

NORMALISASI LANSKAP KORIDOR SUNGAI MATI CITARUM DENGAN ANALISIS HIDROLOGI (Studi Kasus: Desa Rancamanyar, Kabupaten Bandung)

*Husna Izzati¹, Iing Rustandi²

¹Dosen Program Studi Arsitektur, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Faletehan, Bandung

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Faletehan, Bandung

^{*)} Email: husnaizzati@uf.ac.id

ABSTRACT

The Citarum River is the main river in West Java and serves ecological, economic, and hydrological functions. Unfortunately, the river basin, which is located near residential and industrial areas such as households, agriculture, livestock, and textile industries, has been heavily impacted by pollution. The causes of this pollution include factory waste, sedimentation, garbage accumulation, riverbank clearing, and a lack of public awareness. Efforts to manage the river basin have involved straightening the river body to reduce pollutant accumulation, but this has led to the creation of old river bodies known as dead rivers or oxbows. Oxbows face problems such as waterlogging, poor sanitation, unauthorized land acquisition, and social conflicts. A study was conducted to identify hydrological problems in the oxbow landscape, particularly in Rancamanyar, Baleendah, Bandung Regency. The study used a combination of qualitative data obtained through observation and interviews, as well as quantitative data from rainfall, flow rate, and oxbow storage. Analysis of the data was carried out using descriptive methods, formulas, and software. The study found that the flow entering the oxbow and the level of rainfall affect the flood cycle in the area around the Rancamanyar Oxbow. By calculating estimated planned flood discharge, inflow and outflow discharge, and the maximum capacity of the oxbow, the study determined the ideal span shape of the oxbow cross-section, which serves as the basis for normalizing the landscape of Rancamanyar Oxbow.

Keywords: *normalization, oxbow, landscape, hydrology, the citarum river*

ABSTRAK

Sungai Citarum merupakan sungai utama di Jawa Barat yang memiliki fungsi ekologis, ekonomis, dan hidrologis. Posisi Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum yang dekat dengan pemukiman penduduk dan berbagai sektor industri (rumah tangga, pertanian, peternakan, dan industri tekstil), berakibat rusaknya ekosistem DAS Citarum. Limbah pabrik, sedimentasi, penumpukan sampah, pembukaan lahan tepi sungai, dan kurangnya kepedulian masyarakat, merupakan beberapa penyebab pencemaran DAS Citarum. Upaya penanggulangan DAS berupa pelurusan badan sungai untuk mengurangi penumpukan polutan, pernah dilakukan oleh Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Citarum pada tahun 1994 dan 2011. Dampak dari kegiatan ini adalah munculnya badan sungai lama yang tidak teraliri, dikenal dengan istilah sungai mati atau oxbow. Permasalahan yang timbul pada oxbow di antaranya genangan air, buruknya sanitasi, pengambilalihan lahan tanpa izin, hingga kecenderungan konflik sosial. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan hidrologi lanskap oxbow khususnya di Rancamanyar, Baleendah, Kabupaten Bandung. Menggunakan metode campuran, data kualitatif didapatkan dengan teknik observasi dan wawancara, sedangkan data kuantitatif menggunakan data curah hujan, debit aliran, dan data tampungan oxbow. Analisis data dilakukan dengan metode deskriptif dan pengujian dengan menggunakan formula dan perangkat lunak. Hasil dari penelitian ditemukan bahwa sumber aliran yang masuk ke oxbow dan tingkat curah hujan berpengaruh terhadap siklus banjir di area sekitar Oxbow Rancamanyar. Dengan perhitungan perkiraan debit banjir rencana, perhitungan debit *inflow* dan *outflow*, dan daya tampung maksimal oxbow, didapatkan bentuk bentang ideal dari penampang oxbow yang digunakan sebagai dasar dalam normalisasi lanskap Oxbow Rancamanyar.

Kata kunci: normalisasi, oxbow, lanskap, hidrologi, sungai citarum

1. PENDAHULUAN

Citarum adalah sungai terbesar dan terpanjang di area Jawa bagian Barat, membentang sejauh 297 km. Sungai ini memiliki hulu Situ Cisanti, di kaki Gunung Wayang, dan bermuara di Laut Jawa, daerah Muara Gembong, di utara Bekasi. Menurut Kementerian PUPR [1] Sungai Citarum memiliki fungsi yang sangat vital, terutama untuk menjadi cadangan air baku, selain itu berfungsi mengairi irigasi untuk sawah-sawah berhektar-hektar di sekitarnya, dan juga merupakan sumber air bagi Waduk Saguling, Waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur, di mana ketiganya adalah pembangkit Listrik bagi kawasan Jawa dan Bali. DAS Citarum memiliki luas ± 12.000 km², yang melewati dua belas daerah administratif kabupaten dan kota di Jawa Barat. Berbagai ancaman terhadap lingkungan, serta kerugian dari segala bidang (kesehatan, ekonomi, sosial, dan ekosistem) merupakan dampak yang timbul karena pencemaran berat dan rusaknya ekosistem DAS Citarum.

