Midranisiah | Neni Marlina | Maria Lusia

PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI



PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI

Midranisiah | Neni Marlina | Maria Lusia

Penerbit widina

PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI

Penulis:
Midranisiah,
Neni Marlina,
Maria Lusia.

Desain Cover:
Helmaria Ulfa

Sumber Ilustrasi:
www.freepik.com

Tata Letak:
Handarini Rohana

Editor:
Neneng Sri Wahyuni

ISBN:
978-634-317-530-8

Cetakan Pertama:
November, 2026

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang
by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:
WIDINA MEDIA UTAMA
Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 519/JBA/2025
Website: www.penerbitwidina.com
Instagram: @penerbitwidina
Telepon (022) 87355370

PRAKATA

Buku ini disusun sebagai respons terhadap meningkatnya urgensi pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) yang berkelanjutan di Indonesia dan dunia. DAS, sebagai unit hidrologis fundamental, menghadapi tekanan luar biasa akibat perubahan iklim, alih fungsi lahan yang masif, dan pertumbuhan populasi yang pesat. Fenomena-fenomena seperti banjir bandang, kekeringan ekstrem, dan degradasi kualitas air bukan lagi isu teoretis, melainkan realitas yang berdampak langsung pada ketahanan pangan, energi, dan keberlangsungan ekosistem. Oleh karena itu, diperlukan sebuah pendekatan keilmuan yang terstruktur, integratif, dan aplikatif untuk membekali para mahasiswa, praktisi, dan pemangku kebijakan dengan pemahaman mendalam mengenai sistem DAS yang kompleks.

Tujuan utama dari penulisan buku ini adalah untuk menyajikan kerangka kerja konseptual dan teoretis yang kokoh mengenai ilmu pengelolaan DAS, yang dipadukan dengan studi kasus relevan dan alat analisis praktis. Pembahasan di dalamnya dirancang untuk tidak hanya mentransfer pengetahuan, tetapi juga untuk merangsang pemikiran kritis mengenai dilema-dilema kebijakan, tantangan sosio-ekonomi, dan inovasi teknologi dalam konteks pengelolaan sumber daya air. Buku ini diharapkan dapat menjadi referensi utama yang menjembatani kesenjangan antara teori hidrologi dan praktik pengelolaan di lapangan, serta menginspirasi lahirnya solusi-solusi inovatif untuk masa depan DAS yang lebih resilien dan berkelanjutan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku berjudul "Pengelolaan Daerah Aliran Sungai". Buku ini dirancang sebagai panduan komprehensif bagi para mahasiswa program studi geografi, teknik sipil, kehutanan, pertanian, dan ilmu lingkungan yang ingin memahami kompleksitas Daerah Aliran Sungai sebagai sebuah sistem ekologis, hidrologis, dan sosial yang terintegrasi. Harapan terbesar penulis adalah agar buku ini tidak hanya menjadi materi bacaan wajib, tetapi juga menjadi pemicu diskusi, penelitian, dan aksi nyata di kalangan akademisi dan praktisi muda.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, dan inspirasi selama proses penulisan. Kepada rekan-rekan sejawat, terima kasih atas diskusi-diskusi produktif yang memperkaya substansi buku ini. Kepada para mahasiswa, semangat dan pertanyaan-pertanyaan kritis Anda menjadi bahan bakar utama dalam menyajikan materi yang relevan dan mudah dipahami. Semoga buku ajar ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik pengelolaan DAS di Indonesia, serta mencetak generasi profesional yang mampu menjawab tantangan-tantangan sumber daya air di masa depan dengan bijaksana dan bertanggung jawab.

DAFTAR ISI

PRAKATA ..... **iii**
KATA PENGANTAR ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **v**
BAB 1: PENDAHULUAN DAERAH ALIRAN SUNGAI **1**
Tujuan Pembelajaran 1
Pendahuluan 1
A. Konsep Dasar Daerah Aliran Sungai 3
B. Hierarki Penamaan dan Klasifikasi DAS 7
C. Bentuk dan Morfologi DAS 11
Rangkuman Bab 16
Latihan Mahasiswa 17
Glosarium Bab 19
Daftar Pustaka Bab 20
BAB 2: PERMASALAHAN DAN PENGELOLAAN DAS **23**
Tujuan Pembelajaran 23
Pendahuluan 23
A. Identifikasi Masalah Utama DAS 25
B. Prinsip Pengelolaan DAS Terpadu 29
C. Tantangan dalam Pengelolaan DAS 34
Rangkuman Bab 37
Latihan Mahasiswa 38
Glosarium Bab 41
Daftar Pustaka Bab 42
BAB 3: DAS SEBAGAI SUATU SISTEM (SIKLUS AIR) **45**
Tujuan Pembelajaran 45
Pendahuluan 45
A. Karakteristik DAS sebagai Sistem 48
B. Proses Hidrologi di Daerah Aliran Sungai 52
C. Neraca Air DAS 55
Rangkuman Bab 60
Latihan Mahasiswa 61
Glosarium Bab 63
Daftar Pustaka Bab 64

BAB 4: ALIRAN PERMUKAAN (SURFACE RUNOFF) 67
Tujuan Pembelajaran 67
Pendahuluan 67
A. Bentuk-bentuk Aliran Permukaan 69
B. Sifat dan Karakteristik Aliran 73
C. Analisis Debit Sungai 77
Rangkuman Bab 82
Latihan Mahasiswa 83
Glosarium Bab 85
Daftar Pustaka Bab 86
BAB 5: INFILTRASI 89
Tujuan Pembelajaran 89
Pendahuluan 89
A. Pengertian dan Mekanisme Infiltrasi 91
B. Faktor yang Mempengaruhi Infiltrasi 95
C. Metode Perhitungan Infiltrasi 99
Rangkuman Bab 104
Latihan Mahasiswa 104
Glosarium Bab 107
Daftar Pustaka Bab 107
BAB 6: EROSI DAN SEDIMENTASI 109
Tujuan Pembelajaran 109
Pendahuluan 109
A. Proses Erosi di DAS 111
B. Faktor yang Mempengaruhi Erosi 115
C. Dinamika Sedimentasi 119
Rangkuman Bab 123
Latihan Mahasiswa 124
Glosarium Bab 127
Daftar Pustaka Bab 127
BAB 7: BANJIR DAN KEKERINGAN (KERUSAKAN DAS) 129
Tujuan Pembelajaran 129
Pendahuluan 129
A. Fenomena Kerusakan Daerah Aliran Sungai 131
B. Mengevaluasi Tingkat Kerusakan DAS 135
C. Banjir dan Kekeringan sebagai Indikator 140
Rangkuman Bab 144
Latihan Mahasiswa 145
Glosarium Bab 147
Daftar Pustaka Bab 148

BAB 8: KONSERVASI TANAH DAN AIR 151
Tujuan Pembelajaran 151
Pendahuluan 151
A. Menganalisis Konservasi Tanah 153
B. Mengevaluasi Pengelolaan DAS 157
C. Integrasi Teknik dan Ekosistem 161
Rangkuman Bab 166
Latihan Mahasiswa 166
Glosarium Bab 169
Daftar Pustaka Bab 169
BAB 9: PERENCANAAN STRATEGIS DAS 171
Tujuan Pembelajaran 171
Pendahuluan 171
A. Strategi Teknis Konservasi Tanah dan Air (KTA) 173
B. Strategi Sosial Ekonomi dan Budaya 177
C. Strategi Kebijakan 182
Rangkuman Bab 186
Latihan Mahasiswa 187
Glosarium Bab 189
Daftar Pustaka Bab 190
BAB 10: PERANCANGAN STRATEGI PENGELOLAAN 193
Tujuan Pembelajaran 193
Pendahuluan 193
A. Perencanaan Teknis Operasional (KTA) 195
B. Implementasi Sosial Ekonomi dan Budaya 199
C. Implementasi Kebijakan 202
Rangkuman Bab 206
Latihan Mahasiswa 207
Glosarium Bab 209
Daftar Pustaka Bab 210
BAB 11: STUDI KASUS PENGELOLAAN DAS 213
Tujuan Pembelajaran 213
Pendahuluan 213
A. Mengevaluasi Studi Kasus DAS Hulu 215
B. Mengevaluasi Studi Kasus DAS Hilir 219
C. Komparasi Kasus Berbagai Wilayah 223
Rangkuman Bab 228
Latihan Mahasiswa 228
Glosarium Bab 231
Daftar Pustaka Bab 232

BAB 12: MONITORING DAN EVALUASI (MONEV).....235
Tujuan Pembelajaran 235
Pendahuluan 235
A. Dasar-dasar Monitoring DAS 237
B. Teknik Evaluasi Kinerja DAS..... 241
C. Pelaporan Hasil Monev..... 245
Rangkuman Bab 249
Latihan Mahasiswa..... 249
Glosarium Bab..... 252
Daftar Pustaka Bab..... 253
BAB 13: TEKNOLOGI SPASIAL DALAM PENGELOLAAN DAS.....255
Tujuan Pembelajaran 255
Pendahuluan 255
A. Penggunaan GIS dalam DAS 257
B. Penginderaan Jauh untuk Monitoring..... 261
C. Sistem Pendukung Keputusan (DSS)..... 266
Rangkuman Bab 269
Latihan Mahasiswa..... 270
Glosarium Bab..... 273
Daftar Pustaka Bab..... 274
BAB 14: TANTANGAN DAN MASA DEPAN PENGELOLAAN DAS.....277
Tujuan Pembelajaran 277
Pendahuluan 277
A. Dampak Perubahan Iklim 279
B. Keberlanjutan Pengelolaan DAS..... 283
C. Arah Masa Depan DAS Indonesia 286
Rangkuman Bab 290
Latihan Mahasiswa..... 291
Glosarium Bab..... 293
Daftar Pustaka Bab..... 294
REFERENSI 297
GLOSARIUM 306

BAB 1:

PENDAHULUAN DAERAH ALIRAN SUNGAI

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan definisi Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai satu kesatuan unit hidrologis dan ekologis.
2. Mengidentifikasi komponen-komponen utama yang menyusun ekosistem DAS.
3. Menganalisis pentingnya DAS bagi keberlangsungan kehidupan manusia dan lingkungan.
4. Membedakan sistem klasifikasi DAS berdasarkan skala, hierarki, dan karakteristik topografi.
5. Menjelaskan faktor-faktor utama yang mempengaruhi bentuk dan morfologi DAS.
6. Menguraikan pengaruh geometri DAS terhadap karakteristik aliran air permukaan.
7. Menerapkan konsep dasar analisis morfometri untuk mengkuantifikasi karakteristik DAS.

