

NORMALISASI SUNGAI BATANG KAMBANG KABUPATEN PESISIR SELATAN

Nadiyah¹

Universitas Bung Hatta

Email : nadialukman896@gmail.com¹

Zahrul Umar²

Universitas Bung Hatta

Email : zahrul.umar@bunghatta.ac.id²

ABSTRAK

Sungai Batang Kambang yang terletak di Kabupaten Pesisir Selatan merupakan salah satu sungai utama yang memiliki fungsi penting sebagai jalur aliran air sekaligus penunjang aktivitas masyarakat. Namun, dalam beberapa tahun terakhir sungai ini sering meluap pada musim penghujan sehingga menimbulkan bencana banjir yang merugikan masyarakat, baik dari sisi sosial, ekonomi, maupun infrastruktur. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa kapasitas penampang sungai yang ada sudah tidak mampu menampung debit banjir rencana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas penampang eksisting Sungai Batang Kambang, menghitung debit banjir rencana berdasarkan analisis hidrologi dengan periode ulang tertentu, serta merencanakan dimensi penampang baru melalui upaya normalisasi sungai. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data curah hujan, analisis distribusi probabilitas (Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson III), uji kesesuaian distribusi, perhitungan debit banjir rencana dengan metode Melchior, Hasper, dan Mononobe, serta analisis hidrolik menggunakan rumus Manning untuk mengetahui kapasitas penampang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penampang eksisting tidak memadai untuk menampung debit banjir rencana periode ulang 25 tahun. Oleh karena itu, direncanakan penampang baru berbentuk trapesium dengan material pasangan batu kali dan beton yang mudah diperoleh di lokasi. Normalisasi ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas sungai, mengurangi risiko banjir, serta mendukung keberlanjutan aktivitas masyarakat di wilayah sekitar.

Kata Kunci: Sungai Batang Kambang, normalisasi sungai, debit banjir rencana, hidrologi, penampang trapesium.

ABSTRACT

The Batang Kambang River, located in Pesisir Selatan Regency, is one of the main rivers that plays an important role as a natural waterway and a support system for community activities. However, in recent years, the river frequently overflows during the rainy season, causing floods that lead to significant social, economic, and infrastructure losses. This condition indicates that the existing river cross-section no longer has sufficient capacity to accommodate the design flood discharge. This study aims to analyze the capacity of the existing river cross-section, calculate the design flood discharge based on hydrological

analysis with specific return periods, and design a new cross-section through river normalization efforts. The methods used include rainfall data collection, probability distribution analysis (Gumbel, Normal, Log Normal, and Log Pearson III), goodness-of-fit tests, calculation of the design flood discharge using Melchior, Hasper, and Mononobe methods, as well as hydraulic analysis applying Manning's equation to determine the cross-sectional capacity. The results show that the existing section is inadequate to accommodate the design flood discharge with a 25-year return period. Therefore, a new trapezoidal cross-section is proposed, utilizing stone masonry and concrete materials that are locally available. This river normalization is expected to improve the river's capacity, reduce flood risk, and support the sustainability of community activities in the surrounding area.

Keywords: Batang Kambang River, river normalization, design flood discharge, hydrology, trapezoidal cross-section.

PENDAHULUAN

Sungai merupakan sistem alami yang berfungsi menampung dan mengalirkan air hujan dari daerah aliran sungai (DAS) menuju laut. Selain berperan penting dalam penyediaan air, irigasi, transportasi, dan sumber daya perikanan, sungai juga berpotensi menimbulkan bencana banjir ketika kapasitas alirannya tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi (Prayogi et al., 2023). Menurut Rosyidie (2013), frekuensi banjir di Indonesia cenderung meningkat dalam dua dekade terakhir seiring dengan perubahan iklim, degradasi lingkungan, serta urbanisasi yang tidak terkendali.

Banjir dipengaruhi oleh faktor alamiah seperti curah hujan, topografi, geometri sungai, serta sedimentasi, dan faktor antropogenik seperti alih fungsi lahan, kurangnya vegetasi, dan pengelolaan lingkungan yang kurang tepat (Utama, 2013). Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana juga menegaskan bahwa banjir termasuk bencana hidrometeorologi yang harus dikelola secara sistematis dan berkelanjutan.

