

Editor :
Eko Sutrisno, M.Si.



FUTURE SCIENCE

SISTEM SUNGAI DAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN BANJIR

Penulis :

Erna Tri Asmorowati | Loso Judijanto | June A Putinella
Eko Sutrisno | Siska Wulandari | Hana Syakira
Regina Dio Oriandra | Andrian Kaifan | Ferial Asferizal
Fatma Nurkhaerani | S. Andy Cahyono



SISTEM SUNGAI DAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN BANJIR

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

SISTEM SUNGAI DAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN BANJIR

Penulis:

Erna Tri Asmorowati
Loso Judijanto
June A Putinella
Eko Sutrisno
Siska Wulandari
Hana Syakira
Regina Dio Oriandra
Andrian Kaifan
Ferial Asferizal
Fatma Nurkhaerani
S. Andy Cahyono

Editor:

Eko Sutrisno, M.Si.



SISTEM SUNGAI DAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN BANJIR

Penulis:

Erna Tri Asmorowati
Loso Judijanto
June A Putinella
Eko Sutrisno
Siska Wulandari
Hana Syakira
Regina Dio Oriandra
Andrian Kaifan
Ferial Asferizal
Fatma Nurkhaerani
S. Andy Cahyono

Editor: **Eko Sutrisno, M.Si.**

Desain Cover: **Nada Kurnia, S.I.Kom.**

Tata Letak: **Samuel, S.Kom.**

Ukuran: **A5 Unesco (15,5 x 23 cm)**

Halaman: **xii, 234**

e-ISBN: **978-634-7216-62-5**

Terbit Pada: **Juli 2025**

Hak Cipta 2025, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2025 by Future Science Publisher

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT FUTURE SCIENCE
(CV. FUTURE SCIENCE)**

Anggota IKAPI (348/JTI/2022)

Jl. Terusan Surabaya Gang 1 A No. 71 RT 002 RW 005, Kel. Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Provinsi
Jawa Timur.

www.futuresciencepress.com

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga buku ini yang berjudul “*Sistem Sungai dan Teknologi Pengendalian Banjir*” dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Buku ini merupakan hasil refleksi akademik, pengalaman praktis, dan telaah pustaka yang mendalam mengenai dinamika sistem sungai serta berbagai pendekatan teknologi dalam menghadapi salah satu tantangan terbesar dalam pengelolaan sumber daya air, yakni banjir.

Sungai merupakan bagian integral dari sistem hidrologi alamiah yang berfungsi sebagai saluran utama aliran air dari hulu ke hilir, serta menjadi ekosistem yang menopang kehidupan flora, fauna, dan manusia di sekitarnya. Namun, seiring dengan meningkatnya intensitas curah hujan, perubahan tata guna lahan, urbanisasi yang tidak terkendali, serta berkurangnya daya dukung lingkungan, banyak sungai yang kini mengalami degradasi fungsi. Salah satu dampak utama dari degradasi tersebut adalah meningkatnya frekuensi dan intensitas banjir di berbagai wilayah, terutama di daerah dataran rendah dan padat penduduk.

Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang terus menghantui berbagai wilayah, terutama di negara beriklim tropis seperti Indonesia yang memiliki curah hujan tinggi dan karakteristik geografis yang kompleks. Sungai, sebagai sistem alami pengalir air dari hulu ke hilir, berperan sentral dalam menjaga keseimbangan ekosistem sekaligus menjadi jalur utama limpasan air hujan. Namun, ketika pengelolaan sistem sungai tidak dilakukan secara terpadu, maka risiko banjir dapat meningkat secara signifikan.

Pemahaman terhadap sistem sungai, baik dari aspek hidrologi, hidraulika, karakteristik daerah aliran sungai (DAS), hingga teknologi pengendalian banjir menjadi sangat penting. Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman menyeluruh kepada pembaca, baik akademisi, mahasiswa, praktisi teknik

sipil, perencanaan wilayah, maupun pemangku kebijakan, tentang bagaimana sistem sungai bekerja dan bagaimana teknologi dapat diimplementasikan untuk mengurangi risiko banjir secara efektif dan berkelanjutan.

Buku ini terdiri dari sebelas bab yang saling terintegrasi dan tersusun secara sistematis, yaitu:

1. Dasar-Dasar Hidrologi dan Hidraulika Sungai
2. Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Faktor-Faktor Pengaruhnya
3. Proses Erosi, Transportasi, dan Sedimentasi di Sungai
4. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Risiko Banjir
5. Teknologi Pengendalian Banjir: Pendekatan Struktural
6. Pengendalian Banjir Berbasis Non-Struktural
7. Teknologi Pembangunan Bendungan, Tanggul, dan Waduk
8. Sistem Peringatan Dini dan Manajemen Krisis Banjir
9. Teknik Rekayasa Sungai untuk Mencegah Banjir
10. Perencanaan Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai untuk Pengendalian Banjir
11. Pemulihan Ekologis dan Restorasi Sungai sebagai Solusi Pengendalian Banjir

Penyusunan buku ini tentunya tidak lepas dari berbagai tantangan, baik dari segi keterbatasan data, waktu, maupun kompleksitas materi yang dibahas. Namun, dengan semangat untuk memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik pengelolaan sumber daya air, penulis berusaha menyajikan isi buku ini dengan bahasa yang lugas, sistematis, dan mudah dipahami. Referensi yang digunakan juga berasal dari sumber-sumber terpercaya, termasuk jurnal ilmiah, laporan teknis, dan literatur kebijakan nasional maupun internasional.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sangat diharapkan guna perbaikan di masa mendatang. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu

dalam proses penulisan dan penerbitan buku ini, termasuk kolega, mahasiswa, praktisi, dan lembaga yang telah memberikan masukan dan dukungan.

Akhir kata, semoga buku "*Sistem Sungai dan Teknologi Pengendalian Banjir*" ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan keilmuan dan praktik di bidang pengelolaan air dan kebencanaan. Semoga buku ini juga dapat menjadi salah satu sumber inspirasi bagi siapa pun yang peduli terhadap keberlanjutan lingkungan dan keselamatan masyarakat dari ancaman banjir yang semakin kompleks di era perubahan iklim ini.

Malang, Juni 2025

Editor

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	viii
BAB 1 DASAR-DASAR HIDROLOGI DAN HIDRAULIKA SUNGAI.....	1
Erna Tri Asmorowati	1
PENDAHULUAN	1
DASAR-DASAR HIDROLOGI DALAM SISTEM SUNGAI.....	2
DASAR-DASAR HIDROLIKA DALAM SISTEM SUNGAI.....	10
KESIMPULAN	16
BAB 2 KARAKTERISTIK DAERAH ALIRAN SUNGAI DAN FAKTOR-FAKTOR PENGARUHNYA	19
Loso Judijanto	19
PENDAHULUAN	19
PENGERTIAN DAN FUNGSI DAS.....	20
KOMPONEN UTAMA DALAM DAS.....	22
KLASIFIKASI DAS BERDASARKAN MORFOLOGI DAN HIDROLOGI.....	23
POLA ALIRAN DAN DINAMIKA SUNGAI DALAM DAS.....	25
PERAN DAS DALAM SIKLUS HIDROLOGI.....	26
FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KONDISI DAS.....	27
TEKNOLOGI PENGENDALIAN BANJIR BERBASIS DAS.....	36

	KESIMPULAN.....	45
BAB 3	PROSES EROSI, TRANSPORTASI, DAN SEDIMENTASI DI SUNGAI	49
	June A Putinella	49
	PENDAHULUAN	49
	PROSES EROSI	50
	FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI EROSI.	53
	KESIMPULAN.....	60
BAB 4	PENGARUH PERUBAHAN IKLIM TERHADAP RISIKO BANJIR	63
	Eko Sutrisno.....	63
	PENDAHULUAN	63
	PERUBAHAN IKLIM: KONSEP, PENYEBAB, DAN DAMPAKNYA	65
	DINAMIKA RISIKO BANJIR DI ERA PERUBAHAN IKLIM.....	68
	STRATEGI ADAPTASI DAN MITIGASI RISIKO BANJIR	71
	STRATEGI ADAPTASI: MENYESUAIKAN DIRI DENGAN RISIKO YANG TAK TERHINDARKAN	72
	STRATEGI MITIGASI: MENGURANGI AKAR MASALAH RISIKO BANJIR	74
	KOLABORASI, TEKNOLOGI, DAN PARTISIPASI MASYARAKAT	75
	KAJIAN ILMIAH DAN STUDI KASUS	75
	REFLEKSI ILMIAH	79
	KESIMPULAN.....	79

BAB 5	TEKNOLOGI PENGENDALI BANJIR: PENDEKATAN STRUKTURAL	85
	Siska Wulandari	85
	PENDAHULUAN	85
	FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PEMILIHAN STRUKTUR PENGENDALIAN BANJIR..	87
	JENIS-JENIS TEKNOLOGI STRUKTURAL PENGENDALI BANJIR	88
	TEKNOLOGI PENGENDALIAN BANJIR DI BEBERAPA NEGARA	97
	KESIMPULAN.....	99
BAB 6	PENGENDALIAN BANJIR BERBASIS NON-STRUKTURAL	103
	Hana Syakira	103
	PENDAHULUAN	103
	PENDEKATAN UPAYA NON-STRUKTURAL BERDASARKAN SENDAI FRAMEWORK DAN SIKLUS PENANGGULANGAN BENCANA.....	105
	BENTUK-BENTUK PENGENDALIAN NON-STRUKTURAL	107
	KESIMPULAN.....	123
BAB 7	TEKNOLOGI PEMBANGUNAN BENDUNG, TANGGUL, DAN WADUK	129
	Regina Dio Oriandra	129
	PENDAHULUAN	129
	BENDUNG	132
	TANGGUL	136
	WADUK / BENDUNGAN	139

	KESIMPULAN.....	147
BAB 8	SISTEM PERINGATAN DINI DAN MANAJEMEN KRISIS BANJIR.....	153
	Andrian Kaifan	153
	PENDAHULUAN	153
	SISTEM PERIANGATAN DINI BANJIR: STRUKTUR DAN LANDASAN TEKNOLOGI.....	154
	MANAJEMEN KRISIS SELAMA KEJADIAN BANJIR.....	158
	INTEGRASI SISTEM PERINGATAN DINI KE DALAM MANAJEMEN KRISIS	160
	TANTANGAN DAN REKOMENDASI UNTUK SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR.....	162
	KESIMPULAN.....	164
BAB 9	TEKNIK REKAYASA SUNGAI UNTUK MENCEGAH BANJIR	169
	Ferial Asferizal	169
	PENDAHULUAN	169
	SUNGAI	174
	PENGARUH AKTIFITAS MANUSIA TERHADAP SUNGAI	178
	REKAYASA KETEKNIKAN SECARA HOLISTIK DALAM MENANGANI PERMASALAHAN BANJIR ..	179
	PENDEKATAN PENANGANAN BANJIR DI WILAYAH SUNGAI JANGKA PENDEK.....	181
	PENDEKATAN PENANGANAN BANJIR DI WILAYAH SUNGAI JANGKA PANJANG	183
	KETERPADUAN TIGA UNSUR (PENTAHHELIX, HARD ENGINEERING, SOFT ENGINEERING, DAN INTERNET OF THINGS).....	187

KESIMPULAN.....	189
BAB 10 PERENCANAAN PENGGUNAAN LAHAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI UNTUK PENGENDALIAN BANJIR.....	195
Fatma Nurkhaerani.....	195
PENDAHULUAN	195
PERMASALAHAN PENGGUNAAN LAHAN DI DAS	197
PRINSIP DAN KONSEP PENGGUNAAN LAHAN BERKELANJUTAN.....	200
STRATEGI PERENCANAAN PENGGUNAAN LAHAN UNTUK PENGENDALIAN BANJIR.....	202
KEBIJAKAN DAN REGULASI PENGELOLAAN DAS	206
KESIMPULAN.....	207
BAB 11 PEMULIHAN EKOLOGIS DAN RESTORASI SUNGAI SEBAGAI SOLUSI PENGENDALIAN BANJIR	213
S. Andy Cahyono	213
PENDAHULUAN	213
KONSEP PEMULIHAN EKOLOGIS DAN RESTORASI SUNGAI.....	214
MEKANISME PEMULIHAN EKOLOGIS UNTUK PENGENDALIAN BANJIR.....	218
STUDI KASUS PEMULIHAN EKOLOGIS SUNGAI DALAM PENGENDALIAN BANJIR	221
TANTANGAN DAN STRATEGI IMPLEMENTASI	223
KESIMPULAN.....	228

BAB 1

DASAR-DASAR HIDROLOGI DAN HIDRAULIKA SUNGAI

Erna Tri Asmorowati
Universitas Islam Majapahit, Mojokerto
E-mail: erna_tri_a@unim.ac.id

PENDAHULUAN

Pemahaman menyeluruh mengenai sistem sungai serta penerapan strategi pengendalian banjir yang efektif sangat bergantung pada prinsip-prinsip dasar hidrologi dan hidraulika sungai. Hidrologi sungai secara umum mempelajari pergerakan dan distribusi air di permukaan Bumi, dengan menitikberatkan pada komponen-komponen utama dalam siklus hidrologi yang berkaitan dengan sistem sungai (Sörensen, 2018). Hal ini mencakup proses presipitasi, infiltrasi, evaporasi, limpasan, serta interaksi antara air permukaan dan air tanah, yang keseluruhannya berkontribusi dalam membentuk karakteristik aliran sungai (Othman et al., 2021). Sementara itu, hidraulika sungai berfokus pada mekanisme aliran air di dalam saluran sungai, dengan menganalisis hubungan antara debit, kedalaman aliran, bentuk saluran, dan faktor-faktor yang memengaruhi hambatan aliran. Dalam pembelajaran, topik hidrologi dan hidraulika umumnya diajarkan melalui pendekatan matematis, termasuk pengukuran karakteristik fisik aliran air. Kombinasi antara hidrologi dan hidraulika ini menjadi landasan ilmiah untuk memahami dinamika sungai, memproyeksikan potensi banjir, serta merancang infrastruktur pengendalian banjir secara efektif (Alonso & Bingner, 2000).

Banyak studi telah dilakukan membuktikan bahwa kombinasi antara pemodelan hidrologi dan hidraulika

memberikan landasan ilmiah yang kuat dalam perencanaan sistem pengendalian banjir. Model hidrologi diperlukan untuk mengetahui besarnya debit banjir yang dihasilkan dari hujan ekstrem, sedangkan model hidraulika diperlukan untuk menganalisis bagaimana air tersebut bergerak di dalam sungai dan seberapa besar potensi luapan yang terjadi. Kombinasi keduanya digunakan secara luas dalam sistem peringatan dini, penentuan zona rawan banjir, hingga evaluasi infrastruktur pengendali banjir seperti bendung, tanggul, dan retarding basin.