Pendahuluan

Pernahkah Anda mempertanyakan mengapa kualitas air di sebuah kota pesisir sangat dipengaruhi oleh praktik pertanian di wilayah pegunungan yang berjarak ratusan kilometer? Atau mengapa penebangan hutan di satu kabupaten dapat memicu bencana banjir di kabupaten lain yang berada di hilir? Jawaban atas pertanyaan-pertanyaan ini terpusat pada sebuah konsep fundamental dalam ilmu hidrologi dan geografi fisik, yaitu Daerah Aliran Sungai atau DAS. Konsep ini menyediakan kerangka kerja esensial untuk memahami bagaimana air, sedimen, nutrien, dan polutan bergerak melintasi lanskap, dari titik tertinggi di pegunungan hingga mencapai muara di laut. Pemahaman terhadap DAS bukan sekadar latihan akademis,

- **Daerah Aliran Sungai (DAS)**: Suatu hamparan wilayah daratan yang secara topografis menampung air hujan dan mengalirkannya melalui jaringan sungai ke satu titik keluaran (*outlet*) tunggal.
- **Hidrograf**: Grafik yang merepresentasikan fluktuasi debit aliran sungai terhadap waktu, biasanya sebagai respons terhadap suatu kejadian hujan.
- **Kerapatan Drainase (*Drainage Density*)**: Indeks morfometri yang mengukur total panjang semua alur sungai per satuan luas DAS, mengindikasikan efisiensi sistem drainase.
- **Morfometri DAS**: Pengukuran kuantitatif dan analisis terhadap karakteristik bentuk (areal, linear, dan relief) dari suatu Daerah Aliran Sungai dan jaringan sungainya.
- **Orde Sungai**: Sistem penomoran hierarkis untuk segmen-segmen sungai dalam suatu jaringan drainase, yang paling umum adalah sistem Strahler.
- **Outlet**: Titik terendah pada batas DAS di mana semua air dari dalam DAS tersebut mengalir keluar.

Daftar Pustaka Bab

- Ali, A., & Bilal, M. (2025). A comprehensive review of GIS and remote sensing applications in assessing land use and land cover impacts on groundwater systems. *Environmental Science and Pollution Research, 32*, 18631-18652. https://doi.org/10.1007/s11356-025-36787-5
- Arefin, R., Frame, J., Tick, G., Bussan, D. D., Goodliffe, A., & Zhang, Y. (2025). SWAT Machine Learning-Integrated Modeling for Ranking Watershed Vulnerability to Climate Variability and Land-Use Change in Alabama, USA, in 1990–2023. *Environments, 12*(10), 395. https://doi.org/10.3390/environments12100395
- Dechasa, A., Dibaba, W., Aga, A. O., Worku, M. G., Feye, M. D., Kopesa, F. B., Gebisa, B., Legese, B., & Abate, A. T. (2025). Modeling the Hydrological Process of the Genale Dawa-3 Dam Watershed, Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science, 2025*, 8848852. https://doi.org/10.1155/aess/8848852
- Gezahegn, R., & Mengistu, F. (2025). Morphometric and land use land cover analysis for the management of water resources in Guder sub-basin, Ethiopia. *Applied Water Science, 15*. https://doi.org/10.1007/s13201-024-02325-w

- He, C., & James, L. (2021). Watershed science: Linking hydrological science with sustainable management of river basins. *Science China Earth Sciences, 64*, 677-690. https://doi.org/10.1007/s11430-020-9723-4
- K., G., & R., S. S. (2024). Prioritization of watershed using morphometric parameters through geospatial and PCA technique for Noyyal River Basin, Tamil Nadu, India. *Journal of Water and Climate Change, 15*(3), 987-1005. https://doi.org/10.2166/wcc.2024.546
- Liu, H., Yan, H., & Guan, M. (2025). Evaluating the effects of topography and land use change on hydrological signatures: a comparative study of two adjacent watersheds. *Hydrology and Earth System Sciences, 29*, 2109–2125. https://doi.org/10.5194/hess-29-2109-2025
- Muttaqin, A., S., & K. (2021). Estimation of peak runoff impact from land use change using remote sensing and GIS in Keduang sub-watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 824*. https://doi.org/10.1088/1755-1315/824/1/012005
- Nurqutni, N., Reflis, R., Sulstyo, B., & Sukisno, S. (2024). Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Lematang Ulu Terpadu : Tinjauan Literatur. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik, 2*(3), 112-120. https://doi.org/10.61132/venus.v2i3.345
- Silva, T. P., Bressiani, D., Ebling, É., & Reichert, J. M. (2023). Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. *International Soil and Water Conservation Research, 11*(4), 651-662. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.06.003
- Singh, M., Sur, K., Al-Ansari, N., Arya, P., Verma, V., & Malik, A. (2023). GIS integrated RUSLE model-based soil loss estimation and watershed prioritization for land and water conservation aspects. *Frontiers in Environmental Science, 11*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1136243

BAB 2:

PERMASALAHAN DAN PENGELOLAAN DAS

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Mengidentifikasi tiga masalah utama yang umum terjadi di Daerah Aliran Sungai.
- Menganalisis dampak spesifik dari alih fungsi lahan dan limbah terhadap ekosistem DAS.
- Menjelaskan akar penyebab konflik pemanfaatan ruang dalam suatu DAS.
- Menguraikan prinsip-prinsip fundamental dari Pengelolaan DAS Terpadu (PDAS Terpadu).
- Menganalisis pentingnya koordinasi lintas sektor dan partisipasi masyarakat dalam keberhasilan pengelolaan DAS.
- Mengidentifikasi tantangan-tantangan utama dalam implementasi pengelolaan DAS, termasuk aspek kebijakan, sosial, dan iklim.
- Mengevaluasi bagaimana dinamika kependudukan dan perubahan iklim global menjadi faktor pendorong degradasi DAS.

Pendahuluan

Setelah pada bab sebelumnya kita membangun pemahaman mengenai Daerah Aliran Sungai sebagai sebuah unit analisis yang fundamental, kini kita akan mengalihkan fokus pada realitas yang sering kali suram, yaitu krisis yang mengancam fungsi dan keberlanjutan DAS di seluruh dunia. Sebuah sungai yang tampak tenang mengalir di jantung kota mungkin saja membawa beban polutan industri yang tak kasat mata dari kawasan hulu. Lahan pertanian yang subur di lembah sungai bisa jadi merupakan hasil dari pembukaan hutan di lereng-lereng gunung, sebuah tindakan yang secara perlahan namun pasti meningkatkan risiko banjir dan longsor bagi masyarakat di hilir. Permasalahan-permasalahan ini jarang sekali berdiri

Daftar Pustaka Bab

- Ayalew, A. D., Wagner, P., Tigabu, T. B., Sahlu, D., & Fohrer, N. (2023). Hydrological responses to land use and land cover change and climate dynamics in the Rift Valley Lakes Basin, Ethiopia. *Journal of Water and Climate Change, 14*(9), 3237–3257. https://doi.org/10.2166/wcc.2023.138
- Bojer, A., Abshare, M. W., Mesfin, F., & Al-Quraishi, A. F. M. (2025). Assessing climate and land use impacts on surface water yield using remote sensing and machine learning. *Scientific Reports, 15*, 3493. https://doi.org/10.1038/s41598-025-03493-8
- Edial, H., Fatihah, A., Mardhatillah, F., Kausesra, L., Berlian, M., Silalahi, M. H. F., Irfansyah, M., Rosa, N., & Salsabila, T. R. N. (2025). Management of the Upstream Ciliwung Watershed, Bogor Regency. *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education, 9*(1), 12-18. https://doi.org/10.24036/sjdgge.v9i1.642
- He, C., & James, L. (2021). Watershed science: Linking hydrological science with sustainable management of river basins. *Science China Earth Sciences, 64*, 677-690. https://doi.org/10.1007/s11430-020-9723-4
- Nurqutni, N., Reflis, R., Sulstyo, B., & Sukisno, S. (2024). Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Lematang Ulu Terpadu : Tinjauan Literatur. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik, 2*(3), 112-120. https://doi.org/10.61132/venus.v2i3.345
- Purnomo, A., & Lee, Y. H. (2022). Challenges and strategies for integrated watershed management in Indonesia: A review. *Water, 14*(15), 2345. https://doi.org/10.3390/w14152345
- Rahman, M. M., & Rahaman, M. M. (2021). A review of integrated watershed management: A challenge for transboundary water governance. *International Journal of River Basin Management, 19*(4), 425-435. https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1759239
- Silva, T. P., Bressiani, D., Ebling, É., & Reichert, J. M. (2023). Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. *International Soil and Water Conservation Research, 11*(4), 651-662. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.06.003
- Suri, I. K., & Dwivedi, R. (2023). Participatory watershed management: A systematic review of challenges and success factors. *Environmental Management, 71*, 1047–1063. https://doi.org/10.1007/s00267-023-01799-z

- Ullah, S., Ali, U., Rashid, M., Haider, S., Kisi, O., Vishwakarma, D. K., Raza, A., Alataway, A., Dewidar, A., & Mattar, M. A. (2024). Evaluating land use and climate change impacts on Ravi river flows using GIS and hydrological modeling approach. *Scientific Reports, 14*, 73355. https://doi.org/10.1038/s41598-024-73355-2
- Wahyuni, S., & Purnomo, E. P. (2021). Institutional arrangement for sustainable watershed management in a decentralized Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management, 8*(3), 2735-2742. https://doi.org/10.15243/jdmlm.2021.083.2735

BAB 3:

DAS SEBAGAI SUATU SISTEM (SIKLUS AIR)

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Menjelaskan konsep Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai sebuah sistem terbuka.
- Mengidentifikasi input, proses, dan output utama dalam sistem hidrologi DAS.
- Menganalisis interaksi dinamis antara komponen biotik dan abiotik yang menggerakkan siklus air.
- Menjelaskan konsep keseimbangan sistem dan bagaimana gangguan dapat memengaruhinya.
- Menguraikan proses-proses hidrologi kunci, termasuk presipitasi, evapotranspirasi, dan transmisi air.
- Menerapkan prinsip dasar persamaan neraca air untuk menganalisis ketersediaan air dalam suatu DAS.
- Mengevaluasi faktor-faktor yang menentukan kondisi surplus atau defisit air dalam sebuah DAS.

Pendahuluan

Kita sering kali melihat sebuah sungai dan menganggapnya sebagai entitas yang terpisah, sebuah saluran air yang kebetulan melintasi lanskap. Namun, bagaimana jika kita mengubah perspektif secara radikal? Bayangkan sebuah DAS bukan sebagai sebuah tempat, melainkan sebagai sebuah mesin pengolah raksasa yang hidup. Mesin ini menerima bahan baku berupa air hujan, memprosesnya melalui serangkaian mekanisme yang rumit melibatkan tanah, vegetasi, dan topografi, lalu menghasilkan produk akhir berupa aliran sungai, uap air, dan cadangan air tanah. Perspektif ini, yang memandang DAS sebagai sebuah sistem, adalah kunci

- **Neraca Air (*Water Balance*)**: Suatu persamaan akuntansi untuk air di dalam suatu wilayah (DAS) selama periode waktu tertentu, berdasarkan prinsip kekekalan massa (Input - Output = Perubahan Penyimpanan).
- **Presipitasi**: Segala bentuk uap air yang terkondensasi dan jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi, seperti hujan, salju, dan embun.
- **Sistem Terbuka**: Sebuah sistem yang memungkinkan adanya pertukaran materi dan energi dengan lingkungannya melintasi batas-batas sistem.
- **Waktu Konsentrasi (*Time of Concentration*)**: Waktu yang dibutuhkan oleh air hujan yang jatuh di titik paling jauh secara hidrologis di dalam DAS untuk mencapai titik keluaran (*outlet*).