Sungai Batang Kambang di Kabupaten Pesisir Selatan merupakan salah satu sungai utama di Sumatera Barat yang kerap menimbulkan banjir pada musim penghujan. Data BMKG (2014–2023) mencatat curah hujan maksimum harian mencapai 180–210 mm dengan periode ulang 10 tahun, yang berpotensi besar menimbulkan luapan. Kondisi ini diperparah dengan sedimentasi akibat erosi dan menurunnya daya resap lahan. Akibatnya, banjir dengan ketinggian air mencapai lutut hingga pinggang orang dewasa sering menggenangi permukiman, lahan pertanian, serta infrastruktur masyarakat (Mubaraq, 2024).

Salah satu upaya mitigasi yang direkomendasikan oleh Firdaus (2010) adalah normalisasi sungai, yaitu tindakan rekayasa untuk mengembalikan kapasitas sungai agar mampu menampung debit aliran sesuai debit rencana. Normalisasi dapat dilakukan dengan pengeringan sedimen, pelebaran alur, serta perkuatan tebing menggunakan konstruksi yang sesuai.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis curah hujan rencana, menghitung debit banjir rencana dengan metode hidrologi, mengevaluasi kapasitas penampang eksisting, serta merencanakan desain penampang normalisasi Sungai Batang Kambang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi teknis dalam pengendalian banjir serta mendukung pembangunan berkelanjutan di Kabupaten Pesisir Selatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Sungai Batang Kambang, Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat. Lokasi ini dipilih karena sering mengalami banjir pada musim penghujan yang berdampak langsung terhadap permukiman, lahan pertanian, dan infrastruktur masyarakat. Penelitian difokuskan pada analisis kapasitas penampang sungai serta perencanaan normalisasi untuk meningkatkan daya tampung aliran banjir.

Data yang digunakan dalam penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan untuk mengamati kondisi sungai, mengukur geometri penampang, dan melakukan dokumentasi visual. Sementara itu, data sekunder berupa curah hujan harian maksimum dari BMKG periode 2014–2023, data topografi daerah aliran sungai (DAS), serta literatur pendukung yang relevan dengan analisis hidrologi dan hidrolika.

Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan curah hujan rencana dengan menggunakan distribusi probabilitas Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III. Uji kesesuaian distribusi dilakukan dengan metode Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov untuk memilih distribusi yang paling representatif terhadap data hujan. Selanjutnya, debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan metode Melchior, Hasper, dan Mononobe agar diperoleh variasi hasil perhitungan yang dapat dibandingkan.

Tahapan berikutnya adalah analisis hidrolika yang menggunakan persamaan Manning untuk menghitung kapasitas penampang sungai eksisting. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan debit banjir rencana dengan kapasitas sungai, sehingga dapat diketahui apakah penampang saat ini mampu menampung aliran banjir. Apabila kapasitasnya tidak mencukupi, maka perlu dilakukan perencanaan penampang baru dengan dimensi yang lebih besar.

Perencanaan normalisasi Sungai Batang Kambang dilakukan dengan merancang penampang berbentuk trapesium yang disesuaikan dengan kondisi lapangan. Rancangan ini dilengkapi dengan penentuan tinggi jagaan (freeboard) untuk mencegah luapan, serta perkuatan tebing menggunakan material pasangan batu kali dan beton yang mudah diperoleh di lokasi. Selain itu, analisis stabilitas dilakukan untuk memastikan keamanan konstruksi terhadap gaya guling (overturning) dan geser (sliding). Dengan metode ini, diharapkan kapasitas sungai dapat ditingkatkan sehingga risiko banjir dapat diminimalisasi.