DASAR-DASAR HIDROLOGI DALAM SISTEM SUNGAI

Memahami hidrologi sangat penting dalam mempelajari sistem sungai dan pengendalian banjir. Hidrologi dalam sistem sungai berkaitan dengan input aliran yang masuk ke sungai, baik itu curah hujan secara langsung maupun aliran permukaan. Sungai berfungsi sebagai saluran utama yang mengalirkan air dari wilayah DAS ke laut atau danau, sementara DAS mencakup seluruh area yang mengumpulkan dan mengalirkan air hujan ke sungai tersebut. Dalam studi oleh Chen et al. (2021), dijelaskan bahwa DAS adalah unit alami untuk pengelolaan sumber daya air karena mencerminkan interaksi kompleks antara curah hujan, aliran permukaan, infiltrasi, dan evapotranspirasi.

Banjir merupakan bencana hidrometrologi yang sering terjadi di Indonesia. Data yang dirilis Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada <https://gis.bnpb.go.id/>

KESIMPULAN

Pemahaman mendalam terhadap sistem sungai dan strategi pengendalian banjir yang efektif memerlukan dasar keilmuan yang kuat dalam hidrologi dan hidraulika. Hidrologi memberikan gambaran mengenai proses-proses dalam siklus air yang membentuk karakteristik aliran sungai, sementara hidraulika menjelaskan perilaku aliran air di dalam saluran sungai berdasarkan parameter fisik dan dinamika aliran. Dalam konteks pengendalian banjir, kedua disiplin ini saling melengkapi untuk memperkirakan debit banjir rencana dan menilai kapasitas sistem sungai dalam menghadapi kejadian ekstrem.

Beragam metode dan pendekatan dalam perhitungan debit banjir rencana dikembangkan agar sesuai dengan ketersediaan data serta karakteristik daerah aliran sungai. Metode-metode tersebut meliputi analisis frekuensi, pendekatan hidrograf satuan, metode regional, hingga pemodelan hujan-debit berbasis simulasi. Pemilihan metode sangat dipengaruhi oleh panjang dan kualitas data, serta kondisi fisik daerah aliran sungai. Pemahaman terhadap prinsip dasar hidrologi dan hidraulika menjadi kunci utama untuk menghasilkan estimasi yang akurat, sehingga dapat mendukung desain infrastruktur pengendali banjir dan sistem peringatan dini yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, C., & Bingner, R. L. (2000). Forum Article. *Journal of Hydraulic Engineering*, 126(3), 174.
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9429\(2000\)126:3\(174\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9429(2000)126:3(174))
- Othman, N., Romali, N. S., Samat, S. R., & Ahmad, A. (2021). Calibration and validation of hydrological model using HEC-HMS for Kuantan River Basin. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 1092(1), 12028.
<https://doi.org/10.1088/1757-899x/1092/1/012028>

- Malakar, A., et al. (2022). "Coupled hydrologic-hydraulic modelling for flood forecasting and early warning systems: A review." *Hydrology*, 10(7), 141.
<https://www.mdpi.com/2306-5338/10/7/141>
- Sörensen, J. M. L. (2018). Urban, pluvial flooding. Blue-green infrastructure as a strategy for resilience.
- SNI No 2451 : 2016 tentang tata cara perhitungan debit rencana.
- Subramanya, K. (2013). *Flow in Open Channels* (3rd Edition). Tata McGraw-Hill Education.
- Verma, A., et al. (2024). "Two-dimensional flood modeling and risk reduction strategies for urban rivers." *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 52, 100987.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581824003094>
- Wang, H., et al. (2023). "Modeling surface water behavior in semi-urban catchments under climate change." *Journal of Hydroinformatics*, 25(1), 20–34.
- Zhang, Y., et al. (2024). "Advances in hydraulic river modeling: Challenges and prospects." *Water Resources Research*, 60(3), e20230123.

PROFIL PENULIS



Erna Tri Asmorowati

Lahir di Malang tanggal 12 Juli 1974. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 di Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya pada tahun 1998 dan melanjutkan S2 pada tahun 2015 pada program Magister Teknik Lingkungan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya lulus tahun 2017. Saat ini penulis merupakan dosen pada Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Majapahit dan tergabung dalam bidang keahlian Sumber Daya Air dan Lingkungan. Beberapa publikasi telah dihasilkan penulis dan diterbitkan dalam prosiding, Jurnal Nasional

BAB 2

KARAKTERISTIK DAERAH ALIRAN SUNGAI DAN FAKTOR-FAKTOR PENGARUHNYA

Loso Judijanto
IPOSS, Jakarta
E-mail: losojudijantobumn@gmail.com

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh punggung bukit atau topografi alami, tempat seluruh aliran air permukaan mengalir menuju sungai utama dan bermuara ke laut, danau, atau cekungan tertutup lainnya. DAS memegang peranan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, ketersediaan air bersih, pengendalian banjir, dan keberlangsungan aktivitas pertanian maupun kehidupan masyarakat di sekitarnya. Karena sifatnya yang kompleks, DAS tidak hanya mencakup aspek hidrologis, tetapi juga ekologi, sosial, dan ekonomi.

Karakteristik suatu DAS sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor fisik dan antropogenik (buatan manusia). Faktor fisik meliputi topografi, luas wilayah, bentuk DAS, jenis tanah, kemiringan lereng, curah hujan, vegetasi, dan geologi setempat. Sementara faktor antropogenik meliputi penggunaan lahan, alih fungsi hutan, pola permukiman, serta kegiatan industri dan pertanian. Semua faktor tersebut menentukan seberapa besar daya tampung, daya dukung, dan kemampuan DAS dalam mengatur tata air, mencegah erosi, dan menyerap limpasan air hujan.

Memahami karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) sangat penting dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air secara terpadu. Pengelolaan DAS yang mengabaikan

karakteristik alamnya berpotensi menimbulkan berbagai masalah lingkungan, seperti banjir, kekeringan, sedimentasi sungai, dan penurunan kualitas air. Pendekatan yang mengintegrasikan konsep ekosistem dan data spasial menjadi dasar utama dalam upaya konservasi serta rehabilitasi DAS. Subbab ini akan menjelaskan berbagai karakteristik utama DAS beserta faktor-faktor yang memengaruhi dinamika dan fungsinya. Pemahaman tersebut diharapkan dapat menjadi landasan dalam merancang kebijakan pengelolaan DAS yang berkelanjutan serta adaptif terhadap perubahan lingkungan dan kebutuhan masyarakat.

PENGERTIAN DAN FUNGSI DAS

DAS adalah wilayah daratan yang secara alami berperan menampung, mengalirkan, dan mendistribusikan air hujan ke satu titik keluaran utama seperti sungai, danau, atau laut. DAS memiliki batasan alami yang ditentukan topografi di mana air yang jatuh di dalamnya akan mengalir mengikuti pola kemiringan lahan hingga mencapai saluran utama. Konsep ini menjadikan DAS sebagai satu kesatuan ekosistem yang memiliki hubungan erat antara komponen fisik, biologis, dan sosial. DAS selain berfungsi sebagai pengatur siklus hidrologi, juga menjadi penentu kualitas lingkungan dan sumber daya air bagi kehidupan manusia. Pengelolaan DAS yang buruk berdampak pada peningkatan risiko bencana hidrologi seperti banjir dan kekeringan sehingga pemahaman komprehensif mengenai DAS sangat diperlukan dalam upaya konservasi sumber daya air.

DAS juga berperan penting mendukung berbagai aktivitas sosial ekonomi. Dalam konteks pertanian DAS menyediakan sumber air berkelanjutan untuk irigasi, memastikan ketersediaan air bagi tanaman sepanjang musim. DAS juga mendukung kebutuhan domestik dan industri melalui penyediaan air bersih

- Hasanah, S., Nugroho, D., & Fadilah, R. (2023). Efektivitas Bendungan Pengendali dan Sistem Peringatan Dini dalam Mitigasi Banjir DAS Citarum. *Jurnal Hidrologi Terapan*, 5(2), 115–130.
- Hidayat, M., & Prasetyo, D. (2024). The Impact of River Infrastructure on Hydrological Balance. *Journal of Water Resources Management*, 45(2), 112–130.
- Kurniawan, A., & Wijaya, S. (2022). The Role of Geological Structures in Watershed Erosion. *Geoscience and Environmental Research*, 15(2), 98–113.
- Lestari, N., & Suryadi, D. (2023). Rainfall Patterns and Their Effect on River Basin Discharge. *Journal of Climatology and Environmental Dynamics*, 22(1), 55–72.
- Mahendra, T., & Putri, S. (2022). Global Warming and Its Impact on Watershed Hydrodynamics. *Journal of Climate Change and Environmental Management*, 16(2), 88–104.
- Prasetyo, B., Santoso, D., & Lestari, H. (2023). Impact of Land Use Changes on Watershed Degradation in Indonesia. *Journal of Environmental Science and Management*, 27(3), 135–150.
- Pratama, H., Wibowo, A., & Setiawan, R. (2024). Pengaruh Kebijakan Pengelolaan DAS terhadap Mitigasi Risiko Banjir. *Jurnal Lingkungan Dan Kebijakan*, 6(1), 45–60.
- Putra, R., & Kurniawan, T. (2023). Morphological Classification of River Basins and Its Implications. *Hydrology Science Journal*, 39(1), 55–78.
- Rahman, A., & Widodo, P. (2021). Watershed Conservation Strategies for Disaster Mitigation. *Environmental Sustainability Journal*, 28(4), 345–360.
- Rahman, M., Sulisty, B., & Haryanto, P. (2021). Strategi Konservasi Tanah dalam Mengurangi Risiko Banjir pada DAS Terdegradasi. *Jurnal Konservasi Sumber Daya Alam*, 4(3), 75–90.

- Rahman, T., & Widodo, P. (2022). Climate Variability and Its Impact on Watershed Hydrology. *Hydrology and Water Resources Journal*, 14(2), 87–102.
- Santoso, W., & Nugroho, T. (2023). Penerapan Sumur Resapan sebagai Teknologi Pengendalian Genangan Air Perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil Berkelanjutan*, 7(2), 98–112.
- Siregar, R., Wicaksono, A., & Handayani, T. (2023). Climate Change Adaptation Strategies for Watershed Management. *International Journal of Environmental Sustainability*, 19(1), 45–60.
- Sugiarto, L., & Ramadhan, P. (2023). Industrial Waste Disposal and Its Effect on River Basin Health. *Journal of Water Quality and Management*, 19(3), 120–138.
- Susanto, B. (2022). Land Use Changes and Its Effects on Sediment Transport in River Basins. *International Journal of Environmental Science*, 50(3), 199–215.
- Sutanto, M., Nugroho, R., & Haryono, A. (2021). Geological and Topographical Influences on Watershed Stability. *Indonesian Journal of Geosciences*, 33(4), 210–225.
- Wahyuni, S., & Ramadhan, F. (2023). Groundwater Retention and Flood Prevention in Watershed Areas. *Journal of Hydrology and Environment*, 42(1), 67–89.
- Widodo, S., & Prasetyo, L. (2022). Efektivitas Waduk Retensi dalam Mengurangi Intensitas Banjir DAS Tropis. *Jurnal Pengelolaan Air Dan Lingkungan*, 5(1), 55–70.
- Yulianto, E., & Handoko, B. (2024). Human Activities and Their Impact on Watershed Degradation. *Environmental Conservation Journal*, 21(1), 55–70.

PROFIL PENULIS



Loso Judijanto

Penulis adalah peneliti yang bekerja pada lembaga penelitian IPOSS Jakarta. Penulis dilahirkan di Magetan pada tanggal 19 Januari 1971. Penulis menamatkan pendidikan Master of Statistics di the University of New South Wales, Sydney, Australia pada tahun 1998 dengan dukungan beasiswa ADCOS (Australian Development Cooperation Scholarship) dari Australia. Sebelumnya penulis menyelesaikan Magister Manajemen di Universitas Indonesia pada tahun 1995 dengan dukungan beasiswa dari Bank Internasional Indonesia. Pendidikan sarjana diselesaikan di Institut Pertanian Bogor pada Jurusan Statistika – FMIPA pada tahun 1993 dengan dukungan beasiswa dari KPS-Pertamina. Penulis menamatkan Pendidikan dasar hingga SMA di Maospati, Sepanjang karirnya, penulis pernah ditugaskan untuk menjadi anggota Dewan Komisaris dan/atau Komite Audit pada beberapa perusahaan/lembaga yang bergerak di berbagai sektor antara lain pengelolaan pelabuhan laut, telekomunikasi seluler, perbankan, pengembangan infrastruktur, sekuritas, pembiayaan infrastruktur, perkebunan, pertambangan batu bara, properti dan rekreasi, dan pengelolaan dana perkebunan. Penulis memiliki minat dalam riset di bidang kebijakan publik, ekonomi, keuangan, human capital, dan corporate governance.

BAB 3

PROSES EROSI, TRANSPORTASI, DAN SEDIMENTASI DI SUNGAI

June A Putinella
Prodi Ilmu Tanah, Jurusan Budidaya Pertanian-Fakultas,
Pertanian-Universitas Pattimura Ambon
E-mail: jputinella@gmail.com

PENDAHULUAN

Erosi tanah merupakan tantangan global, negara-negara berkembang menghadapi lebih banyak ancaman karena kurangnya sumber daya yang tersedia untuk memulihkan dan mereklamasi tanah yang tererosi dan kehilangan nutrisi. Erosi adalah Proses penghanyutan tanah oleh kekuatan air dan kekuatan angin akibat tindakan manusia yang dapat terjadi secara alamia atau normal (*geological erosion*). Erosi yang diakibatkan oleh perbuatan manusia adalah erosi dipercepat dimana volume tanah yang terangkut lebih besar dibandingkan dengan pembentukan tanah, sedangkan erosi alamia tidak membawa kerugian karena banyaknya tanah yang terangkut seimbang dengan banyaknya tanah yang dibentuk. Umumnya kecepatan pembentukan tanah rata-rata 25 mm dalam 30 tahun atau kira-kira 12.5 ton/hektar/tahun.

