

Analisis Banjir Akibat Sudetan *Meandering* Sungai Kolokoso Studi Kasus : Bandara Dhoho, Kediri

M.Gilang Indra Mardika^{1,*}, Tera Melya Patrice Sihombing¹, Ryan Andreas¹

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan¹

Koresponden*, Email: m.indra@si.its.ac.id

Info Artikel		Abstract
Diajukan	20 Juni 2024	<i>The construction of Dhoho Kediri Airport has altered land use in the Kolokoso Watershed, increasing flood risks. To mitigate this, a cutoff channel was proposed for the meandering river section. Hydrological analysis utilized the Log Pearson III distribution and Mononobe method for a 25-year return period. Effective rainfall was derived via the Alternating Block Method, and peak flood discharge was calculated at 0.829 m³/s using the SCS Unit Hydrograph. HEC-RAS 6.4.1 simulations modeled the implementation of three box culverts (4.8 m x 4.3 m). Results indicate a significant reduction in flood inundation area from 5.93 ha to 0.65 ha. Validation demonstrated high model accuracy, showing 89% agreement for water levels and 98% for flow velocities.</i>
Diperbaiki	01 Juli 2024	
Disetujui	27 Mei 2025	
Keywords: flood discharge, meandering, floodplain modification, flood distribution.		Abstrak Pembangunan Bandara Dhoho Kediri menyebabkan perubahan tata guna lahan di DAS Kolokoso, yang berpotensi meningkatkan risiko banjir. Hal tersebut perlu dimitigasi berupa sudetan pada aliran sungai yang meandering di sekitar area bandara. Analisis hidrologi dimulai dengan penentuan hujan rancangan menggunakan distribusi Log Pearson III dan metode Mononobe untuk menghitung intensitas hujan dengan kala ulang 25 tahun. Curah hujan efektif dihitung menggunakan metode <i>Alternating Block Method</i> , menghasilkan hyetograph selama 6 jam berturut-turut. Debit banjir puncak dihitung menggunakan metode HSS-SCS, menghasilkan debit puncak sebesar 0,829 m ³ /detik. Berdasarkan analisis HEC-RAS 6.4.1, luas sebaran banjir sebelum sudetan mencapai 5,93 ha, sedangkan setelah sudetan turun menjadi 0,65 ha, menunjukkan penggunaan 3 <i>culvertbox</i> dengan tinggi 4,8 meter dan lebar 4,3 meter efektif dalam pengurangan banjir. Kalibrasi dan validasi menunjukkan hasil akurasi tinggi, persentase kesesuaian antara hasil pemodelan tinggi muka air dan data terukur sebesar 89%, serta antara kecepatan aliran hasil pemodelan dan data terukur sebesar 98%.
Kata kunci: debit, meandering, sudetan, sebaran, banjir		

1. Pendahuluan

Sungai memiliki peran dalam ketersediaan air lembah yang subur dan potensi untuk permukiman manusia agar tidak timbul dampak yang merugikan, harus menyesuaikan perlakuan apa yang harus dilakukan. Sungai dapat direkayasa tanpa mengganggu kesetimbangan alamnya [1]. Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa Sungai Kolokoso melewati dua kabupaten, yaitu Kabupaten Kediri dan Kabupaten Nganjuk. Daerah Aliran Sungai (DAS) Kolokoso mengalami alih fungsi lahan dari lahan pertanian menjadi bandara. Alih fungsi lahan menyebabkan terganggunya fungsi hidrologi seperti penurunan kapasitas resapan air hujan dan terganggunya aliran sungai [2]. Perubahan penggunaan lahan ini akan mempengaruhi perubahan debit pada sistem Daerah Aliran Sungai (DAS) Kolokoso serta adanya pelurusan atau pemotongan alur *meandering* pada badan sungai untuk mengantisipasi mitigasi banjir di area Bandara Dhoho Kediri. *Meandering* adalah kelokan-kelokan pada bentuk sungai. Pola *meandering* terbentuk seiring waktu karena lembah

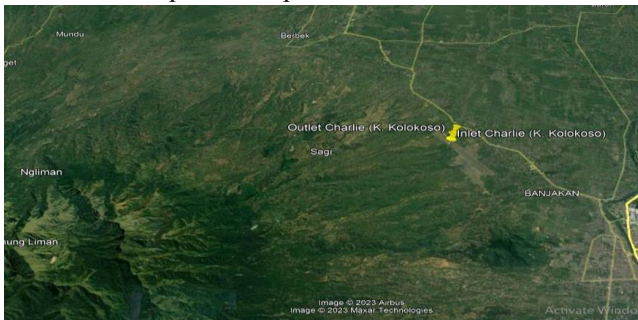
sungai yang cukup lebar mengalami proses erosi dan sedimentasi pada titik-titik tertentu. *Meandering* dapat menyebabkan aliran air dari hulu DAS ke hilir menjadi lebih lambat.

Namun, sudetan Sungai Kolokoso dilakukan untuk menciptakan jalur yang lebih efisien di daerah bandara dengan menggunakan bangunan *box culvert* sebagai infrastruktur saluran tertutup di bawah bandara. Tujuan dari sudetan ini adalah untuk mengalihkan aliran Sungai Kolokoso sehingga dapat melewati lahan di bawah timbunan bandara. Sudetan di Sungai Kolokoso dibuat guna mengendalikan aliran air di sungai. Sudetan yang ada pada penelitian ini berperan dalam meningkatkan kecepatan aliran di sungai. Sudetan yang dibangun menggunakan dinding sudetan berupa beton. Dengan sudetan dan pemasangan *box culvert*, analisis debit banjir dapat dilakukan kembali untuk mengetahui sebaran banjir di Sungai Kolokoso. Sebaran banjir ini dapat dianalisis menggunakan *software* HEC-RAS 2D (*Hydrologic Engineering Center's-River Analysis*

System). Pemodelan banjir merupakan langkah dasar pengendalian banjir untuk mengidentifikasi wilayah yang rentan terhadap banjir [3]. Dalam analisis sebaran banjir ini, diperlukan perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah pemasangan *box culvert* sepanjang pelurusan *meandering* di Sungai Kolokoso dengan menggunakan model pada *software* HEC-RAS 2D dimana dimensi yang digunakan dalam *input* data *box culvert* adalah data hasil perencanaan yang sudah dianalisis oleh perencana.

