubendo Kecamatan Sedati Kabupaten Sidoarjo. Detail lokasi studi bisa dilihat di gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Objek studi ini adalah saluran drainase yang terdapat di Dam-Bono 1 Bulubendo Kecamatan Sedati Kabupaten Sidoarjo, daerah tinjau dibatasi sepanjang 1 km di saluran dan peninjauan dilakukan pada saat musim kemarau. Detail objek studi bisa dilihat di gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Saluran Drainase Di Hulu Saluran



Gambar 3. Saluran Drainase Sekunder

Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap yang bisa dikatakan wajib dilakukan dalam sebuah studi, dalam studi ini membutuhkan beberapa data, data sekunder dan data primer. Data primer merupakan data yang didapatkan oleh peneliti di lapangan, peninjauan langsung dilapangan dilakukan dengan mengamati beberapa hal, antara lain adalah dimensi saluran drainase, titik koordinat saluran drainase, dan elevasi saluran drainase, data tersebut hanya dapat diperoleh dengan cara peninjauan secara langsung dilapangan. Data sekunder ialah sumber data yang tidak langsung diterima peneliti, dapat didapatkan dengan cara menghubungi instansi atau mengambilnya dari internet, data – data sekunder yang digunakan dalam studi ini ialah data curah hujan 2013-2023, peta catchment area, dan peta topografi.

Pengolahan Data

Pengolahan data dapat terjadi apabila semua data diperoleh, yang diolah merupakan data primer dan sekunder. Pengolahan data ini ada beberapa proses, yaitu adalah:

a) Analisis curah hujan maksimal

Perhitungan curah hujan maksimum menggunakan metode polygon thiessen, pemilihan metode ini dikarenakan metode ini lebih presisi dikarenakan menghitung bobot dari luas area yang diwakili oleh setiap stasiun pengamatan, sehingga memberikan hasil yang lebih akurat dan representatif, selain itu syarat-syarat seperti terdapat 3 stasiun hujan di sekitar lokasi tinjau juga terpenuhi, maka dari itu pemilihan metode ini dirasa sangat tepat.

b) Distribusi frekuensi dan curah hujan rencana

Penyelesaian frekuensi dan curah rencana dihitung menggunakan persamaan gumbel dan log pearson tipe III, penggunaan metode ini juga dapat berubah tergantung hasil dari perhitungan parameter dasar terlebih dahulu, perhitungan parameter dasar ini dilakukan sebelum perhitungan distribusi frekuensi, karena setiap metode distribusi mempunyai sifat yang berbeda maka setiap data hidrologi akan diuji kesesuaian sifat statistika, maka begitu kesalahan menentukan metode dapat dihindarkan.

c) Perhitungan intensitas curah hujan

Intensitas hujan, dapat dilakukan menggunakan persamaan mononobe. Penyelesaian ini dimaksudkan guna menentukan intensitas hujan. Data yang diperlukan untuk penyelesaian intensitas curah ini adalah nilai dari hujan rancangan yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya, hasil dari perhitungan ini ialah berupa intensitas hujan dengan satuan mm/jam.

