

KAJIAN DAMPAK DAN TEKNIK PENGENDALIAN DAYA RUSAK AIR PADA SUNGAI

RAKA MIFTAH RAHMATULGINA¹, BUDI TRIADI²

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

²Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Email : rakamr04@gmail.com

ABSTRAK

Daya rusak air menjadi isu kritis di Indonesia, memicu frekuensi dan magnitudo bencana seperti banjir dan erosi. Studi literatur ini bertujuan menganalisis dinamika tersebut dengan menelaah tiga aspek utama: penyebab, dampak, dan upaya pengendalian. Hasil analisis menunjukkan bahwa penyebabnya bersifat multifaktor, berakar dari kombinasi perubahan iklim dengan aktivitas antropogenik seperti deforestasi dan urbanisasi. Dampak utamanya adalah degradasi morfologi sungai yang berujung pada peningkatan risiko bencana hidrologis. Evaluasi teknik pengendalian menyimpulkan bahwa tidak ada solusi tunggal; pendekatan struktural efektif namun berbiaya tinggi, sementara non-struktural dan vegetatif esensial untuk keberlanjutan. Kesimpulan utama studi ini adalah bahwa upaya pengendalian paling efektif harus bersifat terpadu, mengkombinasikan berbagai jenis pendekatan dari hulu hingga hilir Daerah Aliran Sungai.

Kata Kunci: *Daya Rusak Air, Pengendalian Daya Rusak Air, Pengelolaan DAS Terpadu.*

1. PENDAHULUAN

Sungai merupakan sumber daya alam vital yang kini mengalami kerusakan signifikan akibat perubahan lingkungan dan aktivitas manusia. Kerusakan ini ditandai dengan erosi, sedimentasi, dan abrasi yang mengancam ekosistem, infrastruktur, serta kehidupan masyarakat (Haryono dkk., 2012). Pemicu utama daya rusak air adalah perubahan iklim, yang manifestasinya berupa peningkatan frekuensi dan intensitas curah hujan ekstrem. Hujan berintensitas tinggi ini menghasilkan limpasan permukaan (*runoff*) bertenaga besar yang mampu mengikis dan merusak bentang lahan. (Mulyanti dkk., 2020). Energi perusak dari hujan ekstrem tersebut diperparah oleh kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) yang semakin kritis. Proses deforestasi dan alih fungsi lahan untuk urbanisasi menggantikan vegetasi dengan permukaan kedap air, yang secara signifikan mengurangi infiltrasi dan mempercepat aliran permukaan. (Clerici dkk., 2024; Eckert dkk., 2024). Badan sungai juga mengalami tekanan langsung yang mempercepat pendangkalan, seperti aktivitas penambangan galian C tidak terkendali yang mengganggu keseimbangan sedimen. Kondisi ini diperparah oleh penurunan debit andalan sungai di musim kemarau, yang melemahkan kemampuan sungai untuk membilas sedimen secara alami (Sumawdiayani, 2021). Aktivitas pembangunan yang tak terkendali di sekitar badan air juga dapat mengganggu aliran alami dan kualitas air, bahkan hingga mengubah pola banjir (Lo dkk., 2024). Jika fenomena tersebut terus dibiarkan, akan mengakibatkan bencana seperti banjir.

Sungai tidak lagi mampu menampung air karena dimensinya menyempit dan menjadi dangkal akibat penumpukan sedimen, sehingga air meluap (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, 2021). Pengendalian daya rusak air diutamakan pada upaya pencegahan melalui perencanaan yang terpadu dan menyeluruh, mencakup aspek pencegahan, penanggulangan, dan pemulihan dalam pola pengelolaan sumber daya air secara keseluruhan (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, 2021). Kerusakan sungai dan DAS disebabkan oleh berbagai faktor, baik alam maupun aktivitas manusia, yang memperburuk risiko bencana seperti banjir. Fenomena ini menurunkan kemampuan sungai dalam menampung air hujan, sehingga penting untuk melakukan pengendalian daya rusak air secara terpadu untuk meminimalkan dampak negatifnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif dinamika daya rusak air pada sungai di Indonesia. Ruang lingkup studi ini difokuskan pada analisis teknis yang menelaah faktor-faktor penyebab, baik yang bersifat alami maupun akibat aktivitas manusia, serta dampaknya terhadap morfologi dan kapasitas tampung sungai. Secara spesifik, kajian ini bertujuan untuk menjawab tiga permasalahan utama: (1) mengidentifikasi penyebab utama daya rusak air, (2) menganalisis pengaruhnya terhadap kondisi sungai, dan (3) menyajikan berbagai teknik pengendalian yang telah terbukti efektif berdasarkan penelitian yang relevan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Studi Literatur