2. Metode

Daerah Aliran Sungai yang menjadi lokasi penelitian berada di DAS Kolokoso pada Kecamatan Grogol, Kabupaten Kediri, Provinsi Jawa Timur dapat dilihat pada **Gambar 1**. Daerah utama dalam penelitian berada di tengah Sungai Kolokoso dengan titik hilir yang merupakan area pembangunan Bandara Dhoho Kediri. Adapun hilir sungai berada di titik koordinat *latitude* -7.739126° dan *longitude* 111.941583° dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Peta Lokasi Hilir *Meandering*

Penelitian ini menggunakan data sejumlah data yang diperoleh dari beberapa badan seperti berikut:

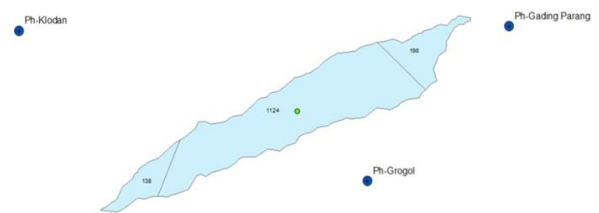
1. Koordinat pos hujan daerah Sungai Kolokoso, Kabupaten Kediri, Provinsi Jawa Timur.
2. Data curah hujan harian tahun 2003-2022 daerah Sungai Kolokoso, Kabupaten Kediri, Provinsi Jawa Timur. Didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas Jawa Timur.

3. Peta topografi daerah Sungai Kolokoso setelah pembangunan Bandara Kediri. Didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas Jawa Timur.
4. DED ataupun *As Built Drawing Box Culvert* dan sudetan lurus Sungai Kolokoso. Didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas Jawa Timur.
5. Tata guna lahan daerah Sungai Kolokoso. Didapatkan dari Indonesia Geospasial Portal.
6. Data hidrometri berupa tinggi muka air dan kecepatan aliran untuk kalibrasi.

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah batasan wilayah dan pengelolaan sumber daya air. DAS terdiri dari *basin*, *drainage basin*, *catchment area*, *watershed*. Batas DAS dapat ditentukan melalui digitasi dari peta *Google Earth*. Delineasi DAS pada penelitian ini dibuat dengan menentukan lokasi *Outlet* DAS yang dibuat dengan bantuan *software GIS* [4].

Siklus hidrologi adalah rangkaian dari air yang menguap ke atmosfer dan turun ke bumi lalu kembali ke atmosfer. Penguapan terjadi karena adanya paparan dari sinar matahari, gumpalan dari uap ini akan membuat awan pada atmosfer. Lalu terjadi hujan yang alirannya tertahan oleh tumbuhan (*intersepsi*). Air yang masuk kedalam tanah (*infiltrasi*), dan air yang bergerak pada dasar tanah (*surface run off*) [5].

Analisis hidrologi pada penelitian ini dilakukan guna mengetahui nilai curah hujan maksimum pada tiap tahunnya dari tahun 2003 sampai tahun 2022 dengan menggunakan *metode Polygon Thiessen*.



Gambar 3. Peta *Polygon Thiessen* pada DAS Kolokoso

Curah hujan rata-rata metode *Polygon Thiessen* dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$R = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + A_3.R_3 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (1)$$

Dengan menggunakan Persamaan (1) dapat diketahui, A adalah luas daerah, R adalah tinggi hujan rata-rata, A_n adalah luas wilayah yang dipengaruhi pos n, P adalah tinggi curah hujan di stasiun n.

Curah hujan di berbagai wilayah tidak sama, semakin kecil daerah pengaliran maka jangka waktu curah hujan

semakin pendek. Adapun semakin lama waktu curah hujan yang turun maka intensitasnya tidak akan sama. Fungsi dari analisis frekuensi ialah untuk memperoleh tingkat nilai debit yang mempengaruhi saluran dengan mempertimbangkan nilai intensitas dan frekuensi kejadian serta analisis probabilitas yang terjadi dalam kala ulang tertentu.

Analisis debit rencana dilakukan melalui pengukuran dispersi. Dalam pengukuran dispersi, tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi berada pada atau sama dengan nilai rata-ratanya. Pengukuran dispersi ini dilakukan dengan menggunakan Metode Distribusi Normal, Log Normal, *Log Pearson III*, dan Gumbel. Nilai-nilai hasil pengukuran dari masing-masing distribusi beserta kriteria pemilihannya disajikan dalam **Tabel 1**. [6]

Tabel 1. Karakteristik Distribusi Frekuensi

Jenis distribusi frekuensi	Syarat distribusi
Distribusi Normal	$C_s \approx 0$ dan $C_k = 3$
Distribusi Log Normal	$C_s = 3$ $C_v + C_v^2 = 3$ & $C_k = 5,383$
Distribusi Gumbel	$C_s \leq 1,139$ dan $C_k \leq 5,4002$
Distribusi Log Pearson III	$C_s \neq 0$

Hasil perhitungan dispersi dalam penelitian ini yang memenuhi syarat yaitu distribusi *Log Pearson III*. Nilai kala ulang distribusi *Log Pearson III* dihitung dengan menggunakan Persamaan (2).

Distribusi Log Pearson III :

$$\text{Log}X_i = \overline{\text{Log} \bar{X}} + Gt.S\text{Log}X_i \quad (2)$$

Uji *Smirnov – Kolmogorov*, pengujian ini dilaksanakan untuk memperoleh dan mengevaluasi perbedaan probabilitas masing-masing dari variat X_i sesuai dengan distribusi empiris dan teoritik, yang disimbolkan dengan Δ . Harga Δ maksimum harus lebih kecil dari Δ kritis (dari Tabel *Smirnov Kolmogorov*) dengan tingkat keyakinan (α) tertentu.

Uji Chi-kuadrat, pengujian ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut. Uji Chi-Kuadrat menggunakan nilai X^2 yang dapat dihitung dengan Persamaan (3).

$$(X^2)_{\text{hit}} = \sum_{i=1}^k \frac{(EF-OF)^2}{EF} \quad (3)$$

Intensitas hujan merupakan jumlah nilai curah hujan pada suatu waktu, dengan satuan mm/jam, mm/hari, mm/minggu, mm/bulan, mm/tahun, dan sebagainya. Jumlah butiran hujan yang turun dan jatuh di atas permukaan bumi dinyatakan kedalaman air (mm) karena dianggap terdistribusi merata pada seluruh daerah tangkapan air. Adapun metode yang

dipakai dalam menghitung intensitas hujan ini adalah metode *Mononobe* [7]. Rumus dalam menghitung metode *Mononobe* dengan menggunakan Persamaan (4).