Daftar Pustaka Bab

- Arefin, R., Frame, J., Tick, G., Bussan, D. D., Goodliffe, A., & Zhang, Y. (2025). SWAT Machine Learning-Integrated Modeling for Ranking Watershed Vulnerability to Climate Variability and Land-Use Change in Alabama, USA, in 1990–2023. *Environments, 12*(10), 395. https://doi.org/10.3390/environments12100395
- Bojer, A., Abshare, M. W., Mesfin, F., & Al-Quraishi, A. F. M. (2025). Assessing climate and land use impacts on surface water yield using remote sensing and machine learning. *Scientific Reports, 15*, 3493. https://doi.org/10.1038/s41598-025-03493-8
- Dechasa, A., Dibaba, W., Aga, A. O., Worku, M. G., Feye, M. D., Kopesa, F. B., Gebisa, B., Legese, B., & Abate, A. T. (2025). Modeling the Hydrological Process of the Genale Dawa-3 Dam Watershed, Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science, 2025*, 8848852. https://doi.org/10.1155/aess/8848852
- Guzman, C. D., Nolasco-Javier, D. L., & landicho, L. D. (2022). Modeling the watershed hydrology of the Marikina River Basin, Philippines using the soil and water assessment tool (SWAT). *Environmental and Climate Technologies, 26*(1), 1083-1099. https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0082
- He, C., & James, L. (2021). Watershed science: Linking hydrological science with sustainable management of river basins. *Science China Earth Sciences, 64*, 677-690. https://doi.org/10.1007/s11430-020-9723-4
- Jiao, Y., & Li, Z. (2023). A review of watershed hydrological models. *Water, 15*(21), 3845. https://doi.org/10.3390/w15213845

- Kumar, A., Kanga, S., Taloor, A. K., Singh, S. K., & Đurin, B. (2021). Surface runoff estimation of a watershed using SCS-CN method and Earth observation datasets. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 10*(11), 723. https://doi.org/10.3390/ijgi10110723
- Liu, H., Yan, H., & Guan, M. (2025). Evaluating the effects of topography and land use change on hydrological signatures: a comparative study of two adjacent watersheds. *Hydrology and Earth System Sciences, 29*, 2109–2125. https://doi.org/10.5194/hess-29-2109-2025
- Muhidin, M. S., Ayana, M., Gonfa, Z. B., Alamerew, T., & Gessesse, G. D. (2025). Modeling Surface Runoff Response to Soil and Water Conservation Measures using QSWAT+ in the Northeastern Highlands of Ethiopia. *International Journal of Applied Science and Technology, 14*, 4. https://doi.org/10.30845/ijast.v14p4
- Sun, W., Song, Z., & Yao, G. (2022). A review of machine learning in watershed-scale hydrological modeling. *Water, 14*(12), 1961. https://doi.org/10.3390/w14121961
- Yadav, A., & Singh, R. (2024). Spatio-temporal Estimation of Evapotranspiration and Runoff in Sub-Watersheds of a Basin Using ArcSWAT. *National Academy Science Letters, 47*, 649-653. https://doi.org/10.1007/s40009-024-01395-3
- Zhang, L., Nan, Z., & Xu, Y. (2021). A review of integrated surface water-groundwater modeling. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 8*(5), e1543. https://doi.org/10.1002/wat2.1543

BAB 4:

ALIRAN PERMUKAAN (SURFACE RUNOFF)

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Membedakan tiga bentuk utama aliran yang menyusun debit sungai, yaitu aliran permukaan langsung, aliran antara, dan aliran dasar.
- Menganalisis faktor-faktor fisik DAS, seperti vegetasi dan kemiringan lereng, yang memengaruhi karakteristik aliran permukaan.
- Menjelaskan hubungan antara kecepatan aliran dan hambatan yang diciptakan oleh permukaan lahan.
- Menguraikan prinsip dasar pengukuran dan perhitungan debit aliran sungai.
- Menginterpretasikan komponen-komponen kunci dari sebuah hidrograf aliran sungai.
- Menganalisis penyebab fluktuasi debit sungai, baik secara musiman maupun tahunan.
- Mengevaluasi bagaimana aktivitas manusia, seperti urbanisasi, dapat mengubah respons aliran permukaan suatu DAS.

Pendahuluan

Sebuah alur sungai yang tenang di hari yang cerah dapat berubah menjadi arus deras yang menghancurkan hanya dalam hitungan jam setelah badai petir melanda kawasan hulu. Transformasi dramatis ini adalah manifestasi paling nyata dari sebuah proses hidrologis fundamental yang dikenal sebagai aliran permukaan atau *surface runoff*. Proses ini, yang sering kali dianggap sebagai air "sisa" yang tidak dapat diserap oleh tanah, pada kenyataannya merupakan komponen paling dinamis dan kuat dalam siklus air di tingkat DAS. Aliran permukaan adalah penghubung utama antara curah hujan yang jatuh di daratan dan aliran air yang terukur di

Daftar Pustaka Bab

- Arefin, R., Frame, J., Tick, G., Bussan, D. D., Goodliffe, A., & Zhang, Y. (2025). SWAT Machine Learning-Integrated Modeling for Ranking Watershed Vulnerability to Climate Variability and Land-Use Change in Alabama, USA, in 1990–2023. *Environments, 12*(10), 395. https://doi.org/10.3390/environments12100395
- Ayalew, A. D., Wagner, P., Tigabu, T. B., Sahlu, D., & Fohrer, N. (2023). Hydrological responses to land use and land cover change and climate dynamics in the Rift Valley Lakes Basin, Ethiopia. *Journal of Water and Climate Change, 14*(9), 3237–3257. https://doi.org/10.2166/wcc.2023.138
- Beven, K. J. (2020). A history of the concept of time of concentration. *Hydrology and Earth System Sciences, 24*(5), 2655–2670. https://doi.org/10.5194/hess-24-2655-2020
- Gezahegn, R., & Mengistu, F. (2025). Morphometric and land use land cover analysis for the management of water resources in Guder sub-basin, Ethiopia. *Applied Water Science, 15*. https://doi.org/10.1007/s13201-024-02325-w
- He, C., & James, L. (2021). Watershed science: Linking hydrological science with sustainable management of river basins. *Science China Earth Sciences, 64*, 677-690. https://doi.org/10.1007/s11430-020-9723-4
- Ho, H. V., Ekkawatpanit, C., & Koga, K. (2021). Impact of land-use changes on the runoff and sediment yield in the Srepok River Basin of the Lower Mekong: A case study. *Water, 13*(11), 1598. https://doi.org/10.3390/w13111598
- Liu, H., Yan, H., & Guan, M. (2025). Evaluating the effects of topography and land use change on hydrological signatures: a comparative study of two adjacent watersheds. *Hydrology and Earth System Sciences, 29*, 2109–2125. https://doi.org/10.5194/hess-29-2109-2025
- Muhidin, M. S., Ayana, M., Gonfa, Z. B., Alamerew, T., & Gessesse, G. D. (2025). Modeling Surface Runoff Response to Soil and Water Conservation Measures using QSWAT+ in the Northeastern Highlands of Ethiopia. *International Journal of Applied Science and Technology, 14*, 4. https://doi.org/10.30845/ijast.v14p4
- Muttaqin, A., S., & K. (2021). Estimation of peak runoff impact from land use change using remote sensing and GIS in Keduang sub-watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 824*. https://doi.org/10.1088/1755-1315/824/1/012005

- Silva, T. P., Bressiani, D., Ebling, É., & Reichert, J. M. (2023). Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. *International Soil and Water Conservation Research, 11*(4), 651-662. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.06.003
- Ullah, S., Ali, U., Rashid, M., Haider, S., Kisi, O., Vishwakarma, D. K., Raza, A., Alataway, A., Dewidar, A., & Mattar, M. A. (2024). Evaluating land use and climate change impacts on Ravi river flows using GIS and hydrological modeling approach. *Scientific Reports, 14*, 73355. https://doi.org/10.1038/s41598-024-73355-2
- Westerberg, I., & McMillan, H. (2022). Uncertainty in hydrological signatures. *Hydrological Sciences Journal, 67*(1), 1-17. https://doi.org/10.1080/02626667.2021.2012432

BAB 5:

INFILTRASI

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Menjelaskan mekanisme fisik dari proses peresapan air ke dalam tanah (infiltrasi).
- Membedakan secara konseptual antara kapasitas infiltrasi dan laju infiltrasi aktual.
- Menganalisis hubungan terbalik antara laju infiltrasi dengan pembentukan aliran permukaan.
- Mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mengontrol laju infiltrasi, termasuk karakteristik tanah dan tutupan lahan.
- Mengevaluasi bagaimana kelembaban tanah awal dan intensitas hujan memengaruhi proses infiltrasi.
- Menjelaskan prinsip dasar dari model-model infiltrasi empiris (Horton) dan fisik (Philip).
- Menguraikan prosedur pengukuran infiltrasi secara langsung di lapangan menggunakan infiltrometer.

Pendahuluan

Di tengah hiruk pikuk aliran permukaan yang kasat mata saat badai, sebuah proses hidrologis yang sunyi namun sangat menentukan sedang berlangsung tepat di bawah kaki kita. Proses ini adalah infiltrasi, pergerakan air dari permukaan tanah ke dalam matriks tanah. Meskipun tidak terlihat, infiltrasi adalah salah satu persimpangan jalan paling kritis dalam siklus air di tingkat DAS. Keputusan "nasib" setiap tetes air hujan, apakah akan mengalir deras di permukaan sebagai limpasan atau meresap perlahan ke dalam tanah sebagai cadangan kehidupan, ditentukan oleh proses ini. Infiltrasi adalah penjaga gerbang yang memisahkan antara aliran cepat

2. Tuangkan segelas air (sekitar 250 ml) secara perlahan di kedua lokasi tersebut. Catat berapa lama waktu yang dibutuhkan air untuk meresap sepenuhnya di area taman. Bandingkan dengan apa yang terjadi di area parkir.
3. Berdasarkan pengamatan Anda, hubungkan perbedaan perilaku air tersebut dengan konsep kapasitas infiltrasi. Tuliskan kesimpulan singkat mengenai bagaimana perubahan tutupan lahan memengaruhi infiltrasi dan potensi limpasan di lingkungan Anda.

Glosarium Bab

- **Gaya Kapiler**: Gaya yang disebabkan oleh adhesi dan kohesi molekul air di dalam pori-pori kecil tanah, yang mampu menarik air ke segala arah, bahkan melawan gravitasi.
- **Infiltrasi**: Proses masuknya air dari permukaan tanah ke dalam matriks tanah.
- **Infiltrometer**: Instrumen yang digunakan di lapangan untuk mengukur laju infiltrasi tanah secara langsung pada suatu titik.
- **Kapasitas Infiltrasi (*Infiltration Capacity*)**: Laju maksimum di mana tanah dalam kondisi tertentu mampu menyerap air. Nilai ini menurun seiring waktu selama hujan.
- **Konduktivitas Hidrolik Jenuh (Ksat)**: Ukuran kemudahan tanah untuk melalukan atau mentransmisikan air ketika seluruh pori terisi penuh oleh air.
- **Model Horton**: Model infiltrasi empiris yang menggambarkan penurunan kapasitas infiltrasi dari waktu ke waktu sebagai fungsi peluruhan eksponensial.
- **Model Philip**: Model infiltrasi berbasis fisika yang menggambarkan laju infiltrasi sebagai fungsi dari sorptivitas (efek kapiler) dan konduktivitas hidrolik (efek gravitasi).
- **Penyegelan Permukaan (*Surface Sealing*)**: Proses di mana pori-pori di permukaan tanah tersumbat oleh partikel-partikel halus yang terlepas akibat tumbukan butir hujan, yang secara drastis mengurangi kapasitas infiltrasi.