Green Cross Switzerland dan *Blaksmith Institute* yang mengadakan penelitian terhadap tempat-tempat tercemar khususnya karena kegiatan industri, pada tahun 2013 menyatakan bahwa Sungai Citarum merupakan sungai dengan tingkat pencemaran salah satu yang paling tinggi di dunia. Penelitian oleh *Greenpeace* Asia Tenggara dan Wahana Lingkungan Hidup Indonesia (WALHI) tentang penyebab cemaran menunjukkan dominasi limbah pabrik

sebagai penyumbang utama cemaran pada DAS Citarum [2]. Selain itu, pendangkalan sungai, sampah rumah tangga, pembukaan lahan di area DAS, dan ketidakpedulian masyarakat dalam menjaga DAS, ikut memperparah pencemaran di Sungai Citarum. Sungai Citarum merupakan area utama bencana banjir di Cekungan Bandung dikarenakan curah hujan tinggi, peningkatan koefisien limpasan dan air hujan buangan selama 20 tahun terakhir, alih fungsi lahan tidak terkendali, pendangkalan dan penyempitan badan sungai, penurunan muka tanah (*land subsidence*) di Cekungan Bandung, dan kurangnya fasilitas penampungan dan pengelolaan sampah [1].

Berbagai upaya normalisasi sungai telah dilakukan oleh pemerintah mulai dari pusat hingga daerah. Salah satu lembaga pemerintah yang khusus menangani Das Citarum adalah Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Citarum. Upaya ini dimulai pada tahun 1994 dengan melakukan perubahan fisik DAS berupa pelurusan (sudetan) sepanjang 68,8 km. Pelurusan ini telah menghasilkan beberapa badan sungai baru dan terbentuknya beberapa bekas aliran Sungai Citarum yang dikenal dengan sungai mati (oxbow). Pada wilayah Sungai Citarum terutama pada bagian hulu, terdapat beberapa lokasi sungai mati (Oxbow) yang areanya dapat dijadikan sebagai tampungan air jika terjadi banjir di sekitar aliran Sungai Citarum. Namun kondisi beberapa oxbow tersebut tidak luput dari masalah dikarenakan kurangnya perawatan, sehingga banyak terjadi pendangkalan badan sungai, pembuangan sampah dan limbah dari pihak- pihak yang tidak bertanggungjawab, hingga masalah pengambil alihan badan dan sempadan sungai. Oxbow hasil sudetan Sungai Citarum hingga tahun 2008, berjumlah 10 di sungai utama dan beberapa di anak sungai utama di antaranya Sungai Cisangkuy dan hulu Sungai Cikapundung [3].

Upaya normalisasi Sungai Citarum terus berkembang melibatkan pemerintah pusat (Kementerian dan Lembaga), Akademisi, Lembaga Swadaya Masyarakat, aparaturn pertahanan dan keamanan (TNI dan POLRI), hingga Kejaksaan Tinggi. Banyaknya pihak- pihak yang terlibat menunjukkan keseriusan pemerintah dalam menangani ragam permasalahan Di DAS Citarum, namun di sisi lain menunjukkan bahwa permasalahan yang ada di sekitar DAS sangat kompleks dan menyangkut banyak pihak. Dari hasil kajian, restorasi DAS Citarum memerlukan penanganan terpadu dari area Hulu hingga ke Hilir, yang dibagi atas tiga sub DAS (Citarum Hulu, Citarum Tengah, dan Citarum Hilir). Dari ketiga area sub DAS yang ada, Sub DAS Citarum Hulu merupakan area yang memiliki permasalahan paling kompleks di antaranya pertumbuhan penduduk dan permukiman yang tinggi di sekitar area, berdampak pada kebutuhan air meningkat, eksplorasi air tanah berlebih, erosi dan sedimentasi, penumpukan sampah, pencemaran sungai, hingga terjadi banjir [4] [5].



Sumber: Profil BBWS Citarum, Kemen PUPR, 2017

Gambar 1. Wilayah Sungai Citarum

Program terakhir yang berjalan adalah Program Citarum Harum, merupakan program yang dibentuk sebagai respon dari Peraturan Presiden Nomor 15 Tahun 2018, berhubungan dengan upaya mengendalikan kerusakan dan pencemaran yang terjadi di area DAS Citarum. Dampak dari program ini sangat positif, dibuktikan dengan makin

berkurangnya tingkat cemaran air Sungai Citarum. Namun upaya untuk mempertahankan fungsi oxbow sebagai bagian dari Sungai Citarum, belum optimal dilakukan. Penelitian ini mengambil lokasi di Oxbow Rancamanyar, yang merupakan salah satu aliran sungai mati Citarum, yang melewati daerah Rancamanyar, di Kec. Baleendah, Kabupaten Bandung. Oxbow ini memiliki panjang ± 2.833 meter dengan pemukiman penduduk dan lahan budidaya yang cukup padat di sekitarnya. Oxbow ini tidak terawat dan mengalami pendangkalan, pencemaran berat, tumbuhan gulma, hingga perubahan aliran air yang tidak sesuai dengan lanskap alaminya. Perencanaan pada area Oxbow Rancamanyar diharapkan dapat meningkatkan kembali fungsi optimal Oxbow Rancamanyar sebagai pengendali banjir, di samping dapat memberi nilai sosial dan ekonomi bagi masyarakat sekitar, sebagai salah satu upaya menjaga keberlanjutan di area Oxbow Rancamanyar.