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (4)$$

Saat menghitung volume banjir rencana, volume curah hujan rencana harus dipecah menjadi jumlah curah hujan per jam dan masukannya. Untuk mengubah curah hujan yang direncanakan menjadi curah hujan per jam, pertama-tama perlu ditentukan pola sebaran curah hujan per jam. Jika data curah hujan harian tersedia, model distribusi curah hujan dapat digunakan untuk menentukan kedalaman curah hujan per jam dari perkiraan jumlah curah hujan. Salah satu model distribusi curah hujan yang dikembangkan untuk mengubah curah hujan harian menjadi curah hujan per jam adalah dengan menggunakan *Alternating Block Method* (ABM). ABM merupakan suatu metode yang dapat menurunkan persamaan kurva IDF menjadi *hyetograph*. *Hyetograph* merupakan suatu hubungan antara waktu dan tinggi air di aliran sungai.

Analisis debit banjir rencana memiliki beberapa metode yang dapat dipakai, pada penelitian kali ini digunakan metode dari Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) adalah metode HSS *Soil Conservation Service* (SCS). Metode HSS SCS dapat dipakai pada penelitian dengan data yang minimum, dan metode SCS menjadi alat untuk mengetahui jumlah debit maksimum atau nilai debit tertinggi sehingga dapat mencari solusi yang tepat. [8]

HSS SCS ini adalah sebuah pendekatan atau metode yang memanfaatkan fungsi hidrograf tanpa dimensi untuk menghasilkan bentuk standar hidrograf satuan. Pendekatan ini telah menyederhanakan koordinat hidrografnya ke dalam tabel, sehingga dapat mempermudah dalam menghitung hidrograf. Metode ini biasanya digunakan di daerah aliran sungai (DAS) dengan karakteristik tertentu, terutama DAS yang tidak memiliki data pengukuran hidrologi yang lengkap. Metode HSS SCS terbukti efektif diterapkan di berbagai sungai di Indonesia dan luar negeri, khususnya pada DAS yang kecil hingga sedang, yang mengalami perubahan lahan atau pengaruh hujan lebat. Salah satu keunggulannya adalah fleksibilitas dalam memodelkan berbagai skenario aliran. [9]

HEC-RAS, yang merupakan singkatan dari *Hydrologic Engineering Center - River Analysis System*, adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi aliran sungai. Dalam pemodelan dua dimensi (HEC-RAS 2D), aplikasi ini mampu menggambarkan distribusi aliran banjir secara lebih detail pada berbagai segmen sungai. HEC-RAS

2D unggul dalam menampilkan gambaran topografi yang lebih realistis, seperti sebaran tinggi muka air dan kecepatan aliran secara spasial. Pemodelan ini dapat digunakan untuk berbagai studi, termasuk perencanaan tata ruang dan mitigasi banjir. Keunggulan utama HEC-RAS 2D adalah kemampuannya memodelkan dinamika banjir dengan lebih presisi, misalnya di sungai-sungai dengan karakteristik morfologi kompleks. [10]

Penggunaan aplikasi HEC-RAS berfungsi sebagai *software* yang dapat menampilkan hasil simulasi gerak banjir pada aliran Sungai. Dengan menggunakan HEC-RAS 2D 6.4.1 dapat menganalisis aliran, sebaran, dan tinggi muka air pada DAS. Data geometri saluran merupakan data yang dimasukkan pada HEC-RAS berdasarkan *RAS Mapper* DAS yang didapatkan dari situs resmi Badan Informasi Geospasial.

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mendapatkan hasil yang memiliki akurasi tinggi, dibutuhkan ketersediaan data yang secara kualitas dan kuantitas cukup memadai. Data hujan yang digunakan direncanakan selama 20 tahun sejak Tahun 2003 hingga Tahun 2022, seperti dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Data Curah Hujan Maksimum

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)		
		Ph-Klodon	Ph-Grogol	Ph-Gading Parang
1	2003	120	122	100
2	2004	78	134	125
3	2005	71	122	114
4	2006	95	73	70
5	2007	87	153	110
6	2008	90	69	103
7	2009	94	88	60
8	2010	88	136	118
9	2011	73	110	85
10	2012	78	91	71
11	2013	84	135	118
12	2014	64	100	100
13	2015	73	107	77
14	2016	89	110	67
15	2017	89	100	71
16	2018	93	80	82
17	2019	78	93	102
18	2020	97	90	104
19	2021	85	115	180
20	2022	86	100	117

Dalam analisis curah hujan rerata kawasan digunakan metode Poligon Thiessen dengan menggunakan 3 stasiun curah hujan yaitu pos hujan Klodon, pos hujan Grogol, dan pos hujan Gading Parang. Dimana data curah hujan pada kawasan poligon thiessen dapat dilihat pada **Tabel 3** beserta koefisien pada ketiga lokasi pos hujan.

Sebagaimana disajikan pada **Tabel 3**, distribusi pengaruh spasial stasiun hujan menunjukkan bahwa Stasiun Ph-Grogol memiliki kontribusi paling dominan terhadap curah hujan kawasan dengan koefisien Thiessen sebesar 0,769, diikuti oleh Ph-Gading Parang (0,135616) dan Ph-Klodon (0,094520)

Tabel 3. Data Curah Hujan Kawasan Poligon Thiessen

Pos Hujan	Koefisien Thiessen
Ph-Klodon	0,094520
Ph-Grogol	0,769863
Ph-Gading Parang	0,135616

Tabel 4 menyajikan rekapitulasi data curah hujan maksimum kawasan yang dianalisis menggunakan metode Poligon Thiessen selama periode pengamatan 20 tahun, terhitung mulai tahun 2003 hingga 2022. Berdasarkan tabel tersebut, terlihat fluktuasi curah hujan tahunan dengan nilai rata-rata (*mean*) sebesar 91,397 mm. Curah hujan maksimum tertinggi tercatat pada tahun 2007 dengan nilai mencapai 132,908 mm, sedangkan curah hujan terendah terjadi pada tahun 2008 sebesar 58,853 mm. Data deret berkala (*time series*) ini selanjutnya menjadi basis data input dalam analisis frekuensi untuk menentukan besaran hujan rancangan.