Daerah dataran tinggi lebih rentan terhadap bahaya erosi karena kemiringan lereng, curah hujan yang tinggi, sungai yang deras, dan luapan permukaan (Ashiagbor *et al*, 2013). Sedimen ini mengisi bendungan dan mengurangi volume dan masa pakai bendungan yang menyebabkan mengurangi pembangkitan listrik dan pasokan air (Irshad *et al*, 2007) . Penyebab buruk lainnya antara lain: (a) menurunnya produktivitas tanah; (b) menurunkan luas areal produktif dan memperluas areal kritis;

(c) pendangkalan sungai, waduk dan muara sungai; (d) dan pencemaran sungai. Karena itu erosi merupakan masalah penting di Indonesia karena berhubungan dengan kehidupan dan penghidupan masyarakat yang umumnya memperoleh kehidupan dari bidang pertanian. Melindungi tanah dengan menerapkan praktik pertanian yang sesuai dan berkelanjutan serta strategi pengelolaan lahan merupakan metode yang paling tepat untuk mengendalikan erosi tanah (Karlen & Rice, 2015).

Erosi di Indonesia disebabkan terutama oleh air sementara erosi angin kurang berperan, hal ini disebabkan karena curah hujan di Indonesia tinggi dan erosi angin umumnya terjadi di daerah gurun.

PROSES EROSI

Proses erosi dimulai dengan waktu turun hujan, tetes air hujan memukul permukaan tanah (Panagos *et al.*, 2015). Tumbukan butir-butir hujan memecahkan partikel tanah dari agregat. Partikel tanah terpercik ke bagian atas dan bawah permukaan tanah Gambar 3.1. Partikel tanah yang terlepas, terbawa oleh aliran permukaan dan mengalir ke sepanjang lereng. Sebagian partikel yang terlarut dalam air terus terinfiltrasi dan perkolasi kedalam tanah. Partikel tanah yang halus menutupi pori tanah dengan demikian kapasitas infiltrasi tanah menurun dan aliran permukaan bertambah. Daya tumbuk air hujan bergantung kepada 1) kecepatan tetes air hujan, (2) diameter tetes air serta (3) intensitas hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashiagbor. G. , E.K. Forkuo, P. Laari, and R. Aabeyir, 2013. Modeling soil erosion using RUSLE and GIS tools. *International Journal of Remote Sensing and Geoscience* 2(4): 1-17 .
- FAO, 2019. Soil Erosion: The Greatest Challenge to Sustainable Soil Management. Rome, Italy: FAO.
- Hao. H, J. Wang, Z. Guo, L. Hua, 2019. Water erosion processes and dynamic changes of sediment size distribution under the combined effects of rainfall and overland flow. *Catena*, (173), 494-504.
- Irshad. M, M. Inoue, M., Ashraf, Faridullah, H.K.M. Delower, and A. Tsunekawa, 2007. Land Desertification An Emerging Threat to Environment and Food Security of Pakistan. *Journal of Applied Sciences* 7(8): 1199-1205.
- Karlen. D.L, & C.W. Rice, 2015. Soil degradation: Will humankind ever learn? *Sustainability* 7(9): 12490-12501.
- Marzen. M, 2017. Wind-Driven Rain: A New Challenge for Soil Erosion Research, *Windbeeinflussunder Regen: Eine Neue Herausforderung für die Bodenerosion Forschung*. Doctor of Science, The University of Trier, Germany
- Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., Rousseva, S., Tadić, M. P., Michaelides, S., Hrabalíková, M. and Olsen, P., 2015. Rainfall Erosivity in Europe. *Science of the Total Environment*, 511, pp. 801-814.
- Petrů. J & J. Kalibová, 2018. Measurement and computation of energy of simulated rainfall in comparison with natural rainfall. *Soil and water research*, 13(4), pp. 297-233

PROFIL PENULIS



Dr. June A Putinella, S.P., M.P,

Penulis lahir di Suli tanggal 17 Oktober 1968. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Ilmu Tanah, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Pattimura sejak 1995. Memperoleh gelar sarjana dari Universitas Pattimura, pada tahun 2001 memperoleh gelar Magister Pertanian dari Universitas Gadjah Mada dan pada tahun 2022 memperoleh gelar Doktor Ilmu Pertanian dari Universitas Brawijaya. Beberapa hasil penelitian dalam bidang, fisika dan biologi tanah telah diterbitkan dalam jurnal Nasional dan Internasional dan menulis bookchepter dengan judul Ilmu Tanah 2024 oleh Future science.

BAB 4

PENGARUH PERUBAHAN IKLIM TERHADAP RISIKO BANJIR

Eko Sutrisno
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Majapahit
E-mail: ekosudrun@unim.ac.id

PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, perubahan iklim telah menjadi pusat perhatian dunia karena dampaknya yang luas dan multidimensi terhadap kehidupan di planet ini. Laporan dari Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) menunjukkan bahwa suhu rata-rata permukaan bumi terus mengalami kenaikan signifikan sejak era pra-industri (IPCC, 2021). Fenomena ini tidak hanya mengubah pola cuaca secara global, tetapi juga memicu terjadinya kejadian-kejadian ekstrem seperti gelombang panas, badai tropis, kekeringan, dan curah hujan yang berlebihan. Di antara berbagai dampak tersebut, meningkatnya intensitas dan frekuensi banjir menjadi salah satu tantangan paling nyata yang dihadapi oleh masyarakat dunia saat ini (Kreibich et al., 2022).

Banjir yang dahulu bersifat musiman kini semakin sulit diprediksi. Ini disebabkan oleh terjadinya gangguan pada siklus hidrologi akibat pemanasan global. Udara yang lebih hangat mampu menahan lebih banyak uap air, yang pada akhirnya dilepaskan dalam bentuk hujan deras dalam waktu singkat (Sutrisno, Mangka, et al., 2024). Fenomena ini dikenal sebagai *extreme rainfall events*, yang kerap melampaui kapasitas sistem drainase dan sungai di berbagai negara, baik maju maupun berkembang. Lebih dari sekadar genangan air, banjir berdampak

luas terhadap keselamatan manusia, keberlanjutan ekonomi, hingga kerentanan sosial masyarakat yang tinggal di daerah berisiko tinggi (Fowler & Ali, 2022).

Di tingkat regional dan lokal, negara-negara tropis seperti Indonesia menjadi sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim ini. Kondisi geografis yang terdiri atas ribuan pulau dan wilayah pesisir yang luas, Indonesia menghadapi ancaman banjir dari berbagai arah—baik dari intensitas hujan yang meningkat maupun dari naiknya permukaan air laut akibat pencairan es di kutub. Urbanisasi yang masif tanpa perencanaan ekologis turut memperparah keadaan. Banyak kota besar, seperti Jakarta, Surabaya, dan Semarang, kini menjadi langganan banjir tahunan karena degradasi kawasan resapan air, buruknya sistem pengelolaan air, serta sedimentasi sungai yang tidak tertangani secara optimal.

Selain kerusakan fisik, banjir juga membawa konsekuensi sosial dan ekonomi yang kompleks. Di wilayah pedesaan, banjir dapat merusak lahan pertanian yang menjadi sumber penghidupan utama, sementara di kota-kota besar, banjir dapat melumpuhkan aktivitas ekonomi, mengganggu layanan kesehatan, dan memperbesar beban pemerintah dalam penanganan bencana. Di tengah tantangan ini, pemahaman yang menyeluruh terhadap hubungan antara perubahan iklim dan risiko banjir menjadi sangat krusial.

Bab ini akan mengupas secara komprehensif keterkaitan antara perubahan iklim global dengan meningkatnya risiko banjir, terutama di konteks Indonesia. Pendekatan yang digunakan mencakup aspek ilmiah, spasial, dan sosial, sehingga mampu memberi gambaran yang utuh mengenai akar persoalan, dampak, serta potensi solusi yang dapat diterapkan baik di tingkat kebijakan maupun masyarakat. Harapannya, kajian ini tidak hanya menjadi refleksi ilmiah, tetapi juga menjadi dasar bagi tindakan nyata dalam membangun ketahanan lingkungan

2020-penyebab-dan-saatnya-mitigasi-bencana-secara-radikal-129324

- Adminweb. (2024). *Pengendalian Banjir dan Rob Kawasan Tambak Lorok, Semarang*.
<https://technokonstruksi.com/pengendalian-banjir-dan-rob-kawasan-tambak-lorok-semarang/>
- Ali, A., Umam, I. H., Heningtyas, H., Charolidya, R., Sanditya, B., Cempaka, A. P., Setyawan, T., & Kiki, D. (2022). Pengembangan Sistem Peringatan Dini Cuaca Ekstrem Terintegrasi Berbasis Y-Model Webgis Development Methodology (Y-WDM). *Jurnal Geografi, Edukasi Dan Lingkungan (Jgel)*, 6(2), 87–100.
- Diskominfosantik, N. (2021). *Banjir Melanda 17 Kecamatan dan 40 Desa di Kabupaten Bekasi*.
<https://www.bekasikab.go.id/banjir-melanda-17-kecamatan-dan-40-desa-di-kabupaten-bekasi-#:~:text=Kepala Pelaksana BPBD Kabupaten Bekasi,dan meluapnya beberapa aliran sungai.>
- Fowler, H. J., & Ali, H. (2022). Analysis of extreme rainfall events under the climatic change. In *Rainfall* (hal. 307–326). Elsevier.
- Gornitz, V. (2019). *Vanishing Ice: Glaciers, Ice Sheets, and Rising Seas*. Columbia University Press.
- Husaini, R. R., Yazid, M., & Al Amin, M. (2022). Identifikasi Kondisi Daerah Resapan Air Berbasis SIG (Studi Kasus di Kabupaten Bengkalis). *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil*, 1(2), 58–66.
- Iklim, D. N. P., Hidup, K. L., & Dan, D. (2012). Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim Indonesia. *Kerjasama Bappenas, Kementrian Lingkungan Hidup, dan DNPI*.
- IPCC. (2021). *Sixth Assessment Report: Summary for Policymakers*.

- Kreibich, H., Van Loon, A. F., Schröter, K., Ward, P. J., Mazzoleni, M., Sairam, N., Abeshu, G. W., Agafonova, S., AghaKouchak, A., & Aksoy, H. (2022). The challenge of unprecedented floods and droughts in risk management. *Nature*, 608(7921), 80–86.
- Pahlevy, H. O. (2018). Arahan adaptasi kawasan rawan bencana banjir di kawasan perkotaan kabupaten sampang. *Jurnal Administrasi Publik Mahasiswa Universitas Brawijaya*, 5(7), 1–345.
- Pano, R., Akil, A., & Rasyid, A. R. (2019). Perencanaan Kawasan Sponge City Berdasarkan Prinsip-Prinsip Water Sensitive Urban Design (WSUD). *Jurnal Wilayah & Kota Maritim (Journal of Regional and Maritime City Studies)*, 7(2).
- Rahmah, A. N. (2024). Perbandingan Sistem Kanal Kolonial dan Modern dalam Mengatasi Banjir di Jakarta. *Jurnal Pendidikan Sosial Indonesia*, 1(3), 110–117.
- Sudaryono, S. (2002). Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terpadu, Konsep Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(2).
- Sumirman, E., Sa'ud, I., & Zuhdi, A. Y. (2016). Studi Evaluasi Sistem Saluran Sekunder Drainase Tambaksari Kota Surabaya. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 14(2), 77–84.
- Sutrisno, E., Asnawi, N., Yani, A., Kumalasari, D., Rela, I. Z., Bonanza, O., Prabasari, I. G., Kalsum, S. U., Sahlan, A. R., & Ansya, Y. A. (2025). *Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup*. Yayasan Kita Menulis.
- Sutrisno, E., Karamma, R., Sari, S. P., Pandarangga, A. P., Permanasari, I. N. P., Ritnawati, R., Aryanti, E., Noviana, L., Chaerul, M., & Lubis, M. (2024). *Ekologi Bencana*. Yayasan Kita Menulis.

- Sutrisno, E., Mangka, A., Rustan, F. R., Saidah, H., Iswahyudi, I., Rahmawati, R., Rois, I., Affandy, N. A., & Andre, H. (2024). *Hidroklimatologi*. Yayasan Kita Menulis.
- Sutrisno, E., Sari, S. K., Irmawati, W., Iswahyudi, I., Rumondang, J., Ilfan, F., Narju, M., Emiliawati, A., & Ilahude, Z. (2025). *Restorasi dan Reklamasi Lahan Terdegradasi*. Yayasan Kita Menulis.
- Yin, J., Gao, Y., Chen, R., Yu, D., Wilby, R., Wright, N., Ge, Y., Bricker, J., Gong, H., & Guan, M. (2023). Flash floods: why are more of them devastating the world's driest regions? *Nature*, 615(7951), 212–215.

PROFIL PENULIS



Eko Sutrisno

Penulis menetap di sebuah desa kecil wilayah Kabupaten Lamongan Jawa Timur, mengabdikan diri mengajar di Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Majapahit. Menyelesaikan kuliah dan mendapat gelar Sarjana Sains dari FMIPA Unisma Malang dan Magister Sains dari Prodi Ilmu Lingkungan Universitas Riau. Aktif di kegiatan Program Inovasi Desa, Penanggulangan Stunting, BUMDES dan Pendampingan Desa dari Kementerian Desa PDTT RI.

BAB 5

TEKNOLOGI PENGENDALI BANJIR: PENDEKATAN STRUKTURAL

Siska Wulandari
Program Studi Rekayasa Tata Kelola Air Terpadu,
Institut Teknologi Sumatera, Lampung
E-mail: siska.wulandari@tka.itera.ac.id

PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana alam terbesar, baik di tingkat global, maupun nasional (NDRCC, 2024). Banjir terjadi saat curah hujan dan limpasan melebihi kapasitas saluran, sungai, atau struktur penampung air sehingga terjadi genangan yang tidak diinginkan. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), dalam dua dekade (2005–2024), sebagai bencana yang paling sering terjadi di Indonesia, banjir terjadi sekitar 16.359 kejadian yang tercatat. Hal ini mengakibatkan 4.316 korban meninggal, 923 orang hilang, 185.827 korban luka-luka, dan 48.301.293 orang terdampak, serta 7.444.566 orang mengungsi (BNPB, 2025). Perubahan iklim, urbanisasi yang masif, dan degradasi lingkungan menjadi pemicu utama peningkatan risiko banjir. Strategi mitigasi bencana banjir sangat penting untuk melindungi keselamatan manusia, menjaga keberlanjutan pembangunan, dan meminimalkan kerugian ekonomi

Strategi mitigasi banjir adalah upaya-upaya yang dilakukan untuk meminimalisir dampak dari kejadian banjir. Secara umum, tujuan pengendalian banjir antara lain untuk menurunkan serta memperlambat debit banjir di hulu sehingga tidak mengganggu daerah-daerah peruntukan di sepanjang sungai, mengalirkan debit banjir ke laut secepat mungkin dengan

kapasitas cukup di bagian hilir, menambah atau memperbesar dimensi tampang alur sungai, memperkecil nilai kekasaran alur sungai, pelurusan atau pemendekan alur sungai pada sungai berkelok atau ber-meander. Pelurusan alur sungai harus dilakukan dengan hati-hati, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti geomorfologi sungai dan pengendalian transportasi sedimen (Nugroho et al., 2025; Pirsouw et al., 2023). Memiliki strategi pengendalian banjir yang tepat dan efektif menjadi hal yang sangat penting dalam upaya menghadapi permasalahan banjir.

