KAJIAN HIDROLOGI DAN ANALISIS DEBIT BANJIR RANCANGAN SUNGAI CILATAK PADA DAS CILATAK KABUPATEN PANDEGLANG

Isvan Taufik[1)], Didik Purwanto[1)] Mochamad Wary Wardhana[1)], Resti Meliana Sari[1)], Ana Nurganah Ch[2)]

Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Banten[1)]
isvantaufik@bantenprov.go.id
Teknik Sumber Daya Air - Institut Teknologi Bandung[2)]
ananurganah.an@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Cilatak merupakan salah satu sungai dalam Wilayah Sungai Ciliman-Cibungur dengan panjang ±24 km dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) ±53,12 km² yang melintasi wilayah Kabupaten Pandeglang salah satunya Kawasan Bojen, Kecamatan Sobang. Permasalahan utama di Kawasan Bojen adalah masalah konservasi dan pengendalian daya rusak air, salah satunya banjir yang disebabkan kondisi DAS terkait dengan morfologi sungai Cilatak. Curah hujan rancangan dihitung melalui analisis frekuensi metode Log Pearson III. Analisis debit banjir rancangan kala ulang tertentu menggunakan metode SCS dan diperkirakan melalui model HEC-HMS untuk mengetahui kapasitas tampung Sungai dan area genangan banjir yang dimodelkan melalui HEC-RAS. Hasil model menunjukkan kapasitas Sungai Cilatak adalah 28,3 m^3/s yang setara dengan debit banjir rancangan kala ulang 1 tahun. Apabila terjadi debit banjir kala ulang 2 tahun (Q2th), terjadi genangan di sekitar sungai dengan total luas area genangan adalah 541,74 Ha sedangkan pada skenario Q25th, total luas area genangan meningkat 37,8% dari kondisi eksisting Q2th yaitu seluas 744,25 Ha.

Kata Kunci: Banjir; Sungai Cilatak; HEC-HMS; HEC-RAS

ABSTRACT

The Cilatak River is one of the rivers in the Ciliman-Cibungur River Basin with a length of ±24 km with a River Basin Area (DAS) of ±53.12 km² which crosses the Pandeglang Regency area, one of which is the Bojen Area. The main problem in the Bojen Area is the conservation and control of water damage, one of which is flooding caused by watershed conditions related to the morphology of the Cilatak River. Design rainfall is calculated using the Log Pearson III method frequency analysis. Analysis of the design flood discharge for a certain return period uses the SCS method and is estimated using the HEC-HMS model to determine the river's capacity and flood inundation area modeled through HEC-RAS. The model results show that the capacity of the Cilatak River is 28.3 m^3/s which is equivalent to the design flood discharge for a return period of 1 year. If a flood discharge occurs during the 2-year return period (Q2th), there will be inundation around the river with a total inundation area of 541.74 Ha, while in the Q25th scenario, the total inundation area increases by 37.8% from the existing Q2th conditions, which is 744.25 Ha.

Keywords: *Flood; Cilatak River; HEC-HMS; HEC-RAS*

I. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber penghidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Salah satu sumber air dapat berasal dari air permukaan, yang berarti air di atas permukaan tanah baik dalam keadaan diam atau mengalir, seperti sungai. Indonesia memiliki volume air permukaan yang sangat besar, termasuk sungai (Firmansyah et al., 2021). Dengan cepat, air menjadi sumber daya yang sangat langka dan hampir tidak ada sumber penggantinya. Meskipun Indonesia termasuk dalam sepuluh negara yang memiliki banyak air, masih ada masalah besar dalam memanfaatkannya. Pertama, ketimpangan ketersediaan air di seluruh wilayah dan variasi musim.

Pada musim hujan, beberapa wilayah di Indonesia mengalami tingkat air yang sangat tinggi, menyebabkan banjir dan kerusakan lainnya. Di sisi lain, pada musim kering,

kekeringan dan kekurangan air menyebabkan bencana di beberapa tempat lainnya. Jumlah air yang dapat dieksplorasi dan dikonsumsi yang terbatas merupakan masalah utama yang kedua. Jumlah penduduk Indonesia yang terus bertambah menyebabkan kebutuhan akan air baku meningkat secara signifikan.

Sumber air alternatif yang dapat dimanfaatkan masyarakat semakin terbatas karena masalah kualitas air. Karena sifatnya yang mengalir, air di hulu sungai bermanfaat bagi air di hilirnya. Sungai sendiri sangat bermanfaat bagi makhluk hidup lainnya karena sumber daya airnya, yang merupakan kebutuhan penting bagi aktivitas makhluk hidup untuk menjaga proses perkembangan hidupnya. Semua makhluk hidup pasti menginginkan air yang bersih (Artajaya & Putri, 2021).

Sungai Cilatak merupakan salah satu sungai dalam Wilayah Sungai Ciliman-Cibungur yang ada di Provinsi, dengan panjang ±24 km dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) ±53,12 km² merupakan suatu wilayah sungai yang melintasi beberapa variasi fungsi kawasan yaitu kawasan lindung, kawasan penyangga, kawasan budidaya, dan kawasan pemukiman Banten (Kementerian PUPR, 2015). Secara administratif, DAS Cilatak melintasi wilayah Kabupaten Pandeglang salah satunya Kawasan Bojen, Kecamatan Sobang, Kabupaten Pandeglang. Kabupaten Pandeglang secara geografis terletak antara 6º21’ - 7º10’ Lintang Selatan (LS) dan 104º48’ - 106º11’ Bujur Timur (BT) dengan luas wilayah 2.747 km² atau sebesar 29,98% dari luas wilayah Provinsi Banten. Pada sungai Cilatak, terkandung potensi sumber daya air yang cukup besar baik dari segi pendayagunaanya maupun daya rusak airnya. Salah satu permasalahan yang terjadi di kawasan sungai yaitu perubahan fungsi lahan yang mengakibatkan kurangnya kemampuan sungai dalam melakukan penyerapan air, sehingga dapat menyebabkan banjir. Seperti yang terjadi di wilayah Kawasan Bojen, dimana permasalahan yang terjadi adalah masalah konservasi dan pengendalian daya rusak air, salah satunya banjir yang disebabkan kondisi DAS yang terkait dengan tutupan lahan maupun morfologi sungai Cilatak.