Tabel 4. Data Curah Hujan Kawasan Poligon Thiessen

No	Tahun	Xi max
1	2003	94,8685
2	2004	107,415
3	2005	103,819
4	2006	65,089
5	2007	132,908
6	2008	58,8534
7	2009	72,8151
8	2010	122,06
9	2011	97,2644
10	2012	77,0603
11	2013	111,871
12	2014	81,5233
13	2015	90,7301
14	2016	93,9438
15	2017	88,5425
16	2018	66,7137
17	2019	91,763
18	2020	80,8274
19	2021	101,562
20	2022	88,3201
Rata-rata		91,397
Max		132,908
Min		58,853

Analisis debit rencana dilakukan dengan melakukan pengukuran dispersi. Pada pengukuran dispersi tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Untuk pengukuran dispersi ini dilakukan dengan Metode Distribusi Normal, Log Normal, *Log*

Pearson III dan Gumbel. Dengan hasil rekapitulasi perhitungan di atas, dapat ditentukan jenis distribusi yang memenuhi syarat menurut parameter-parameter yang sudah dihitung.

Dari pengukuran dispersi pada **Tabel 4**, Distribusi *Log Pearson* III dipilih untuk menentukan curah hujan rencana. Hasil ditampilkan dalam **Tabel 5**.

Tabel 5. Syarat Penggunaan Jenis Sebaran

No	Metode	Syarat	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
1	Normal	$C_s \approx 0$	0,320	Tidak Memenuhi
		$C_k = 3$	9,771	Tidak Memenuhi
2	Log Normal	$C_s = 3$	-0,198	Tidak Memenuhi
		$3C_v + C_k = 3$	0,141	Tidak Memenuhi
		$C_k = 5,383$	9,654	Tidak Memenuhi
		$C_s \leq 1,1396$	0,320	Memenuhi
3	Gumbel	$C_k \leq 5,4002$	9,771	Tidak Memenuhi
4	<i>Log Pearson</i> III	$C_s \neq 0$	-0,198	Memenuhi

Tabel 6. Distribusi Log *Pearson* III

Kala Ulang	X rata-rata	Log X	Gt	Sx	Log Xt	Xt
2			0,033		1,964	92,027
5			0,850		2,038	109,220
10			1,258		2,075	118,984
20	91,398	1,961	1,543	0,091	2,101	126,300
25			1,685		2,114	130,126
50			1,950		2,138	137,553
100			2,183		2,160	144,437

Dalam mencari nilai intensitas curah hujan, metode yang digunakan adalah *Mononobe*. Dengan menggunakan hasil perhitungan distribusi *Log Pearson* III, dapat ditentukan intensitas curah hujannya dengan sebaran waktu dari jam ke-1 hingga ke-24. Intensitas curah hujan dengan kala ulang 25 tahun ditampilkan pada **Tabel 6**.

Curah hujan harian dengan menggunakan distribusi *Log Pearson* III dengan kala ulang 25 tahun adalah 130,12 mm. Nilai tersebut selanjutnya diolah untuk mendapatkan distribusi hujan jam-jaman. Pada penelitian ini digunakan *Alternating Block Method* dalam menentukan curah hujan jam-jamannya. Distribusi Hujan Jam-jaman Kala Ulang 25 Tahun ditampilkan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Intensitas Curah Hujan

Kala Ulang	Intensitas Metode Mononobe						
	2	5	10	20	25	50	100
Waktu (jam)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)
1	31,90	37,86	41,25	43,79	45,11	47,69	50,07
2	20,10	23,85	25,99	27,58	28,42	30,04	31,54
3	15,34	18,20	19,83	21,05	21,69	22,93	24,07
4	12,66	15,03	16,37	17,38	17,90	18,92	19,87
5	10,91	12,95	14,11	14,97	15,43	16,31	17,12
6	9,66	11,47	12,49	13,26	13,66	14,44	15,16
7	8,72	10,35	11,27	11,97	12,33	13,03	13,68
8	7,98	9,47	10,31	10,95	11,28	11,92	12,52
9	7,37	8,75	9,53	10,12	10,43	11,02	11,57
10	6,87	8,16	8,89	9,43	9,72	10,27	10,79
11	6,45	7,66	8,34	8,85	9,12	9,64	10,12
12	6,09	7,22	7,87	8,35	8,61	9,10	9,55
13	5,77	6,85	7,46	7,92	8,16	8,63	9,06
14	5,49	6,52	7,10	7,54	7,77	8,21	8,62
15	5,25	6,23	6,78	7,20	7,42	7,84	8,23
16	5,02	5,96	6,50	6,90	7,10	7,51	7,89
17	4,83	5,73	6,24	6,62	6,82	7,21	7,57
18	4,65	5,51	6,01	6,38	6,57	6,94	7,29
19	4,48	5,32	5,79	6,15	6,34	6,70	7,03
20	4,33	5,14	5,60	5,94	6,12	6,47	6,80
21	4,19	4,97	5,42	5,75	5,93	6,26	6,58
22	4,06	4,82	5,25	5,58	5,75	6,07	6,38
23	3,94	4,68	5,10	5,41	5,58	5,90	6,19
24	3,83	4,55	4,96	5,26	5,42	5,73	6,02

Tabel 8. Distribusi Hujan Jam-jaman Kala Ulang 25 Tahun

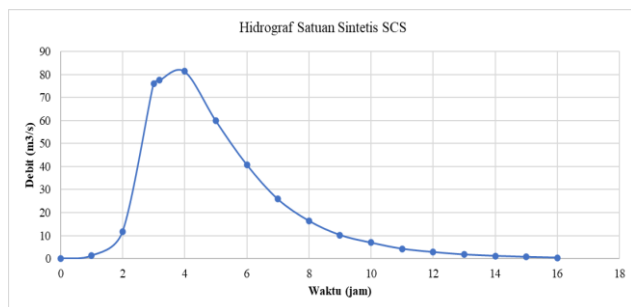
		R24		130.13		mm		Hyetograph	
Td	ΔT (jam)	I	P	ΔP (mm)	ΔP (%)	(%)	mm		
1	1	45,11	45,11	45,11	55,03%	6,75%	8,78		
2	1	28,42	56,84	11,73	14,30%	10,03%	13,06		
3	1	21,69	65,06	8,23	10,03%	55,03%	71,61		
4	1	17,90	71,61	6,55	7,99%	14,30%	18,61		
5	1	15,43	77,14	5,53	6,75%	7,99%	10,39		
6	1	13,66	81,97	4,83	5,90%	5,90%	7,67		
Jumlah				81,97	100%	100%	130,13		

Tabel 8 menyajikan distribusi hujan jam-jaman (hourly rainfall distribution) untuk kala ulang 25 tahun dengan total curah hujan rancangan (R24) sebesar 130,13 mm. Distribusi ini dihitung menggunakan metode *Alternating Block Method* (ABM) dengan durasi hujan rencana selama 6 jam.