Strategi pengendalian banjir dapat dibagi menjadi dua pendekatan, yaitu pendekatan struktural dan non-struktural. Pendekatan struktural adalah pendekatan yang berbasis fisik atau infrastruktur teknik yang berfungsi untuk mengendalikan, menyimpan, atau mengalihkan air secara langsung. Sedangkan pendekatan nonstruktural adalah pendekatan yang berbasis kebijakan, peraturan, edukasi, dan perencanaan tata ruang untuk mengurangi dampak dari banjir.

Beberapa contoh teknologi pengendalian banjir dengan pendekatan struktural meliputi bendungan, waduk, tanggul, saluran drainase, serta kolam retensi atau detensi. Sementara itu, pendekatan nonstruktural mencakup sistem peringatan dini untuk banjir, zonasi daerah yang rawan banjir, edukasi kepada masyarakat mengenai pencegahan banjir, dan pengaturan tata guna lahan oleh pemerintah (Junnaedhi et al., 2017). Penting untuk dicatat bahwa jika kedua pendekatan ini digabungkan, mereka dapat menghasilkan pengendalian banjir yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Bab ini membahas beragam teknologi pengendalian banjir struktural, dengan menjelaskan jenis-jenis struktur yang ada, prinsip kerja, serta fungsinya. Selain itu, juga akan disertakan contoh penerapannya di tingkat global dan nasional di Indonesia. Pembahasan ini mencakup aspek teknis dari setiap

KESIMPULAN

Teknologi struktural untuk pengendalian banjir memiliki beragam pilihan, mulai dari penerapan satu jenis teknologi dalam skala kecil hingga penggunaan sistem yang lebih besar. Pemilihan jenis teknologi dan struktur yang tepat disesuaikan dengan berbagai faktor yang bersifat multidisiplin, seperti fungsi, kondisi hidrologi dan hidrolika daerah setempat, karakteristik topografi, serta aspek sosial, ekonomi, dan budaya yang ada. Lebih lanjut, teknologi struktural ini dapat diintegrasikan dengan berbagai pendekatan infrastruktur hijau (*green infrastructure*), seperti atap hijau (*green roof*), Sistem Drainase Perkotaan Berkelanjutan/ *Sustainable Urban Drainage System* (SUDS), bioretensi (taman hujan), jalan permeabel (*permeable pavement*), dan lahan basah buatan (*constructed wetland*) sebagai manajemen banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- BNPB. (2025). *Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI)*.
https://dibi.bnpb.go.id/statistik_menurut_bencana
- Chen, J., Zhang, W., Cao, C., Yin, H., Wang, J., Li, W., & Zheng, Y. (2024). The effect of the check dam on the sediment transport and control in debris flow events. *Engineering Geology*, 329, 107397.
<https://doi.org/10.1016/J.ENGGEOL.2023.107397>
- Junnaedhi, I. D. G. A., Riawan, E., Suwarman, R., Hadi, T. W., Lubis, A., Trilaksono, N. J., Rahayu, R., Kombara, P., Waskito, R., Oktora, H. E., Supriatna, R., Anugrah, A., Mudzakkir, A. H., & Setiawan, W. (2017). Majalaya Flood Early Warning System: A Community Based Approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 71(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/71/1/012013>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Diklat Penanganan Drainase Jalan. Modul 4: Perencanaan*

- Sistem Polder dan Kolam Retensi.*
https://simantu.pu.go.id/epel/edok/98918_Perencanaan_Sistem_Polder_dan_Kolam_Retensi.pdf
- Lintasarta. (2021, May 6). *Jenis Teknologi Penanggulangan Banjir di Beberapa Negara.*
<https://www.lintasarta.net/blog/solution/smart-city/skota-data/jenis-teknologi-penanggulangan-banjir-di-beberapa-negara/>
- NDRCC. (2024). *2023 Global Natural Disaster Assessment Report.* <https://reliefweb.int/report/world/2023-global-natural-disaster-assessment-report>
- Normalisasi Sungai Ciliwung untuk Pengendalian Banjir Jakarta, Ditargetkan Rampung Tahun 2024. Presiden Jokowi Tinjau Langsung Lokasi Pekerjaan. - Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.* (n.d.). Retrieved April 19, 2025, from
https://sda.pu.go.id/post/detail/normalisasi_sungai_ciliwung_untuk_pengendalian_banjir_jakarta_ditargetkan_rampung_tahun_2024_presiden_jokowi_tinjau_langsung_lokasi_pekerjaan_
- Nugroho, J., Pirsouw, M. N., Wulandari, S., Soekarno, I., Kuntoro, A. A., Aisyah, S., Qolbi, N., Immaddudin, F., & Rohmat, W. (2025). Analysis of Sediment Characteristics and Flow Dynamics After Normalization of The Citarum-Majalaya River in Indonesia. *GEOMATE Journal*, 28(126), 52–60. <https://doi.org/10.21660/2025.126.4764>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2010). *Peraturan Pemerintah No. 37 Tahun 2010 Tentang Bendungan.*
- Pirsouw, M. N., Nugroho, J., Wira Rohmat, F. I., Burnama, N. S., Kuntoro, A. A., Farid, M., & Kardhana, H. (2023). Study of sediment transport distribution pattern after normalization in the Majalaya Area, Citarum River. *E3S*

Web of Conferences, 467, 01028.
<https://doi.org/10.1051/E3SCONF/202346701028>

Pratama, F., Wulandari, S., & Rohmat, F. I. W. (2025). Modeling sediment accumulation in Pare Reservoir using HEC-RAS 2D: Assessing storage capacity over a 10-year period. *Results in Engineering*, 25, 104333.
<https://doi.org/10.1016/J.RINENG.2025.104333>

Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2017). *Modul Metode Pengendalian Banjir*.

PROFIL PENULIS



Siska Wulandari

Penulis merupakan lulusan Program Sarjana Teknik Sipil Universitas Andalas angkatan 2016 fokus keahlian pada bidang rekayasa sumber daya air. Berasal dari Provinsi Sumatera Barat, penulis berhasil menyelesaikan studi sarjananya melalui dukungan beasiswa Bidikmisi. Tahun 2021, melanjutkan pendidikan Magister Teknik Sipil di Institut Teknologi Bandung peminatan Teknik Sumber Daya Air dengan beasiswa dari LPDP angkatan 178, dan lulus Januari 2024. Selama masa studi, penulis aktif sebagai asisten mata kuliah serta turut mendukung berbagai kegiatan akademik di lingkungan kampus. Setelah lulus, penulis bergabung sebagai Asisten Peneliti di Pusat Pengembangan Sumber Daya Air (PPSDA) ITB Kampus Jatinangor dan terlibat dalam berbagai riset terkait teknik suber daya air seperti sistem sungai, hidrologi terapan, serta teknologi pengendalian banjir. Pada tahun yang sama, penulis dinyatakan lulus seleksi Calon Pegawai Negeri Sipil sebagai Dosen Asisten Ahli pada Program Studi Tata Kelola Air Terpadu, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan (FTIK), Institut Teknologi Sumatera (ITERA). Penulis berkomitmen untuk terus mengembangkan keilmuan dan turut berkontribusi dalam bidang pengelolaan sumber daya air di Indonesia.

BAB 6

PENGENDALIAN BANJIR

BERBASIS NON-STRUKTURAL

Hana Syakira
Institut Teknologi Bandung, Kota Bandung
E-mail: hs.hanasyakira@gmail.com

PENDAHULUAN

Pengendalian banjir umumnya diklasifikasikan ke dalam dua pendekatan utama, yaitu pendekatan struktural (teknis) dan pendekatan non-struktural (non-teknis). Pendekatan non-struktural merujuk pada strategi pengendalian banjir yang tidak melibatkan pembangunan infrastruktur fisik atau bangunan pengendali. Contoh upaya non-struktural antara lain meliputi pengelolaan daerah aliran sungai (DAS), pengaturan tata guna lahan, pengendalian erosi, pengembangan dan pengaturan daerah rawan banjir, penanganan kondisi darurat, serta sistem peramalan dan peringatan dini banjir (Kementrian PUPR, 2017). Perbedaan mendasar antara kedua pendekatan ini dapat dilihat pada Tabel 6.1 berikut:

Tabel 6.1. Perbandingan Pendekatan Pengendalian Banjir

Jenis Pendekatan	Deskripsi
Struktural	Menjauhkan air dari permukiman dengan tujuan mengurangi bahaya banjir. Tindakan yang termasuk dalam kategori ini antara lain bendungan, tanggul, <i>levee</i> , sabo dam, bendung, kanal pengalihan, pintu air, dan sebagainya.
Non-	Menjauhkan manusia dari risiko banjir melalui

Jenis Pendekatan	Deskripsi
Struktural	pengurangan kerentanan. Upaya yang dilakukan meliputi kebijakan dan regulasi, peningkatan kesadaran publik, sistem peringatan dini, evakuasi, edukasi dan pelatihan, penyesuaian tata guna lahan, sistem asuransi, perencanaan ruang, dan insentif kebijakan lainnya.

Sumber: Wang et al. (2022)

Berdasarkan tinjauan pustaka oleh Wang et al. (2022), pendekatan pengendalian banjir mengalami evolusi pemikiran seiring waktu. Pada fase awal (2000–2003), pendekatan yang dominan adalah pengendalian secara struktural, dengan tujuan utama melindungi jiwa dan aset dari risiko banjir. Meski efektif dalam perlindungan langsung, pendekatan ini memerlukan biaya tinggi untuk pembangunan dan pemeliharaan, serta berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap keanekaragaman hayati di sekitar struktur tersebut.

Memasuki fase berikutnya (2003–2008), pendekatan tradisional mulai mencakup gabungan antara upaya struktural dan non-struktural, dengan fokus pada mitigasi dampak kejadian banjir. Meskipun lebih komprehensif, pendekatan ini masih menghadapi tantangan dalam mengantisipasi banjir ekstrem yang melampaui standar desain.

Pada fase terbaru, sejak tahun 2008 hingga kini, paradigma pengelolaan banjir berkembang ke arah mitigasi dan adaptasi, dan kemudian menuju pada konsep *resilience* (ketangguhan) sejak 2017. Konsep ini menekankan pentingnya membangun kapasitas masyarakat dan sistem untuk hidup berdampingan dengan risiko banjir, bukan sekadar melawan atau menghindarinya.

KESIMPULAN

Pendekatan non-struktural dalam pengendalian banjir menekankan pada pengurangan kerentanan masyarakat dan peningkatan kapasitas adaptif melalui strategi kebijakan, edukasi, peringatan dini, dan pengelolaan lingkungan. Berbeda dari pendekatan struktural yang berbiaya tinggi dan berdampak ekologis, pendekatan non-struktural lebih ekonomis, berkelanjutan, dan mendukung konsep ketangguhan (*resilience*). Melalui integrasi *Sendai Framework* dan siklus manajemen bencana, bentuk-bentuk pengendalian ini terbagi dalam fase prabencana, saat bencana, dan pascabencana, meliputi pengelolaan DAS, pengaturan tata ruang, desain bangunan tahan banjir, serta pendidikan publik. Semua ini menegaskan bahwa keberhasilan pengendalian banjir jangka panjang bergantung pada sinergi antara regulasi, partisipasi masyarakat, dan perencanaan ruang yang bijak.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M. J., Habib, M. A., & Pothier, E. (2021). Shelter locations in evacuation: A Multiple Criteria Evaluation combined with flood risk and traffic microsimulation modeling. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 53, 102016. doi: 10.1016/j.ijdrr.2020.102016
- Attems, M.-S., Thaler, T., Genovese, E., & Fuchs, S. (2020). Implementation of property-level flood risk adaptation (PLFRA) measures: Choices and decisions. *WIREs Water*, 7(1), e1404. doi: 10.1002/wat2.1404
- City of Jacksonville. (2015). *Flood Zones: Do you know if you live in a Flood Zone?* City of Jacksonville. Retrieved from https://www.jacksonvillenc.gov/DocumentCenter/View/1387/FloodZonesFEMA_Required_notice-withFEMA2015-09-14?bidId=

- Darmawan, L. (2021, March 18). *Sekolah Sungai Didirikan di Banyumas, Untuk Apa?* Mongabay Indonesia. Retrieved from <https://www.mongabay.co.id/2021/03/18/sekolah-sungai-didirikan-di-banyumas-untuk-apa/>
- Ebbwater Consulting Inc., SHIFT Collaborative, & EcoPlan International. (2022). *Non-Structural Flood Mitigation: Resource Guide*. Regional District of Central Okanagan. Retrieved from https://www.rdco.com/RDCO-Flood-Resource-Guide_20211216.pdf
- Hikmah, Y., Wicaksono, P., Ferezagia, D. V., & Hikmah, I. R. (2024). Analysis of the Understanding Level of the Indonesian Residents to Flood-Impacted Insurance Products. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences (PJLSS)*, 22(2). doi: 10.57239/PJLSS-2024-22.2.00221
- Hossain, B. (2020). Role of organizations in preparedness and emergency response to flood disaster in Bangladesh. *Geoenvironmental Disasters*, 7(1), 33. doi: 10.1186/s40677-020-00167-7
- Japan International Cooperation Agency (JICA). (2016). *The Project for the Planning of the Nadi River Flood Control Structures, Volume II Main Report Part I: Master Plan Study* [Technical Report]. Fiji: Ministry of Agriculture, Rural and Maritime Development and National Disaster Management, The Republic of Fiji. Retrieved from https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12263547_13.pdf
- Jiménez-Jiménez, S. I., Ojeda-Bustamante, Waldo, Ontiveros-Capurata, Ronald Ernesto, & Marcial-Pablo, M. de J. (2020). Rapid urban flood damage assessment using high resolution remote sensing data and an object-based approach. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 906–927. doi: 10.1080/19475705.2020.1760360