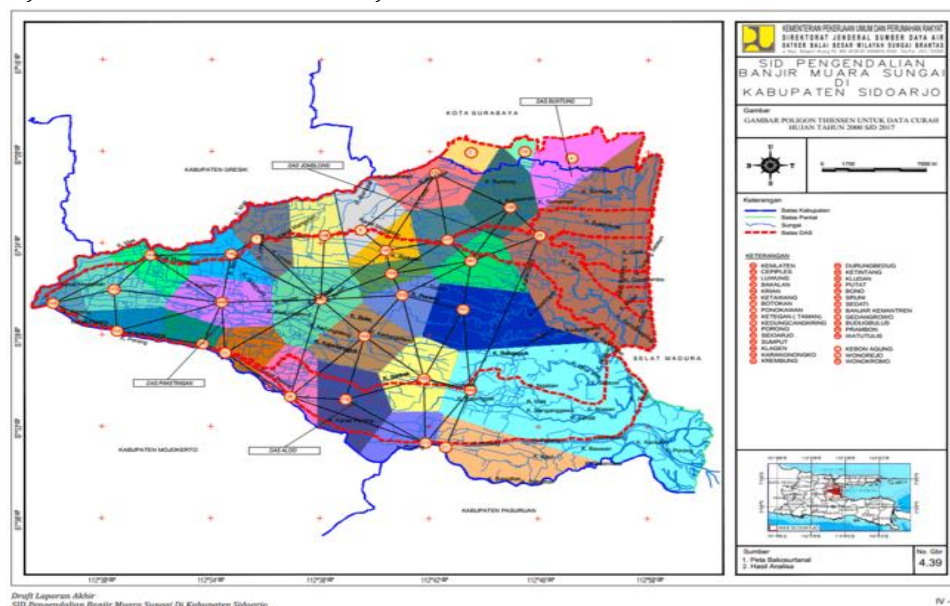
d) Perhitungan debit banjir

Perhitungan debit rancangan yang diperlukan hanyalah data berupa intensitas curah hujan dengan satuan mm/jam, perhitungan ini menggunakan persamaan

rasional yang nantinya akan menghasilkan keluaran berupa debit banjir rancangan dengan periode 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun. Debit banjir rancangan ini nantinya akan disimulasikan secara manual dengan kapasitas tampung saluran drainase yang diperoleh berdasarkan perhitungan manual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dibutuhkan untuk studi ini merupakan data curah hujan dengan rentang waktu 10 tahun yaitu 2013-2023 yang terdapat di stasiun curah hujan di Kabupaten Sidoarjo. Pemilihan stasiun curah hujan ini didasari data dari PUPR (Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat) yang berada disekitar lokasi penelitian atau aliran sungai, stasiun curah hujan tersebut merupakan stasiun hujan bono, stasiun hujan sruni, dan stasiun hujan sedati.



Gambar 4. Peta Stasiun Hujan Kabupaten Sidoarjo

Berikut adalah rangkuman data curah hujan pada stasiun hujan bono, stasiun hujan sruni, dan stasiun hujan sedati dengan rentan waktu 10 tahun (2013-2023) yang telah dirangkum oleh peneliti.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian

No	Tahun	curah hujan harian maksimum		
		stasiun bono	stasiun sruni	stasiun sedati
1	2013	334	497	507
2	2014	490	458	388
3	2015	469	471	441
4	2016	440	697	373
5	2017	390	588	424
6	2018	497	578	457
7	2019	391	491	353
8	2020	448	669	429
9	2021	480	589	378
10	2022	325	424	235
11	2023	361	359	225

Data yang telah dirangkum dilakukan perhitungan dasar statistika untuk mengetahui distribusi apa yang akan digunakan dalam perhitungan distribusi probabilitas guna menghindari kesalahan dalam menentukan metode distribusi.

Tabel 2. Perhitungan Dasar Statistika

No	Tahun	thiessen (mm)	Xi urut (mm)	Xi-Xtrtrt (mm)	(Xi-Xtrtrt) ² (mm)	(Xi-Xtrtrt) ³ (mm)	(Xi-Xtrtrt) ⁴ (mm)
1	2019	430,27	508,61	68,0	4618,6	313877,4	21331111,3
2	2020	451,53	505,61	65,0	4219,8	274118,3	17806725,5
3	2016	461,52	494,08	53,4	2854,8	152530,1	8149682,6
4	2021	494,08	481,78	41,1	1691,7	69578,7	2861770,7
5	2015	456,29	461,51	20,9	435,1	9077,0	189346,5
6	2017	508,61	456,29	15,6	244,6	3825,7	59833,9
7	2014	408,61	451,53	10,9	118,4	1287,9	14012,5
8	2013	505,61	430,27	-10,4	107,7	-1118,4	11608,9
9	2019	481,78	408,78	-31,9	1015,7	-32370,3	1031640,2
10	2022	327,37	327,37	-113,3	12832,4	-1453649,6	164669422,1
11	2023	321,32	321,32	-119,3	14239,6	-1699217,3	202767600,8
jumlah			4847,2	0,0	42378,4	-2362060,4	418892754,9
rata-rata			440,7				
Standar deviasi (Sd)			65,09				
Koefisien Skewness (Cs)			1,04				
Koefisien Kurtosis (Ck)			3,92				

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai Cs (1,04) dan nilai Ck (3,92), Peneliti memilih untuk distribusi log pearson type III dikarenakan persyaratannya yang fleksibel dan penulis lebih familiar dengan metode tersebut. Berikut adalah tabel perhitungan distribusi.