Berdasarkan **Gambar 4** dapat terlihat curah hujan efektif dengan metode *Alternating Block Method* untuk menghitung hujan jam-jaman pada kala ulang 25 Tahun.

**Gambar 4.** Distribusi Curah Hujan Metode ABM

DAS Kolokoso terdapat beberapa percabangan atau persimpangan sungai, pemilihan sungai yang menjadi parameter dalam analisis ini adalah yang mengalami perubahan topografi pada badan sungai. Sungai Kolokoso memiliki panjang 12,2 km, elevasi pada hulu 860 m dan hilir 80 m. DAS ini memiliki luas 1460 ha atau 14,6 km². Penentuan nilai debit rancangan dalam penelitian ini menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik *Soil Conservation Service* (SCS).

**Gambar 5.** Grafik Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 25 Tahun**Tabel 9.** Perhitungan HSS SCS pada DAS Kolokoso

t	t/TP	q/Qp	q	Q koreksi i	Q (Debit Rencana)
0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,31	0,177	1,682	0,146	0,146
2	0,63	0,647	6,162	0,536	0,536
3	0,94	0,982	9,360	0,814	0,814
3,187	1,00	1,000	9,528	0,829	0,829
4	1,26	0,876	8,346	0,726	0,726
5	1,57	0,591	5,633	0,490	0,490
6	1,88	0,379	3,609	0,314	0,314
7	2,20	0,240	2,287	0,199	0,199
8	2,51	0,152	1,453	0,126	0,126
9	2,82	0,095	0,908	0,079	0,079
10	3,14	0,064	0,612	0,053	0,053
11	3,45	0,040	0,379	0,033	0,033
12	3,77	0,026	0,252	0,022	0,022
13	4,08	0,017	0,158	0,014	0,014
14	4,39	0,011	0,104	0,009	0,009
15	4,71	0,007	0,066	0,006	0,006
16	5,02	0,004	0,036	0,003	0,003
$\Sigma Q(m^3/s)$			46,608	4,056	4,056
Vol (m³)			167787,26	14600	
TLL (mm)			11,492	1000	

Dengan mendapatkan hasil rancangan dengan metode HSS SCS, nilai debit unit hidrograf dikalikan dengan hasil distribusi hujan jam-jaman kemudian hasil perkalian dijumlah dalam tiap jamnya. **Tabel 9** menampilkan hasil perhitungan ordinat Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) menggunakan metode *Soil Conservation Service* (SCS) untuk DAS Kolokoso.

Berdasarkan analisis tersebut, debit puncak teridentifikasi sebesar 0,829 m³/detik yang terjadi pada waktu puncak 3,187 jam. Bentuk hidrograf menunjukkan respons DAS yang cepat pada sisi naik hingga mencapai puncak, kemudian mengalami resesi secara perlahan hingga jam ke-16. secara presisi merepresentasikan tinggi limpasan langsung (TLL) sebesar 1,000 mm. Hal ini mengonfirmasi bahwa ordinat hidrograf satuan telah valid dan siap digunakan untuk simulasi banjir rencana.

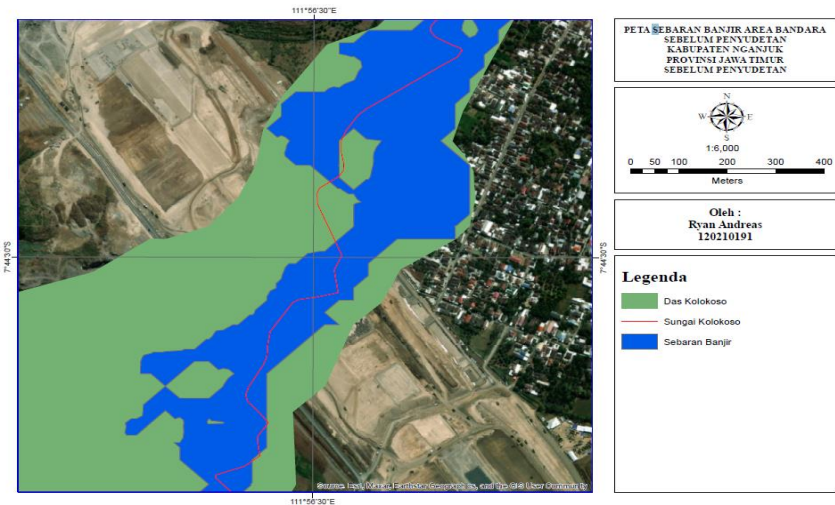
Tabel 10. Debit Banjir Rancangan HSS SCS pada DAS Kolokoso