- Kementerian PU. (2025). *WRITING WORKSHOP: Developing Strategic and Technical Guidelines for Flood Risk Mitigation and Management in Indonesia – Planning Criteria for River Works (Kriteria Perencanaan Sungai)*. Jakarta: Direktorat Sungai dan Pantai, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian PU.
- Kementerian PUPR. (2017). *Modul 04 Metode Pengendalian Banjir*. Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi BPSDM Kementerian PUPR. Retrieved from https://simantu.pu.go.id/epel/edok/41622_04._Modul_4_Metode_Pengendalian_Banjir.pdf
- Komunitas Peduli Sungai Cileungsi-Cikeas. (2025). *KP2C (@kp2c_info)*. Komunitas Peduli Sungai Cileungsi-Cikeas. Retrieved from https://x.com/kp2c_info/
- Narendra, B. H., Siregar, C. A., Dharmawan, I. W. S., Sukmana, A., Pratiwi, Pramono, I. B., Basuki, T. M., Nugroho, H. Y. S. H., Supangat, A. B., Purwanto, Setiawan, O., Nandini, R., Ulya, N. A., Arifanti, V. B., & Yuwati, T. W. (2021). A Review on Sustainability of Watershed Management in Indonesia. *Sustainability*, 13(19), 11125. doi: 10.3390/su131911125
- Northwest Hydraulic Consultants Ltd. (2021). *Investigations in Support of Flood Strategy Development in British Columbia, Issue B-6: Non-Structural Flood Management Approaches* [Technical Report]. North Vancouver, British Columbia: Fraser Basin Council. Retrieved from https://floodwise.ca/wp-content/uploads/2022/03/B-6_Non-structural_Approaches.pdf
- Qiu, J., Tan, H., Yuan, S., Lv, C., Wang, P., Cao, S., & Zhang, Y. (2024). Selection of urban-flood-shelter locations based on risk assessment. *Water-Energy Nexus*, 7, 151–162. doi: 10.1016/j.wen.2024.04.003

- Shah, A. A., Ullah, A., Khan, N. A., Khan, A., Tariq, M. A. U. R., & Xu, C. (2023). Community social barriers to non-technical aspects of flood early warning systems and NGO-led interventions: The case of Pakistan. *Frontiers in Earth Science*, 11. doi: 10.3389/feart.2023.1068721
- Suwanno, P., Yaibok, C., Tsumita, N., Fukuda, A., Theerathitichaipa, K., Seefong, M., Jomnonkwao, S., & Kasemsri, R. (2023). Estimation of the Evacuation Time According to Different Flood Depths. *Sustainability*, 15(7), 6305. doi: 10.3390/su15076305
- Wang, L., Cui, S., Li, Y., Huang, H., Manandhar, B., Nitivattananon, V., Fang, X., & Huang, W. (2022). A review of the flood management: from flood control to flood resilience. *Heliyon*, 8(11), e11763. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11763
- Wang, Z., Huang, J., Wang, H., Kang, J., & Cao, W. (2020). Analysis of Flood Evacuation Process in Vulnerable Community with Mutual Aid Mechanism: An Agent-Based Simulation Framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2), 560. doi: 10.3390/ijerph17020560

PROFIL PENULIS



Hana Syakira

Penulis adalah seorang peneliti muda dan pembelajar di bidang Teknik Lingkungan yang memiliki ketertarikan khusus pada pengelolaan sumber daya air. Lahir di Jakarta pada 6 Desember 1998, Hana menyelesaikan studi sarjana di Universitas Diponegoro dan melanjutkan pendidikan magister di Institut Teknologi Bandung (ITB), tempat di mana ia kini turut mengabdikan sebagai asisten peneliti di Laboratorium Teknik Sumber Daya Air FTSL ITB. Sejak masa kuliah, Hana aktif terlibat

BAB 7

TEKNOLOGI PEMBANGUNAN BENDUNG, TANGGUL, DAN WADUK

Regina Dio Oriandra
Institut Teknologi Bandung, Kota Bandung
E-mail: r.d.oriandra@gmail.com

PENDAHULUAN

Sejak awal peradaban, sungai telah memainkan peran penting dalam kehidupan manusia. Sungai dimanfaatkan sebagai sumber air, irigasi pertanian, jalur transportasi, serta menunjang berbagai aktivitas sosial dan ekonomi. Namun, tanpa pengelolaan yang tepat, potensi sungai sering kali tidak dapat dimaksimalkan. Seiring dengan perkembangan zaman, berbagai teknologi pun dikembangkan untuk mengatur dan mengendalikan aliran sungai, seperti pembangunan bendung, tanggul, dan waduk (Peeters et al., 2024).

Namun tidak dapat dielak bahwa alam tidak akan pernah dapat diatur oleh manusia, termasuk Sungai. Bencana yang dibawa oleh Sungai pasti akan mempengaruhi kehidupan di setiap peradaban, dari jaman peradaban Mesir sampai sekarang pun (Hurst et al., 2025). Bencana banjir merupakan bencana yang tidak dapat dielak dari awal peradaban, maka dari itu rekayasa Sungai berupa infrastruktur untuk mengatasi bencana, sama halnya dengan infrastruktur rekayasa Sungai untuk membantu mempermudah kehidupan peradaban, sudah mulai dibangun sejak dahulu kala (University of Southampton, 2024). Pembangunan bendungan dalam upaya sebagai pengendali banjir sudah ada sejak jaman Mesir kuno, pada abad 2650 Sebelum Masehi peradaban Mesir kuno telah membangun sebuah infrastruktur pengendali banjir dalam bentuk bendungan,

Saad el-Kafara namanya, sebuah bendungan kombinasi pasangan batu dan timbunan tanah/batu (Adamo et al., 2020).



Sumber: (Jean-Luc Frerotte, 2008)

Gambar 7.1. Reruntuhan Bendungan Saad el-Kafara

Dalam rangka pengendalian banjir pada sistem sungai, berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk meminimalkan risiko dan dampak yang ditimbulkan. Salah satu pendekatan yang belakangan ini semakin populer adalah *nature-based solutions*, yaitu strategi pengelolaan banjir yang memanfaatkan fungsi alami dari ekosistem seperti lahan basah, hutan riparian, dan ruang tampungan banjir alami (Rosmadi et al., 2024; Zhou et al., 2024). Meskipun pendekatan ini menawarkan banyak manfaat jangka panjang, pengendalian banjir melalui infrastruktur teknik sipil tetap menjadi solusi utama yang telah diterapkan sejak lama (Raadgever & Hegger, 2018). Beberapa bentuk rekayasa teknis yang umum digunakan antara lain pembangunan tanggul untuk menahan limpasan air sungai, pembangunan bendung sebagai pengendali muka air, serta pembangunan waduk yang berfungsi sebagai tampungan aliran

insinyur dalam bidang air agar setiap permasalahan di sungai dapat teratasi untuk kebaikan makhluk hidup di bumi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamo, N., Al-Ansari, N., Sissakian, V., Laue, J., & Knutsson, S. (2020). *Dam Safety: General Considerations*. 10, 23–409660.
- Al Baghdady, S., & Khan, L. (2018). *Designing Roller compacted concrete (RCC) dams*. KTH Royal Institute of Technology School of Architecture and The Built Environment.
- Asthana, B. N., & Khare, D. (2022). *Recent Advances in Dam Engineering*. Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-32278-6>
- Auffray, M., Senécal, J.-F., Turgeon, K., St-Hilaire, A., & Maheu, A. (2023). Reservoirs regulated by small dams have a similar warming effect than lakes on the summer thermal regime of streams. *Science of The Total Environment*, 869, 161445.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161445>
- Ditjen SDA. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi - KP02* (1st ed., Vol. 1). Kementrian Pekerjaan Umum Indonesia.
- Duncan, W., Huntley, C., Hokenstrom, J., Cudworth, A., & McDaniel, T. (1987). *Design of small dams (third edition)*. A water resources technical publication. Final report.
<https://www.osti.gov/biblio/29108>
- Hurst, H. E., Smith, C. G., & El-Kammash, M. M. (2025, March 31). *Nile River - Dams, Reservoirs, Egypt* | Britannica. Encyclopedia Britannica.
<https://www.britannica.com/place/Nile-River/Dams-and-reservoirs>

- Jähnig, S. (2022, May 4). *Flood risk reduction with multiple benefits: more space for the river* | PreventionWeb. Prevention Web.
<https://www.preventionweb.net/news/flood-risk-reduction-multiple-benefits-more-space-river>
- Maqsoosee, A., Mazeal, A., & Hameed, H. (2023). *The Effects of Al Chibayish Weir and Proposed Gated hydraulic Structure on Flooding in the Euphrates River in Dhi Qar Province, Iraq*. 2023.
- Marsudi, S., & Lufira, R. D. (2021). *Morfologi Sungai*. CV. Ae Media Grafika.
- Park, J., Lee, D., & Won, C. (2024). Study on Flood Control Facility Design Linking Retention Pond and Rainwater Pumping Station. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 24, 391–397.
<https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2024.24.6.391>
- Pavol, P. (1982). Introduction. In P. PETER (Ed.), *Developments in Geotechnical Engineering* (Vol. 29, pp. 11–13). Elsevier.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-99726-5.50005-4>
- Peeters, J., Graham, A., Toonen, W. H. J., Pennington, B. T., Durcan, J. A., Winkels, T. G., Barker, D. S., Masson-Berghoff, A., Adamson, K., Emery, V. L., Strutt, K. D., Millet, M., Sollars, L. H., & Ghazala, H. H. (2024). Shift away from Nile incision at Luxor ~4,000 years ago impacted ancient Egyptian landscapes. *Nature Geoscience*, 17(7), 645–653. <https://doi.org/10.1038/S41561-024-01451-Z>
- Pranida, P. S. P. (2022). Kajian Kelayakan Bendung Karet Sungai Pemali di Kabupaten Brebes . *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 9(1), 23–29.

- Raadgever, T., & Hegger, D. (2018). Flood risk management strategies and governance. *Flood Risk Management Strategies and Governance*, 1–174.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-67699-9/COVER>
- Rosmadi, H. S. Bin, Ahmed, M. F., Mokhtar, M. Bin, Halder, B., & Scholz, M. (2024). Nature-Based Solutions (NbS) for Flood Management in Malaysia. *Water*, 16(24).
<https://doi.org/10.3390/w16243606>
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (1977). *Bendungan Type Urugan* (S. Sosrodarsono & K. Takeda, Eds.; 2nd ed.). Praditya Paramita.
- University of Southampton. (2024, June 3). *Crucial shift in River Nile's evolution during ancient Egypt discovered* | *ScienceDaily*. ScienceDaily.
<https://www.sciencedaily.com/releases/2024/06/240603114321.htm>
- Wang, L., Cui, S., Li, Y., Huang, H., Manandhar, B., Nitivattananon, V., Fang, X., & Huang, W. (2022). A review of the flood management: from flood control to flood resilience. *Heliyon*, 8(11), e11763.
<https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E11763>
- Zhou, K., Kong, F., Yin, H., Destouni, G., Meadows, M. E., Andersson, E., Chen, L., Chen, B., Li, Z., & Su, J. (2024). Urban flood risk management needs nature-based solutions: a coupled social-ecological system perspective. *Npj Urban Sustainability*, 4(1), 25. <https://doi.org/10.1038/s42949-024-00162-z>

BAB 8

SISTEM PERINGATAN DINI DAN MANAJEMEN KRISIS BANJIR

Andrian Kaifan
Politeknik Negeri Lhokseumawe, Kota Lhokseumawe
E-mail: andriankaifan@pnl.ac.id

PENDAHULUAN

Intensifikasi perubahan iklim telah menyebabkan kejadian cuaca ekstrem yang semakin sering dan parah, termasuk curah hujan lebat dan gelombang badai, yang memperburuk risiko banjir bandang maupun genangan berkepanjangan. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021) melaporkan dengan tingkat keyakinan tinggi bahwa peningkatan suhu global telah berkontribusi pada perubahan pola presipitasi dan meningkatkan frekuensi kejadian hujan deras di berbagai wilayah di dunia. Akibatnya, baik kota maupun daerah pedesaan menghadapi kerentanan yang semakin tinggi terhadap bencana terkait banjir, sering kali dengan waktu yang terbatas untuk bersiap atau merespons.

Dalam konteks ini, Sistem Peringatan Dini Banjir, Flood Early Warning Systems (FEWS) dan kerangka manajemen krisis yang komprehensif telah muncul sebagai komponen penting dalam strategi pengurangan risiko bencana. FEWS yang dirancang dengan baik mencakup pengumpulan data, pemantauan secara waktu nyata, pemodelan hidrologi, analisis risiko, dan komunikasi peringatan secara tepat waktu kepada komunitas yang berisiko (WMO (World Meteorological Organization), 2015). Ketika diintegrasikan ke dalam rencana darurat nasional atau lokal, sistem semacam ini memberikan waktu yang berharga untuk melakukan evakuasi, melindungi

aset, dan mengerahkan sumber daya secara efektif. Selain itu, keterlibatan komunitas rentan dalam proses perencanaan dan penyebaran informasi memastikan bahwa peringatan tidak hanya akurat secara teknologi tetapi juga efektif secara sosial (Basher, 2006).

Manajemen krisis, yang mencakup kesiapsiagaan, respons, pemulihan, dan mitigasi, bekerja secara sinergis dengan FEWS untuk mengurangi kerugian akibat banjir. Koordinasi yang efektif antara layanan darurat, lembaga pemerintah, dan masyarakat sipil dapat secara signifikan meningkatkan ketangguhan dan mempercepat proses pemulihan. Seiring meningkatnya frekuensi dan kompleksitas kejadian banjir, integrasi teknologi inovatif — seperti kecerdasan buatan, penginderaan jauh, dan Internet of Things (IoT) — ke dalam FEWS dan mekanisme respons krisis telah menjadi prioritas dalam penelitian maupun praktik (Chafjiri et al., 2024).

Meningkatnya ancaman banjir akibat perubahan iklim menegaskan pentingnya sistem peringatan dini yang tangguh dan manajemen krisis yang proaktif. Alat-alat ini tidak hanya menyelamatkan nyawa, tetapi juga melindungi mata pencaharian, infrastruktur, dan tujuan pembangunan jangka panjang.

SISTEM PERIANGATAN DINI BANJIR: STRUKTUR DAN LANDASAN TEKNOLOGI

Sistem FEWS merupakan alat penting dalam upaya pengurangan risiko bencana, berfungsi sebagai kerangka kerja baik secara teknologi maupun organisasi yang memungkinkan otoritas dan komunitas untuk mengantisipasi serta merespons kejadian banjir yang akan datang. Sistem ini bertujuan untuk meminimalkan korban jiwa dan kerugian harta benda dengan menyediakan informasi yang tepat waktu dan dapat ditindaklanjuti kepada populasi yang berisiko. Seperti yang

evakuasi, melindungi infrastruktur penting, mengerahkan petugas darurat, dan memberikan informasi kepada publik. Seperti yang disoroti oleh (Basher, 2006), peringatan yang tepat waktu, mudah dipahami, dan dapat ditindaklanjuti secara drastis dapat mengurangi dampak manusia dan ekonomi dari bencana banjir.