Tabel 3. Distribusi Probabilitas Metode Log Pearson Type III

No	Xiurut (mm)	Log Xi	Log Xi - Log $\bar{X}$	(Log Xi - Log $\bar{X}$) ²	(Log Xi - Log $\bar{X}$) ³	(Log Xi - Log $\bar{X}$) ⁴
1	508,61	2,706	0,067	0,004502	0,000302	0,000020
2	505,61	2,704	0,065	0,004164	0,000269	0,000017
3	494,08	2,694	0,055	0,002971	0,000162	0,000009
4	481,78	2,683	0,044	0,001898	0,000083	0,000004
5	461,51	2,664	0,025	0,000620	0,000015	0,000000
6	456,29	2,659	0,020	0,000398	0,000008	0,000000
7	451,53	2,655	0,015	0,000237	0,000004	0,000000
8	430,27	2,634	-0,006	0,000031	0,000000	0,000000
9	408,78	2,611	-0,028	0,000773	-0,000021	0,000001
10	327,37	2,515	-0,124	0,015438	-0,001918	0,000238
11	321,32	2,507	-0,132	0,017516	-0,002318	0,000307
Jumlah		29,03	0,000	0,048547	-0,003416	0,000596
rata - rata		2,64				
Standar deviasi (Sd)		0,06				
Koefisien Skewness (Cs)		1,93				

Dengan diperolehnya nilai standar deviasi ($Sd=0,06$) dan koefisien *skewness* ($Cs=1,93$), maka nilai K dapat diketahui guna periode ulang tahun menggunakan interpolasi harga, berikut ialah hasil dari perhitungan.

Tabel 4. Perhitungan Hujan Rencana Metode Log Pearson Type III

periode ulang	Log $\bar{X}$	Sd	K	Log R	Hujan Rencana (r) mm
2	2,64	0,06	0,29862	2,6579	454,901
5	2,64	0,06	0,99976	2,7000	501,171
10	2,64	0,06	1,38202	2,7229	528,349

Setelah nilai r atau hujan rencana diperoleh, maka dilakukan pengujian kesesuaian distribusi, pengujian ini didasarkan oleh nilai Dmax yang akan dicari, dan akan dibandingkan dengan nilai Dkritis yang dapat dicari pada tabel ketentuan, dari perbandingan tersebut nilai Dmax tidak boleh lebih besar dari nilai Dkritis yang diijinkan. Hasil pengujian kesesuaian distribusi terdapat pada tabel di bawah:

Tabel 5. Uji Kesesuaian Data Metode Smirnov Kolmogorov

No (M)	Xiurut (mm)	Log Xi	P (X)	P (X<)	F (t)	P' (X)	P' (X<)	D
1	508,61	2,706	0,083	0,917	1,106	0,10	0,900	0,017
2	505,61	2,704	0,167	0,833	1,064	0,20	0,800	0,033
3	494,08	2,694	0,250	0,750	0,897	0,30	0,700	0,050
4	481,78	2,683	0,333	0,667	0,714	0,40	0,600	0,067
5	461,51	2,664	0,417	0,583	0,403	0,50	0,500	0,083
6	456,29	2,659	0,500	0,500	0,321	0,60	0,400	0,100
7	451,53	2,655	0,583	0,417	0,245	0,70	0,300	0,117
8	430,27	2,634	0,667	0,333	-0,104	0,80	0,200	0,133
9	408,78	2,611	0,750	0,250	-0,475	0,90	0,100	0,150
10	327,37	2,515	0,833	0,167	-2,083	1,00	0,000	0,167
11	321,32	2,507	0,917	0,083	-2,218	1,10	-0,100	0,183
Log X(rata-rata)			2,64	Dmax				0,183
Sd			0,06	Dkritis				0,391
n			11	keputusan				diterima