2. OXBOW SUNGAI CITARUM DAN PERMASALAHANNYA

Danau “Oxbow” adalah danau berbentuk U yang merupakan hasil yang dibentuk oleh sebuah kelokan lebar terputus dari sungai utama dan menjadi badan air tersendiri. Danau “Oxbow” terbentuk ketika pengalihan dibuat untuk meluruskan badan sungai. Namun, pengalihan ini menyebabkan beberapa bagian dari sungai menjadi sungai mati, karena tidak lagi dialiri oleh aliran utama. Terbentuknya oxbow- oxbow di bagian hulu Sungai Citarum dimulai dari permasalahan- permasalahan yang sudah merusak dan mencemari DAS Citarum beberapa dekade terakhir. Banjir yang berulang pada DAS Citarum menjadi tantangan tersendiri bagi pemerintah dan masyarakat sekitar setiap musim hujan datang. Rancaekkek, Dayeuh Kolot, Gedebage, dan Margaasih merupakan beberapa area di sekitar DAS yang rawan banjir, sehingga memerlukan penanganan serius dan segera.

Sejak tahun 1994, BBWS Citarum telah melakukan proyek normalisasi berupa pelurusan sungai sepanjang 68,8 kilometer. Pelurusan sungai kembali dilakukan di tahun 2011 sepanjang 44,3 km. Kegiatan pelurusan ini telah membuat munculnya oxbow- oxbow di sepanjang DAS Citarum hulu.

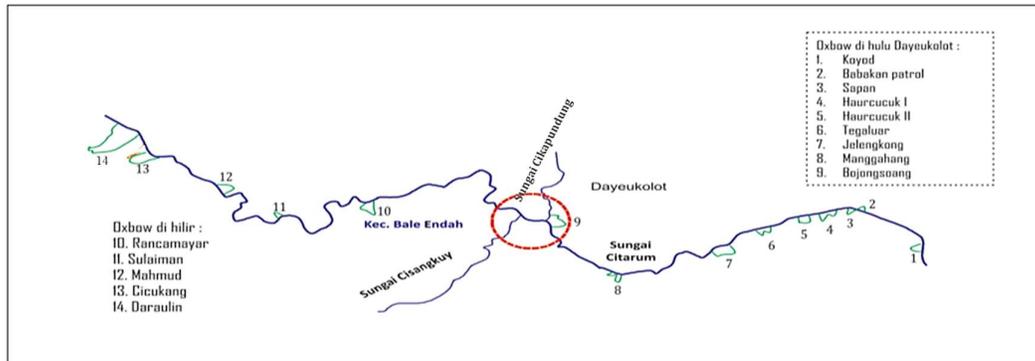
Tabel 1. Area Sungai Mati di bagian hulu Ci Tarum

No.	Sungai Mati (Oxbow)	Panjang Sungai Mati (m)
1.	Citarum Dy. Kolot	1.156
2.	Citarum 1	391
3.	Citarum 2	647
4.	Citarum 3	2.890
5.	Citarum 4	938
6.	Citarum 5	827
7.	Citarum 6	788
8.	Citarum 7	634
9.	Citarum 8	995
10.	Citarum 9	423

Sumber:peta RBI, 2010

Hingga tahun 2018, jumlah oxbow yang berada di Sungai Citarum hulu sudah bertambah hingga 14, dan mengalami perubahan nama sesuai dengan lokasi dimana oxbow tersebut berada [4]. Oxbow- oxbow tersebut membentang dari hulu ke hilir, melewati muara Sungai Cikapundung dan Sungai Cisangkuy.

Oxbow Rancamanyar terletak pada bagian hilir dari muara kedua anak Sungai Citarum tersebut. Keadaan fisik DAS Oxbow Rancamanyar yang sangat panjang, berkelok- kelok, dan dampak dari pendangkalan dan pengecilan badan sungai, membuat air di oxbow cenderung menggenang dan pada beberapa bagian mengalir berbalik arah menggerus tanah- tanah labil di area pinggir sungai. Permasalahan lain yang muncul di sekitar oxbow adalah buruknya sanitasi dan akuisisi lahan [3]. Gambar berikut memperlihatkan lokasi masing- masing oxbow di sub DAS Citarum Hulu, di mana salah satunya adalah Oxbow Rancamanyar.



Sumber: Putuhena, dkk., 2018

Gambar 2. Identifikasi oxbow di area Sub DAS Citarum Hulu

Lokasi di sekitar area oxbow merupakan area banjir tahunan, di mana banjir dalam kawasan DAS menunjukkan bahwa ekosistem sungai mengalami kerusakan. Kondisi aliran di kawasan hilir yang buruk disebabkan oleh kondisi hulu yang tidak baik, demikian juga sebaliknya [5].