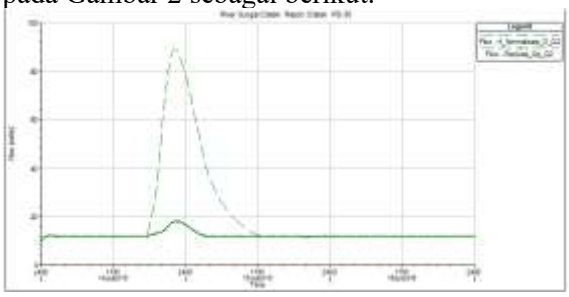
Banjir merupakan potensi kebencanaan yang paling sering melanda daerah Pandeglang, diantaranya banjir akibat luapan sungai–sungai yang berada di 23 Kecamatan di Kabupaten Pandeglang, dimana 2 Kecamatan (Sobang dan Panimbang) mengalami banjir yang berulang setiap tahunnya (BPBD Kabupaten Pandeglang 2017-2022). Dalam mengupayakan sistem pengendalian banjir di wilayah Kawasan Bojen, Kecamatan Sobang, Kabupaten Pandeglang perlu diketahui dan dicari akar permasalahan yang ada. Telah diamanatkan dalam Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air Pasal 35 Ayat 1 dimana pengendalian daya rusak air dilakukan secara menyeluruh yang mencakup upaya pencegahan, penanggulangan, dan pemulihan.

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah area di mana punggung gunung menampung air hujan dan mengalir ke sungai utama melalui sungai-sungai kecil. Daerah Aliran Sungai dibatasi oleh igir-igir gunung dan semua aliran permukaannya mengalir ke suatu sungai utama. Atas dasar difinisi tersebut di atas, Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat didefinisikan sebagai kesatuan ruang yang terdiri dari unsur abiotik (tanah, air, dan udara), biotik (vegetasi, hewan, dan organisme hidup lainnya) dan biotik yang saling berinteraksi dan bergantung satu sama lain, sehingga merupakan satu kesatuan ekosistem. (Fitriyani, 2022).

Siklus hidrologi adalah siklus yang terjadi pada air di alam. Hujan yang jatuh ke permukaan Sebagian menguap, sebagian lagi meresap ke dalam tanah dan menjadi air simpanan, dan sebagian lagi mengalir di atas permukaan bumi sebagai danau, sungai, dan laut. Air sungai, danau, dan laut mengalami penguapan; ada juga air yang diserap oleh tumbuhan dan menguap. Air yang menguap akan menjadi embun karena perbedaan tekanan udara, dan setelah jenuh, akan turun sebagai hujan. Siklus hidrologi, juga dikenal sebagai daur hidrologi, adalah peristiwa evaporasi (penguapan) air laut, air sungai, air danau, serta air yang terdapat di permukaan bumi karena sinar matahari, bergerak dari butiran air ke udara (Utama, 2022).

Berdasarkan hasil kajian Survei Investigasi Desain (SID) Banjir Desa Cilatak pada Tahun 2019, dengan masih terjadinya banjir di Sungai Cilatak diperlukan penanganan lebih lanjut untuk mengatasi hal tersebut. Penanganan tersebut dapat berupa reduksi debit puncak banjir yang bisa dilakukan dengan cara pembangunan *long storage* di beberapa ruas Sungai Cilatak.

Besarnya volume *long storage* yang diperlukan bisa dilihat dari hasil simulasi HEC-RAS dengan metode *trial and error*. Perbandingan hidrograf banjir antara debit kondisi eksisting dan setelah direduksi pada salah satu cross (L.80) dapat dilihat pada Gambar 1, potongan memanjang dan contoh potongan melintang dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.



Sumber : Dinas PUPR Provinsi Banten, 2019

Gambar 1. Perbandingan Reduksi Debit Puncak di Patok L. 80

Kebutuhan *long storage* untuk mencapai kondisi seperti gambar tersebut adalah 1.936 Juta m^3 atau dengan dimensi lebar *storage* 300 meter, panjang 3000 meter, dan kedalaman 2,2 meter. Penurunan muka air banjir pada beberapa titik tinjau untuk setiap alternatif penanganan ditampilkan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Matriks Alternatif Penanganan Debit Banjir

No	ALTERNATIF	Titik Tinjau Debit Rasir Q (2) Elevasi Muka Air / Tinggi genangan		
		HULU Patok L.192	TENGAH (Jembatan Bojen) L.154.5	HILIR (L.60)
1	Simulasi Kondisi Existing	TMA: +16.2 m Tinggi Banjir: 0.2 m	TMA: +15.95 m Tinggi Banjir: 0.43 m	TMA: +3.11 m Tinggi Banjir: 1.4 m
2	Pembongkaran Jembatan Lama Bojen dan Seuleudeungeun	+15.79 m 0 m	+15.52 m 0 m	+3.11 m 1.4 m
3	Normalisasi Sungai Cilatak pada ruas Patok L.125 – L.107 (994 m) Patok L.78 – L.36 (2086 m) Patok L.6 – L.0 (390 m)	+15.79 m 0 m	+15.52 m 0 m	+2.81 m 1.1 m
4	Membuat Kanal Baru ke arah Desa Cibeusik	+15.79 m 0 m	+15.52 m 0 m	+2.12 m 0.41 m
5	Kombinasi No.2+3+4	+15.79 m 0 m	+15.52 m 0 m	+2.09 m 0.38 m
6	Kombinasi No 5 dan pembangunan long storage Volume 1.963 Juta m^3	+12.72 m 0 m	+12.13 m 0 m	+1.83 m 0 m

Sumber : Dinas PUPR Provinsi Banten, 2019

Prioritas penanganan banjir dan longsoran yang dapat dilaksanakan dan menjadi prioritas utama adalah sebagai berikut :

1. Pembongkaran jembatan lama Bojen dan Seuleudeungeun
2. Normalisasi Sungai Cilatak pada ruas:
   - Patok L.125 – L.107 (994 m)
   - Patok L.78 – L.36 (2086 m)
   - Patok L.6 – L.0 (390 m)
3. Pembangunan *long storage* (kolam retensi) sejumlah 1,963 juta m^3 perlu dilakukan kajian Pembangunan di hulu sungai berupa pelebaran sungai dan pendalaman sungai Cilatak atau membuat kolam panjang di area pesawahan yang sekaligus berfungsi sebagai cadangan air di musim kemarau.
4. Dari hasil simulasi pengendalian banjir Sungai Cilatak, banjir dapat ditanggulangi dengan membuat seluruh alternatif dilaksanakan ditambah dengan pembangunan *long storage* di sungai dengan mengubah fungsi sungai sebagai *storage* panjang 2000 m, lebar 200 m dan kedalaman 2,2 m. Atau membuat kolam retensi dengan jumlah volume sebesar 1,96 juta m^3.