Daftar Pustaka Bab

- Ajami, H., & Farschchi, P. (2022). A review of soil infiltration models. *Journal of Hydrology, 612*, 128144. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128144

- Ang, S. Y., & Tso, C. H. (2021). Review: Land use land cover and its impact on infiltration. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 774*(1), 012003. https://doi.org/10.1088/1755-1315/774/1/012003
- Chahinian, N., & Rosnet, F. (2023). A comparison of infiltration models for hydrological modeling. *Hydrological Processes, 37*(3), e14835. https://doi.org/10.1002/hyp.14835
- Das, S., & Pattanayak, S. (2022). Influence of land use and land cover change on soil infiltration characteristics: A case study. *Environment, Development and Sustainability, 24*, 11185–11205. https://doi.org/10.1007/s10668-021-02002-8
- Garg, N., & Singh, R. (2021). A review of infiltration measurement techniques and their application. *Catena, 203*, 105342. https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105342
- Horton, R. E. (1933). The role of infiltration in the hydrologic cycle. *Transactions, American Geophysical Union, 14*(1), 446–460.
- Li, Y., & Li, Z. (2024). Impact of antecedent soil moisture on infiltration and runoff generation under different vegetation cover. *Journal of Hydrology, 630*, 130712. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.130712
- Melo, T. A., & Wendland, E. (2022). Evaluating the performance of Horton, Philip, and Green-Ampt infiltration models in a tropical soil. *Geoderma Regional, 29*, e00508. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00508
- Philip, J. R. (1957). The theory of infiltration: 1. The infiltration equation and its solution. *Soil Science, 83*(5), 345–358.
- Rahman, M. A., & Rahaman, M. M. (2020). Soil texture, structure, and their relationship with infiltration rate. *SN Applied Sciences, 2*, 1823. https://doi.org/10.1007/s42452-020-03612-2
- Sihombing, R. P., & Saragih, D. (2022). Analysis of soil infiltration rate on various land uses in the upstream area of Deli watershed, North Sumatra. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1089*(1), 012037. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1089/1/012037
- Zhang, W., & Shao, Q. (2021). Effects of urbanization on soil infiltration capacity: A review. *Science of The Total Environment, 785*, 147259. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147259

BAB 6:

EROSI DAN SEDIMENTASI

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Menjelaskan mekanisme fundamental pemecahan dan pelepasan partikel tanah oleh energi air.
- Mengidentifikasi dan membedakan empat jenis utama erosi air: erosi percik, lembar, alur, dan parit.
- Menganalisis faktor-faktor utama yang mengontrol laju erosi, termasuk erosivitas hujan, erodibilitas tanah, topografi, dan vegetasi.
- Menguraikan proses transportasi sedimen di dalam sistem sungai.
- Menjelaskan mekanisme pengendapan (deposisi) sedimen ketika energi aliran menurun.
- Mengevaluasi dampak negatif dari sedimentasi yang berlebihan, terutama pendangkalan badan air.
- Menerapkan konsep-konsep erosi dan sedimentasi untuk memahami degradasi DAS.

Pendahuluan

Tanah yang kita pijak sering kali dianggap sebagai sesuatu yang permanen dan abadi. Kenyataannya, lapisan tanah atas (*topsoil*) yang subur adalah sumber daya yang sangat berharga, terbentuk melalui proses pelapukan batuan dan dekomposisi organik yang memakan waktu ribuan tahun. Lapisan tipis inilah yang menopang hampir seluruh produksi pangan dan keanekaragaman hayati daratan. Namun, apa yang membutuhkan waktu ribuan tahun untuk terbentuk, dapat hilang hanya dalam satu kali kejadian hujan badai yang hebat. Proses penghilangan lapisan tanah berharga ini dikenal sebagai erosi. Erosi adalah salah satu bentuk degradasi lahan yang paling merusak dan merupakan salah satu tantangan lingkungan paling serius yang dihadapi peradaban manusia.

Glosarium Bab

- **Deposisi (Pengendapan)**: Proses di mana sedimen yang diangkut oleh air, angin, atau es diendapkan karena penurunan energi transport.
- **Erodibilitas Tanah**: Ukuran kerentanan atau kemudahan intrinsik dari suatu jenis tanah untuk mengalami erosi oleh hujan dan aliran permukaan.
- **Erosi**: Proses pelepasan dan pengangkutan partikel tanah atau batuan dari permukaan bumi oleh agen-agen alami seperti air, angin, atau es.
- **Erosivitas Hujan**: Ukuran potensi atau kemampuan curah hujan untuk menyebabkan erosi, yang merupakan fungsi dari energi kinetik dan intensitasnya.
- **Hasil Sedimen (*Sediment Yield*)**: Total massa atau volume sedimen yang diangkut keluar dari suatu DAS melalui *outlet*-nya per satuan waktu.
- **Pendangkalan (*Siltation/Aggradation*)**: Akumulasi sedimen, terutama yang berbutir halus, di dasar sungai, danau, atau waduk, yang menyebabkan penurunan kedalaman dan kapasitas.
- **Sedimen**: Material padat (partikulat) yang telah tererosi dan diangkut oleh fluida (biasanya air) dan pada akhirnya diendapkan.
- **Universal Soil Loss Equation (USLE)**: Model empiris yang banyak digunakan untuk memprediksi kehilangan tanah tahunan rata-rata akibat erosi lembar dan alur sebagai fungsi dari beberapa faktor (iklim, tanah, topografi, dan pengelolaan).

Daftar Pustaka Bab

- Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J. E., Alewell, C., Wuepper, D., Montanarella, L., & Ballabio, C. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences, 117*(36), 21994–22001. https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117
- Guzman, C. D., Nolasco-Javier, D. L., & landicho, L. D. (2022). Modeling the watershed hydrology of the Marikina River Basin, Philippines using the soil and water assessment tool (SWAT). *Environmental and Climate Technologies, 26*(1), 1083-1099. https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0082
- Ho, H. V., Ekkawatpanit, C., & Koga, K. (2021). Impact of land-use changes on the runoff and sediment yield in the Srepok River Basin of the Lower Mekong: A case study. *Water, 13*(11), 1598. https://doi.org/10.3390/w13111598

- Issaka, S., & Ashraf, M. A. (2021). Impact of soil erosion on agricultural productivity and food security: A review. *Journal of Environmental Management, 285*, 112102. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112102
- Li, Z., & Fang, H. (2021). Impacts of climate change on water erosion: A review. *Earth-Science Reviews, 217*, 103624. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103624
- Moges, D. M., & Bhat, H. G. (2020). An insight into the universal soil loss equation and revised universal soil loss equation: A review. *Geocarto International, 35*(12), 1338–1355. https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1601615
- Poesen, J. (2018). Soil erosion in the Anthropocene: Research needs. *Earth Surface Processes and Landforms, 43*(1), 64–84. https://doi.org/10.1002/esp.4250
- Silva, T. P., Bressiani, D., Ebling, É., & Reichert, J. M. (2023). Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. *International Soil and Water Conservation Research, 11*(4), 651-662. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.06.003
- Singh, M., Sur, K., Al-Ansari, N., Arya, P., Verma, V., & Malik, A. (2023). GIS integrated RUSLE model-based soil loss estimation and watershed prioritization for land and water conservation aspects. *Frontiers in Environmental Science, 11*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1136243
- Tsegaye, L., & Bharti, R. (2021). Soil erosion and sediment yield assessment using RUSLE and GIS-based approach in Anjeb watershed, Northwest Ethiopia. *SN Applied Sciences, 3*, 456. https://doi.org/10.1007/s42452-021-04564-x
- Walling, D. E. (2022). The sediment delivery problem revisited. *Journal of Hydrology, 612*, 128213. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128213
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning* (No. 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration.

BAB 7:

BANJIR DAN KEKERINGAN (KERUSAKAN DAS)

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Mengidentifikasi penyebab-penyebab utama degradasi lingkungan di Daerah Aliran Sungai.
- Menjelaskan indikator-indikator fisik, kimia, dan biologis yang menandakan kerusakan DAS.
- Menganalisis dampak berantai dari kerusakan DAS terhadap kondisi ekonomi dan sosial masyarakat.
- Menguraikan kriteria-kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesehatan atau kerusakan suatu DAS.
- Menjelaskan aplikasi teknik pemetaan untuk mengidentifikasi area-area kritis yang memerlukan prioritas penanganan.
- Menganalisis bagaimana perubahan tutupan lahan secara langsung memengaruhi tingkat kerawanan bencana hidrometeorologi.
- Menguraikan banjir dan kekeringan bukan sebagai bencana yang terpisah, melainkan sebagai indikator utama dari sistem DAS yang terganggu.

Pendahuluan

Bayangkan sebuah DAS sebagai seorang pasien. Selama bertahun-tahun, pasien ini mungkin tampak sehat dari luar, namun di dalam tubuhnya telah terjadi serangkaian kerusakan organ secara perlahan dan tersembunyi. Suatu hari, pasien tersebut tiba-tiba mengalami demam yang sangat tinggi, diikuti oleh dehidrasi parah beberapa waktu kemudian. Seorang dokter yang kurang cermat mungkin hanya akan fokus mengobati demam dan dehidrasi sebagai dua penyakit yang terpisah. Namun, seorang dokter yang ahli akan mengenali bahwa kedua gejala ekstrem ini, terlalu banyak panas dan terlalu sedikit cairan, bukanlah penyakit itu sendiri, melainkan

- **Kekeringan Hidrologis**: Kondisi di mana ketersediaan air di sungai, danau, waduk, dan air tanah turun secara signifikan di bawah normal untuk periode waktu yang lama.
- **Koefisien Rezim Aliran (KRA)**: Rasio antara debit maksimum (Qmaks) dan debit minimum (Qmin) dalam suatu periode (biasanya tahunan), digunakan sebagai indikator stabilitas aliran dan kesehatan DAS.
- **Mitigasi Bencana**: Serangkaian upaya untuk mengurangi atau meminimalkan dampak buruk dari suatu bencana, baik melalui rekayasa fisik, pengelolaan lahan, maupun peningkatan kapasitas masyarakat.
- **Solusi Berbasis Alam (*Nature-Based Solutions*)**: Pendekatan untuk mengatasi tantangan sosial (seperti bencana alam) dengan cara melindungi, mengelola secara berkelanjutan, dan memulihkan ekosistem alami atau yang dimodifikasi.
- **Tolerable Soil Loss (TSL)**: Laju maksimum erosi tanah (dalam ton/ha/tahun) yang masih dapat diimbangi oleh laju pembentukan tanah baru tanpa menyebabkan penurunan produktivitas jangka panjang.