3. METODE PENELITIAN

Jenis Dan Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed method research (MMR)* yang merupakan kombinasi antara pendekatan kuantitatif dan kualitatif secara bersamaan [6]. Adapun pendekatan kualitatif diuraikan secara deskriptif melalui pendalaman terhadap kasus studi yang diambil. Adapun hasil dari pendekatan deskriptif adalah tersajinya setting fenomena secara lengkap melalui eksplorasi dan klarifikasi dari kenyataan atau data yang ada di lokus penelitian. Hasil dari eksplorasi tersebut berupa data- data deskriptif baik secara tertulis maupun lisan, dari informan- informan terpilih sebagai bagian dari prosedur penelitian [7]. Penggunaan pendekatan deskriptif kualitatif dapat menggambarkan dan menghasilkan penafsiran secara detail mengenai situasi yang ada di lokus. Penelitian kualitatif didasarkan pada filosofi konstruktivisme, yang menyatakan bahwa realitas memiliki banyak segi, dibentuk melalui interaksi, dan terdiri dari pertukaran pengalaman sosial yang ditafsirkan secara unik oleh setiap individu. [8]. Penelitian ini menggunakan gabungan observasi, wawancara, dan dokumentasi sebagai metodologi utamanya. Informan yang terdiri dari individu-individu yang mengenal lingkungan penelitian dengan baik berperan penting dalam memberikan wawasan dan informasi yang berharga.

Pendekatan kuantitatif menggunakan pemodelan hidrologi meliputi analisis banjir dengan perhitungan debit banjir rencana. Pendekatan kuantitatif deskriptif diharapkan dapat mengungkap fenomena atau peristiwa alam yang berlangsung di lokasi penelitian [9]. Kecukupan pengukuran data tidak tetap tetapi relatif dan dapat berkembang secara dinamis berdasarkan karakteristik dan persyaratan spesifik penelitian yang dilakukan [10]. Analisis pada data kuantitatif melibatkan pelaksanaan analisis banjir rancangan menggunakan data curah hujan. Dalam hal ini termasuk menentukan curah hujan rancangan melalui analisis frekuensi dan mengidentifikasi curah hujan maksimum. Khusus untuk studi ini, penting untuk mengumpulkan data hidroklimatologi seperti curah hujan, debit, dan data AWLR dari stasiun di dalam dan sekitar daerah tangkapan air (*cathment area*). Ketersediaan dan kelengkapan data ini merupakan faktor penting yang memengaruhi keakuratan analisis hidrologi. Pada penelitian ini, data curah hujan dan data debit yang dikumpulkan minimal 10 tahun terakhir. Data Curah hujan di *cathment area* dan sekitarnya terdapat 3 (tiga) stasiun pengamatan dengan ketersediaan data sebagai berikut

Tabel 2. Area Sungai Mati di Citarum Hulu

No.	Sta	Koordinat	Kelengkapan Data
1.	Sta 25 Bojongsoang	-6.9890 LS 107.6312 BT	2012 – 2021
2.	Sta 26 Dayeuhkolot	-6.9847 LS 107.6161 BT	2012 – 2021
3.	Sta 22 Sapan	-6.9899 LS 107.6872 BT	2012 – 2021

Sumber: BBWS Citarum

Sedangkan posisi *water catchment area* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Posisi *water catchment area* di sekitar Oxbow Rancamanyar

Analisis Data

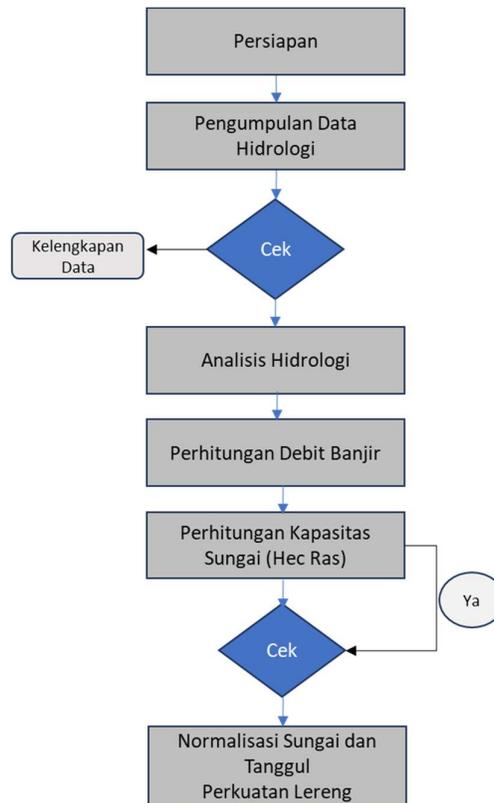
Pada bagian ini, akan dijelaskan proses komprehensif analisis banjir rancangan menggunakan data curah hujan. Dimulai dengan mengeksplorasi metode pendekatan dan kemudian beralih ke penentuan curah hujan rancangan, yang melibatkan pelaksanaan analisis frekuensi dan identifikasi kejadian curah hujan maksimum. Dalam analisis curah hujan, berikut langkah-langkah yang dilakukan:

- Manajemen data hujan melibatkan penyaringan atau pengecekan data secara manual dan statistik, serta pengisian data yang hilang.
- Metode poligon Thiessen digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata.
- Metode distribusi Normal, Gumbel, Log Normal dan Log Pearson tipe III, digunakan dalam menganalisis frekuensi curah hujan rata-rata.
- Menilai kesesuaian untuk pemilihan metode distribusi yang paling pas, dengan menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov dan Chi-Square.
- Menentukan koefisien reduksi dari kurva koefisien reduksi PSA 007.
- Hitung curah hujan cekungan dengan mengalikan hasil analisis frekuensi dengan koefisien reduksi. Curah hujan hasil ini merupakan curah hujan rancangan yang diinginkan.

Jumlah curah hujan yang diperkirakan terjadi satu kali dalam periode tertentu dapat diperkirakan secara statistik dengan menganalisis data jangka panjang (> 20 tahun) tentang curah hujan tahunan maksimum. Analisis ini melibatkan studi distribusi frekuensi data. Biasanya, curah hujan yang digunakan untuk tujuan desain dihitung untuk periode ulang 5, 10, 20, atau 25 tahun, tergantung pada studi perencanaan tertentu. Pada penelitian ini, periode yang digunakan adalah periode 5 dan 10 tahun.

Analisis frekuensi adalah metode yang digunakan untuk menentukan distribusi probabilitas yang paling sesuai dengan data yang diamati dari pengukuran curah hujan. Analisis ini dapat dilakukan dengan menggunakan kumpulan data curah hujan atau data debit untuk memahami frekuensi dan besarnya kejadian curah hujan. Dalam bidang hidrologi, para peneliti memanfaatkan beragam jenis distribusi frekuensi untuk menganalisis dan memodelkan data hidrologi. Distribusi-distribusi ini, yang meliputi distribusi normal, distribusi log normal, distribusi Gumbel, dan distribusi log Pearson tipe III, masing-masing memiliki tujuan unik dalam memahami kejadian dan probabilitas peristiwa hidrologi. Penerapannya penting untuk berbagai studi hidrologi, seperti menilai ketersediaan sumber daya air, menganalisis risiko banjir, dan merancang sistem rekayasa hidrolik.

Langkah-langkah analisis hidrologi dijelaskan pada gambar berikut:

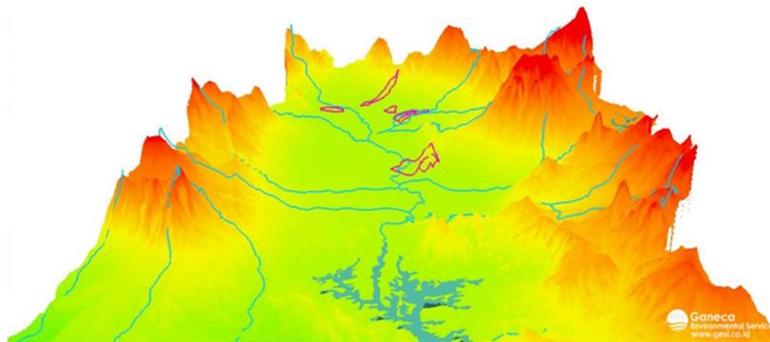


Gambar 4. Proses analisis data kuantitatif

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Morfologi Terhadap Area Genangan

Daerah banjir di Kabupaten Bandung berada di dalam wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum dengan kondisi morfologi yang berbeda. Daerah ini bukan berada pada daerah hulu dan hilir sungai, namun di antara cekungan pegunungan di sekitarnya (Gunung Burangrang dan Gunung Bukittunggul di sebelah utara, Gunung Malabar dan Gunung Patuha di sebelah selatan, serta Gunung Kerenceng di sebelah timur).



Sumber: <https://www.gesi.co.id>

Gambar 5. Daerah banjir di DAS Citarum Hulu dalam 3D

Peta tersebut menunjukkan bahwa jarak dari pegunungan, tempat air limpasan berasal, ke daerah banjir lebih pendek daripada jarak ke daerah hilir. Kombinasi jarak horizontal dan vertikal di hulu menciptakan gradien lereng yang signifikan. Kemiringan ini memengaruhi seberapa cepat air limpasan mengalir. Kemiringan DAS yang lebih curam menghasilkan aliran air limpasan yang lebih cepat, yang akhirnya mempercepat respons DAS terhadap curah hujan. [5]. Analisis pada riparian sungai dilakukan dengan melihat karakteristik dari lanskap aliran dan