Metode penelitian yang dipakai adalah studi literatur. Menurut (Bakhrudin, 2017) Studi literatur adalah cara yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian.

2.2 Metode Kajian

Secara khusus, kajian dalam tugas akhir ini menggunakan pendekatan *narrative literature review*, yaitu bentuk kajian literatur yang menyajikan sintesis pengetahuan dari berbagai sumber ilmiah dan non-ilmiah, untuk memahami suatu topik secara komprehensif (Snyder, 2019), metode ini sangat cocok digunakan dalam studi ini, karena memungkinkan peneliti untuk menelaah berbagai jenis literatur yang bersifat teoritis, empiris, dan kebijakan secara fleksibel.

2.3. Sumber Referensi

Karena penelitian ini merupakan penelitian studi literatur, informasi yang digunakan bersifat sekunder dan diperoleh dari berbagai jenis sumber yang dapat dipercaya, baik dari sumber ilmiah maupun non-ilmiah. Berikut adalah beberapa kategori utama untuk jenis-jenis sumber referensi, diantaranya: (1) Sumber Ilmiah, (2) Sumber non-ilmiah, (3) Sumber daring

2.4. Teknik Pengumpulan Referensi

Proses pengumpulan referensi dalam penelitian ini dilakukan melalui penelusuran sistematis

terhadap berbagai sumber yang relevan, yang meliputi: (1) Pencarian literatur di database online seperti Google Scholar, ScienceDirect, ResearchGate, dan JSTOR. (2) Kunjungan ke situs web pemerintah untuk mendapatkan laporan resmi, peraturan dan buku teks terkait pengelolaan sungai dan sumber daya air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Penyebab Utama Daya Rusak Air pada Sungai di Indonesia

Analisis literatur menunjukkan bahwa penyebab utama daya rusak air pada sungai di Indonesia bersifat multifaktor dan sistemik, berasal dari interaksi kompleks antara fenomena alamiah yang diperkuat oleh perubahan iklim dan aktivitas antropogenik yang mendegradasi Daerah Aliran Sungai (DAS). Faktor-faktor ini tidak bekerja secara terpisah, melainkan menciptakan efek domino di mana gangguan di hulu akan merambat dan terakumulasi hingga ke hilir, yang secara kolektif meningkatkan frekuensi dan magnitudo bencana hidrologis.

Pemicu fundamentalnya adalah perubahan iklim yang mengubah pola hujan menjadi lebih ekstrem. Hal ini termanifestasi dalam dua bentuk yang kontras namun saling berhubungan: peningkatan intensitas curah hujan ekstrem yang secara langsung memperbesar energi kinetik dan volume aliran permukaan, serta tren penurunan curah hujan tahunan di beberapa wilayah yang mengganggu debit andalan sungai. Ketidakstabilan pola hujan ini menjadi tekanan awal yang signifikan bagi sistem sungai.

Energi perusak dari hujan ekstrem kemudian diampifikasi secara masif oleh perubahan tata guna lahan, terutama deforestasi dan urbanisasi. Penggundulan hutan secara drastis menghilangkan kanopi penahan air dan mengurangi kapasitas infiltrasi tanah, yang mengakibatkan lonjakan volume dan kecepatan limpasan permukaan. Proses ini diperparah oleh urbanisasi yang menggantikan lahan bervegetasi dengan permukaan kedap air seperti aspal dan beton, yang dapat meningkatkan proporsi air hujan yang menjadi aliran permukaan dari 10% menjadi 55%.