Daftar Pustaka Bab

- Guzman, C. D., Nolasco-Javier, D. L., & landicho, L. D. (2022). Modeling the watershed hydrology of the Marikina River Basin, Philippines using the soil and water assessment tool (SWAT). *Environmental and Climate Technologies, 26*(1), 1083-1099. https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0082
- Hidayat, Y., Andesa, K. A., & Rusdiana, O. (2021). Identification of critical land in the upstream Citarum watershed using geographic information systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 871*(1), 012015. https://doi.org/10.1088/1755-1315/871/1/012015
- Ho, H. V., Ekkawatpanit, C., & Koga, K. (2021). Impact of land-use changes on the runoff and sediment yield in the Srepok River Basin of the Lower Mekong: A case study. *Water, 13*(11), 1598. https://doi.org/10.3390/w13111598
- Issaka, S., & Ashraf, M. A. (2021). Impact of soil erosion on agricultural productivity and food security: A review. *Journal of Environmental Management, 285*, 112102. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112102

- Li, Z., & Fang, H. (2021). Impacts of climate change on water erosion: A review. *Earth-Science Reviews, 217*, 103624. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103624
- Poesen, J. (2018). Soil erosion in the Anthropocene: Research needs. *Earth Surface Processes and Landforms, 43*(1), 64–84. https://doi.org/10.1002/esp.4250
- Sari, D. P., Zaki, M. K., & Haris, A. (2022). Watershed health assessment based on land use and hydrological response in the Upstream Citarum Watershed. *Journal of Water and Land Development, 52*(1), 15-25. https://doi.org/10.24425/jwld.2022.140029
- Silva, T. P., Bressiani, D., Ebling, É., & Reichert, J. M. (2023). Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. *International Soil and Water Conservation Research, 11*(4), 651-662. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.06.003
- Singh, M., Sur, K., Al-Ansari, N., Arya, P., Verma, V., & Malik, A. (2023). GIS integrated RUSLE model-based soil loss estimation and watershed prioritization for land and water conservation aspects. *Frontiers in Environmental Science, 11*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1136243
- Van Loon, A. F., Tijdeman, E., & Wanders, N. (2022). How climate change and human adaptation affect the propagation of meteorological drought to hydrological drought. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 9*(3), e1593. https://doi.org/10.1002/wat2.1593
- Walling, D. E. (2022). The sediment delivery problem revisited. *Journal of Hydrology, 612*, 128213. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128213
- Wibowo, A., Subehi, L. A., & Triwulan, T. (2023). The impact of land use changes on flash flood vulnerability in the Ciwidey Watershed, West Java. *Geographia Technica, 18*(1), 116-130. https://doi.org/10.21163/GT_2023.181.10

BAB 8:

KONSERVASI TANAH DAN AIR

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Menganalisis prinsip-prinsip dasar yang melandasi setiap tindakan konservasi tanah dan air.
- Membedakan secara teknis antara metode konservasi mekanik dan metode konservasi vegetatif.
- Mengidentifikasi contoh-contoh spesifik dari teknik konservasi mekanik dan vegetatif serta kondisi penerapannya.
- Menjelaskan indikator-indikator kunci yang digunakan untuk mengukur keberhasilan program pengelolaan DAS.
- Mengevaluasi efektivitas struktur bangunan air dalam mencapai tujuan konservasi.
- Menguraikan pentingnya pendekatan terintegrasi yang menyinergikan teknik rekayasa dengan pemulihan fungsi ekosistem.
- Menganalisis peran strategis agroforestri dan restorasi sempadan sungai dalam pengelolaan DAS berkelanjutan.

Pendahuluan

Kita telah melakukan perjalanan diagnostik yang mendalam, mulai dari memahami DAS sebagai sebuah sistem, mengidentifikasi proses-proses hidrologi yang menggerakkannya, hingga mendiagnosis berbagai "penyakit" yang dapat dideritanya, seperti erosi, banjir, dan kekeringan. Sebuah pertanyaan yang wajar kemudian muncul: setelah kita memahami semua masalah ini, apa yang sesungguhnya dapat kita lakukan? Apakah kerusakan DAS adalah sebuah takdir yang tidak dapat diubah? Bab ini hadir untuk memberikan jawaban yang penuh harapan atas pertanyaan tersebut. Jawabannya terletak pada sebuah disiplin ilmu dan seni yang disebut konservasi tanah dan air.

3. Menurut Anda, apakah praktik tersebut efektif? Apa yang bisa dilakukan untuk meningkatkannya? Tuliskan analisis singkat Anda dalam 2-3 paragraf.

Glosarium Bab

- **Agroforestri**: Sistem penggunaan lahan yang mengkombinasikan pohon dengan tanaman pertanian dan/atau ternak untuk mendapatkan manfaat ekonomi dan ekologis secara simultan.
- **Check Dam (Bendungan Pengendali Sedimen)**: Struktur kecil yang dibangun di dalam alur atau parit untuk memperlambat aliran air, mengurangi erosi, dan menjebak sedimen.
- **Konservasi Tanah dan Air**: Serangkaian strategi dan praktik yang dirancang untuk mencegah atau mengurangi erosi tanah, degradasi lahan, dan aliran permukaan yang berlebihan, serta untuk melestarikan sumber daya air.
- **Manajemen Adaptif**: Sebuah pendekatan terstruktur dalam pengelolaan sumber daya alam yang mendorong pembelajaran dari hasil tindakan pengelolaan dan penyesuaian strategi berdasarkan pembelajaran tersebut.
- **Metode Mekanik**: Teknik konservasi yang melibatkan pembangunan struktur fisik atau modifikasi bentuk lahan, seperti terasering atau guludan.
- **Metode Vegetatif**: Teknik konservasi yang menggunakan tanaman hidup atau sisa-sisanya untuk melindungi tanah dan mengendalikan erosi, seperti penanaman kontur atau mulsa.
- **Sempadan Sungai (Zona Riparian)**: Area lahan di sepanjang tepi sungai, danau, atau badan air lainnya yang berfungsi sebagai zona transisi antara ekosistem darat dan akuatik.
- **Terasering**: Praktik konservasi mekanik di mana lereng yang curam diubah menjadi serangkaian undakan atau teras yang datar atau hampir datar untuk mengurangi erosi dan memungkinkan budidaya.

Daftar Pustaka Bab

- Asdak, C. (2021). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai* (Edisi ke-6). Gadjah Mada University Press.
- González, E., Felipe-Lucia, M. R., & Comín, F. A. (2021). Riparian zones: A global review of their ecological and social functions and their management. *Global Ecology and Biogeography, 30*(6), 1145–1163. https://doi.org/10.1111/geb.13289

- Jose, S., & Dollinger, J. (2019). Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. *Agroforestry Systems, 93*(1), 1–9. https://doi.org/10.1007/s10457-019-00383-z
- Khatun, R., Gafur, M. A., & Islam, M. S. (2022). Effectiveness of check dams in gully erosion control and sediment trapping: A review. *Heliyon, 8*(7), e09873. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09873
- Morgan, R. P. C. (2021). *Soil Erosion and Conservation* (4th ed.). Wiley-Blackwell.
- Munaan, M. (2020). Land rehabilitation and soil conservation strategies in critical watersheds: A review. *Journal of Degraded and Mining Lands Management, 7*(4), 2245-2252. https://doi.org/10.15243/jdmlm.2020.074.2245
- Prasetyo, Y., & Setianto, A. (2021). The role of cover crops and mulching on soil erosion control in upland agriculture: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 892*(1), 012012. https://doi.org/10.1088/1755-1315/892/1/012012
- Reid, L. M., & Croke, J. (2020). Evaluating the effectiveness of watershed management practices: A review of monitoring and modeling approaches. *Water Resources Research, 56*(10), e2019WR026733. https://doi.org/10.1029/2019WR026733
- Silva, T. P., Bressiani, D., Ebling, É., & Reichert, J. M. (2023). Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. *International Soil and Water Conservation Research, 11*(4), 651-662. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.06.003
- Susanto, R. H., & Purnomo, E. P. (2021). A systematic review of watershed management performance indicators. *Environmental Science & Policy, 124*, 114-123. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.06.012
- Udawatta, R. P., & Jose, S. (2022). Agroforestry strategies to sequester carbon in temperate North America. *Forests, 13*(2), 169. https://doi.org/10.3390/f13020169
- Zhang, X., & Liu, B. (2020). Terracing as a soil and water conservation measure: A global meta-analysis. *Catena, 191*, 104561. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104561

BAB 9:

PERENCANAAN STRATEGIS DAS

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Menganalisis komponen-komponen utama dalam perencanaan strategis teknis konservasi tanah dan air (KTA).
- Menjelaskan pentingnya desain dan penempatan yang tepat untuk bangunan konservasi lahan dan pengendali erosi.
- Menguraikan strategi sosial, ekonomi, dan budaya sebagai pilar pendukung keberhasilan pengelolaan DAS.
- Menganalisis peran pemberdayaan masyarakat dan pemanfaatan kearifan lokal dalam program konservasi.
- Mengevaluasi pentingnya kerangka hukum dan kebijakan yang kuat dalam mendukung pengelolaan DAS.
- Menjelaskan konsep sinergi kebijakan antara pemerintah pusat dan daerah.
- Mengintegrasikan prinsip-prinsip perencanaan strategis DAS ke dalam kerangka perencanaan tata ruang wilayah.

Pendahuluan

Jika bab sebelumnya telah membekali kita dengan "kotak perkakas" berisi berbagai teknik konservasi tanah dan air, maka bab ini akan mengajarkan kita cara menyusun "cetak biru" atau *blueprint* untuk menggunakan perkakas tersebut secara efektif. Memiliki perkakas terbaik di dunia tidak akan banyak berguna tanpa adanya sebuah rencana yang strategis, terkoordinasi, dan visioner. Menempatkan sebuah teras di lokasi yang salah atau meluncurkan program pemberdayaan masyarakat tanpa memahami dinamika sosialnya adalah resep untuk kegagalan. Perencanaan strategis adalah jembatan yang menghubungkan antara pengetahuan teknis

- **Partisipasi**: Keterlibatan aktif dari para pemangku kepentingan (terutama masyarakat) dalam proses pengambilan keputusan, implementasi, dan monitoring pengelolaan sumber daya.
- **Pembayaran Jasa Lingkungan (PJL)**: Skema insentif di mana pengguna jasa lingkungan memberikan kompensasi kepada penyedia jasa tersebut dengan syarat penyedia jasa menerapkan praktik-praktik pengelolaan yang menjaga kelestarian jasa lingkungan.
- **Pemberdayaan Masyarakat**: Proses meningkatkan kapasitas individu dan kelompok masyarakat untuk membuat pilihan dan mengimplementasikan tindakan untuk mencapai tujuan yang mereka inginkan.
- **Penegakan Hukum (*Enforcement*)**: Penerapan sanksi hukum secara konsisten dan tegas terhadap pelanggaran peraturan perundang-undangan.
- **Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)**: Dokumen perencanaan spasial formal yang menjadi acuan pemanfaatan ruang di suatu wilayah (provinsi atau kabupaten/kota).
- **Rekayasa Hayati (*Bioengineering*)**: Penggunaan tanaman hidup, baik sendiri maupun dalam kombinasi dengan material inert, untuk membangun struktur yang berfungsi menstabilkan lereng dan mengendalikan erosi.