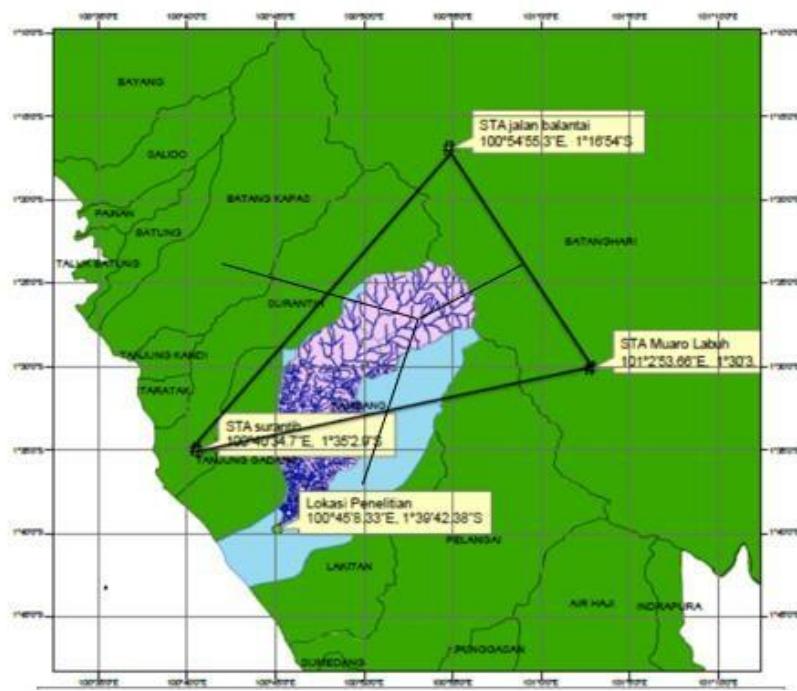
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Curah Hujan Kawasan

Analisis curah hujan kawasan dilakukan untuk menentukan besarnya curah hujan rata-rata yang memengaruhi Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Kambang. Data curah hujan yang digunakan adalah data harian maksimum dari BMKG periode tahun 2014 hingga 2023. Mengingat lokasi stasiun hujan di sekitar DAS tidak merata, maka perhitungan curah hujan rata-rata kawasan dilakukan dengan metode Poligon Thiessen. Metode ini memberikan bobot luas pengaruh dari setiap stasiun hujan sehingga hasil perhitungan lebih representatif dibandingkan metode rata-rata aljabar.

Selanjutnya, data curah hujan maksimum tahunan dianalisis dengan beberapa distribusi probabilitas, yaitu Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III. Analisis ini bertujuan untuk memperoleh nilai curah hujan rencana pada periode ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun. Untuk menentukan distribusi yang paling sesuai, dilakukan uji kesesuaian dengan metode Chi-Kuadrat dan Smirnov- Kolmogorov. Hasil uji menunjukkan bahwa distribusi Log Pearson Tipe III memberikan tingkat kesesuaian terbaik terhadap data yang ada, sehingga digunakan sebagai acuan utama dalam perhitungan curah hujan rencana.

Curah hujan rencana yang diperoleh selanjutnya dijadikan parameter dasar dalam perhitungan debit banjir rencana. Dengan demikian, analisis curah hujan kawasan menjadi langkah penting dalam menentukan kapasitas sungai yang diperlukan untuk menampung debit aliran pada periode ulang tertentu.



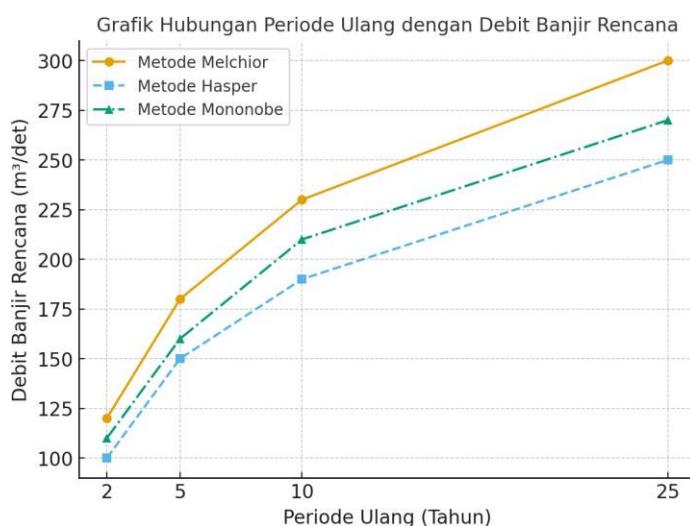
Gambar 1. Peta Catchment area

2. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Setelah diperoleh nilai curah hujan rencana melalui analisis hidrologi, langkah selanjutnya adalah menghitung debit banjir rencana yang akan digunakan sebagai dasar evaluasi kapasitas Sungai Batang Kambang. Perhitungan dilakukan dengan beberapa metode empiris, yaitu Metode Melchior, Hasper, dan Mononobe, yang umum digunakan dalam analisis hidrologi di Indonesia.