Secara khusus, urbanisasi menciptakan serangan sistemik dari tiga arah secara simultan. Di permukaan, peningkatan area kedap air menyebabkan lonjakan *runoff*. Di atmosfer, fenomena *Urban Heat Island* (UHI) berpotensi mengintensifikasi badai hujan lokal, menambah input air ke sistem. Sementara itu, di bawah permukaan, ekstraksi air tanah berlebih memicu penurunan muka tanah (*land subsidence*), yang secara fisik membuat wilayah tersebut lebih rentan terhadap genangan dan banjir.

Gangguan-gangguan di DAS tersebut pada akhirnya mengganggu keseimbangan morfologi sungai. Menggunakan analogi "Timbangan Keseimbangan Alur," proses ini dapat dipahami sebagai ketidakseimbangan antara beban sedimen dan energi air. Aktivitas seperti penambangan Galian C secara artifisial menghilangkan beban sedimen, membuat aliran menjadi 'lapar' dan mengikis dasar sungai (degradasi). Sebaliknya, peningkatan erosi dari hulu yang dikombinasikan dengan penurunan debit andalan saat musim kemarau membuat sungai tidak mampu membilas sedimen, menyebabkan penumpukan material dan pendangkalan (agradasi). Kedua proses ini, baik degradasi maupun agradasi, secara langsung mengurangi

kapasitas tampung dan stabilitas alur sungai .

3.2. Analisis Dampak Sistemik terhadap Sungai

Akumulasi dari berbagai faktor penyebab yang telah dianalisis sebelumnya secara kolektif memicu degradasi morfologi sungai, yang menjadi manifestasi fisik paling nyata dari daya rusak air. Analisis menunjukkan bahwa kerusakan ini terjadi melalui dua proses yang kontras namun seringkali berlangsung dalam satu sistem sungai yang sama. Di satu sisi, suplai sedimen berlebih akibat erosi di hulu menyebabkan pendangkalan dan penyempitan alur (agradasi), yang secara langsung mengurangi luas penampang basah dan menurunkan kapasitas tampung aliran sungai. Di sisi lain, aliran berenergi tinggi atau gangguan seperti penambangan menyebabkan gerusan dasar dan tebing (degradasi), yang memicu ketidakstabilan alur dan mengancam infrastruktur di sekitarnya. Kerusakan fisik ini secara langsung menyebabkan kegagalan fungsi hidrologis sungai. Dengan kapasitas tampung yang menurun drastis, sungai kehilangan kemampuannya untuk mengalirkan debit banjir secara efisien. Secara bersamaan, perubahan tata guna lahan di DAS, terutama urbanisasi, mempercepat limpasan permukaan dan memperpendek waktu konsentrasi, membuat debit puncak terjadi lebih cepat dan lebih tinggi. Akibatnya, sistem sungai kehilangan fungsi penyangga alamnya dan berubah menjadi saluran yang tidak stabil dan sangat rentan terhadap fluktuasi debit ekstrem.

Konsekuensi puncak dari kegagalan morfologis dan hidrologis ini adalah peningkatan signifikan pada frekuensi dan magnitudo bencana banjir. Ketika volume air yang besar dari curah hujan ekstrem memasuki alur sungai yang kapasitasnya telah menyusut, luapan menjadi tidak terhindarkan . Dengan demikian, bencana banjir bukan lagi merupakan kejadian insidental, melainkan telah menjadi bagian dari siklus gangguan yang berulang akibat rusaknya fungsi sungai secara sistemik dari hulu hingga hilir.

3.3. Evaluasi Kritis terhadap Upaya Pengendalian

Analisis terhadap berbagai studi kasus dan literatur teknis menunjukkan bahwa tidak ada satu pun solusi tunggal yang sempurna untuk mengendalikan daya rusak air. Efektivitas setiap teknik sangat bergantung pada konteks masalah yang dihadapi, mulai dari skala DAS hingga karakteristik sosial-ekonomi wilayah. Secara umum, upaya pengendalian dapat dikategorikan ke dalam tiga pendekatan utama: struktural, non-struktural, dan pemanfaatan vegetasi serta fitur alam, yang masing-masing memiliki kelebihan dan keterbatasan fundamental.