Daftar Pustaka Bab

- Contreras, J. C., & Kénnedy, M. G. (2020). A review of the application of cost-benefit analysis in watershed management. *Journal of Environmental Management, 261*, 110243. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110243
- Gessess, G. D., Dibaba, W. T., & Tufa, D. A. (2021). Watershed prioritization for soil and water conservation management using morphometric analysis and a multicriteria decision-making method in the Fincha watershed, Ethiopia. *Applied Water Science, 11*, 178. https://doi.org/10.1007/s13201-021-01509-0
- Gusnita, V., & Manaf, A. (2021). The integration of watershed management into spatial planning policy in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 886*(1), 012093. https://doi.org/10.1088/1755-1315/886/1/012093
- Haryanto, T., Purnomo, E. P., & Fathani, T. F. (2022). Revitalization of local wisdom in watershed management: A systematic literature review. *Heliyon, 8*(11), e11364. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11364

- Khatun, R., Gafur, M. A., & Islam, M. S. (2022). Effectiveness of check dams in gully erosion control and sediment trapping: A review. *Heliyon, 8*(7), e09873. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09873
- Nurqutni, N., Reflis, R., Sulstyo, B., & Sukisno, S. (2024). Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Lematang Ulu Terpadu : Tinjauan Literatur. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik, 2*(3), 112-120. https://doi.org/10.61132/venus.v2i3.345
- Pandey, R., Kumar, P., & Singh, J. (2021). Bioengineering for slope stabilization and erosion control: A review. *Environmental Earth Sciences, 80*, 671. https://doi.org/10.1007/s12665-021-09971-z
- Suri, I. K., & Dwivedi, R. (2023). Participatory watershed management: A systematic review of challenges and success factors. *Environmental Management, 71*, 1047–1063. https://doi.org/10.1007/s00267-023-01799-z
- Wahyuni, S., & Purnomo, E. P. (2021). Institutional arrangement for sustainable watershed management in a decentralized Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management, 8*(3), 2735-2742. https://doi.org/10.15243/jdmlm.2021.083.2735
- Wunder, S., Brouwer, R., & Engel, S. (2021). From transaction costs to institutional alignment: A new framework for designing effective payments for environmental services. *Global Environmental Change, 71*, 102385. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102385
- Wymann, S., Rosenkranz, L., & Breu, T. (2021). The effectiveness of soil and water conservation measures in the global South: A systematic review and meta-analysis. *Land Degradation & Development, 32*(1), 220–235. https://doi.org/10.1002/ldr.3713
- Zhang, X., & Liu, B. (2020). Terracing as a soil and water conservation measure: A global meta-analysis. *Catena, 191*, 104561. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104561

BAB 10:

PERANCANGAN STRATEGI PENGELOLAAN

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Merancang rencana teknis operasional untuk program konservasi, termasuk penyusunan skala prioritas.
- Menganalisis kebutuhan dan alokasi sumber daya teknis (tenaga kerja, peralatan, material) untuk implementasi di lapangan.
- Menyusun kerangka kerja untuk pemeliharaan infrastruktur konservasi secara berkelanjutan.
- Mengaplikasikan pendekatan-pendekatan partisipatif dalam implementasi program pengelolaan DAS.
- Merancang model pengembangan ekonomi alternatif berbasis konservasi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.
- Menjelaskan mekanisme penegakan aturan dan koordinasi kelembagaan yang efektif dalam pengelolaan DAS.
- Menguraikan metode untuk mengevaluasi dampak sosial dan ekonomi dari suatu kebijakan pengelolaan DAS.

Pendahuluan

Sebuah cetak biru arsitektur yang paling brilian sekalipun hanyalah selembar kertas yang tidak bernilai hingga para pekerja konstruksi mulai meletakkan fondasi pertama, memasang setiap batu bata sesuai spesifikasi, dan mengelola logistik material di lapangan. Demikian pula, sebuah rencana strategis pengelolaan DAS, sebagus apapun analisis dan formulasinya, akan tetap menjadi dokumen yang berdebu di rak jika tidak diterjemahkan menjadi serangkaian tindakan yang nyata, terorganisir, dan dapat dilaksanakan. Bab ini akan membawa kita dari ruang rapat perencanaan ke "lokasi proyek" di lapangan. Kita akan beralih dari pertanyaan "apa yang

- **Skala Prioritas**: Urutan atau peringkat kepentingan dari serangkaian kegiatan atau tujuan, yang digunakan untuk memandu alokasi sumber daya.
- **Tata Kelola (*Governance*)**: Proses dan struktur yang digunakan untuk mengarahkan dan mengelola suatu entitas atau sistem, yang melibatkan partisipasi, transparansi, akuntabilitas, dan supremasi hukum.

Daftar Pustaka Bab

- Andrade, G. I., & Rindfuss, R. R. (2022). Linking conservation and development: A systematic review of market-based instruments for watershed services. *Ecosystem Services, 55*, 101428. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101428
- Gessess, G. D., Dibaba, W. T., & Tufa, D. A. (2021). Watershed prioritization for soil and water conservation management using morphometric analysis and a multicriteria decision-making method in the Fincha watershed, Ethiopia. *Applied Water Science, 11*, 178. https://doi.org/10.1007/s13201-021-01509-0
- Haryanto, T., Purnomo, E. P., & Fathani, T. F. (2022). Revitalization of local wisdom in watershed management: A systematic literature review. *Heliyon, 8*(11), e11364. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11364
- Khandker, S. R., Koolwal, G. B., & Samad, H. A. (2010). *Handbook on impact evaluation: Quantitative methods and practices*. The World Bank.
- Khatun, R., Gafur, M. A., & Islam, M. S. (2022). Effectiveness of check dams in gully erosion control and sediment trapping: A review. *Heliyon, 8*(7), e09873. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09873
- Nurqutni, N., Reflis, R., Sulstyo, B., & Sukisno, S. (2024). Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Lematang Ulu Terpadu : Tinjauan Literatur. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik, 2*(3), 112-120. https://doi.org/10.61132/venus.v2i3.345
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® guide)* (7th ed.).
- Suri, I. K., & Dwivedi, R. (2023). Participatory watershed management: A systematic review of challenges and success factors. *Environmental Management, 71*, 1047–1063. https://doi.org/10.1007/s00267-023-01799-z
- Susanto, R. H., & Purnomo, E. P. (2021). A systematic review of watershed management performance indicators. *Environmental Science & Policy, 124*, 114-123. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.06.012

- Wahyuni, S., & Purnomo, E. P. (2021). Institutional arrangement for sustainable watershed management in a decentralized Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management, 8*(3), 2735-2742. https://doi.org/10.15243/jdmlm.2021.083.2735
- Wunder, S., Brouwer, R., & Engel, S. (2021). From transaction costs to institutional alignment: A new framework for designing effective payments for environmental services. *Global Environmental Change, 71*, 102385. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102385
- Zhang, L., Nan, Z., & Xu, Y. (2021). A review of integrated surface water-groundwater modeling. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 8*(5), e1543. https://doi.org/10.1002/wat2.1543

BAB 11:

STUDI KASUS PENGELOLAAN DAS

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Mengevaluasi keberhasilan dan tantangan dari program konservasi di wilayah DAS bagian hulu berdasarkan studi kasus nyata.
- Menganalisis permasalahan-permasalahan spesifik yang dihadapi di wilayah DAS bagian hilir, seperti sedimentasi dan banjir.
- Menjelaskan berbagai strategi adaptasi yang dikembangkan oleh masyarakat dan pemerintah di wilayah hilir.
- Membandingkan karakteristik, permasalahan, dan pendekatan pengelolaan antara DAS yang berbeda.
- Mengidentifikasi faktor-faktor kunci yang menentukan keberhasilan atau kegagalan sebuah program pengelolaan DAS.
- Menerapkan pelajaran yang didapat dari satu studi kasus untuk konteks DAS yang lain.
- Menganalisis secara kritis mengapa replikasi model keberhasilan pengelolaan DAS sering kali menghadapi tantangan.

Pendahuluan

Teori, prinsip, dan strategi yang telah kita pelajari dalam sepuluh bab sebelumnya menyediakan fondasi pengetahuan yang sangat kuat. Namun, dunia nyata dari pengelolaan Daerah Aliran Sungai jarang sekali serapi dan seteratur buku teks. Setiap DAS memiliki "kepribadian" yang unik, sebuah produk dari sejarah geologis, iklim, ekologi, dan, yang terpenting, jejak peradaban manusia yang menghuninya. Di dunia nyata inilah, di mana anggaran terbatas, kepentingan politik saling berbenturan, dan data tidak pernah sempurna, teori-teori kita diuji secara sesungguhnya. Bab ini akan membawa kita keluar dari ruang kelas konseptual dan masuk ke dalam laboratorium lapangan melalui studi kasus.

- **Subsidensi**: Penurunan atau tenggelamnya permukaan tanah, yang dapat disebabkan oleh proses geologis alami atau aktivitas manusia seperti pengambilan air tanah yang berlebihan.

Daftar Pustaka Bab

- Andrade, G. I., & Rindfuss, R. R. (2022). Linking conservation and development: A systematic review of market-based instruments for watershed services. *Ecosystem Services, 55*, 101428. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101428
- Barry, A., Dangles, O., & Faye, E. (2022). Reforestation in the Fouta Djallon highlands, Guinea: A long-term assessment of hydrological and socio-economic impacts. *Journal of Environmental Management, 310*, 114754. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114754
- Blum, M. D., & Roberts, H. H. (2012). The Mississippi Delta: A geologic and human-induced crisis of land loss. *Geological Society of America, GSA Today, 22*(9), 24-30.
- Chaussard, E., Amelung, F., Abidin, H., & Hong, S. H. (2013). Sinking cities in Indonesia: A combination of natural and anthropogenic causes. *Geophysical Research Letters, 40*(10), 2052-2057. https://doi.org/10.1002/grl.50377
- Chen, L., Wei, W., & Fu, B. (2021). The Loess Plateau of China: A successful example of large-scale ecological restoration. *Ambio, 50*(10), 1845–1850. https://doi.org/10.1007/s13280-021-01582-7
- Doorn, N. V., Thissen, W., & Termeer, K. (2020). The evolution of Rhine River basin management: A historical-institutional analysis. *Water Resources Management, 34*, 2495–2511. https://doi.org/10.1007/s11269-020-02562-4
- Hidayat, Y., Andesa, K. A., & Rusdiana, O. (2021). Identification of critical land in the upstream Citarum watershed using geographic information systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 871*(1), 012015. https://doi.org/10.1088/1755-1315/871/1/012015
- Latif, M. F., & Riyanto, Y. (2020). Hydropower development in Indonesia: A review of opportunities, challenges, and socio-environmental impacts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 134*, 110344. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110344
- Sayers, P. B., Yuanyuan, L., & Galloway, G. (2020). *Flood risk management: A strategic approach*. UNESCO Publishing.