Diperlukan pengukuran situasi kawasan sekitar hulu sungai cilatak seluas 5.000 Ha, guna menekan trase *long storage*, volume yang dapat disediakan dalam rangka pengendalian banjir serta juga biaya yang diperlukan untuk menangani banjir sungai Cilatak.

II. METODE PENELITIAN

Secara administratif wilayah kajian berada di Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten, dengan DAS utamanya adalah DAS Cilatak yang terletak pada 6°30'59,22"S - 105°46'20,00"E. Memiliki luas DAS 53,12 km² dengan panjang Sungai utama 24 km yang meliputi 5 desa dari 2 kecamatan diantaranya Desa Kutamekar, Bojen, Pangkalan, Mekarsari, dan Pangkalan Jaya. DAS Cilatak dibagi menjadi 9 Sub-DAS diantaranya Sub-DAS Ciwaru, Cigalih, Cibedug dan Cibedug 1, Cilatak dan Cilatak 1, Cilatak Kidul, Cikada, dan Ciseuleunceungeun Leutik. Dengan indeks kerapatan Sungai DAS Cilatak adalah 1,197 km/km², termasuk ke dalam kategori indeks kerapatan Sungai sedang yang memberikan indikasi dimana semakin besar tingkat kerapatan Sungai, semakin intensif *runoff*, erosi, dan sedimentasi yang terjadi. DAS Cilatak termasuk wilayah yang menjadi salah satu andalan penghasil padi sawah di WS Ciliman-Cibungur dengan luasan areal sawah mencapai 33% atau seluas 17,613 km² (Dinas PUPR Provinsi Banten, 2022).

Berdasarkan data Stasiun Meteorologi Sobang di Kabupaten Pandeglang dari tahun 2005 hingga 2022, kondisi curah hujan tahunan dengan rata-rata sebesar 2.532,44 mm/tahun dan rata-rata jumlah hari hujan per tahun sebanyak 174 hari (BMKG Provinsi Banten, 2022). Tingkat suhu rata-rata bulanan tahunan adalah 27,5ºC dengan tingkat kelembaban sebesar 80,5%, tekanan udara sebesar 1005,5 mb, dan radiasi matahari sebesar 40,5% (BPS Kabupaten Pandeglang, 2023).

Karakteristik DAS yang penting untuk dianalisis dalam studi banjir meliputi luas, jaringan sungai, kemiringan lereng, jenis tanah, tata guna lahan, dan curah hujan. Data ini sangat penting untuk

memahami bagaimana air hujan mengalir dan meresap ke dalam tanah, serta bagaimana proses hidrologi seperti limpasan permukaan dan infiltrasi terjadi, yang pada akhirnya mempengaruhi potensi banjir di DAS Cilatak. Tabel 2 berikut menunjukkan karakteristik DAS Cilatak berupa luas dan karakteristik jaringan Sungai.

Tabel 2. Karakteristik DAS Cilatak

No	SubDAS	Luas (km^2)	L (km)	Lc (km)	River Slope	River Slope Percent	Basin Slope	Basin Slope Percent
1	Ciwaru	11.48	10.93	5.03	0.005	0.457	0.059	5.906
2	Cigulih	4.50	5.62	2.83	0.010	1.027	0.070	6.972
3	Cibedug 1	4.36	4.99	2.31	0.014	1.415	0.079	7.948
4	Cilatak 1	5.60	5.18	2.66	0.011	1.095	0.085	8.520
5	Cilatak	6.42	6.71	3.26	0.013	1.321	0.092	9.175
6	Cibedug	8.28	8.37	3.71	0.008	0.803	0.076	7.570
7	Cilatak Kidul	4.34	7.13	3.35	0.008	0.780	0.067	6.662
8	Cikada	5.53	6.78	3.47	0.003	0.311	0.040	3.970
9	Ciseridenceregem Lentik	4.21	5.15	2.37	0.002	0.173	0.042	4.239

Sumber : Dinas PUPR Provinsi Banten, 2019

2.1. *Digital Elevation Model* (DEM)

Kajian ini menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) yang berasal dari DEM Nasional (DEMNAS) (Badan Informasi Geospasial, 2024) dengan resolusi spasial sebesar 0,27 arc-seconds. Resolusi ini digunakan untuk memberikan gambaran awal tentang lokasi studi.

2.2. Kondisi Hidrologi

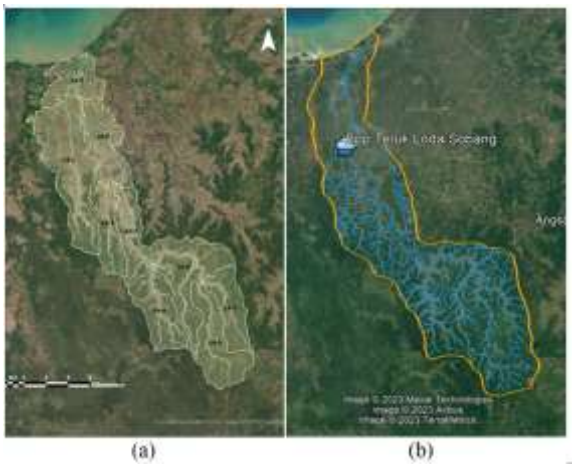
Data hidrologi berupa data hujan yang diperoleh dari 1 lokasi stasiun pengamatan hujan pada Kabupaten Pandeglang yang terletak didalam DAS Cilatak. Stasiun pengamatan hujan yang digunakan adalah stasiun BPP Teluk Loda Sobang dengan periode pencatatan data selama 18 tahun dari tahun 2005-2022. Tabel 3 menunjukkan data hujan maksimum bulanan yang terjadi di Kabupaten Pandeglang.