Negara-negara dengan sistem kesiapsiagaan bencana yang canggih, seperti Jepang dan Jerman, menunjukkan manfaat dari penerapan teknologi peringatan dini dalam manajemen darurat nasional. Di Jepang, Badan Meteorologi bekerja sama dengan otoritas lokal untuk mengeluarkan peringatan banjir secara real-time berdasarkan model hidrologi prediktif dan data sensor. Hal ini memungkinkan pelaksanaan evakuasi dan penghentian operasional infrastruktur dilakukan secara proaktif. Sementara itu, Jerman telah mengintegrasikan model prakiraan berbasis kecerdasan buatan (AI) dan perangkat Internet of Things (IoT) ke dalam infrastruktur FEWS mereka, terutama setelah bencana banjir besar pada tahun 2021, guna meningkatkan akurasi dan efisiensi respons (Sung et al., 2022).

Penggunaan Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI) dan pembelajaran mesin (*machine learning*) dalam FEWS modern menambahkan dimensi baru dalam manajemen krisis dengan memungkinkan sistem mendeteksi pola, menyesuaikan prakiraan secara dinamis, dan menghasilkan peringatan yang disesuaikan dengan wilayah dan kerentanan populasi tertentu. Kemampuan ini secara signifikan mengurangi jeda waktu respons dan membantu manajer darurat memprioritaskan area dengan risiko tertinggi (Zeng & Bertsimas, 2023).

Namun, integrasi bukan sekadar persoalan teknologi; aspek ini juga menuntut adanya koordinasi kelembagaan, kerangka hukum yang memadai, serta partisipasi aktif dari masyarakat. Tanpa adanya protokol yang jelas dan struktur akuntabilitas yang kuat, bahkan sistem peringatan dini paling canggih pun

DAFTAR PUSTAKA

- Basher, R. (2006). Global early warning systems for natural hazards: Systematic and people-centred. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 364(1845), 2167–2182.
- Chafjiri, A. S., Gheibi, M., Chahkandi, B., Eghbalian, H., Waclawek, S., Fathollahi-Fard, A. M., & Behzadian, K. (2024). Enhancing flood risk mitigation by advanced data-driven approach. *Heliyon*, 10(18), e37758. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37758>
- IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group i to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Lee, C.-C., Tsai, Y.-H., & Lee, T.-S. (2023). MaxFloodCast: Ensemble machine learning model for predicting peak inundation depth and decoding influencing features. *ArXiv*. <https://arxiv.org/abs/2308.06228>
- Muñoz, P., Jiménez, J. A., & Fauria, K. E. (2021). Flood early warning systems using machine learning techniques: The case of the Tomebamba Catchment at the Southern Andes of Ecuador. *MDPI Water*, 8(4), 183. <https://www.mdpi.com/2306-5338/8/4/183>
- Skoubris, E., & Hloupis, G. (2023). An AI-powered, low-cost IoT node oriented to flood early warning systems. *Engineering Proceedings*, 58(1). <https://doi.org/10.3390/ecsa-10-16023>
- Sung, W.-T., Chang, J.-S., & Lin, H.-H. (2022). Early warning of impending flash flood based on AIoT. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*. <https://jwcn->

eurasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/s13638-022-02096-5

- UNDRR. (2022). *Global assessment report on disaster risk reduction 2022: Our world at risk –transforming governance for a resilient future*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://www.undrr.org/gar2022>
- WMO (World Meteorological Organization). (2015). *WMO Guidelines on multi-hazard impact-based forecast and warning services*. WMO-No. 1150. <https://library.wmo.int/records/item/54669-wmo-guidelines-on-multi-hazard-impact-based-forecast-and-warning-services>
- Zeng, C., & Bertsimas, D. (2023). Global flood prediction: A multimodal machine learning approach. *ArXiv*. <https://arxiv.org/abs/2301.12548>

PROFIL PENULIS



Andrian Kaifan, S.T., M.T.

Penulis adalah seorang dosen dari Politeknik Negeri Lhokseumawe. Penulis memperoleh gelar S-1 Teknik dari Universitas Syiah Kuala tahun 1998, dan S-2 Teknik dari Universitas Brawijaya di tahun 2015. Penulis tidak dapat menyelesaikan pendidikan doktornya di Universitas Brawijaya karena terkena penyakit kanker saat itu sehingga harus mengundurkan diri untuk berobat. Penulis ahli di bidang teknik transportasi dan lalu lintas, survei lahan dan pemetaan, perencanaan geometrik jalan, analisis transportasi, sistem informasi geografis, dan teknologi konstruksi jalan dan jembatan. Penulis mempunyai fokus penelitian di bidang pemanfaatan limbah untuk bahan konstruksi. Penulis aktif memberikan banyak pelatihan dan mengajar beberapa mata kuliah di antaranya Pemodelan Gedung dengan BIM, Pemodelan Jembatan dengan BIM, *Project Work* Jalan Raya, dan Perkerasan Jalan Beton. Penulis juga aktif sebagai asesor kompetensi dan *land surveyor* professional selain aktif di pekerjaan profesional di bidang sumber daya air.

BAB 9

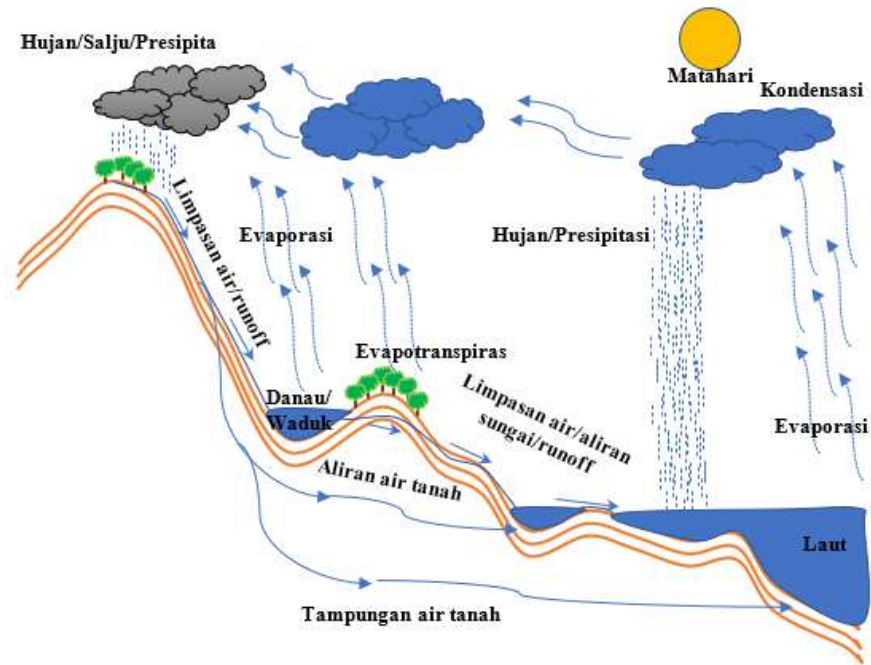
TEKNIK REKAYASA SUNGAI UNTUK MENCEGAH BANJIR

Ferial Asferizal
Program Studi Rekayasa Tata Kelola Air Terpadu,
Institut Teknologi Sumatera, Bandar Lampung
E-mail: ferial.asferizal@tka.itera.ac.id

PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu bagian dari sumber daya yang telah tersedia di alam yang tentunya memiliki banyak peranan penting bagi kehidupan di dunia. Sebagai salah satu bagian dari siklus hidrologi, sungai merupakan aliran limpasan/*runoff* yang menjaga keseimbangan air yang berada di permukaan dengan aliran air tanah yang mengalir pada *akuifer* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.1.

Sedangkan pengertian sungai yang disebutkan dalam Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia (RI) Nomor 38 Tahun 2011 Pasal 1 yang dimaksud dengan sugai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Pada Pasal 9, Sempadan yang dimaksud adalah area penyangga yang terletak di sepanjang tepi kiri dan kanan sungai, berfungsi sebagai batas perlindungan untuk menjaga kelestarian ekosistem sungai dan mencegah dampak negatif seperti erosi, pencemaran, serta kerusakan lingkungan (Peraturan Pemerintah 2011 RI No. 38, Sungai).



Sumber: (Asferizal (2019)

Gambar 9.13. Sungai Sebagai Bagian dari Siklus Hidrologi

KESIMPULAN

Bab ini menegaskan pentingnya sungai sebagai bagian integral dari sistem hidrologi dan keseimbangan lingkungan, yang kini menghadapi berbagai tantangan akibat aktivitas manusia, seperti perubahan tata guna lahan, pencemaran, dan pembangunan yang tidak ramah lingkungan. Dalam konteks penanggulangan banjir, pendekatan teknik rekayasa sungai yang bersifat holistik menjadi kunci utama, mencakup kombinasi strategi jangka pendek dan panjang, mulai dari soft engineering, hard engineering, hingga pemanfaatan teknologi cerdas seperti *Internet of Things* (IoT).

Lebih jauh, penanganan banjir yang berkelanjutan memerlukan kolaborasi melalui pendekatan *Pentahelix*—yang melibatkan pemerintah, akademisi, media, masyarakat, dan sektor swasta. Peran aktif kelima unsur ini memungkinkan terwujudnya kebijakan yang tepat, edukasi yang luas, serta partisipasi publik yang tinggi dalam konservasi sungai. Sinergi antara infrastruktur, manajemen sosial, dan teknologi modern memberikan harapan untuk membangun sistem sungai yang tangguh, adaptif, dan berkelanjutan dalam menghadapi bencana banjir di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F., & Arundina, R. (2020). Usulan Mitigasi Bencana Kota Bandung Dengan Pendekatan Penta Helix. *Setia Mengabdi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 55–62. <https://doi.org/10.31113/setiamengabdi.v1i2.7>
- Asferizal, F. (2019). *Metode Estimasi Area Reduction Factors Berbasis Gsmap dan Jaringan Stasiun Hujan*. <https://digilib.itb.ac.id/gdl/read/193797>
- Asferizal, F. (2022). Analisis Perbandingan Keandalan Data Hujan GSMaP, TRMM, GPM dan PERSIANN Terhadap Data Obsevasi Dalam Rentang Waktu Penelitian 2020-

2021. *Original Article Journal of Infrastructure Planning, and Design*, 2(1), 33–41.
- Asferizal, F., Yanda, R., Nurul Fauziah, S., Mardika, M. G. I., & Sahid. (2024). Sumur Resapan Solusi Mengatasi Banjir di Jalan Palapa X Kelurahan Gunung Terang. *TeknoKreatif: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 43–54. <https://doi.org/10.35472/teknokreatif.v4i1.1667>
- Dharmayanti, A. M. R., Parmita, de W. Y. P., Tajalla, G. U. N., Rafli Masdar, M., Danuarta, R. K., Pongsapan, N. G. S., & Dewanata Sumomba, rya P. (2025). Pemanfaatan Biopori Sebagai Solusi Lingkungan Pencegahan Banjir dan Pengelolaan Sampah Organik. *JURNAL NUANSA AKADEMIK: Jurnal Pembangunan Masyarakat*, 10(1), 37–48.
- Kasba, P. S., Rachman, T., & Paotonan, C. (2018). Kesadaran Masyarakat Kota Sungguminasa Tentang Sempadan Sungai Sesuai Undang-Undang No 1 Tahun 2014. *Riset Sains Dan Teknologi Kelautan*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v1i1.11640>
- Mananoma, T., Wantouw, F., Sompie, E. N. G., Ratu, Y. A., Thambas, A. H., Raco, B., & Auwyanto, K. H. (2025). *Morfologi Sungai: Proses, Dinamika, dan Pengelolaan*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah. <https://books.google.co.id/books?id=mwxVEQAAQBAJ>
- Melinda, F., & Sari, R. (2025). Pembangunan Bendungan: Peranan dan Tantangan dalam Pengendalian Banjir. *Komisi V Infrastruktur Dan Perhubungan: Info Singkat*, XVII(6), 1–5.
- Nainggolan, P. J., Najooan, M., & Karaow, S. (2020). Pengembangan Sistem Informasi Peringatan Dini Banjir di Kota Manado Berbasis Internet of Things. *Teknik Informatika*, 15(1), 65–74.

<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/view/29064>

- Nasrul, N., Qaiyimah, D., & Nurfadilah, N. (2024). Studi Fenomenologi: Analisis Faktor Penyebab dan Upaya Penanganan Pencemaran Air Sungai dalam Perspektif Masyarakat Desa Gentung Kabupaten Pangkep. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 5, 10527–10535.
- Pal, S. C., Chatterjee, U., Setiawati, M. D., & Ruidas, D. (2025). *Remotely Sensed Rivers in the Age of Anthropocene*. Springer Nature Switzerland.
<https://books.google.co.id/books?id=RNJSEQAAQBAJ>
- Pambudi, N. A. R., Handoyo, G., & Rochaddi, B. (2023). Estimasi Laju Pengendapan Sedimen di Perairan Muara Sungai Silugonggo Kabupaten Pati. *Indonesian Journal of Oceanography; Vol 5, No 1 (2023): Indonesian Journal of OceanographyDO* - 10.14710/Ijoce.V5i1.15835.
<https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/ijoce/article/view/15835>
- Peraturan Pemerintah 2011 RI No. 38, Sungai.
- Perwira, A. Y., Ismanto, A., Widada, S., & Widiaratih, R. (2024). Dinamika Sedimentasi-Erosi Menggunakan Delft3D di Muara Sungai Lasem, Kabupaten Rembang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 6(1), 95–101.
<https://doi.org/10.14710/ijoce.v6i1.17242>
- Pramesti, S., Istamal, S., Febriyanti, D., & Kariem, Q. (2025). *Efektivitas Pengendalian dan Pencegahan Banjir di Kota Palembang (Studi Kasus Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Palembang)*. 7, 183–200.
- Putra, M. H. S., Yanda, R., Kurnianingtyas, E., Asferizal, F., & Fauziah, S. N. (2023). Penerapan Sistem Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Air Bersih di SD N 02 Gunung Terang. *Darmabakti: Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat*, 4 (2), 138–146.