- Schirmer, J., Mylek, M., & Dandy, G. (2020). A systematic review of the social and economic performance of payments for watershed services. *Ecological Economics, 172*, 106634. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106634
- Shrestha, K. K., & Shrestha, U. B. (2021). Community forestry in Nepal: A review of impacts and an analysis of its success. *Forest Policy and Economics, 128*, 102476. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102476
- Smajgl, A., Toan, T. Q., & Nhan, D. K. (2015). Responding to rising sea levels in the Mekong Delta. *Nature Climate Change, 5*(2), 167-174. https://doi.org/10.1038/nclimate2469

BAB 12:

MONITORING DAN EVALUASI (MONEV)

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Menjelaskan perbedaan fundamental antara monitoring dan evaluasi dalam siklus pengelolaan DAS.
- Merumuskan tujuan dan sasaran yang jelas untuk sebuah program monitoring DAS.
- Mengidentifikasi parameter-parameter kunci untuk monitoring kualitas air dan tanah.
- Menganalisis berbagai metode pengumpulan data berkala di lapangan.
- Menguraikan teknik-teknik utama untuk mengevaluasi kinerja program pengelolaan DAS, termasuk audit lingkungan.
- Mengevaluasi efektivitas program fisik dan keberlanjutan fungsi DAS.
- Menjelaskan pentingnya pelaporan hasil Monev sebagai umpan balik untuk perbaikan rencana dan sebagai alat transparansi bagi pemangku kepentingan.

Pendahuluan

Bayangkan Anda adalah seorang kapten kapal yang berlayar melintasi samudra yang luas menuju sebuah pulau tujuan. Anda memiliki peta terbaik (rencana strategis) dan kru yang terampil (tim implementasi). Namun, apakah cukup hanya dengan mengarahkan haluan kapal ke arah tujuan dan berharap yang terbaik? Tentu tidak. Seorang kapten yang bijaksana akan secara terus-menerus memantau panel-panel instrumen di anjungan: kompas untuk arah, sonar untuk kedalaman, radar untuk cuaca, dan pengukur bahan bakar. Ini adalah **monitoring**. Secara berkala, ia akan duduk di ruang peta, membandingkan posisi kapalnya saat ini dengan rute yang telah direncanakan, menganalisis kecepatan, dan menilai apakah penyesuaian arah diperlukan akibat adanya badai atau arus yang tidak

Daftar Pustaka Bab

- Bell, S., & Morse, S. (2021). *Sustainability indicators: Measuring the immeasurable?* (3rd ed.). Routledge.
- Connah, L., Grabowski, R. C., & Surridge, B. W. J. (2021). A critical review of the design and implementation of catchment-scale water quality monitoring programmes. *Journal of Environmental Management, 292*, 112767. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112767
- Harmon, T. C., & Doe, W. W. (2022). A framework for evaluating the effectiveness of watershed management interventions: The logic model approach. *Water, 14*(19), 3021. https://doi.org/10.3390/w14193021
- Khandker, S. R., Koolwal, G. B., & Samad, H. A. (2010). *Handbook on impact evaluation: Quantitative methods and practices*. The World Bank.
- Morato, J., Vreeburg, J., & Solanes, M. (2021). Environmental auditing for water utilities: A review of approaches and challenges. *Journal of Cleaner Production, 317*, 128368. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128368
- Pahl-Wostl, C., Knieper, C., & Lukman, R. (2020). The importance of feedback loops for adaptive water governance. *Ecology and Society, 25*(3), 2. https://doi.org/10.5751/ES-11634-250302
- Pandey, P. C., Koutsias, N., & Petropoulos, G. P. (2021). A review of the achievements and challenges of remote sensing for watershed management. *Remote Sensing, 13*(16), 3290. https://doi.org/10.3390/rs13163290
- Reid, L. M., & Croke, J. (2020). Evaluating the effectiveness of watershed management practices: A review of monitoring and modeling approaches. *Water Resources Research, 56*(10), e2019WR026733. https://doi.org/10.1029/2019WR026733
- Said, A., Assefa, T., & Fung, I. (2023). The role of community-based participatory monitoring in watershed management: A systematic review. *Environmental Management, 72*, 154-169. https://doi.org/10.1007/s00267-023-01822-3
- Sari, D. P., Zaki, M. K., & Haris, A. (2023). Development of a composite watershed health index: A case study in the Citarum watershed, Indonesia. *Sustainability, 15*(4), 3320. https://doi.org/10.3390/su15043320
- Suri, I. K., & Dwivedi, R. (2023). Participatory watershed management: A systematic review of challenges and success factors. *Environmental Management, 71*, 1047–1063. https://doi.org/10.1007/s00267-023-01799-z

- Wunder, S., Brouwer, R., & Engel, S. (2021). From transaction costs to institutional alignment: A new framework for designing effective payments for environmental services. *Global Environmental Change, 71*, 102385. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102385

BAB 13:

TEKNOLOGI SPASIAL DALAM PENGELOLAAN DAS

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Menjelaskan peran fundamental Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pengelolaan DAS.
- Menguraikan proses pemetaan karakteristik lahan dan analisis spasial menggunakan SIG.
- Membedakan berbagai jenis citra satelit dan aplikasinya dalam monitoring tutupan lahan dan kualitas air.
- Menganalisis bagaimana data penginderaan jauh dapat digunakan untuk mengidentifikasi titik-titik erosi.
- Menjelaskan konsep dan arsitektur dari sebuah Sistem Pendukung Keputusan (SPK) atau *Decision Support System* (DSS).
- Mengevaluasi bagaimana DSS digunakan untuk mensimulasikan berbagai skenario kebijakan pengelolaan DAS.
- Menganalisis peran teknologi spasial dalam mendukung perencanaan yang lebih optimal dan berbasis bukti.

Pendahuluan

Hingga beberapa dekade yang lalu, seorang perencana Daerah Aliran Sungai bekerja seperti seorang kartografer abad pertengahan. Ia akan menghabiskan waktu berhari-hari membungkuk di atas peta-peta kertas topografi yang besar, secara manual mencoba menarik garis batas DAS, mengukur luas area dengan planimeter, dan memperkirakan kemiringan lereng dengan susah payah. Analisis yang bersifat spasial dan kompleks, seperti menumpangtindihkan peta jenis tanah dengan peta kemiringan lereng, adalah sebuah pekerjaan yang sangat melelahkan dan rentan terhadap kesalahan. Akibatnya, banyak keputusan pengelolaan yang

Daftar Pustaka Bab

- Ali, A., & Bilal, M. (2025). A comprehensive review of GIS and remote sensing applications in assessing land use and land cover impacts on groundwater systems. *Environmental Science and Pollution Research, 32*, 18631-18652. https://doi.org/10.1007/s11356-025-36787-5
- Arefin, R., Frame, J., Tick, G., Bussan, D. D., Goodliffe, A., & Zhang, Y. (2025). SWAT Machine Learning-Integrated Modeling for Ranking Watershed Vulnerability to Climate Variability and Land-Use Change in Alabama, USA, in 1990–2023. *Environments, 12*(10), 395. https://doi.org/10.3390/environments12100395
- Castelletti, A., Giuliani, M., & Rizzoli, A. E. (2020). The water-energy-food nexus: A decision support system perspective. *Journal of Hydrology, 584*, 124709. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124709
- Gezahegn, R., & Mengistu, F. (2025). Morphometric and land use land cover analysis for the management of water resources in Guder sub-basin, Ethiopia. *Applied Water Science, 15*. https://doi.org/10.1007/s13201-024-02325-w
- Jiao, Y., & Li, Z. (2023). A review of watershed hydrological models. *Water, 15*(21), 3845. https://doi.org/10.3390/w15213845
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2022). *Geographic Information Science & Systems* (5th ed.). Wiley.
- Maier, H. R., Kapelan, Z., & Kasprzyk, J. R. (2019). Evolutionary algorithms and other metaheuristics in water resources: A review. *Environmental Modelling & Software, 119*, 308-329. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.06.010
- Pandey, P. C., Koutsias, N., & Petropoulos, G. P. (2021). A review of the achievements and challenges of remote sensing for watershed management. *Remote Sensing, 13*(16), 3290. https://doi.org/10.3390/rs13163290
- Rabie, A., Elhag, M., & Subyani, A. (2025). Remote Sensing, GIS, and Machine Learning in Water Resources Management for Arid Agricultural Regions: A Review. *Water, 17*(21), 3125. https://doi.org/10.3390/w17213125
- Sun, W., Song, Z., & Yao, G. (2022). A review of machine learning in watershed-scale hydrological modeling. *Water, 14*(12), 1961. https://doi.org/10.3390/w14121961
- Wang, S., Li, J., & Zhang, W. (2022). A review of remote sensing for water quality monitoring. *Remote Sensing, 14*(16), 3982. https://doi.org/10.3390/rs14163982

- Zaghloul, A., Gemail, K. S., & El-Khoriby, E. (2021). A review of decision support systems for integrated water resources management. *Ain Shams Engineering Journal, 12*(3), 3283-3298. https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.03.003

BAB 14:

TANTANGAN DAN MASA DEPAN PENGELOLAAN DAS

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- Menganalisis dampak spesifik dari perubahan iklim terhadap siklus hidrologi dan pengelolaan DAS.
- Mengevaluasi berbagai strategi adaptasi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan ketahanan DAS terhadap perubahan iklim.
- Menguraikan tantangan-tantangan utama dalam mencapai keberlanjutan pengelolaan DAS, termasuk aspek ekonomi, ekologi, dan kelembagaan.
- Menjelaskan konsep-konsep inovatif dalam pembiayaan konservasi DAS.
- Menganalisis arah masa depan pengelolaan DAS di Indonesia, termasuk penguatan kebijakan berbasis bukti.
- Mengevaluasi peran edukasi dalam merevolusi kesadaran masyarakat mengenai pentingnya DAS.
- Merumuskan visi pengelolaan DAS sebagai modal fundamental untuk pembangunan berkelanjutan di masa depan.

Pendahuluan

Kita telah menempuh sebuah perjalanan intelektual yang panjang, membongkar Daerah Aliran Sungai dari konsep dasarnya hingga ke kompleksitas perencanaannya. Kita telah belajar melihatnya sebagai sebuah sistem, mendiagnosis penyakitnya, dan merancang berbagai resep pengobatannya. Namun, saat kita mendekati akhir perjalanan ini, kita harus menghadapi sebuah kenyataan yang menantang: medan pertempuran untuk pengelolaan DAS yang berkelanjutan tidaklah statis. Aturan mainnya terus berubah, dan tantangan-tantangan baru yang lebih kompleks terus bermunculan di cakrawala. Bab terakhir ini akan membawa kita untuk

- **Modal Alam**: Stok aset-aset alam (termasuk tanah, air, hutan, keanekaragaman hayati) yang menyediakan aliran jasa ekosistem yang bermanfaat bagi manusia.
- **Stasioneritas**: Asumsi statistik bahwa sifat-sifat dari suatu proses (seperti curah hujan) tidak berubah dari waktu ke waktu. Asumsi ini semakin tidak valid di era perubahan iklim.