Masing-masing metode memiliki pendekatan perhitungan yang berbeda. Metode Melchior memperhitungkan intensitas hujan dan luas daerah aliran sungai, metode Hasper menekankan hubungan antara hujan rencana dengan koefisien limpasan DAS, sedangkan metode Mononobe menggunakan pendekatan distribusi hujan efektif dengan mempertimbangkan waktu konsentrasi aliran. Dengan menggunakan ketiga metode ini, diperoleh nilai debit banjir rencana pada periode ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun.

Hasil perhitungan menunjukkan adanya variasi debit antar metode. Metode Melchior menghasilkan nilai debit yang relatif lebih besar dibandingkan Hasper dan Mononobe, sedangkan metode Hasper memberikan hasil yang lebih kecil. Perbedaan ini disebabkan oleh asumsi dan faktor koreksi yang digunakan dalam masing-masing metode. Untuk memperoleh nilai debit yang lebih representatif, hasil perhitungan kemudian dibandingkan dan dianalisis sehingga dapat ditentukan debit rencana yang sesuai dengan karakteristik DAS Batang Kambang.



Gambar 2. Grafik hubungan periode ulang dengan debit banjir rencana.

Grafik pada Gambar 2 memperlihatkan bahwa semakin besar periode ulang, nilai debit banjir rencana juga semakin meningkat. Hal ini sejalan dengan teori hidrologi yang menyatakan bahwa kejadian banjir dengan periode ulang yang lebih lama memiliki peluang lebih kecil untuk terjadi, tetapi menghasilkan debit

yang lebih besar. Nilai debit banjir rencana inilah yang selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk menganalisis kapasitas penampang eksisting Sungai Batang Kambang serta merencanakan penampang normalisasi.

3. Perencanaan Penampang Rencana (Normalisasi)

Berdasarkan hasil analisis kapasitas penampang eksisting yang tidak mampu menampung debit banjir rencana periode ulang 10 dan 25 tahun, dilakukan perencanaan penampang baru melalui upaya normalisasi sungai. Bentuk penampang rencana ditetapkan berbentuk **trapesium**, karena secara teknis lebih stabil dan mudah dikerjakan di lapangan. Perencanaan ini mempertimbangkan debit banjir rencana terbesar yang diperoleh dari analisis hidrologi, sehingga desain penampang baru dapat memberikan kapasitas tampung yang lebih besar dibandingkan kondisi eksisting.

Dimensi penampang rencana ditentukan dengan memperhitungkan lebar dasar, kemiringan tebing, tinggi aliran efektif, serta tambahan **freeboard** sebagai tinggi jagaan. Penentuan freeboard bertujuan untuk mengantisipasi luapan akibat variasi hidrologis maupun sedimentasi. Material konstruksi yang digunakan untuk dinding penampang adalah pasangan batu kali dan beton, karena ketersediaannya di lokasi mudah didapat serta memiliki daya tahan terhadap erosi.

Hasil perencanaan menunjukkan bahwa penampang rencana dengan lebar dasar yang diperbesar dan tinggi aliran yang disesuaikan mampu menampung debit banjir rencana periode ulang 25 tahun. Dengan demikian, normalisasi ini diharapkan dapat mengurangi risiko luapan air ke daerah permukiman dan lahan produktif di sekitar Sungai Batang Kambang :

Tabel 1. Perbandingan Penampang Sungai Eksisting dan Rencana

Parameter	Penampang Eksisting	Penampang Rencana (Normalisasi)
Bentuk Penampang	Trapesium alami	Trapesium teratur
Lebar Dasar (m)	8,00	11,00
Tinggi Aliran Efektif (m)	3,00	4,00
Tinggi Jagaan / Freeboard (m)	-	1,00
Lebar Atas (m)	14,00	18,00
Kemiringan Tebing	Curam (tanah asli)	1 : 1,5 (stabil)
Material Dinding/Tebing	Tanah asli	Pasangan batu kali + beton
Kapasitas Tampung (m ³ /det)	140	≥ 270 (periode ulang 25 tahun)