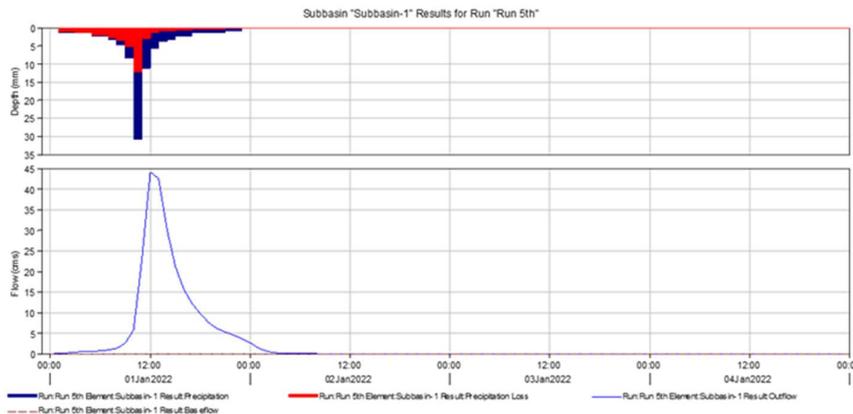
badan sungai, yang menurut Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 28 Tahun 2015 dapat dilihat berdasarkan aspek morfologi, aspek ekologi, dan aspek hidraulika aliran sungai [11].

Perkiraan Debit Banjir

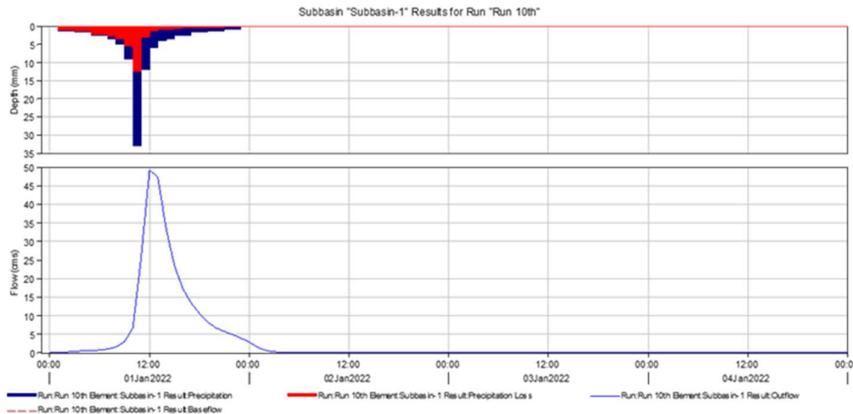
Dalam menganalisis debit rencana mengacu pada pedoman, aturan dan metode-metode yang berlaku yaitu SNI 2415:2016 Tata cara perhitungan debit banjir rencana dijadikan acuan dalam menganalisis debit banjir rencana. Metode Horton digunakan untuk pengujian infiltrasi tanah. Menurut Horton, kapasitas infiltrasi menurun seiring waktu hingga mencapai nilai yang konstan. Penurunan kapasitas infiltrasi lebih dipengaruhi oleh faktor-faktor di permukaan tanah daripada proses aliran dalam tanah. [12]. Ada beberapa faktor yang menyebabkan menurunnya laju infiltrasi, yaitu tertutupnya retakan tanah, tertutupnya retakan tanah oleh koloid tanah, terbentuknya kerak tanah, rusaknya struktur permukaan tanah, dan terbawanya partikel-partikel halus di permukaan tanah oleh butiran air hujan.

Dengan bantuan software HEC-HMS untuk membantu dalam menganalisis debit banjir rencana bermaksud membandingkan dengan metode-metode analisis debit banjir rencana Nakayatsu, ITB 1 dan 2 serta SCS. Pemodelan DAS sampai ke outlet oxbow dari hasil analisis data DEMNAS dengan software ArcGIS. Dalam pemodelan DAS hanya dibuat dalam 1 DAS saja. Oxbow dimodelkan dengan komponen reservoir, dengan masukan berupa data hubungan elevasi dan volume tampungan oxbowop 9, serta data elevasi dan debit outflow lewat pelimpah. Parameter DAS yang dibutuhkan adalah angka CN. Dihitung dengan Arcgis dengan overlay antara peta penutupan lahan, peta tekstur tanah, dan peta pembagian sub-DAS. Perhitungan dengan cara komposit per sub-DAS. Nilai CN masing-masing sub-DAS disajikan di tabel berikut:

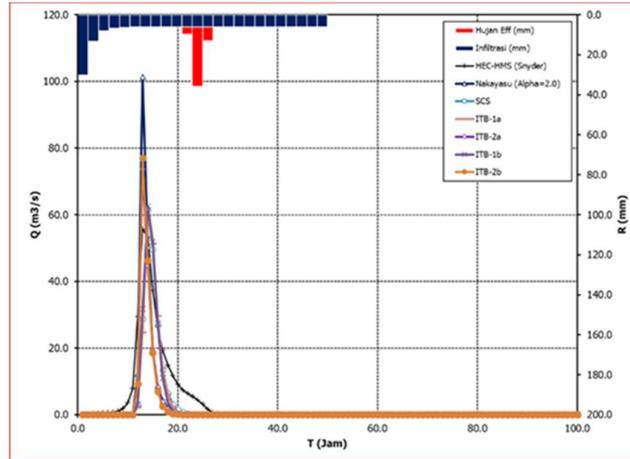
- CN = 80
- Lamda = 0.2
- Ia = 9



Gambar 6. Analisis debit banjir HEC-HMS 5 tahunan



Gambar 7. Analisis debit banjir HEC-HMS 10 tahunan



Gambar 8. Rekapitulasi debit banjir

Kinerja Dan Kapasitas Oxbow

- a. Untuk menghitung debit air masuk ke oxbow (*inflow*)
 Terlebih dahulu menganalisis intensitas curah hujan dan kemudian menggunakan metode rasional untuk menentukan debit banjir yang direncanakan. Perhitungan didasarkan pada rumus berikut:

$$Q_t = 0.278 \times C \times I \times A$$

dengan Q_t adalah Debit banjir maksimum ($m^3/detik$), C adalah Koefisien Pengaliran, I adalah Intensitas hujan (mm/jam), dan A adalah Luas areal aliran (m^2)