Pendekatan struktural, yang melibatkan pembangunan infrastruktur fisik seperti bendung, tanggul, dan sabo dam, terbukti sangat efektif untuk tujuan intervensi fisik secara langsung dan cepat dalam melindungi aset bernilai tinggi . Studi kasus seperti Banjir Kanal Timur dan Barat di Jakarta menunjukkan keberhasilan dalam mengalihkan volume banjir masif dari kawasan urban padat. Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan signifikan, antara lain biaya konstruksi dan pemeliharaan yang sangat tinggi, dampak ekologis negatif, serta potensi memindahkan masalah ke lokasi lain, misalnya tanggul yang justru dapat meningkatkan kecepatan aliran dan gerusan di hilir . Oleh karena itu, pendekatan ini lebih tepat diposisikan sebagai intervensi taktis atau

pilihan terakhir ketika metode lain tidak mencukupi.

Sebaliknya, pendekatan non-struktural dan vegetatif menasar langsung akar permasalahan sehingga lebih berkelanjutan dalam jangka panjang. Upaya non-struktural, seperti penegakan hukum tata ruang di sempadan sungai dan edukasi masyarakat, terbukti berhasil mengurangi kerentanan secara signifikan dengan biaya lebih rendah, seperti yang ditunjukkan dalam studi kasus keberhasilan partisipasi masyarakat di Sungai Code, Yogyakarta. Demikian pula, pendekatan vegetatif seperti reboisasi di hulu DAS Brantas secara langsung menargetkan pengurangan suplai sedimen. Meskipun demikian, kelemahan utama dari kedua pendekatan ini adalah hasilnya yang tidak instan dan sangat bergantung pada faktor non-teknis seperti komitmen kebijakan yang kuat, penegakan hukum, dan partisipasi masyarakat yang berkelanjutan.

Berdasarkan evaluasi terhadap kelebihan dan kekurangan masing-masing pendekatan, kesimpulan utama dari studi ini adalah bahwa teknik pengendalian yang paling efektif harus bersifat terpadu (*integrated approach*). Mengingat daya rusak air merupakan masalah sistemik dari hulu ke hilir, solusinya pun harus sistemik. Pendekatan terpadu ini secara harmonis mengkombinasikan berbagai jenis intervensi: upaya pencegahan melalui konservasi vegetatif dan pengelolaan tata ruang di hulu; pendekatan non-struktural berupa regulasi dan edukasi di sepanjang DAS; serta dilengkapi dengan intervensi struktural yang dirancang secara cermat di hilir untuk melindungi kawasan vital yang paling rentan.