Tabel 3. Data Hujan Maksimum Bulanan Periode Pencatatan 2005-2022

Tahun	Hujan Maksimum Bulanan (mm)												Hujan Maksimum Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	
2005	67	55	39	16	65	1	17	1	37	1	22	35	67
2006	26	69	63	48	28	9	8	0	8	35	35	46	69
2007	29	72	31	48	62	65	7	0	0	83	45	53	83
2008	86	49	81	89	17	21	0	20	31	65	75	55	89
2009	29	71	65	34	68	29	0	0	31	52	48	61	71
2010	27	46	87	33	49	106	65	42	50	58	80	50	106
2011	53	72	57	57	28	0	0	0	0	20	34	57	72
2012	99	75	82	49	88	5	43	1	7	83	37	46	99
2013	60	83	93	59	43	17	47	48	0	62	53	55	93
2014	65	25	27	41	46	29	17	14	16	22	98	74	98
2015	37	71	73	60	65	66	0	0	0	33	63	25	73
2016	55	60	64	57	19	58	21	52	52	45	45	59	64
2017	50	77	80	72	30	75	39	15	48	95	97	53.7	97
2018	20	50	45	49	53	17	0	1	5	7	64	23	64
2019	40	73	48	87	75	34	0	5	0	35	60	82	87
2020	38	61	125	57	56	43	9	17	89	47	56	51	125
2021	69	64	51	83	14	27	44	38	46	51	112	90	112
2022	38	59	102	17	28	43	29	37	42	74	36	69	102
Maksimum	99	83	125	89	88	106	65	52	89	95	112	90	
Minimum	20	25	27	16	14	0	0	0	0	1	22	23	
Rata-Rata	49	63	67	53	46	36	19	16	26	48	59	55	

Sumber : Dinas PUPR Provinsi Banten, 2022

Berdasarkan Tabel 3, hujan tertinggi yang tercatat pada stasiun hujan Sobang adalah 125 mm yang terjadi pada Maret 2023. Bulan musim kering terjadi antara bulan Juni hingga Oktober yang ditunjukkan dengan nilai hujan terendah yang tercatat selama periode pencatatan 18 tahun. Gambar 3 menunjukkan pembagian Sub DAS pada DAS Cilatak dan lokasi stasiun hujan BPP Teluk Loda Sobang.



Gambar. 3 (a) Daerah Aliran Sungai (DAS) Cilatak; (b) Lokasi Stasiun Hujan Sobang pada DAS Cilatak

2.3. Kondisi Tutupan Lahan dan Jenis Tanah

Data tutupan lahan yang digunakan dalam kajian ini berasal dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Tahun 2022 dengan skala 1:250.000 dan dipetakan pada tahun 2022. Data tanah yang digunakan berasal dari peta tanah digital dunia yang diperoleh melalui Peta HWSD (*Harmonized World Soil Database*). Peta HWSD merupakan database raster 30 arc-seconds dengan lebih dari 1.600 pemetaan tanah di seluruh dunia dengan informasi yang terdapat dalam 1:5.000.000 skala FAO-UNESCO Tanah Peta Dunia (FAO, 1971-1981) (Petunjuk Teknis Perhitungan Debit Banjir Pada Bendungan, 2017). Klasifikasi tutupan lahan dan jenis tanah dilakukan untuk memprediksi besarnya kehilangan air yang terjadi pada suatu DAS. Tipe dan distribusi tanah dalam suatu daerah aliran sungai sangat berpengaruh dalam mengontrol aliran bawah permukaan (*subsurface flow*) melalui infiltrasi.

Curve Number (CN) digunakan untuk menggambarkan potensi aliran permukaan yang memberikan indikasi tentang seberapa cepat air hujan akan meresap ke dalam tanah atau seberapa besar air yang akan mengalir ke permukaan tanah dan kemudian mengalir sebagai aliran permukaan (Hendratta et al., 2019). Penentuan CN didasarkan pada jenis tanah, kondisi permukaan, dan penggunaan lahan, sehingga memungkinkan perkiraan yang lebih akurat terhadap respon hidrologi DAS terhadap curah hujan. CN yang lebih tinggi menunjukkan potensi aliran permukaan yang lebih besar dan infiltrasi yang lebih rendah,

sedangkan CN yang lebih rendah menunjukkan potensi infiltrasi yang lebih tinggi dan aliran permukaan yang lebih kecil (Noor Annisa Ramadan et al., 2020).

Klasifikasi tutupan lahan pada DAS Cilatak ditunjukkan pada Tabel 4. Gambaran mengenai kondisi tutupan lahan dan distribusi jenis tanah secara spasial dapat dilihat pada Gambar 4.

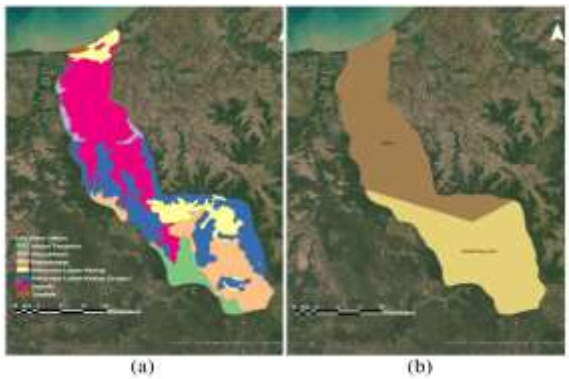
Tabel 4. Klasifikasi Tutupan Lahan pada DAS Cilatak

Tutupan Lahan	Luas (km^2)
Hutan Tanaman	3,95
Pemukiman	1,15
Perkebunan	8,90
Pertanian Lahan Kering	6,23
Pertanian Lahan Kering Campur	15,02
Sawah	17,62
Tambak	0,24
Luas Total	53,12

Sumber: KLHK, 2022

Berdasarkan Gambar 4, penggunaan lahan di DAS Cilatak didominasi oleh persawahan dan pertanian lahan kering dengan total luas 38,87 km^2. Jenis tanah pada DAS Cilatak didominasi oleh jenis tanah loam dan *sandy clay loam*. Tanah loam terdiri dari campuran pasir, lanau, dan lempung dalam proporsi hampir seimbang, sedangkan tanah sandy clay loam memiliki kandungan pasir yang lebih tinggi daripada tanah loam, tetapi mengandung cukup lempung untuk memberikan struktur yang lebih stabil dibandingkan tanah berpasir.

Dengan kemampuan infiltrasi yang baik, tanah loam dengan tekstur berpasir memiliki potensi mengurangi risiko banjir karena kemampuan tanah dalam menyerap air permukaan lebih tinggi. Sedangkan pada tanah sandy clay loam memiliki potensi limpasan permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan loam karena infiltasi yang lebih lambat. Tanpa pengelolaan yang tepat, ini dapat meningkatkan risiko banjir di DAS Cilatak.