T	Q	Curah Hujan Jam-Jam an						Debit Banjir Rancangan
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	
Jam	(m ³ /s/mm)	8,77 (mm)	13,05 (mm)	71,61 (mm)	18,6132 (mm)	10,3944 (mm)	7,6727 (mm)	(m ³ /dtk)
0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0
1	0,15	1,28	0	0	0	0	0	1,28
2	0,54	4,70	7,00	0	0	0	0	11,70
3	0,81	7,14	10,63	58,32	0	0	0	76,10
3,18	0,83	7,27	10,82	59,37	0	0	0	77,47
4	0,73	6,37	9,48	52,00	13,518	0	0	81,38
5	0,49	4,30	6,40	35,10	9,124	5,095	0	60,02
6	0,31	2,75	4,10	22,48	5,845	3,264	2,409	40,86
7	0,20	1,74	2,59	14,24	3,704	2,068	1,527	25,89
8	0,13	1,11	1,65	9,05	2,353	1,314	0,970	16,45
9	0,08	0,69	1,03	5,65	1,470	0,821	0,606	10,27
10	0,05	0,46	0,69	3,81	0,992	0,554	0,409	6,93
11	0,03	0,29	0,43	2,36	0,614	0,343	0,253	4,29
12	0,02	0,19	0,28	1,57	0,408	0,228	0,168	2,85
13	0,01	0,12	0,17	0,98	0,256	0,143	0,105	1,78
14	0,01	0,08	0,11	0,64	0,169	0,094	0,070	1,18
15	0,01	0,05	0,07	0,41	0,107	0,060	0,044	0,74
16	0,00	0,02	0,04	0,22	0,059	0,033	0,024	0,41

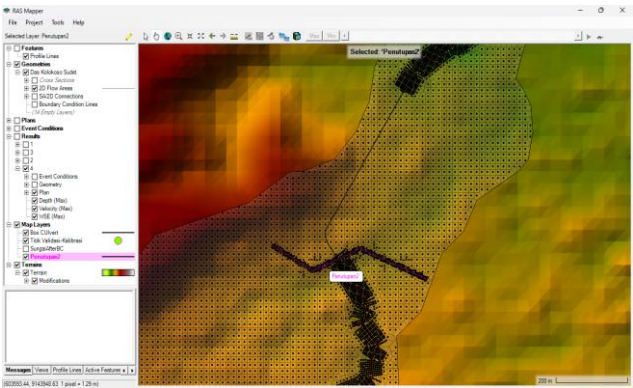
Berdasarkan **Gambar (5)** dapat terlihat debit Banjir Rancangan Kala Ulang 25 Tahun. Penyudetan pada Sungai Kolokoso dilakukan untuk mengalihkan aliran sungai dan mengurangi risiko banjir akibat perubahan topografi sungai yang disebabkan oleh pembangunan Bandara Dhoho Kediri. Proses penyudetan ini melibatkan pelurusan alur sungai yang awalnya berkelok-kelok (*meandering*), dengan tujuan memperlancar aliran air dan mengurangi volume limpasan yang berpotensi menyebabkan banjir di area sekitar. Penyudetan ini juga termasuk pemasangan *box culvert*, yang berfungsi sebagai saluran bawah tanah untuk mengalirkan air dari sungai di bawah infrastruktur bandara.

Secara topografis, posisi sudetan ini berada di sepanjang sungai yang melewati kawasan Bandara Dhoho. Area yang mengalami sudetan merupakan bagian dari sungai yang berbelok, sehingga air yang sebelumnya meluap dan tersebar di sekitar bandara dapat dialirkan dengan lebih efektif melalui jalur baru yang lebih lurus. Langkah ini diharapkan dapat mengurangi area genangan banjir secara signifikan di wilayah bandara.

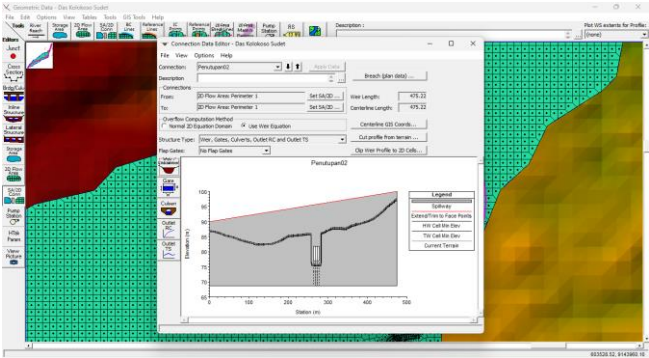
Hasil analisis sebaran banjir sebelum dilakukannya sudetan dapat dilihat pada **Gambar 6**. Pemasangan *box culvert* pada sudetan dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**, hasil analisis sebaran banjir setelah dilakukannya sudetan dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 6. Hasil Analisis Sebaran Banjir HEC-RAS di Area Bandara Sebelum Sudetan



Gambar 7. Profile Lines Penutup Alur Sungai Eksisting dan Box Culvert



Gambar 8. Edit Connection

Setelah melakukan analisis sebaran banjir, dapat diketahui perbedaan luas sebaran banjir saat sebelum dilakukan sudetan dan setelah dilakukan sudetan di alur Sungai Kolokoso. Luas sebaran banjir pada DAS Kolokoso sebelum dilakukan sudetan adalah sebesar 169,79 ha, dan pada sebaran banjir setelah dilakukan sudetan adalah sebesar 170,45 ha. Dengan menjalankan perintah analisis pada HEC-RAS, dapat diketahui juga luas sebaran banjir di Bandara Dhoho Kediri. Luas sebaran banjir di area Bandara Dhoho Kediri sebelum dilakukan sudetan adalah sebesar 5,93 ha, dan luas sebaran banjir setelah dilakukan sudetan adalah sebesar 0,65 ha. Dari data tersebut dapat diasumsikan bahwa peningkatan reduksi sebaran banjir diakibatkan adanya sudetan yang dibuat.

Kalibrasi adalah proses pemeriksaan akurasi dari hasil analisis dengan data lapangan. Validasi adalah suatu data lapangan yang telah diambil, lalu dibandingkan dengan data hasil analisis sebaran banjir [11]. Adapun dalam penelitian ini data lapangan yang didapatkan adalah **Tabel 11**.

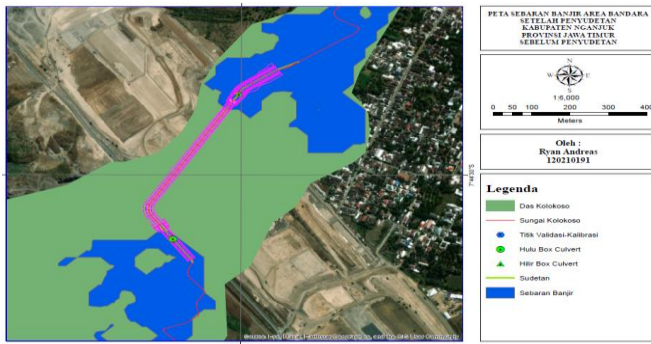
Tabel 11. Data Validasi

Titik Pengamatan	H rerata meter	V rerata meter/detik	Q rerata m ³ /detik
Kolokoso	0,205	0,408	0,842

Pemodelan spasial banjir ini dieksekusi menggunakan HEC-RAS 6.4.1 dengan pendekatan analisis aliran tak tunak (*unsteady flow*), yang memungkinkan evaluasi perambatan gelombang banjir secara real-time. Evaluasi kinerja model tersebut, yang membandingkan elevasi muka air hasil simulasi dengan jejak banjir terukur di lapangan, disajikan secara rinci dalam **Tabel 12**.