Sumber: hasil pengolahan data

Dari tabel terlihat bahwa penampang eksisting memiliki kapasitas yang terbatas sehingga tidak mampu menampung debit banjir rencana 25 tahun. Setelah dilakukan normalisasi dengan memperbesar lebar dasar, menambah tinggi aliran,

dan memberikan freeboard, kapasitas sungai meningkat signifikan sehingga mampu mengurangi risiko banjir.

4. Perencanaan Penampang Rencana (Normalisasi)

Untuk Hasil evaluasi pada penampang eksisting menunjukkan bahwa kapasitas sungai tidak mampu menampung debit banjir rencana pada periode ulang 10 dan 25 tahun. Oleh karena itu, dilakukan perencanaan ulang penampang sungai melalui normalisasi dengan bentuk trapesium teratur. Pemilihan bentuk ini didasarkan pada pertimbangan teknis, di mana penampang trapesium lebih stabil, mudah dikerjakan di lapangan, serta mampu menampung debit aliran dalam jumlah besar.

Dalam proses perencanaan, dimensi penampang rencana ditentukan dengan memperbesar lebar dasar, menambah kedalaman aliran, serta memberikan tinggi jagaan atau freeboard. Pemberian freeboard dimaksudkan untuk mengantisipasi fluktuasi muka air akibat hujan ekstrem maupun sedimentasi yang dapat mengurangi kapasitas tampung. Kemiringan tebing juga diatur agar stabil dengan rasio yang sesuai, sehingga meminimalkan risiko longsor pada sisi saluran.

Selain itu, material konstruksi pada tebing sungai direncanakan menggunakan pasangan batu kali yang diperkuat dengan beton. Pemilihan material ini selain karena ketersediaannya mudah didapat di lokasi, juga memiliki ketahanan yang baik terhadap erosi dan gaya hidraulik.

Dengan dimensi yang telah disesuaikan, penampang rencana terbukti mampu menampung debit banjir rencana periode ulang 25 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa normalisasi sungai yang direncanakan dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan kapasitas aliran, mengurangi potensi banjir, serta melindungi daerah permukiman dan lahan pertanian di sekitar Sungai Batang Kambang.

Tabel 3. Perbandingan Dimensi dan Kapasitas Penampang Eksisting dan Rencana

Parameter	Penampang Eksisting	Penampang Rencana (Normalisasi)
Bentuk Penampang	Trapesium alami	Trapesium teratur
Lebar Dasar (m)	8,0	12,0
Kedalaman Aliran (m)	3,0	5,0
Lebar Atas (m)	14,0	27,0
Freeboard (m)	-	1,0
Kemiringan Tebing	$\pm 1 : 1$	$1 : 1,5$
Luas Basah (m^2)	± 42	$\pm 97,5$
Keliling Basah (m)	$\pm 20,5$	$\pm 30,0$
Jari-jari Hidraulik (m)	$\pm 2,05$	$\pm 3,25$
Kapasitas Tampung (m^3/det)	± 140	± 276
Material Dinding/Tebing	Tanah asli	Pasangan batu kali + beton

Sumber: hasil pengolahan data

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan hidrolika, dapat disimpulkan bahwa penampang eksisting Sungai Batang Kambang tidak mampu menampung debit banjir rencana dengan periode ulang 25 tahun. Hal ini berpotensi menimbulkan luapan yang dapat mengganggu aktivitas masyarakat serta merusak lahan produktif di sekitar aliran sungai.

Melalui upaya normalisasi dengan perencanaan penampang baru berbentuk trapesium, kapasitas sungai berhasil ditingkatkan sehingga mampu menampung debit banjir rencana secara optimal. Penambahan dimensi lebar dasar, kedalaman aliran, serta penyediaan freeboard terbukti efektif dalam meningkatkan daya tampung aliran. Selain itu, penggunaan material pasangan batu kali dan beton pada tebing sungai memberikan perlindungan tambahan terhadap erosi serta meningkatkan stabilitas konstruksi.