Dari tabel perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa nilai D_{max} : $0,183 < D_{kritis}$: $0,391$ maka memenuhi persyaratan uji kesesuaian data dengan metode smirnov kolmogorov dan dinyatakan distribusi menggunakan log pearson type III bisa disetujui. Setelah uji kesesuaian terpenuhi, dapat dihitung intensitas curah hujan dengan rumus mononobe, sebelum menghitung diperlukan persamaan T_c atau waktu konsentrasi, perhitungan dapat dilihat dibawah ini.

$$T_c = 0,0195 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} = 0,0195 \left(\frac{1719}{\sqrt{0,0001}} \right)^{0,77} = 208,94 \text{ menit}$$

Setelah waktu konsentrasi didapatkan maka dapat dicari nilai I dengan rumus mononobe, metode ini membutuhkan data curah hujan rencana yang sudah dihitung, berikut merupakan hasil perhitungan.

- Intensitas curah hujan periode ulang 2 tahun

$$I_2 = \frac{454,901}{24} \left[\frac{24}{208,94/60} \right] = 68,643 \text{ mm/jam}$$

- Intensitas curah hujan periode ulang 5 tahun

$$I_5 = \frac{501,171}{24} \left[\frac{24}{208,94/60} \right] = 75,625 \text{ mm/jam}$$

- Intensitas curah hujan periode ulang 10 tahun

$$I_{10} = \frac{528,349}{24} \left[\frac{24}{208,94/60} \right] = 79,726 \text{ mm/jam}$$

Dalam perhitungan debit banjir rancangan diperlukan besaran nilai C , nilai C adalah koefisien untuk memperlihatkan perbandingan besarnya jumlah air dialirkan oleh suatu daerah pada permukaan tanahnya, dalam menentukan koefisien pengaliran perlu memperhitungkan semua luasan yang termasuk kedalam *catchment area*, banyaknya jenis permukaan tanah maka perlu diperhitungkan nilai C gabungan, hasil perhitungan nilai C gabungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Perhitungan Nilai C Gabungan

No	Deskripsi lahan / karakter permukaan	luas wilayah (Ha)	luasan daerah (A)	Koef. pengaliran (C)	A.C	C
1	perkampungan	459	214,74	0,25	53,685	0,34
2	industri ringan	459	102,05	0,55	56,1275	0,34
3	aspal dan beton	459	32,16	0,8	25,728	0,34
4	Halaman tanah berat	459	110,06	0,18	19,8108	0,34

Setelah semua nilai yang dibutuhkan dalam perhitungan debit banjir rancangan telah didapatkan, langkah berikutnya adalah memperhitungkan debit banjir rencana. Berikut adalah perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode rasional menggunakan persamaan kirpich.

- Debit rancangan periode 2 tahun

$$Q = (0,278). C. I. A$$

$$Q = (0,278) \times 0,34 \times 68,643 \times 4,59$$

- $Q = 29,7805 \text{ m}^3/\text{s}$
- Debit rancangan periode 5 tahun
 $Q = (0,278) \cdot C \cdot I \cdot A$
 $Q = (0,278) \times 0,34 \times 75,625 \times 4,59$
 $Q = 32,8097 \text{ m}^3/\text{s}$
 - Debit rancangan periode 10 tahun
 $Q = (0,278) \cdot C \cdot I \cdot A$
 $Q = (0,278) \times 0,34 \times 79,726 \times 4,59$
 $Q = 34,5889 \text{ m}^3/\text{s}$

Tabel 7. Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan

periode ulang (tahun)	koefisien pengaliran (C)	Intensitas curah hujan (I)	Luas wilayah (Km ²)	Debit banjir rancangan (m ³ /s)
2	0,34	68,643	4,59	29,7805
5	0,34	75,625	4,59	32,8097
10	0,34	79,726	4,59	34,5889