- Sahid, S., Yanto, N. P., Aziz, F., Mardika, M. G. I., Asferizal, F., Zain, S. A., Ulhaq, W. D., Yunida, D., Azizah, R. N., Imami, A. D., & Awfa, D. (2024). Flood Hazard Zonation Using Geographic Information System: A Case Study Of Way Garuntang River Basin, Bandar Lampung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1414(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1414/1/012045>
- Sahid, Yanto Putri, N., Aziz, F., Mardika, M. G. I., Asferizal, F., Zein, A. S., Diyaulhaq, W., & Yunida, D. (2024). Low-cost alternative flood modelling using CHIRPS data in the Way Garuntang. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 7(2), 103–114. <https://doi.org/10.22146/jgise.xxxxx>
- Suprayogi, S., Purnama, L. S., Darmanto, D., & Press, U. G. M. (2024). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. <https://books.google.co.id/books?id=8Jf7EAAAQBAJ>
- Widiantoro, W. (2012). *Bangunan Komersial di Tepi Sungai, Salah Siapa?* Kompas. <https://megapolitan.kompas.com/read/2014/02/03/1121436/Bangunan.Komersial.di.Tepi.Sungai.Salah.Siapa>

PROFIL PENULIS



Ferial Asferizal, S.T., M.T.

Penulis adalah dosen tetap di Program Studi Rekayasa Tata Kelola Air Terpadu, Fakultas Teknik Infrastruktur dan Kewilayahan (FTIK), Institut Teknologi Sumatera (ITERA). Ia meraih gelar Sarjana Teknik (S.T.) dari Universitas Indonesia (UI) dan Magister Teknik (M.T.) dari Institut Teknologi Bandung (ITB), dengan fokus utama di bidang teknik sumber daya air. Bidang kepakarannya meliputi hidrologi, hidrolika, pemodelan banjir, konservasi sumber daya air, serta pemanfaatan teknologi spasial dan

BAB 10

PERENCANAAN PENGGUNAAN LAHAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI UNTUK PENGENDALIAN BANJIR

Fatma Nurkhaerani
Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang
E-mail: fatma.nurkhaerani@ft.unsika.ac.id

PENDAHULUAN

Fenomena terjadinya banjir yang ada di Indonesia dalam satu dekade terakhir memang disebabkan oleh kondisi hujan ekstrim akibat perubahan iklim. Namun, jika ditelaah lebih lanjut, kejadian banjir tersebut diperparah dengan kondisi rusaknya Daerah Aliran Sungai (DAS) akibat perubahan penggunaan lahan yang cukup signifikan. Adanya pertambahan jumlah penduduk akan sejalan dengan peningkatan kebutuhan lahan untuk pemukiman, industri dan pertanian. Kondisi saat ini, lahan tidak bertambah sehingga yang terjadi adalah perubahan penggunaan lahan yang sebelumnya merupakan lahan terbuka menjadi lahan tertutup atau terbangun. Sebagai contoh, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Margono et al. (2014) terjadi alih fungsi lahan pada hutan primer di Indonesia yang sebagian besar menjadi perkebunan kelapa sawit dan lahan pertanian lainnya dengan luas lebih dari 6,02 juta hektar dari tahun 2000 hingga 2012 dan terus meningkat dengan angka rata-rata sebesar 47.600 ha per tahun.

Pada dasarnya suatu DAS secara alami mampu menampung debit air yang melalui wilayahnya. Menurut Pasal 18 ayat (2) dalam UU Kehutanan Nomor 41 tahun 1999, suatu DAS yang ideal memiliki 30% kawasan hutan dari luas keseluruhan DAS yang harus dipertahankan. Daerah Aliran Sungai (DAS) memiliki beragam jenis penggunaan lahan yang tergantung

dengan karakteristik wilayahnya. Jika dilihat pada negara tropis, penggunaan lahan pada DAS didominasi oleh hutan tropis, sebagai contoh di Brazil, area paling luas pada DAS yaitu hutan dengan luas 58,08%, pertanian 33,21%, 5,75% untuk lahan terbuka lainnya (MapBiomas Project, 2023). Lebih spesifik pada DAS Pirapora terdiri dari 53.29% hutan dan 35.82% lahan pertanian (Veiga et al., 2019). Sementara itu di Indonesia pada DAS Cisadane, persentase luasan area hutan hanya 23,5%, lahan pertanian 8,3%, dan lahan terbangun mencapai 35% (Ambarwulan et al., 2023). Hal tersebut tentunya berbeda dengan negara yang memiliki empat musim, dimana penggunaan lahan paling banyak adalah sebagai lahan pertanian seperti yang terjadi di Inggris, dimana luas lahan pertanian mencapai 63,1%, hutan, lahan terbuka dan permukaan air 20,1% serta lahan terbangun 4,9% (Department for Levelling Up, 2022).

Penggunaan lahan yang berbeda tersebut tentunya direncanakan sesuai dengan kondisi negara masing-masing serta dampaknya terhadap respon hidrologi DAS. Peningkatan perubahan penggunaan lahan terbuka menjadi terbangun tentunya akan sangat berdampak pada tutupan lahan di DAS tersebut, dimana akan terjadi penambahan debit banjir. Hal ini disebabkan saat lahan sebelumnya merupakan hutan atau lahan terbuka lainnya yang kemudian menjadi lahan terbangun akan menurunkan kemampuan lahan untuk menyerap air hujan (Nurkhaerani & Debora, 2023). Penelitian yang pernah dilakukan oleh Yamani et al. (2015) di Kabupaten Aceh Pidie menunjukkan bahwa faktor pembentuk potensi rawan banjir dengan menggunakan pendekatan *analytical hierarchy proses* (AHP) adalah tutupan/penggunaan lahan, curah hujan, lereng, jenis tanah dan elevasi. Lebih lanjut, dalam studi literatur yang dilakukan oleh Ridwan & Sarjito, (2024) pada 12 DAS besar di Indonesia, menunjukkan adanya korelasi antara perubahan

dengan peraturan pemerintah yang ketat untuk mewujudkan Daerah Aliran Sungai yang berkelanjutan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Agaton, M., Setiawan, Y., & Effendi, H. (2016). Land Use/Land Cover Change Detection in an Urban Watershed: A Case Study of Upper Citarum Watershed, West Java Province, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 654–660. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.120>
- Ambarwulan, W., Yulianto, F., Widiatmaka, W., Rahadiati, A., Tarigan, S. D., Firmansyah, I., & Hasibuan, M. A. S. (2023). Modelling land use/land cover projection using different scenarios in the Cisadane Watershed, Indonesia: Implication on deforestation and food security. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 26(2), 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2023.04.002>
- Araswati, F. D., Murtiaksano, K., & Hidayat, Y. (2021). Perencanaan Penggunaan Lahan Berbasis Sumber Daya Air di Hulu DAS Cisadane. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(3), 343–353. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.3.343>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Rata-rata Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Provinsi 1971-2024*. <https://www.bps.go.id/statistics-table/1/MTI2OCMx/Rata-Rata-Laju-Pertumbuhan-Penduduk-Menurut-Provinsi--1971---2024.html>
- Carrilho, J., Dgedge, G., Santos, P. M. P. dos, & Trindade, J. (2024). Sustainable land use: Policy implications of systematic land regularization in Mozambique. *Land Use Policy*, 138, 107046. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.107046>
- Dasanto, B. D., Pramudya, B., Boer, R., & Suharnoto, Y. (2014). Effects of Forest Cover Change on Flood Characteristics in the Upper Citarum Watershed. *Jurnal*

- Manajemen Hutan Tropika (Journal of Tropical Forest Management)*, 20(3), 141–149.
<https://doi.org/10.7226/jtfm.20.3.141>
- Department for Levelling Up, H. & C. (2022, October 27). *Land use statistics: England 2022*.
<https://www.gov.uk/government/statistics/land-use-in-england-2022/land-use-statistics-england-2022#:~:Text=8.7%25%20of%20land%20in%20England,After%20accounting%20for%20flood%20defences.>
- Dewan, A. M., & Yamaguchi, Y. (2009). Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Applied Geography*, 29(3), 390–401.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.12.005>
- Fadhil, M. Y., Hidayat, Y., & Baskoro, D. P. T. (2021). Identifikasi Perubahan Penggunaan Lahan dan Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(2), 213–220.
<https://doi.org/10.18343/jipi.26.2.213>
- Fajarini, R., Barus, B., & Panuju, D. R. (2015). DINAMIKA PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN PREDIKSINYA UNTUK TAHUN 2025 SERTA KETERKAITANNYA DENGAN PERENCANAAN TATA RUANG 2005-2025 DI KABUPATEN BOGOR. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 17(1), 8.
<https://doi.org/10.29244/jitl.17.1.8-15>
- Firman, T. (2004). Major issues in Indonesia's urban land development. *Land Use Policy*, 21(4), 347–355.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.04.002>
- Karg, H., Drechsel, P., Akoto-Danso, E., Glaser, R., Nyarko, G., & Buerkert, A. (2016). Foodsheds and City Region Food Systems in Two West African Cities. *Sustainability*, 8(12), 1175. <https://doi.org/10.3390/su8121175>

- Lahamendu, V. (2015). Analisis Kesesuaian Pemanfaatan Lahan yang Berkelanjutan di Pulau Bunaken Manado. *Sabua : Jurnal Lingkungan Binaan Dan Arsitektur*, 7(1), 383–388.
- MapBiomass Project. (2023). *Annual Map of Land Use and Land Cover Mapping of Brazil*. https://Brasil.Mapbiomas.Org/Wp-Content/Uploads/Sites/4/2023/09/Fact_ing_versao-Final.Pdf.
- Margono, B. A., Potapov, P. V., Turubanova, S., Stolle, F., & Hansen, M. C. (2014). Primary forest cover loss in Indonesia over 2000–2012. *Nature Climate Change*, 4(8), 730–735. <https://doi.org/10.1038/nclimate2277>
- Metternicht, G. (2018). *Land Use and Spatial Planning*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-71861-3>
- Ningrum, A. S., & Ginting, K. Br. (2020). Strategi Penanganan Banjir Berbasis Mitigasi Bencana pada Kawasan Rawan Bencana Banjir di Daerah Aliran Sungai Seulalah Kota Langsa. *Geography Science Education Explored Journal*, 1(1).
- Nurkhaerani, F., & Debora, F. (2023). Pengaruh perubahan pola ruang terhadap luas area banjir di kawasan industri dan dampaknya pada aktivitas supply chain. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 5(2), 54. <https://doi.org/10.47600/jtst.v5i2.596>
- Pan, T., Zuo, L., Zhang, Z., Zhao, X., Sun, F., Zhu, Z., & Liu, Y. (2020). Impact of Land Use Change on Water Conservation: A Case Study of Zhangjiakou in Yongding River. *Sustainability*, 13(1), 22. <https://doi.org/10.3390/su13010022>
- Peters, C. J., Bills, N. L., Wilkins, J. L., & Fick, G. W. (2009). Foodshed analysis and its relevance to sustainability. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24(1), 1–7. <https://doi.org/10.1017/S1742170508002433>

- Ridwan, M., & Sarjito, J. (2024). Studi Kajian Dampak Perubahan Tutupan Lahan terhadap Kejadian Banjir di Daerah Aliran Sungai. *ENVIRO: Journal of Tropical Environmental Research*, 26(1), 38. <https://doi.org/10.20961/enviro.v26i1.93145>
- Robo, S., Pawitan, H., Tarigan, S. D., & Dasanto, B. D. (2018). Proyeksi Perubahan Penggunaan Lahan dan Dampaknya Terhadap Respon Hidrologi DAS Ciliwung Hulu. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 3(2), 157. <https://doi.org/10.31544/jtera.v3.i2.2018.157-166>
- Sebastian, L. (2023). Pendekatan Amplifikasi Struktural dan Non Struktural Berbasis Evaluasi Kesesuaian Lahan dalam Pengendalian Banjir. *AKSELERASI: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 5(1).
- Tian, J., Yan, Y., & Zeng, S. (2024). Intelligent identification and management of flood risk areas in high-density blocks from the perspective of flood regulation supply and demand matching. *Ecological Indicators*, 160, 111799. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111799>
- Veiga, D. P. B. da, Guandique, M. E. G., & Nardocci, A. C. (2019). Land use and water quality in watersheds in the State of São Paulo, based on GIS and SWAT data. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 14(5), 1. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2325>
- Wilhelm. (2021, February). *Sustainable Management and Conservation of Land, Water and Biodiversity*. <https://Openknowledge.Fao.Org/Server/Api/Core/Bitstreams/C9aa3745-Ab2b-41bd-A3ba-C8ea3ef4582b/Content>.
- Williamson, I. P., Enemark, S., Wallace, J., & Rajabifard, A. (2010). *Land administration for sustainable development (1st ed)*. ESRI Press Academic.

Yamani, A., Rustiadi, E., & Widiatmaka, W. (2015). Evaluasi Pola Ruang Berbasis Kerawanan Banjir Di Kabupaten Pidie. *Tataloka*, 17(3), 130.
<https://doi.org/10.14710/tataloka.17.3.130-146>

PROFIL PENULIS

Fatma Nurkhaerani



Penulis yang akrab disapa Fatma oleh rekan-rekannya, lahir pada Bulan Juni 1994 di Jakarta, Indonesia. Fatma menyelesaikan pendidikan sarjananya di Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 2016 dan memperoleh gelar Sarjana Teknik dari jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan dengan judul tugas akhir Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Sungai Cikaniki, Kabupaten Bogor. Setelah lulus, Fatma bekerja di sebuah perusahaan swasta di Karawang yang bergerak di bidang lingkungan dan sumber daya air. Tahun 2018, Fatma melanjutkan pendidikannya ke jenjang magister di Institut Teknologi Bandung (ITB), mengambil jurusan Pengelolaan Sumber Daya Air di Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan (FTSL). Selama di ITB, Fatma mendalami pengelolaan air untuk mengatasi isu-isu seperti banjir, kekeringan, dan penurunan kualitas air. Tesis magisternya berjudul *Evaluasi dan Simulasi Pola Operasi Waduk Ir. H. Djuanda (Jatiluhur)* yang membahas tantangan dalam mengelola waduk Jatiluhur yang memiliki berbagai fungsi yaitu sebagai sumber air baku, irigasi, pembangkit listrik, dan kebutuhan industri. Saat ini, Fatma bekerja sebagai dosen di Universitas Singaperbangsa Karawang dengan tugas utama mengajar, membimbing mahasiswa, serta aktif dalam menulis artikel ilmiah

BAB 11

PEMULIHAN EKOLOGIS DAN RESTORASI SUNGAI SEBAGAI SOLUSI PENGENDALIAN BANJIR

S. Andy Cahyono
Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong
E-mail: s.andy.cahyono@brin.go.id

PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di berbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia (Dartanto, 2022). Dampak banjir merugikan secara ekonomi, lingkungan, infrastruktur, dan kesejahteraan masyarakat (Kurniawan et al., 2024). Peningkatan intensitas curah hujan akibat perubahan iklim serta pesatnya laju urbanisasi membuat risiko banjir semakin tinggi, terutama di daerah dengan sistem sungai yang telah mengalami degradasi ekosistem.