(a) (b)

Gambar 4. Klasifikasi (a) Tutupan Lahan; (b) Jenis Tanah pada DAS Cilatak

Berdasarkan penjelasan di atas, maka kerangka berfikir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar. 5 Kerangka Berfikir

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Data Hujan

Suatu seri data hujan dari stasiun pengamatan hujan perlu diuji kelayakan datanya untuk menilai keandalan dan keakuratan data hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi. Data diuji terhadap pencilan (*outlier test*), kecenderungan (*trend test*), kestabilan terhadap rata-rata dan simpangan baku (*stability test to mean and variance*), konsistensi, dan uji kemandirian (*independency test*) (Marta et al., 2022). Berdasarkan Tabel 5, data hujan hasil uji pada Stasiun Sobang bersifat konsisten, stabil, tidak memiliki trend, dan dalam rentang outlier. Sehingga, data tersebut dapat digunakan untuk analisis hidrologi selanjutnya.

Tabel 5. Hasil Uji Kelayakan Data Hujan pada Stasiun Hujan Sobang

No	Uji	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Outlier	Outlier Atas, X_H = 140 mm	X_{max} = 125 mm	Tidak ada outlier atas
		Outlier Bawah, X_B = 52 mm	X_{min} = 64 mm	Tidak ada outlier bawah
2	Konsistensi	$Q/n^{0,5} < 1,204$	0,226	Data konsisten
		$R/n^{0,5} < 1,4$	0,009	
3	Trend	$-2,553 < t_t < 2,553$	2,176	Tidak ada trend
4	Stabilitas	$F_t < 3,18$	0,457	Data stabil
		$-2,553 < t_t < 2,553$	-0,89	

Sumber: Hasil Analisis, 2023

3.2. Analisis Curah Hujan Rencana

Data hujan yang dinyatakan layak pada uji kelayakan data kemudian akan digunakan untuk menentukan curah hujan rencana pada DAS Cilatak melalui analisis frekuensi. Analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Metode analisis frekuensi yang dapat digunakan dalam penentuan curah hujan rencana yaitu sebaran teoritis distribusi Gumbel, Pearson, Log Pearson Type III, Normal, dan Log Normal (Badan Standardisasi Nasional, 2016). Analisis frekuensi dihitung untuk hujan

rencana periode ulang 1, 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, dan 1000 tahun pada DAS Cilatak. Dari kelima metode distribusi probabilitas, nilai hujan rencana tertinggi untuk tiap kala ulang dihasilkan oleh metode distribusi Gumbel. Hasil analisis frekuensi untuk tiap metode distribusi probabilitas ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Curah Hujan Rencana dari 5 Metode Analisis Frekuensi (mm)

PERIODE ULANG	Normal	Log Normal	Pearson III	Log Pearson III	Gumbel
1	41,90	50,94	47,63	51,58	57,64
2	87,29	85,56	86,21	85,36	84,33
5	102,48	101,77	102,07	101,69	100,29
10	110,43	111,44	111,00	111,60	110,85
25	118,90	122,76	121,02	123,35	124,20
50	124,37	130,68	127,77	131,66	134,10
100	129,29	138,23	134,02	139,67	143,93
200	133,79	145,52	139,91	147,47	153,73
1000	143,07	161,80	152,54	165,10	176,41

Sumber: Hasil Analisis, 2023

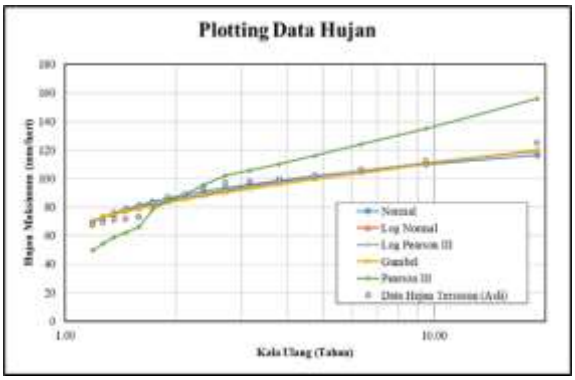
Pemilihan analisis frekuensi dilakukan menggunakan uji *Chi-Square* dan Smirnov-Kolmogorov yang bertujuan untuk mengevaluasi kecocokan distribusi data frekuensi dengan distribusi teoritis yang diharapkan. Uji *Chi-Square* digunakan untuk menguji signifikansi perbedaan antara frekuensi observasi dan teoritis, sementara uji Smirnov-Kolmogorov menguji kesesuaian antara distribusi kumulatif empiris dan teoritis dari data frekuensi tersebut. Kedua uji ini membantu memilih distribusi frekuensi yang paling sesuai untuk analisis hidrologi seperti perhitungan curah hujan. Tabel 7 menunjukkan hasil uji *Chi Square* dan *Smirnov-Kolmogorov*.

Tabel 7. Hasil Uji *Chi Square* dan *Smirnov-Kolmogorov*

No	Jenis Metode	Syarat	Chi Square Hitung	Keterangan
1	Normal	Chi Kritis = 5,991	4,22	Diterima
2	Log Normal		3,67	Diterima
3	Pearson III		5,88	Diterima
4	Log Pearson III		3,67	Diterima
5	Gumbel		4,78	Diterima
No	**Jenis Metode**	**Syarat**	**Smirnov-Kolmogorov Hitung**	**Keterangan**
1	Normal	Dkritis = 0,310	0,154	Diterima
2	Log Normal		0,148	Diterima
3	Pearson III		0,148	Diterima
4	Log Pearson III		0,146	Diterima
5	Gumbel		0,156	Diterima

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan Tabel 8, uji *Chi-Square* diterima jika nilai *Chi-Square* yang dihitung lebih kecil dari nilai *Chi-Square* kritis yang telah ditentukan. Begitu pula dengan uji *Smirnov-Kolmogorov*, di mana uji dianggap valid jika nilai *Smirnov-Kolmogorov* yang dihitung lebih kecil dari nilai D kritis yang ditetapkan. Analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa metode *Log Pearson* III menghasilkan nilai *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorov* yang terkecil, menunjukkan bahwa distribusi frekuensi dari metode ini paling sesuai dengan data observasi. Pada Gambar 6, grafik yang memplot data hujan terhadap data observasi digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana distribusi frekuensi dari data hujan mengikuti pola yang diharapkan dari distribusi teoritis. Grafik ini memberikan visualisasi dalam menentukan apakah distribusi teoritis yang dipilih sesuai dengan karakteristik sebenarnya dari data hujan yang diamati dalam konteks analisis hidrologi. Berdasarkan hasil uji dan sebaran data hujan, metode *Log Pearson III* dipilih untuk digunakan pada analisis selanjutnya. Karena metode ini menghasilkan nilai *Smirnov-Kolmogorov* terkecil yang menunjukkan bahwa simpangan vertikal antara data hujan asli dan hujan hasil analisis frekuensi memiliki simpangan terkecil (mendekati distribusi data hujan observasi).