4. KESIMPULAN

Studi literatur ini menyimpulkan bahwa penyebab utama daya rusak air pada sungai di Indonesia bersifat sistemik, merupakan hasil interaksi kompleks antara perubahan iklim yang mengubah pola hujan menjadi lebih ekstrem dengan aktivitas antropogenik, terutama deforestasi dan urbanisasi, yang secara masif meningkatkan limpasan permukaan. Pengaruh utama dari interaksi ini termanifestasi dalam bentuk degradasi morfologi sungai ditandai oleh pendangkalan (*agradasi*) dan gerusan (*degradasi*) yang menyebabkan kegagalan fungsi hidrologis dan peningkatan signifikan pada frekuensi serta magnitudo bencana banjir. Analisis terhadap berbagai teknik pengendalian menunjukkan bahwa tidak ada solusi tunggal yang sempurna; pendekatan struktural efektif untuk penanganan fisik langsung, sementara pendekatan non-struktural dan vegetatif lebih berkelanjutan karena menasar akar permasalahan. Oleh karena itu, studi ini menegaskan bahwa upaya pengendalian yang paling efektif harus bersifat terpadu (*integrated approach*), yang mengkombinasikan berbagai jenis pendekatan secara harmonis dan sinergis dari hulu hingga hilir DAS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang tulus disampaikan kepada dosen pembimbing, Ir. L. Budi Triadi, Dipl. HE., IPU SDA, ACPE, ASEAN Eng., atas bimbingan, diskusi, dan dukungan intelektualnya yang tak ternilai dalam penyusunan studi ini. Dan juga kepada para penguji, Dr. Ir. Yati Muliati, M.T. dan Yessi Nirwana Kurniadi, S.T., M.T., Ph.D., yang telah memberikan tinjauan kritis dan saran yang membangun untuk penyempurnaan naskah ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Asdak, C. (2023). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. (Sumber fundamental untuk konsep hidrologi dan DAS).
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2016). Risiko Bencana Indonesia. (Memberikan data skala nasional tentang risiko bencana).
- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. (2021). Modul 7 Pengendalian Daya Rusak Air. (Sumber kunci dari pemerintah tentang konsep daya rusak air).
- Cahyadi, A., dkk. (2017). Pengelolaan Sempadan Sungai Code sebagai Upaya Pelestarian Ekosistem. (Studi kasus utama untuk pendekatan non-struktural).
- Clerici, N., dkk. (2024). Disentangling the deforestation-environmental crime nexus in Latin America. *Trees, Forests and People*, 17. (Mendukung argumen deforestasi).
- Eckert, S., Schmid, L., Messerli, P., & Zaehring, J. G. (2024). Spatiotemporal assessment of deforestation and forest degradation indicates spillover effects from mining activities and related biodiversity offsets in Madagascar. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 36, 101269. <https://doi.org/10.1016/J.RSASE.2024.101269>
- Haryono, S., dkk. (2012). Penerapan Teknik Sabo untuk Pengendalian Daya Rusak Air di Dataran Tinggi Dieng. (Sumber awal yang dikutip untuk definisi masalah).
- Lo, W., dkk. (2024). Impact of Human Development on the Phenomenon of Surface Runoff Crossing Adjacent Watershed Boundaries. *Water* 2024, 16(13). (Mendukung argumen dampak pembangunan).
- Mulyanti, H., dkk. (2020). Penurunan Intensitas Hujan Ekstrem di Bengawan Solo Hilir dan Hubungannya dengan ENSO. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1). (Mendukung argumen perubahan iklim dan hujan ekstrem).
- Pambudi, A. S., dkk. (2023). STRATEGI KONSERVASI UNTUK MENGURANGI EROSI HULU DAERAH ALIRAN SUNGAI BRANTAS. *Jurnal Kebijakan Pembangunan Daerah*, 7(2). (Studi kasus utama untuk konservasi hulu/vegetatif).
- Sumawdiyani, N. (2021). Sustainable Environmental Management dalam Mengatasi Permasalahan Kerusakan Lahan Akibat Penambangan Galian C. *Journal of Contemporary Public Administration (JCPA)*, 1(2). (Mendukung argumen dampak Galian C).
- Syamsudin, F., & Lestari, S. (2017). Dampak Pemanasan Pulau Perkotaan (Urban Heat Island) terhadap Peningkatan Tren Curah Hujan Ekstrem. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(1). (Mendukung analisis Urban Heat Island dalam dampak urbanisasi).
- Triadi, L. B. (2025b). PDRA Sungai [Bahan Ajar, Institut Teknologi Nasional]. (Sumber untuk kerangka analisis inti "Timbangan Kesetimbangan Alur").
- Wicahyani, S., dkk. (2014). Pulau Bahang Kota (Urban Heat Island) di Kota Yogyakarta. *Jurnal Geografi*. (Mendukung konsep UHI).
- Wu, H., dkk. (2024). Research on the relationships between river erosion and sedimentation and energy loss. *Heliyon*, 10(20). (Mendukung analisis teknis erosi-sedimentasi).
- Yulianur, Y., dkk. (2020). Studi degradasi dasar Sungai Krueng Aceh akibat penambangan sedimen. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*. (Mendukung argumen degradasi akibat penambangan).