Kerusakan ekosistem sungai, seperti pendangkalan akibat sedimentasi, hilangnya vegetasi riparian, dan perubahan morfologi sungai akibat alih fungsi lahan, memperburuk kapasitas sungai dalam mengalirkan air. Di banyak kasus, solusi konvensional seperti pembangunan tanggul, kanal, dan bendungan menjadi pendekatan utama dalam pengendalian banjir. Meskipun infrastruktur ini dapat memberikan perlindungan dalam jangka pendek, banyak penelitian menunjukkan bahwa solusi berbasis rekayasa semata tidak selalu efektif dalam jangka panjang dan merusak ekologis Sungai (Aneke & Gea, 2022; Christopher et al., 2024; Dunlop et al., 2023; Lee et al., 2025; Rahmah, 2024).

Sebagai alternatif, pendekatan pemulihan ekologis dan restorasi sungai mulai menjadi perhatian utama dalam upaya mitigasi banjir. Restorasi sungai bertujuan untuk

mengembalikan fungsi ekosistem alami sungai, termasuk peningkatan kapasitas tampungan air, pemulihan vegetasi riparian, serta pengelolaan daerah tangkapan air secara berkelanjutan. Dengan mengintegrasikan pendekatan berbasis alam (*nature-based solutions, NBS*), pemulihan ekologis sungai tidak hanya dapat mengurangi risiko banjir, tetapi juga meningkatkan keanekaragaman hayati, kualitas air, dan ketahanan ekosistem terhadap perubahan iklim (Dunlop et al., 2023).

Bab ini akan membahas secara komprehensif konsep pemulihan ekologis dan restorasi sungai sebagai strategi pengendalian banjir. Berbagai pendekatan akan dianalisis, termasuk restorasi morfologi sungai, peran vegetasi riparian, pembangunan *wetland*, serta pengelolaan tanah dan air berbasis ekosistem. Selain itu, bab ini juga akan mengulas berbagai studi kasus keberhasilan restorasi sungai di berbagai negara serta tantangan dan strategi implementasinya di Indonesia. Dengan pemahaman yang lebih mendalam mengenai peran restorasi sungai dalam mitigasi banjir, diharapkan pendekatan ini dapat menjadi bagian dari kebijakan pengelolaan sungai yang lebih holistik dan berkelanjutan.

KONSEP PEMULIHAN EKOLOGIS DAN RESTORASI SUNGAI

1. Definisi dan Prinsip Dasar Pemulihan Ekologis

Pemulihan ekologis (*ecological restoration*) adalah proses mengembalikan ekosistem yang telah mengalami degradasi, kerusakan, atau kehancuran ke kondisi yang lebih sehat dan berfungsi secara ekologis. Dalam konteks sungai, pemulihan ekologis bertujuan untuk memperbaiki struktur fisik, kualitas air, keanekaragaman hayati, serta interaksi ekosistem yang mendukung keseimbangan hidrologis (Dunlop et al., 2023).

- Archvisual: Jurnal Arsitektur dan Perencanaan*, 2(1), 35-42.
- Aradottir, A. L., & Hagen, D. (2013). Ecological Restoration. In (pp. 173-222). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407686-0.00003-8>
- Christopher, N., Vachette, A., Horne, A., & Kosovac, A. (2024). Enhancing river floodplain management with nature-based solutions: Overcoming barriers and harnessing enablers. *WIREs Water*, 11(4). <https://doi.org/10.1002/wat2.1723>
- Dartanto, T. (2022). Natural disasters, mitigation and household welfare in Indonesia: Evidence from a large-scale longitudinal survey. *Cogent Economics & Finance*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/23322039.2022.2037250>
- Dunlop, T., Glamore, W., & Felder, S. (2023). Restoring estuarine ecosystems using nature-based solutions: Towards an integrated eco-engineering design guideline. *Science of The Total Environment*, 873, 162362. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162362>
- Endreny, T. A. (2020). Leverage Points Used in a Systems Approach of River and River Basin Restoration. *Water*, 12(9), 2606-2606. <https://doi.org/10.3390/w12092606>
- Feld, C. K., Birk, S., Bradley, D. C., Hering, D., Kail, J., Marzin, A., Melcher, A., Nemitz, D., Pedersen, M. L., Pletterbauer, F., Pont, D., Verdonschot, P. F. M., & Friberg, N. (2011). From Natural to Degraded Rivers and Back Again. In (pp. 119-209). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374794-5.00003-1>
- Friberg, N., Harrison, L., O'Hare, M., & Tullos, D. (2017). Restoring rivers and floodplains: Hydrology and sediments as drivers of change. *Ecohydrology*, 10(5). <https://doi.org/10.1002/eco.1884>

- Garófano-Gómez, V., Arrignon, F., Vautier, F., Tabacchi, E., Allain, E., Bonis, A., Delmotte, S., González, E., Julien, F., Lambs, L., Martínez-Capel, F., Planty-Tabacchi, A.-M., Roussel, E., Steiger, J., Toumazet, J.-P., Till-Bottraud, I., Voldoire, O., Walcker, R., & Corenblit, D. (2022). Trait-based numerical modelling of feedbacks between river morphodynamics and riparian vegetation for sustainable river management in a changing climate. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-7443>
- Hörchner, S., Moulinec, A., Sundermann, A., Oehlmann, J., & Oetken, M. (2024). Under pressure: assessment of chemical stress on restored river sections using effect-based methods. *Restoration Ecology*, 32(7). <https://doi.org/10.1111/rec.14206>
- Kumar, S., Agarwal, A., Villuri, V. G. K., Pasupuleti, S., Kumar, D., Kaushal, D. R., Gosain, A. K., Bronstert, A., & Sivakumar, B. (2021). Constructed wetland management in urban catchments for mitigating floods. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 35(10), 2105-2124. <https://doi.org/10.1007/s00477-021-02004-1>
- Kurniawan, T. A., Meidiana, C., Goh, H. H., Zhang, D., Jiang, M., Othman, M. H. D., Anouzla, A., Aziz, F., Mahmoud, M., Khan, M. I., Ali, I., Khan, M. M. H., & Goh, K. C. (2024). Social dimensions of climate-induced flooding in Jakarta (Indonesia): The role of non-point source pollution. *Water Environment Research*, 96(9). <https://doi.org/10.1002/wer.11129>
- Lamouroux, N., Gore, J. A., Lepori, F., & Statzner, B. (2015). The ecological restoration of large rivers needs science-based, predictive tools meeting public expectations: an overview of the R^hône project. *Freshwater Biology*, 60(6), 1069-1084. <https://doi.org/10.1111/fw.12553>

- Lee, C. C., Hsueh, H. Y., Ku, Y. W., Kuo, S. Y., Huang, K. C., Tung, C. P., Lo, W. C., Lu, J. C., Cheng, Y. C., Chiang, Y. C., Yeh, C. P., Tseng, W. H., Hung, Y. L., & Lee, W. S. (2025). From Concrete to Nature: Navigating Paradigm Shifts in River Management Through a Sustainability Lens. *River Research and Applications*. <https://doi.org/10.1002/rra.4427>
- Li, P., Li, D., Sun, X., Chu, Z., Xia, T., & Zheng, B. (2022). Application of Ecological Restoration Technologies for the Improvement of Biodiversity and Ecosystem in the River. *Water*, 14(9), 1402-1402. <https://doi.org/10.3390/w14091402>
- Li, R., Shi, Q., Sun, W., & Zhai, J. (2023). Hybridity and Multiscale Compatibility in Landscape Infrastructure for Mountain River Restoration: A Pathway Toward Environmental and Socio-Ecological Sustainability. *The Journal of Environment & Development*, 32(4), 343-369. <https://doi.org/10.1177/10704965231197670>
- López-Reyes, L. Y., Domínguez-Domínguez, M., Martínez-Zurimendi, P., Zavala-Cruz, J., Gómez-Guerrero, A., & Posada-Cruz, S. (2016). Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) de diferentes edades. *Madera y Bosques*, 22(3), 49-60. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2231456>
- Mehta, G., & Jade, D. (2024). Nine steps towards rehabilitation and restoration of degraded urban rivers. In *Managing Urban Rivers* (pp. 241-259). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85703-1.00004-3>
- Mutiani, M., Pramudito, S., Marlina, E., Muchlashin, A., & Ruslan, H. (2024). Strategi Pemanfaatan Bantaran Sungai untuk Pengembangan Masyarakat Berkelanjutan: Sebuah Analisis Sistematis. *Nusantara Community Empowerment Review*, 2(1), 1-8. <https://doi.org/10.55732/ncer.v2i1.1124>

- Neumann, D. (2002). Ecological Rehabilitation of a Degraded Large River System - Considerations Based on Case Studies of Macrozoobenthos and Fish in the Lower Rhine and Its Catchment Area. *International Review of Hydrobiology*, 87(2-3), 139-150. [https://doi.org/10.1002/1522-2632\(200205\)87:2/3<139::AID-IROH139>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/1522-2632(200205)87:2/3<139::AID-IROH139>3.0.CO;2-N)
- Polvi, L. E., & Mason, R. J. (2022, 2022/3/). Adjustment of channel morphology and complexity following restoration of timber-floated rivers.
- Prihandoko, R., & Nurjayanti, W. (2021). Strategi Pengembangan Wisata Air di Sungai Jenes Wisata Air sebagai Upaya untuk Mengatasi Aktivitas Limbah Ilegal di Kampung Batik Laweyan. Prosiding (SIAR) Seminar Ilmiah Arsitektur,
- Raat, A. J. P. (2001). Ecological rehabilitation of the Dutch part of the River Rhine with special attention to the fish. *Regulated Rivers: Research & Management*, 17(2), 131-144. <https://doi.org/10.1002/rrr.608>
- Rahmah, A. N. (2024). Perbandingan Sistem Kanal Kolonial Dan Modern Dalam Mengatasi Banjir Di Jakarta. *Jurnal Pendidikan Sosial Indonesia*, 1(3), 110-117.
- Rizki, N. Y. (2023). Restorasi Air Sungai Sebagai Wujud Implementasi River Engineering di Indonesia. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 99(1), 1-18.
- Scholz, M. (2024). Wetland systems as part of the sustainable flood retention basin concept. In *Wetlands for Water Pollution Control* (pp. 831-854). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13838-6.00049-5>
- Serra-Llobet, A., Jähnig, S. C., Geist, J., Kondolf, G. M., Damm, C., Scholz, M., Lund, J., Opperman, J. J., Yarnell, S. M., Pawley, A., Shader, E., Cain, J., Zingraff-Hamed, A., Grantham, T. E., Eisenstein, W., & Schmitt, R. (2022).

- Restoring Rivers and Floodplains for Habitat and Flood Risk Reduction: Experiences in Multi-Benefit Floodplain Management From California and Germany. *Frontiers in Environmental Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.778568>
- Stoffers, T., Altermatt, F., Baldan, D., Bilous, O., Borgwardt, F., Buijse, A. D., Bondar-Kunze, E., Cid, N., Erős, T., Ferreira, M. T., Funk, A., Haidvogel, G., Hohensinner, S., Kowal, J., Nagelkerke, L. A. J., Neuburg, J., Peller, T., Schmutz, S., Singer, G. A., Unfer, G., Vitecek, S., Jähnig, S. C., & Hein, T. (2024). Reviving Europe's rivers: Seven challenges in the implementation of the Nature Restoration Law to restore free-flowing rivers. *WIREs Water*, 11(3). <https://doi.org/10.1002/wat2.1717>
- van Dijk, G. M., Marteiijn, E. C. L., & Schulte-Wülwer-Leidig, A. (1995). Ecological rehabilitation of the River Rhine: Plans, progress and perspectives. *Regulated Rivers: Research & Management*, 11(3-4), 377-388. <https://doi.org/10.1002/rrr.3450110311>
- Wu, Y., Sun, J., Hu, B., Xu, Y. J., Rousseau, A. N., & Zhang, G. (2023). Can the combining of wetlands with reservoir operation reduce the risk of future floods and droughts? *Hydrology and Earth System Sciences*, 27(14), 2725-2745. <https://doi.org/10.5194/hess-27-2725-2023>

PROFIL PENULIS



Dr. S Andy Cahyono, S.P., M.Si.

Sarjana Pertanian dari Universitas Lampung dan melanjutkan master di Program Pascasarjana, Program Studi Ilmu Ekonomi Pertanian Institut Pertanian Bogor dengan beasiswa University Research for Graduate Education (URGE) batch V. Meraih Doktor Ilmu Kehutanan dari Program Pascasarjana Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.

Peneliti di Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Badan Penelitian Pengembangan dan Inovasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (BLI KLHK). Saat ini bekerja sebagai peneliti di Pusat Riset Ekologi dan Etnobotani Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Minat penelitiannya meliputi ekologi riparian, ekonomi sumber daya alam dan lingkungan, sosial ekonomi, daerah aliran sungai, agroforestri, kehutanan, agribisnis, perubahan iklim, ekowisata, penanggulangan bencana, resiliensi, tanah longsor, mata pencaharian, jasa ekologis, mitigasi dan adaptasi perubahan iklim, kelembagaan, kearifan lokal, dan kebijakan.

SISTEM SUNGAI DAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN BANJIR

Buku ini terdiri dari sebelas bab yang saling terintegrasi dan tersusun secara sistematis, yaitu:

1. Dasar-Dasar Hidrologi dan Hidraulika Sungai
2. Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Faktor-faktor Pengaruhnya
3. Proses Erosi, Transportasi, dan Sedimentasi di Sungai
4. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Risiko Banjir
5. Teknologi Pengendalian Banjir: Pendekatan Struktural
6. Pengendalian Banjir Berbasis Non-Struktural
7. Teknologi Pembangunan Bendungan, Tanggul, dan Waduk
8. Sistem Peringatan Dini dan Manajemen Krisis Banjir
9. Teknik Rekayasa Sungai untuk Mencegah Banjir
10. Perencanaan Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai untuk Pengendalian Banjir
11. Pemulihan Ekologis dan Restorasi Sungai sebagai Solusi Pengendalian Banjir



FUTURE SCIENCE

Jl. Terusan Surabaya, Gang 1 A No. 71 RT 002 RW 005,
Kel. Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang,
Provinsi Jawa Timur.
Website : www.futuresciencepress.com



IKAPI
IKATAN PENERBIT INDONESIA

No. 348/JTI/2022

ISBN 978-634-7216-62-5 (PDF)



9

786347

216625