Gambar. 6 Sebaran Curah Hujan Rencana dengan Kala Ulang Tertentu

3.3. Faktor Reduksi Luas (ARF)

Hujan yang jatuh dan tercatat pada stasiun hujan adalah berupa hujan titik. Hujan tersebut tidak terdistribusi secara merata di seluruh area dan cenderung bervariasi secara spasial. Faktor Reduksi Area (*Area Reduction Factor*, ARF) digunakan untuk menyesuaikan dan memperhitungkan variabilitas spasial curah hujan dalam suatu DAS dimana besaran ARF sebanding dengan luas area. Semakin luas area semakin jarang terjadinya hujan homogen atau merata, tetapi semakin kecil area akan semakin merata hujan yang terjadi. Oleh karena itu luas area yang kecil akan mempunyai faktor reduksi mendekati 1 (satu) (Petunjuk Teknis Perhitungan Debit Banjir Pada Bendungan, 2017).

Tabel 8. Hujan Rencana x ARF

No.	Sub DAS	ARF	Kala Ulang (Tahun)					
			2	5	10	25	50	100
			Hujan Reduksi (mm)					
1	Ciwaru	0,97	82,80	98,64	108,25	119,65	127,71	135,48
2	Cigalih	0,99	84,50	100,68	110,48	122,11	130,33	138,26
3	Cibedug 1	0,99	84,50	100,68	110,48	122,11	130,33	138,26
4	Cilatak 1	0,99	84,50	100,68	110,48	122,11	130,33	138,26
5	Cilatak	0,99	84,50	100,68	110,48	122,11	130,33	138,26
6	Cibedug	0,99	84,50	100,68	110,48	122,11	130,33	138,26
7	Cilatak Kidul	0,99	84,50	100,68	110,48	122,12	130,35	138,27
8	Cikada	0,99	84,50	100,68	110,48	122,12	130,35	138,27
9	Ciseuleuceungeun Leutik	0,99	84,50	100,68	110,48	122,12	130,35	138,27

Sumber: Hasil Analisis, 2023

3.4. Analisis Debit Banjir Rancangan

Curah hujan rencana yang ditunjukkan pada Tabel 8 dan karakteristik dari DAS pada Tabel 2 dijadikan sebagai input untuk memperoleh debit banjir rancangan. Analisis debit banjir dilakukan dengan menggunakan model HEC-HMS dimana model HEC-HMS dapat memberikan simulasi hidrologi dari puncak aliran harian dengan mengakomodir karakteristik DAS seperti tata guna lahan, jenis tanah dan tanaman penutup hingga didapatkan debit puncak limpasan (Qth) dengan periode ulang Q2th, Q5th, Q10th, Q25th, Q50th dan Q100th pada suatu DAS (Rachmayanti et al., 2022). Debit banjir rancangan dihitung dalam 5 metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS), diantaranya metode Nakayasu, ITB-1, ITB-2, Snyder, dan SCS. Gambar 3 berikut menunjukkan representasi model DAS Cilatak pada HEC-HMS untuk menghitung analisis debit banjir rancangan.



Gambar. 7 Skema Model Basin pada HEC-HMS

Tabel 9 menunjukkan rekapitulasi debit puncak banjir rancangan untuk tiap metode HSS pada DAS Cilatak. Hasil debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun menunjukkan bahwa metode ITB-2 menghasilkan debit puncak tertinggi sebesar 130,76 m³/s dengan debit puncak terendah dihasilkan oleh metode SCS sebesar 87,36 m³/s. Pemilihan metode debit banjir rancangan dilakukan melalui verifikasi terhadap *bankfull capacity* dengan memodelkan simulasi kondisi bankfull melalui program HEC-RAS. Untuk mendapatkan besaran debit yang sesuai digunakan acuan kapasitas alur sungai (*bankfull capacity*) yang pada umumnya besaranya setara dengan debit banjir kala ulang 1-2 tahunan.

Tabel 9. Rekapitulasi Debit Puncak Banjir Rancangan dari 5 Metode HSS

Debit Puncak Banjir Rancangan (m^3/s)						
Metode	**Q_{2th}**	**Q_{5th}**	**Q_{10th}**	**Q_{25th}**	**Q_{50th}**	**Q_{100th}**
Nakayasu	110.04	155	183.97	219.67	245.65	271.14
ITB-1	91.33	127.11	150.03	178.19	198.63	218.67
ITB-2	130.76	184.34	218.88	261.47	292.46	322.88
Snyder	90.05	125.64	148.48	176.54	196.94	216.93
SCS	87.36	121.85	143.97	171.15	190.91	210.27

Sumber: Hasil Analisis, 2023

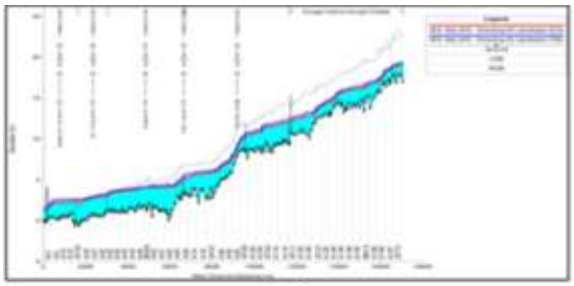
3.5. Analisis Hidraulika

A. Simulasi Pemodelan 1-Dimensi

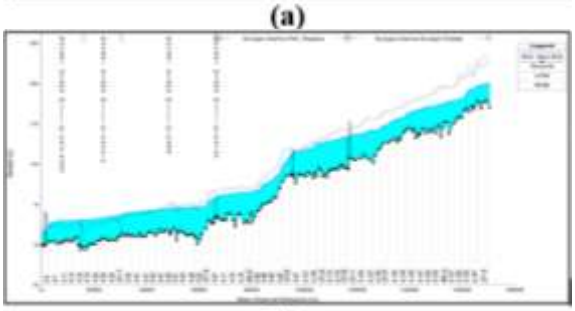
Simulasi pemodelan 1-D ditujukan untuk mengetahui profil muka air pada Sungai di DAS Cilatak. Terbagi menjadi 2 skenario simulasi pemodelan: 1) Skenario 1, verifikasi *bankfull capacity*; dan 2) Skenario 2, kondisi eksisting sungai terhadap Q2th dan Q25th. Skematisasi sungai yang digunakan dalam pemodelan disesuaikan terhadap survey pengukuran penampang sungai.