- b. Sedangkan untuk menghitung debit air keluar dari oxbow (*outflow*)
 Rumus Bundaschu adalah metode yauntuk menghitung besar *outflow*, sebagaimana berikut:

$$Q = m \times b \times d \sqrt{g \times d}$$

$$H = h + k$$

$$d = 2/3 \times H$$

dengan Q adalah debit yang lewat (m^3/dt), b adalah lebar efektif saluran (m), h adalah tinggi saluran (m), k adalah tinggi energi kecepatan (m), g adalah percepatan gravitasi (m/dt), dan m adalah angka koefisien pengaliran

Setelah diperoleh debit air yang masuk (*inflow*) dan keluar (*outflow*) danau oxbow, maka dapat dihitung kapasitas oxbow dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Kapasitas daya tampung oxbow = aliran masuk (*inflow*) – aliran keluar (*outflow*).

Analisis Tampung Oxbow

Luas Genangan Oxbow S. Rancamanyar = 127153.620 m^2

Volume Tampungan Oxbow S. Rancamanyar = 115269.653 m^3

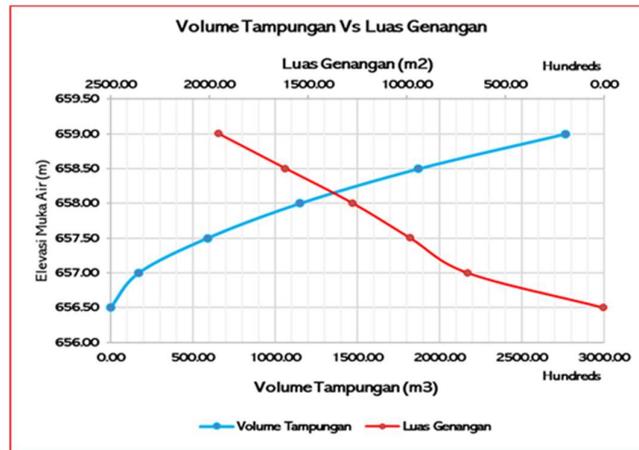
Elevasi = +658.00 m

Kedalaman oxbow = 2.5 m

Perhitungan rekapitulasi kapasitas tampungan dan genangan berdasarkan beda kontur. Hasil perhitungan dari tabel di bawah dapat menghasilkan kurva kapasitas. Kurva ini menggambarkan hubungan antara elevasi, area genangan, dan volume genangan kumulatif di daerah aliran sungai, seperti ditunjukkan pada tabel dan gambar berikut ini:

Tabel 3. Elevasi, Luas Genangan, dan Volume

Elevasi	Luas Genangan (m2)	Volume Tampungan (m3)
657.00	68923.790	17230.948
657.50	98038.705	58971.571
658.00	127153.620	115269.653
658.50	161191.855	187356.021
659.00	195230.090	276461.508

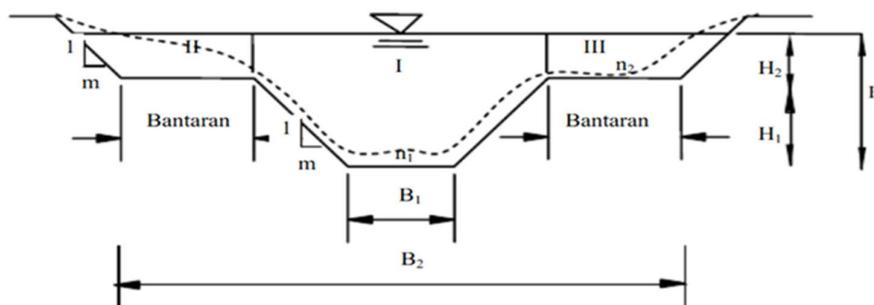


Gambar 9. Volume tampungan vs luas genangan

Aplikasi Pada Normalisasi Oxbow

Normalisasi dirancang untuk mengalihkan kelebihan air banjir ke hilir, dengan menampung di area oxbow, untuk mencegah luapan. Pekerjaan yang dapat dilakukan dengan menerapkan hasil dari analisis hidrologi yang berhubungan dengan normalisasi badan oxbow, di antaranya:

- Memperbaiki bentuk dari penampang melintang oxbow.
- Menata penampang memanjang dari oxbow.
- Mengurangi tingkat kekasaran dinding pada badan oxbow.
- Membangun kembali bangunan yang tidak layak di sekitar oxbow, terutama yang menghambat aliran oxbow.
- Menstabilkan lereng dari badan oxbow.
- Membangun tanggul- tanggul banjir.
- Secara umum, pada alur oxbow pada bagian hilir, rasio tinggi air terhadap lebar oxbow (h/B) sangat kecil, dasar sungai memiliki kemiringan landau, dan kapasitas aliran rendah.
- Untuk meningkatkan kapasitas aliran saat banjir, dibuat penampang melintang ganda dengan menambah luas penampang basah melalui pemanfaatan tepian sungai.
- Agar mencapai penampang melintang yang stabil, penampang melintang bawah dari penampang melintang ganda harus dirancang dengan debit aliran yang dominan, khususnya debit pada periode berulang (5, 10,20,25) tahun



Gambar 10. Konsep river improvement pada DAS Oxbow Rancamanyar

5. KESIMPULAN

Dari analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa secara kuantitatif, proses normalisasi pada badan sungai mati/ oxbow dapat direncanakan dengan perhitungan untuk mendapatkan luas penampang dan daya tampung maksimal dari oxbow. Curah hujan maksimal yang berakibat terhadap naiknya debit air yang menjadi penyebab banjir tahunan, secara teknis dapat dihitung. Namun, di satu sisi permasalahan sampah dan limbah yang tidak bisa diprediksi volumenya menjadi temuan pengganggu meskipun sudah dilakukan perhitungan secara teknis terhadap penampang oxbow. Diperlukan teknik lain dalam mengatasi permasalahan lanskap koridor Oxbow Citarum diantaranya penanggulangan sampah dengan sistem trap-trap yang dapat dikelola

oleh RT/ RW setempat. Permasalahan oxbow tidak hanya masalah teknis, namun juga menyangkut masalah sosial karena DAS oxbow yang langsung bersinggungan dengan pemukiman warga. Untuk mencegah konflik sosial, diperlukan pendekatan secara persuasif dari berbagai pihak yang berkepentingan, terutama pemerintah setempat dan jajaran hingga ke skala RT dan RW. Masyarakat perlu dilibatkan dalam pengambilan keputusan, dan perlu merasakan langsung manfaat dari sisi ekonomis dan ekologis, sehingga dengan kesadaran sendiri ikut memelihara DAS oxbow tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kemen PUPR, “Penanganan Banjir di WS Citarum,” 2017.
- [2] A. P. Daulay, “Sungai Citarum, Predikat Sungai Tercemar di Dunia. Bagaimana solusinya?,” Konservasi DAS Universitas Gadjah Mada <https://konservasidas.fkt.ugm.ac.id/2020/06/20/sungai-citarum-predikat-sungai-tercemar-di-dunia-bagaimana-solusinya/>.
- [3] D. Rohmat, “Solusi Aspiratif Penanganan Masalah Sungai Mati (Kasus: Desa Andir Kecamatan Bale Endah Kabupaten Bandung),” *Jurnal Geografi Gea*, vol. 9, no. 1, 2009.
- [4] W. M. Putuhena, N. F. Kifli, M. B. Hadimoeljono, D. Sumadilaga, and E. W. Irianto, *Restorasi Citarum Hulu Mewujudkan Sungai Citarum yang Sehat untuk Kesejahteraan Masyarakat*, 1st ed., vol. 1. Bandung: ITB Press dan Puslitbang Sumber Daya Air Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018.
- [5] T. Tonanga, “Menelusuri Banjir di Kabupaten Bandung,” Ganeca Environmental Service.
- [6] J. W. Creswell, *A Concise Introduction to Mixed Methods Research*. SAGE Publications, 2014. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=51UXBAAAQBAJ>
- [7] N. Burzan, “Continuities and discontinuities. A methodological reflection on sociological analyses of time in multigenerational family interviews,” *Forum Qualitative Sozialforschung*, vol. 21, no. 2, 2020, doi: 10.17169/fqs-21.2.3427.
- [8] M. Ningtyas, “Bab III - Metode Penelitian Metode Penelitian,” *Metode Penelitian*, no. 2016, pp. 32–41, 2016.
- [9] R. D. F. Yani and D. R. S. Sumunar, “Pemodelan Estimasi Banjir untuk Mitigasi Bencana di DAS Cibeurem Kabupaten Cilacap,” Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2019.
- [10] S. Arifianto, “Implementasi Metode Penelitian Studi Kasus Dengan Pendekatan Kualitatif,” *Yogyakarta: Aswaja Presindo*, 2016.
- [11] T. U. Z. Noviandi, R. L. Kaswanto, and H. S. Arifin, “Riparian landscape management in the midstream of Ciliwung River as supporting Water Sensitive Cities program with priority of productive landscape,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Nov. 2017. doi: 10.1088/1755-1315/91/1/012033.
- [12] N. A. Prijanto, D. Harisuseno, and J. S. Fidari, “Studi Perbandingan Model Horton dan Model Kostikov Terhadap Laju Infiltrasi,” *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 1, no. 2, pp. 53–66, 2021.