KESIMPULAN

Setelah menemukan keseluruhan perhitungan yang diperlukan untuk penelitian yang dilaksanakan di Kelurahan Bulubendo, maka diperoleh beberapa kesimpulan didapat selama melakukan penelitian ini. Berdasarkan hasil dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa debit banjir saluran drainase yang terjadi di saluran DAM-BONO 1 Bulubendo Kabupaten Sidoarjo dengan skala tahun 2013-2023 adalah sebesar 29,7805 m³/detik pada periode 2 tahun, untuk periode ulang 5 tahun didapatkan debit banjir rancangan sebesar 32,8097 m³/detik dan pada periode ulang 10 tahun didapatkan nilai debit banjir rancangan sebesar 34,5889 m³/detik.

REFERENSI

- Astarini, A. Muliadi. dan Adriat, R. 2022. Studi Perbandingan Metode Penentuan Intensitas Curah Hujan Berdasarkan Karakteristik Curah Hujan Kalimantan Barat. *Prisma Fisika*. 10:1-7
- Astuti R.S. (2020, February 18). pemkab Sidoarjo urai penyebab banjir . Kompas. <https://www.kompas.id/baca/nusantara/2020/02/18/pemkab-sidoarjo-urai-penyebab-banjir-dua-bulan>
- Cristayanti. 2023. Analisis Kapasitas Tampung Saluran Drainase Eksisting Sebagai Solusi Pengendalian Banjir Perkotaan Menggunakan *Software* HEC-RAS (Studi Kasus: Jalan Pulau Sebesi, Kec. Sukarama, Kota Bandar Lampung). Thesis. Universitas Lampung
- Harahap, & Ramdhani, F. (2013). *Impact of Urbanization for City Developments in Indonesia*. *Jurnal Society*, 1(1), 35–45.
- Krisnayanti, D. Hunggurami, E. dan Wea, K. 2017. Perencanaan Drainase Kota Seba. *Jurnal Teknik Sipil*. 6:89-102.
- Makmur, Z. Irmanto, I. Nugroho, J. dan Hatmoko, W. 2023. Pemodelan Sedimentasi Menggunakan HEC-RAS 6.1 Untuk Menganalisis Perubahan Elevasi Dasar Sungai Tondano, Sulawesi Utara. *Jurnal Teknik Hidraulik*. 14:41-54
- Nursalam, M. Fahresa, A. Ali, M. dan Gaffar, F. 2023. Penerapan Aplikasi Komputasi Untuk Analisis Sistem Pengelolaan Sub Das Jenemarung. *KOHESI : Jurnal Multidisiplin Saintek*. 1:22-32
- Poli, A. Sumarauw, J. dan Mananoma, T. 2022. Evaluasi Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Sungai Paniki di Jembatan Desa Paniki Atas. *Jurnal Tekno*. 20:749-758
- Suryatmaja, I. Wangsa, A. Nada, I. Dan Perdana, I. 2023. Analisis Kapasitas Saluran Drainase di Jalan Tukad Yeh Aya Renon Denpasar. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*. 12:158-165
- Siregar, F. Tarigan, A. dan Faisal, M. 2022. Analisis Kondisi Banjir di Kampus USU Berbasis HEC-RAS dan GIS. *Jurnal Syntax Admiration*. 3:109-121.
- Upadani, I. 2017. Model Pemanfaatan Modal Sosial Dalam Pemberdayaan Masyarakat Pedesaan Mengelola Daerah Aliran Sungai (DAS) di Bali. *Jurnal Lingkungan & Pembangunan*. 1:11-22
- Wangsa, A. Suryatmaja, I. dan Andini, A. 2023. Analisis Daya Tampung Air Pada Saluran Drainase di Lingkungan Art Centre Kota Denpasar. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. 6:755-764
- Wigati, R. Soedarsono. dan Mutia, T. 2016. Analisis Banjir Menggunakan Software HEC-RAS 4.1.0. (Studi Kasus Sub-Das.Ciberang HM 0+00 – HM 34+00). *Jurnal Fondasi*. 5:51-61