Melalui simulasi aliran *unsteady flow*, pemodelan skenario 1 direpresentasikan dengan pemodelan profil muka air pada Sungai Cilatak dengan panjang Sungai yang telah diukur ±17 km. Pemodelan skenario 2 direpresentasikan dengan pemodelan beberapa sungai pada DAS Cilatak, yaitu: Sungai Cikeusik, Sungai Cikalenleutik, Sungai Rajasa, Sungai Cikada, dan Sungai Cilatak. Input data yang digunakan sebagai kondisi batas hulu yaitu hidrograf debit banjir rancangan. Sedangkan pada bagian hilir dibatasi oleh pasang surut air laut (*stage hydrograph*). Untuk pemodelan skenario 1, debit banjir yang dimodelkan merupakan debit banjir metode ITB-2 dan SCS yang merupakan debit maksimum dan minimum yang diperoleh dari hasil analisis pada Tabel 10.

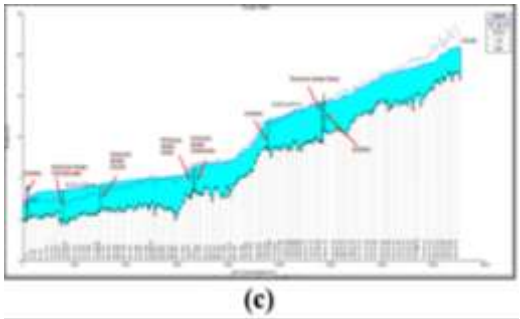
Pada Gambar 8 berikut merupakan hasil pemodelan skenario 1 (kapasitas sungai) dan skenario 2 untuk debit banjir periode ulang 2 dan 25 tahun pada Sungai Cilatak.



(a)



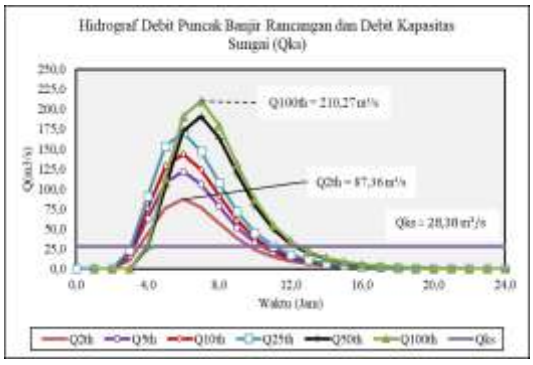
(b)



(c)

Gambar. 8 Hasil Pemodelan (a) Skenario 1 (Q1th); (b) Skenario 2 (Q2th); (c) Skenario 2 (Q25th) pada Sungai Cilatak

Dari hasil pemodelan menunjukkan bahwa dengan kondisi debit rancangan Q2th telah terjadi limpasan banjir yang diakibatkan oleh permukaan air yang melampaui elevasi tanggul kiri dan kanan sungai di sekitar wilayah hilir dari Sungai Cilatak atau sejauh ±6 km dari muara dengan tinggi genangan 0,12-1,17 m. Selisih tinggi muka air Q1th antara metode ITB-2 dan SCS adalah ±0,25 m. Diperoleh bahwa kapasitas alur Sungai Cilatak besarannya setara dengan debit banjir kala ulang 1 tahun (Q1th) yang dihasilkan dari metode SCS dengan debit maksimum 28,3 m^3/s. Sehingga, debit banjir rancangan metode SCS yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya. Dapat dilihat pada Tabel 9, debit puncak metode SCS pada kondisi eksisting untuk periode ulang Q2th =87,36 m^3/s, Q5th =121,85 m^3/s, Q10th = 143,97 m^3/s, Q25th = 171,15 m^3/s, Q50th = 190,91 m^3/s, dan Q100th = 210,27 m^3/s, yang mana semua debit puncak limpasan berada diatas nilai debit kapasitas Sungai (Qks) yang bernilai Qks = 28,38 m^3/s.



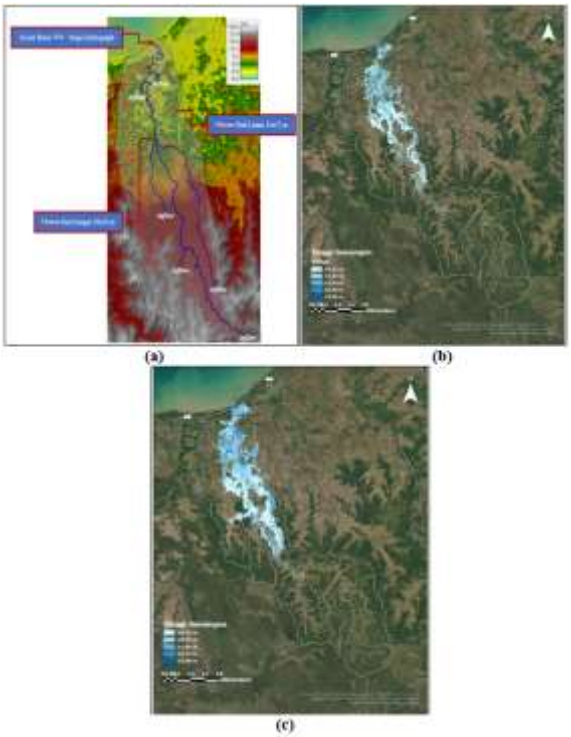
Gambar 9. Hidrograf Debit Puncak Banjir Rancangan dan Kapasitas Sungai

Pada skenario 2 (Q25th), limpasan banjir terjadi dari bagian tengah dan hilir Sungai Cilatak. Tinggi genangan pada bagian hilir adalah 0,12-1,55 m. Mengacu pada Gambar 7, apabila terjadi debit aliran Q2th = 87,36 m3/s, Sungai Cilatak akan tetap banjir karena debit alirannya sudah melampaui debit kapasitas Sungai Q2th > Qks.