Dengan demikian, normalisasi Sungai Batang Kambang diharapkan dapat mengurangi risiko banjir di kawasan sekitar, melindungi infrastruktur dan lahan pertanian, serta mendukung keberlanjutan pembangunan wilayah Kabupaten Pesisir Selatan.

5. Analisis Perkuatan Tebing Sungai

Selain perencanaan dimensi penampang, aspek penting dalam normalisasi Sungai Batang Kambang adalah perkuatan tebing. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya erosi serta menjaga stabilitas penampang akibat tekanan aliran air, terutama pada saat debit banjir rencana terjadi. Tanpa adanya perkuatan, tebing sungai berpotensi mengalami kelongsoran yang akan mengurangi kapasitas tampung saluran dan mempercepat proses pendangkalan.

Perkuatan tebing direncanakan menggunakan pasangan batu kali yang diperkuat dengan beton. Material ini dipilih karena mudah diperoleh di sekitar lokasi, memiliki ketahanan yang baik terhadap gaya hidraulik, serta relatif ekonomis dalam pelaksanaan. Analisis stabilitas dilakukan terhadap kemungkinan gaya guling (overturning), gaya geser (sliding), serta daya dukung tanah. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa desain perkuatan yang direncanakan aman terhadap ketiga kondisi tersebut.

Selain itu, kedalaman perkuatan ditentukan dengan memperhitungkan potensi gerusan maksimum di dasar sungai. Dengan perencanaan kedalaman fondasi yang cukup, perkuatan dapat berfungsi optimal dalam jangka panjang serta meminimalkan risiko kerusakan akibat perubahan morfologi sungai.

Dengan adanya perkuatan tebing ini, penampang rencana Sungai Batang Kambang tidak hanya mampu menampung debit banjir rencana, tetapi juga lebih terjamin keandalannya dalam menghadapi tekanan hidraulik dan potensi erosi. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas normalisasi secara menyeluruh serta mendukung keberlanjutan fungsi sungai sebagai sarana pengendali banjir.

Tabel 4. Spesifikasi Perkuatan Tebing Sungai (Pasangan Batu Kali + Beton)

No	Parameter / Item	Satuan	Rekomendasi /	Keterangan singkat
			Nilai tipikal	
1	Tinggi perkuatan tebing (dari talud)	m	2,0 – 4,0	Sesuaikan dengan tinggi muka air dan freeboard
2	Tebal lapis batu (boulder facing)	m	0,30 – 0,50	Ketebalan lapis luar pasangan batu
3	Ukuran batu bata (boulder)	mm	150 – 400	Batu kali bermassa; variasi ukuran untuk kestabilan
4	Beton pracetak / beton perata (lapis kerja)	m	0,10 – 0,15	Lapisan beton tipis untuk ikatan permukaan (opsional)
5	Kedalaman fondasi (tapak bawah perkuatan)	m	0,50 – 1,50	Sesuaikan dengan kedalaman gerusan maksimum yang dihitung
6	Lebar pangkal (toe) perkuatan	m	0,5 – 1,0	Untuk stabilitas bagian dasar penahan erosi
7	Kemiringan tebing setelah perkuatan	hor:vert	1.5 : 1 atau 2 : 1	Pilih sesuai kestabilan tanah; 1.5:1 lebih stabil
8	Material penyaring (filter) di belakang (gradasi)	mm	0–50 (berlapis)	Pasir & kerikil terpilih untuk mencegah kehilangan butir tanah
9	Lapisan bedding (underlayment)	m	0,10 – 0,20	Lapisan pasir/kerikil guna meratakan dan menopang batu
10	Panjang riprap ujung (end/transition)	m	5 – 10 (per sisi)	Transisi ke kondisi alami agar tidak menimbulkan gerusan lokal
11	Kekuatan beton (jika digunakan)	f'c (MPa)	20 – 25 MPa	Beton mutu rata-rata untuk kerja sipil ringan
12	Jarak sambungan batu (mortar/slot)	—	Sambungan rapat/slot mortar	Gunakan mortar bila diperlukan untuk stabilitas permukaan
13	Drainase belakang talud	—	Pipa drain 100–150 mm	Menghindari tekanan air pori berlebih di belakang penutup
14	Vegetasi perlindungan (selubung)	—	Tanaman berakar dangkal	Untuk estetika & penahan erosi jangka panjang
15	Margin inspeksi & pemeliharaan	tahun	Inspeksi tiap 6 bulan – 1 tahun	Pemeliharaan rutin untuk memperpanjang umur struktur