Tabel 12. Data Validasi

Station	Velocity (m/s)	WSE (m)	Terrain (m)	H (m)
0,00	0,00	69,69	69,69	0,00
2,36	0,00	69,58	69,55	0,03
3,93	0,00	69,58	69,58	0,00
5,51	0,00	69,54	69,54	0,00
7,13	0,00	69,41	68,77	0,64
8,84	0,12	69,28	69,16	0,11
10,59	0,17	69,28	69,00	0,27
12,33	0,22	69,28	68,84	0,43
13,64	0,26	69,28	68,76	0,52
14,96	0,31	69,28	68,67	0,61
15,35	0,32	69,28	68,64	0,63
17,51	0,37	69,28	68,50	0,78
19,68	0,41	69,28	68,36	0,92
21,84	0,50	69,28	68,21	1,06
22,79	0,52	69,28	68,15	1,12
24,64	0,64	69,28	68,03	1,24
26,49	0,76	69,28	67,91	1,37
28,33	1,06	69,28	67,79	1,49
30,06	1,39	69,28	67,67	1,60
30,62	1,47	69,28	67,66	1,62
33,06	1,55	69,27	67,58	1,70
35,49	1,30	69,27	67,50	1,78
37,93	1,33	69,27	67,42	1,85
38,45	1,37	69,27	67,40	1,87
40,60	1,43	69,27	67,33	1,94
42,75	1,46	69,27	67,26	2,01
44,91	1,45	69,27	67,20	2,08
47,06	1,39	69,27	67,13	2,15
49,17	1,29	69,27	67,13	2,15
51,28	1,13	69,27	67,41	1,87
52,18	1,04	69,27	67,41	1,87
53,93	0,79	69,27	67,41	1,87
55,69	0,72	69,27	67,71	1,57
56,95	0,69	69,27	67,80	1,48
59,17	0,69	69,27	67,96	1,31
61,39	0,66	69,27	68,12	1,15
63,61	0,63	69,27	68,29	0,98
65,84	0,58	69,27	68,45	0,82
68,06	0,52	69,27	68,62	0,66
70,28	0,46	69,27	68,78	0,49
72,50	0,40	69,27	68,94	0,33
74,91	0,34	69,27	69,08	0,19
76,32	0,29	69,27	69,17	0,10
77,73	0,25	69,27	69,25	0,02
79,65	0,00	69,36	69,36	0,00
81,57	0,00	69,47	69,47	0,00
83,50	0,00	69,59	69,59	0,00
85,42	0,00	69,70	69,70	0,00



Gambar 9. Hasil Analisis Sebaran Banjir HEC-RAS di Area Bandara Setelah Sudetan

Dapat dilihat pada *station* 70,28 m diketahui nilai kecepatan aliran adalah 0,46 m/detik dan tinggi muka air adalah 0,49 m. Pada *station* 77,73 m diketahui nilai kecepatan aliran adalah 0,25 m/detik dan tinggi muka air adalah 0,02 m dimana nilai kecepatan aliran serta kedalaman mengacu pada **Tabel 12**. Berdasarkan nilai tersebut dapat dilakukan perhitungan rata-rata tinggi muka air sebagai berikut:

$$H \text{ rerata} = \frac{0,49+0,33+0,19+0,1+0,02}{5}$$

$$H \text{ rerata} = 0,228 \text{ m}$$

Persentase perbandingan nilai data validasi dengan hasil analisis sebaran adalah:

$$H (\%) = \frac{0,228}{0,205} \times 100\%$$

$$H (\%) = 111\%, \text{ memiliki nilai eror } 11\%$$

Lalu untuk perhitungan rata-rata kecepatan aliran adalah sebagai berikut:

$$V \text{ rerata} = \frac{0,46+0,4+0,34+0,29+0,25}{5}$$

$$V \text{ rerata} = 0,4 \text{ m/detik}$$

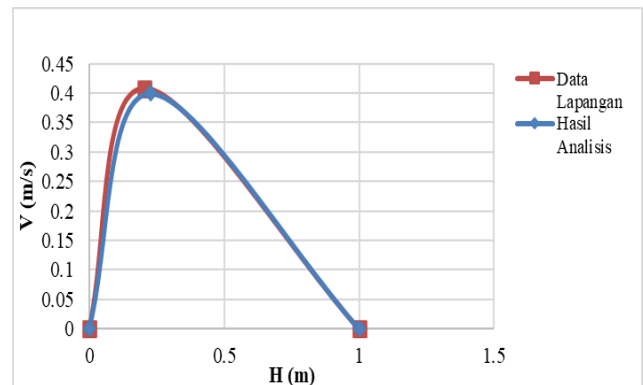
Persentase perbandingan nilai data validasi dengan hasil analisis sebaran adalah:

$$V (\%) = \frac{0,4}{0,408} \times 100\%$$

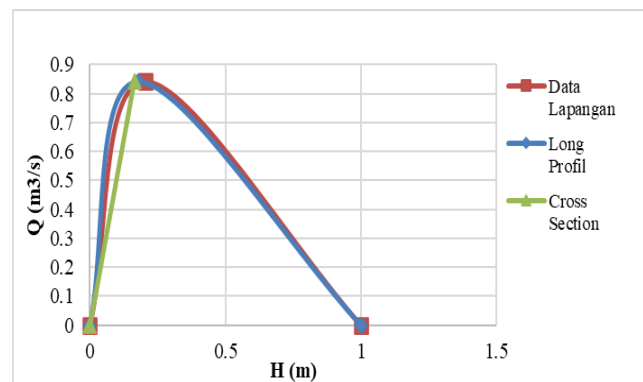
$$V (\%) = 98\%, \text{ memiliki nilai eror } 2\%$$

Pada **Gambar 10**, dapat dilihat hasil kalibrasi dan validasi hampir mendekati nilai data lapangan. Didapatkan persentase perbandingan nilai tinggi muka air adalah 89%, dan persentase perbandingan kecepatan aliran adalah 98%. Pada **Gambar 11** menunjukkan grafik hasil kalibrasi dan validasi data *Steady Flow*

Setelah melakukan uji validasi dan kalibrasi dengan metode analisis pada aliran *unsteady flow* data, dilakukan pengujian menggunakan aliran *steady flow* data. Berikut adalah *long profile* dari sungai dengan nilai debit yang dipakai merupakan data dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas Jawa Timur sebesar 0,842 m³/detik.