Permodelan Kondisi Eksisting (Simulasi 2-Dimensi)

Simulasi pemodelan 2-Dimensi dilakukan untuk melihat sebaran area genangan akibat banjir yang terjadi dengan kala ulang tertentu. *Terrain* yang digunakan adalah berdasarkan hasil Survei Topografi 2023. Selanjutnya peta dalam kontur (*.shp) diolah menjadi file raster (*.tif) untuk kemudian digunakan dalam simulasi pemodelan 2-D. Gambar 10 (a) menunjukkan kondisi syarat batas pemodelan yang digunakan.

Pada bagian hilir dibatasi oleh kondisi pasang surut air laut, dengan *grid cell* yang diatur berukuran 15x15 m pada lahan dan 10x10 m pada sungai. Pemodelan kondisi eksisting terdiri dari 2 skenario yaitu skenario Q2th dan Q25th. Dapat dilihat pada Gambar 10 (b) dan Gambar 10 (c), dari hasil pemodelan diperoleh bahwa pada skenario Q2th, total luas area genangan adalah 541,74 Ha sedangkan pada skenario Q25th, total luas area genangan meningkat 37,8% dari kondisi eksisting Q2th yaitu seluas 744,25 Ha.



Gambar. 10 (a) Skema dan Syarat Batas Pemodelan 2-D Hidraulika, Area Genangan Kondisi (b) Q2th, (C) Q25th

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Kapasitas tampung Sungai Cilatak setara dengan debit banjir kala ulang 1 tahun atau sebesar 28,3 m^3/s. Apabila terjadi debit banjir kala ulang 2 tahun, area genangan banjir yang dihasilkan seluas 541,74 Ha. Berdasarkan Lampiran-1 Peraturan Menteri PUPR No.28 Tahun 2015, kapasitas desain Sungai yang terdapat pada Kabupaten/Kota idealnya adalah dapat mengalirkan debit kala ulang 10 tahun hingga 20 tahun.

Sehingga, dalam mengupayakan sistem pengendalian banjir di wilayah Kawasan Bojen, perlu direncanakan alternatif solusi pengendalian banjir, salah satunya adalah upaya memperbesar kapasitas tampung Sungai Cilatak dengan normalisasi dan pelebaran Sungai.

4.2. Saran

Melihat kondisi di sekitar lokasi studi yang masih memiliki beberapa lahan kosong, dapat direncanakan alternatif solusi lain seperti membangun kolam tampungan pada bagian hulu Sungai Cilatak untuk mereduksi debit banjir yang terjadi. Dengan demikian, pengendalian banjir dapat diupayakan melalui berbagai strategi yang melibatkan rekayasa sungai serta pembangunan infrastruktur sesuai dengan kebutuhan daerah.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Artajaya, I. W. E., & Putri, N. K. F. P. (2021). Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Pencemaran Air Di Sungai Bindu. Jurnal Hukum Saraswati (JHS), 3(2), 2720–9555. https://doi.org/10.36733/jhshs.v3i2.2961

[2] Badan Informasi Geospasial. (2024). DEM Nasional. https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/demnas

[3] Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 2415:2016. Tata cara perhitungan debit banjir rencana.

[4] BMKG Provinsi Banten. (2022). Jumlah Curah Hujan Kabupaten Pandeglang Tahun 2005-2022.

[5] BPBD Kabupaten Pandeglang 2017-2022. (2022). Data Kebencanaan Daerah.

[6] BPS Kabupaten Pandeglang. (2023). Kabupaten Pandeglang Dalam Angka 2023.

[7] Dinas PUPR Provinsi Banten. (2019). Kajian Survei Investigasi Desain (SID) Banjir Desa Cilatak.

[8] Dinas PUPR Provinsi Banten. (2022). Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Ciliman Cibungur (Revisi I : Tahun 2023).

[9] Firmansyah, Y. W., Setiani, O., & Darundiati, Y. H. (2021). Kondisi Sungai di Indonesia Ditinjau dari Daya Tampung Beban Pencemaran: Studi Literatur. Jurnal Serambi Engineering, 6(2), 1879–1890. https://doi.org/10.32672/jse.v6i2.2889

[10] Fitriyani, N. P. V. (2022). Analisis Debit Air di Daerah Aliran Sungai (DAS). Ilmuteknik.org, 2(2), 1–10.

[11] Hendratta, L. A., Sukarno, & Tangkudung, H. (2019). Penerapan Metode Interaksi Pasang Air Laut Dan Aliran Sarat Sedimen Terhadap Analisis Tinggi Muka Air Banjir Di Sungai Bailang Manado.

[12] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). Penutupan Lahan 2022. https://geoportal.menlhk.go.id/server/rest/services/SIGAP_Interaktif/Penutupan_Lahan_2022/MapServer

[13] Kementerian PUPR. (2015). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04/PRT/M/2015 tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai. In Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Nomor 1).

[14] Marta, S. D., Suhartanto, E., & Fidari, J. S. (2022). Validasi Data Curah Hujan Satelit dengan Data Stasiun Hujan di DAS Ngasinan Hulu, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air, 3(1), 35–45.

[15] Noor Annisa Ramadan, A., Nurmayadi, D., Sadili, A., Rizaldy Solihin, R., & Sumardi, Z. (2020). Studi Penentuan Nilai Curve Number DAS Pataruman berdasarkan Satuan Peta Tanah Indonesia. Media Komunikasi TeknikSipil, 26(2), 258–266. https://doi.org/mkts.v26i2.26563 Studi

[16] Petunjuk Teknis Perhitungan Debit Banjir Pada Bendungan (2017).

[17] Rachmayanti, H., Musa, R., & Mallombasi, A. (2022). Studi Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Dengan Menggunakan Software HEC HMS (Studi Kasus DAS Saddang). Jurnal KONSTRUKSI, 01(01), 1–9.

[18] Undang-undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, Jdih Bpk Ri Database Peraturan (2019). https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/122742/uu-no-17-tahun-2019

[19] Utama, L. (2022). Kawasan Berpotensi Banjir Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kuranji. Rang Teknik Journal, 5(2), 110–115. https://doi.org/10.31869/rtj.v5i1.2844