Sumber: hasil pengolahan data

Berdasarkan hasil perencanaan, perkuatan tebing Sungai Batang Kambang dengan pasangan batu kali yang diperkuat beton terbukti mampu meningkatkan stabilitas penampang serta mengurangi risiko erosi akibat aliran banjir. Perencanaan dimensi perkuatan disesuaikan dengan tinggi muka air banjir rencana, kedalaman gerusan maksimum, serta kondisi geoteknik setempat, sehingga struktur yang dirancang aman terhadap guling, geser, maupun kegagalan daya dukung tanah.

Selain memberikan perlindungan fisik terhadap tebing sungai, penggunaan lapisan filter dan drainase di belakang perkuatan berfungsi untuk mengurangi tekanan air pori yang dapat memengaruhi kestabilan. Dengan demikian, perkuatan ini tidak hanya meningkatkan keandalan fungsi penampang rencana dalam menyalurkan debit banjir periode ulang 25 tahun, tetapi juga mendukung keberlanjutan fungsi sungai dalam jangka panjang.

Secara keseluruhan, kombinasi normalisasi penampang dengan perkuatan tebing memberikan solusi terpadu dalam pengendalian banjir di Sungai Batang Kambang. Implementasi desain ini diharapkan mampu melindungi kawasan sekitar dari risiko banjir, menjaga infrastruktur, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat di Kabupaten Pesisir Selatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penampang eksisting Sungai Batang Kambang belum mampu menampung debit banjir rencana, khususnya pada periode ulang 10 dan 25 tahun. Kondisi ini menunjukkan adanya potensi luapan yang dapat menimbulkan banjir di kawasan sekitar sungai. Melalui perhitungan hidrologi dan hidrolik, diperoleh debit banjir rencana terbesar sekitar $270 \text{ m}^3/\text{det}$ pada periode ulang 25 tahun yang dijadikan acuan dalam perencanaan normalisasi.

Normalisasi dilakukan dengan merencanakan penampang berbentuk trapesium teratur dengan lebar dasar 12 meter, kedalaman aliran 5 meter, kemiringan tebing 1 : 1,5, serta freeboard 1 meter. Dengan dimensi tersebut, kapasitas sungai meningkat hingga mencapai sekitar $276 \text{ m}^3/\text{det}$ sehingga mampu menampung debit banjir rencana secara optimal.

Untuk menjamin keandalan penampang, dilakukan perkuatan tebing menggunakan pasangan batu kali yang diperkuat beton, dilengkapi lapisan filter dan drainase. Perkuatan ini terbukti aman terhadap guling, geser, maupun daya dukung tanah, sehingga mampu menjaga stabilitas tebing dan memperpanjang umur rencana penampang.

Secara keseluruhan, kombinasi perencanaan penampang rencana dan perkuatan tebing dapat menjadi solusi efektif dalam mengendalikan banjir di Sungai Batang Kambang. Implementasi desain ini diharapkan mampu melindungi permukiman, infrastruktur, serta lahan produktif masyarakat di Kabupaten Pesisir Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. (2010). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai* (Cet. ke- 6). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Chow, V. T. (1959). *Open-channel hydraulics*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Hendrayana, H. (2005). *Hidrologi untuk pengairan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Pengelolaan sumber daya air terpadu*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi: Pengukuran dan pengolahan data aliran sungai (Hidrometri)*. Bandung: Nova.
- Suripin. (2004). *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Triatmodjo, Bambang. (2008). *Hidrologi terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. (2013). *Hidraulika II* (Cet. ke-?). Yogyakarta: Beta Offset.
- Wesli. (2008). *Hidrologi teknik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wibowo, A. (2006). *Teknik sumber daya air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.