Gambar 10. Grafik Hasil Kalibrasi dan Validasi Data *Unsteady Flow*



Gambar 11. Grafik Hasil Kalibrasi dan Validasi Data *Steady Flow*

Dengan meninjau tinggi muka air *long profile* pada area pengambilan data didapat nilai tinggi muka air dari hasil analisis adalah 0,17 m pada STA 1+566 dan 0,19 m pada STA 1+553. Berikut merupakan nilai rata-rata tinggi muka air pada area validasi dan kalibrasi dari *long profile*:

$$H \text{ rerata} = \frac{0,17 + 0,19}{2}$$

$$H \text{ rerata} = 0,18 \text{ m}$$

Persentase perbandingan nilai data validasi dengan hasil analisis sebaran adalah:

$$H (\%) = \frac{0,18}{0,205} \times 100\%$$

$$H (\%) = 88\%, \text{ memiliki nilai eror } 12\%$$

Pada *cross section* STA 1+553, didapatkan nilai tinggi muka air pada titik 161,39 m adalah 0,14 m dan pada 159 m adalah 0,19 m. Berikut merupakan nilai rata-rata tinggi muka air pada area validasi dan kalibrasi dari *cross section*:

$$H \text{ rerata} = \frac{0,14 + 0,19}{2}$$

$$H \text{ rerata} = 0,165 \text{ m}$$

Persentase perbandingan nilai data validasi dengan hasil analisis sebaran adalah:

$$H (\%) = \frac{0,165}{0,205} \times 100\%$$

$$H (\%) = 80\%, \text{ memiliki nilai eror } 20\%.$$

4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini melalui beberapa metode perhitungan seperti analisis hidrologi dan kalibrasi hasil pemodelan dengan data lapangan, dapat disimpulkan bahwa sudetan Sungai Kolokoso dan penentuan dimensi *box culvert* pada pelurusan atau sudetan tersebut secara signifikan mengalihkan aliran yang difokuskan pada area Bandara Dhoho Kediri. *Box culvert* yang digunakan terdiri dari 3 unit dengan dimensi masing-masing tinggi 4,8 meter dan lebar 4,3 meter, serta panjang total 400 meter, yang terletak pada segmen sungai peralihan sepanjang 780 meter. Pemilihan dimensi ini dirancang untuk memastikan kapasitas aliran yang optimal, sehingga dapat mengurangi genangan. Selain itu, hasil pemodelan aliran menunjukkan bahwa dimensi *box culvert* berperan dalam pengaturan pola aliran air, yang lebih stabil dan terkendali setelah pelaksanaan sudetan, dibandingkan dengan kondisi sebelumnya. Hasil pemodelan sebaran dan genangan banjir sebelum dilakukannya sudetan dan pemasangan *box culvert* pada Sungai Kolokoso menunjukkan luasan sebesar 5,93 ha di area Bandara Dhoho Kediri. Di sisi lain, hasil pemodelan setelah dilakukan sudetan dan pemasangan *box culvert* menampilkan hasil sebaran banjir yang terjadi di area Bandara Dhoho Kediri menjadi hanya seluas 0,65 ha. Maka kesimpulan dari penelitian ini yaitu terjadi pengurangan luas genangan sebesar 5,28 ha akibat dari sudetan Sungai Kolokoso pada area Bandara Dhoho Kediri yang telah divalidasi dengan data terukur di lapangan.

Daftar Pustaka

- [1] H. R. Mulyanto, Fungsi Sungai dan Sifat-sifatnya, Semarang: Graha Ilmu, 2006.
- [2] Mashuri, M. G. I. Mardika og M. J. R. Fiqri, "Studi Persebaran Banjir Menggunakan Software HEC-RAS 2D V6.2 Hulu DAS Way Sekampung (Studi Kasus: Sungai Way Mincang)", PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa, vol. 12, nr. 1, pp. 97-105, 2023.
- [3] Mashuri, M. G. I. Mardika og H. Sariyah, "Studi Pemodelan Banjir 1-D (Satu Dimensi) dan 2-D (Dua Dimensi) Menggunakan HEC-RAS 5.0.7 (Studi Kasus: Sungai Way Sulan)", Jurnal Infrastruktur, vol. 9, nr. 1, pp. 33-40, 2023.
- [4] Indarto, Hidrologi Metode Analisis dan Tool untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai, Jakarta: Bumi Aksara, 2018.
- [5] A. T. Tara, Studi Komparasi Pemodelan 1-D dan 2-D dalam Memodelkan Banjir di Sungai Way Kuripan, Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan ITERA, 2023.
- [6] Soewarno, Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data., Bandung: Nova, 1995.
- [7] W. Sanusi og S. Side, Statistika untuk pemodelan data curah hujan, Makassar: Badan Penerbit UNM, 2016.
- [8] A. N. Sari, R. Pranoto og V. Suryan, "Perhitungan Hidrograf Banjir dengan Metode Hidrograf Satuan Sintesis SCS (Soil Conservation Service) di Kota Palembang", Journal of airport Engineering Technology, 2020.
- [9] Y. Aini, "Perbandingan Debit Puncak Banjir Rancangan dengan Metode HSS ITB-2, HSS SCS, Melchior dan Haspers Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Reak", Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram, 2020.
- [10] A. Zevri, "Studi Potensi Tinggi Muka Air Banjir Daerah Aliran Sungai Langsa dengan Software HEC-RAS", Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Agregat, 2021.
- [11] S. Sutikno, M. Fauzi og M. Marhadotillah, "Kalibrasi dan Validasi Model Hidrologi Hujan-Aliran dengan Menggunakan Data Satelit,» Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, 2014.