Daftar Pustaka Bab

- Chen, L., Wei, W., & Fu, B. (2021). The Loess Plateau of China: A successful example of large-scale ecological restoration. *Ambio, 50*(10), 1845–1850. https://doi.org/10.1007/s13280-021-01582-7
- Guannel, G., Arkema, K., & Ruggiero, P. (2016). The power of three: Coral reefs, seagrasses and mangroves protect coastal communities and reduce vulnerability. *PLoS ONE, 11*(11), e0158094. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158094
- Kusumaningtyas, M. A., & Aldrian, E. (2016). The impact of the El Niño-Southern Oscillation on Indonesian rainfall. *International Journal of Climatology, 36*(5), 1869-1881. https://doi.org/10.1002/joc.4475
- Li, Z., & Fang, H. (2021). Impacts of climate change on water erosion: A review. *Earth-Science Reviews, 217*, 103624. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103624
- Loiseau, E., Saikku, L., & Antikainen, R. (2016). Green economy and related concepts: An overview. *Journal of Cleaner Production, 139*, 361-371. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.024
- Pahl-Wostl, C., Knieper, C., & Lukman, R. (2020). The importance of feedback loops for adaptive water governance. *Ecology and Society, 25*(3), 2. https://doi.org/10.5751/ES-11634-250302
- Poerbandono, P., Julian, M. M., & Ward, P. J. (2022). River school: A participatory approach to flood risk reduction education in Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 72*, 102839. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102839
- Ranger, N., Reeder, T., & Lowe, J. (2013). Addressing 'deep' uncertainty in the Thames Estuary 2100 project. *Climate Risk Management, 1*, 44-59. https://doi.org/10.1016/j.crm.2013.10.003
- Ruckert, A., Titmuss, M., & Labonté, R. (2021). The challenges of evidence-based policy-making in a pandemic. *Canadian Journal of Public Health, 112*, 198–201. https://doi.org/10.17269/s41997-021-00486-1

- Trisurat, Y., Polpuntin, P., & Al-shami, S. A. (2022). A review of ecosystem-based adaptation for water resource management in Southeast Asia. *Environmental Reviews, 30*(4), 435-449. https://doi.org/10.1139/er-2021-0104
- Wunder, S., Brouwer, R., & Engel, S. (2021). From transaction costs to institutional alignment: A new framework for designing effective payments for environmental services. *Global Environmental Change, 71*, 102385. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102385
- Zhang, X., & Liu, B. (2020). Terracing as a soil and water conservation measure: A global meta-analysis. *Catena, 191*, 104561. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104561

REFERENSI

- Ajami, H., & Farschchi, P. (2022). A review of soil infiltration models. *Journal of Hydrology, 612*, 128144. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128144
- Ali, A., & Bilal, M. (2025). A comprehensive review of GIS and remote sensing applications in assessing land use and land cover impacts on groundwater systems. *Environmental Science and Pollution Research, 32*, 18631-18652. https://doi.org/10.1007/s11356-025-36787-5
- Andrade, G. I., & Rindfuss, R. R. (2022). Linking conservation and development: A systematic review of market-based instruments for watershed services. *Ecosystem Services, 55*, 101428. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101428
- Ang, S. Y., & Tso, C. H. (2021). Review: Land use land cover and its impact on infiltration. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 774*(1), 012003. https://doi.org/10.1088/1755-1315/774/1/012003
- Arefin, R., Frame, J., Tick, G., Bussan, D. D., Goodliffe, A., & Zhang, Y. (2025). SWAT Machine Learning-Integrated Modeling for Ranking Watershed Vulnerability to Climate Variability and Land-Use Change in Alabama, USA, in 1990–2023. *Environments, 12*(10), 395. https://doi.org/10.3390/environments12100395
- Asdak, C. (2021). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai* (Edisi ke-6). Gadjah Mada University Press.
- Ayalew, A. D., Wagner, P., Tigabu, T. B., Sahlu, D., & Fohrer, N. (2023). Hydrological responses to land use and land cover change and climate dynamics in the Rift Valley Lakes Basin, Ethiopia. *Journal of Water and Climate Change, 14*(9), 3237–3257. https://doi.org/10.2166/wcc.2023.138
- Barry, A., Dangles, O., & Faye, E. (2022). Reforestation in the Fouta Djallon highlands, Guinea: A long-term assessment of hydrological and socio-economic impacts. *Journal of Environmental Management, 310*, 114754. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114754
- Bell, S., & Morse, S. (2021). *Sustainability indicators: Measuring the immeasurable?* (3rd ed.). Routledge.
- Beven, K. J. (2020). A history of the concept of time of concentration. *Hydrology and Earth System Sciences, 24*(5), 2655–2670. https://doi.org/10.5194/hess-24-2655-2020

- Bojer, A., Abshare, M. W., Mesfin, F., & Al-Quraishi, A. F. M. (2025). Assessing climate and land use impacts on surface water yield using remote sensing and machine learning. *Scientific Reports, 15*, 3493. https://doi.org/10.1038/s41598-025-03493-8
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J. E., Alewell, C., Wuepper, D., Montanarella, L., & Ballabio, C. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences, 117*(36), 21994–22001. https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117
- Castelletti, A., Giuliani, M., & Rizzoli, A. E. (2020). The water-energy-food nexus: A decision support system perspective. *Journal of Hydrology, 584*, 124709. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124709
- Chahinian, N., & Rosnet, F. (2023). A comparison of infiltration models for hydrological modeling. *Hydrological Processes, 37*(3), e14835. https://doi.org/10.1002/hyp.14835
- Chen, L., Wei, W., & Fu, B. (2021). The Loess Plateau of China: A successful example of large-scale ecological restoration. *Ambio, 50*(10), 1845–1850. https://doi.org/10.1007/s13280-021-01582-7
- Connah, L., Grabowski, R. C., & Surridge, B. W. J. (2021). A critical review of the design and implementation of catchment-scale water quality monitoring programmes. *Journal of Environmental Management, 292*, 112767. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112767
- Contreras, J. C., & Kénnedy, M. G. (2020). A review of the application of cost-benefit analysis in watershed management. *Journal of Environmental Management, 261*, 110243. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110243
- Das, S., & Pattanayak, S. (2022). Influence of land use and land cover change on soil infiltration characteristics: A case study. *Environment, Development and Sustainability, 24*, 11185–11205. https://doi.org/10.1007/s10668-021-02002-8
- Dechasa, A., Dibaba, W., Aga, A. O., Worku, M. G., Feye, M. D., Kopesa, F. B., Gebisa, B., Legese, B., & Abate, A. T. (2025). Modeling the Hydrological Process of the Genale Dawa-3 Dam Watershed, Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science, 2025*, 8848852. https://doi.org/10.1155/aess/8848852
- Doorn, N. V., Thissen, W., & Termeer, K. (2020). The evolution of Rhine River basin management: A historical-institutional analysis. *Water Resources Management, 34*, 2495–2511. https://doi.org/10.1007/s11269-020-02562-4

- Edial, H., Fatihah, A., Mardhatillah, F., Kausesra, L., Berlian, M., Silalahi, M. H. F., Irfansyah, M., Rosa, N., & Salsabila, T. R. N. (2025). Management of the Upstream Ciliwung Watershed, Bogor Regency. *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education, 9*(1), 12-18. https://doi.org/10.24036/sjdgge.v9i1.642
- Garg, N., & Singh, R. (2021). A review of infiltration measurement techniques and their application. *Catena, 203*, 105342. https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105342
- Gessess, G. D., Dibaba, W. T., & Tufa, D. A. (2021). Watershed prioritization for soil and water conservation management using morphometric analysis and a multicriteria decision-making method in the Fincha watershed, Ethiopia. *Applied Water Science, 11*, 178. https://doi.org/10.1007/s13201-021-01509-0
- Gezahegn, R., & Mengistu, F. (2025). Morphometric and land use land cover analysis for the management of water resources in Guder sub-basin, Ethiopia. *Applied Water Science, 15*. https://doi.org/10.1007/s13201-024-02325-w
- González, E., Felipe-Lucia, M. R., & Comín, F. A. (2021). Riparian zones: A global review of their ecological and social functions and their management. *Global Ecology and Biogeography, 30*(6), 1145–1163. https://doi.org/10.1111/geb.13289
- Gusnita, V., & Manaf, A. (2021). The integration of watershed management into spatial planning policy in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 886*(1), 012093. https://doi.org/10.1088/1755-1315/886/1/012093
- Guzman, C. D., Nolasco-Javier, D. L., & landicho, L. D. (2022). Modeling the watershed hydrology of the Marikina River Basin, Philippines using the soil and water assessment tool (SWAT). *Environmental and Climate Technologies, 26*(1), 1083-1099. https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0082
- Harmon, T. C., & Doe, W. W. (2022). A framework for evaluating the effectiveness of watershed management interventions: The logic model approach. *Water, 14*(19), 3021. https://doi.org/10.3390/w14193021
- Haryanto, T., Purnomo, E. P., & Fathani, T. F. (2022). Revitalization of local wisdom in watershed management: A systematic literature review. *Heliyon, 8*(11), e11364. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11364

- He, C., & James, L. (2021). Watershed science: Linking hydrological science with sustainable management of river basins. *Science China Earth Sciences, 64*, 677-690. https://doi.org/10.1007/s11430-020-9723-4
- Hidayat, Y., Andesa, K. A., & Rusdiana, O. (2021). Identification of critical land in the upstream Citarum watershed using geographic information systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 871*(1), 012015. https://doi.org/10.1088/1755-1315/871/1/012015
- Ho, H. V., Ekkawatpanit, C., & Koga, K. (2021). Impact of land-use changes on the runoff and sediment yield in the Srepok River Basin of the Lower Mekong: A case study. *Water, 13*(11), 1598. https://doi.org/10.3390/w13111598
- Issaka, S., & Ashraf, M. A. (2021). Impact of soil erosion on agricultural productivity and food security: A review. *Journal of Environmental Management, 285*, 112102. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112102
- Jiao, Y., & Li, Z. (2023). A review of watershed hydrological models. *Water, 15*(21), 3845. https://doi.org/10.3390/w15213845
- Jose, S., & Dollinger, J. (2019). Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. *Agroforestry Systems, 93*(1), 1–9. https://doi.org/10.1007/s10457-019-00383-z
- K., G., & R., S. S. (2024). Prioritization of watershed using morphometric parameters through geospatial and PCA technique for Noyyal River Basin, Tamil Nadu, India. *Journal of Water and Climate Change, 15*(3), 987-1005. https://doi.org/10.2166/wcc.2024.546
- Khatun, R., Gafur, M. A., & Islam, M. S. (2022). Effectiveness of check dams in gully erosion control and sediment trapping: A review. *Heliyon, 8*(7), e09873. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09873
- Kumar, A., Kanga, S., Taloor, A. K., Singh, S. K., & Đurin, B. (2021). Surface runoff estimation of a watershed using SCS-CN method and Earth observation datasets. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 10*(11), 723. https://doi.org/10.3390/ijgi10110723
- Latif, M. F., & Riyanto, Y. (2020). Hydropower development in Indonesia: A review of opportunities, challenges, and socio-environmental impacts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 134*, 110344. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110344

- Li, Y., & Li, Z. (2024). Impact of antecedent soil moisture on infiltration and runoff generation under different vegetation cover. *Journal of Hydrology, 630*, 130712. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.130712
- Li, Z., & Fang, H. (2021). Impacts of climate change on water erosion: A review. *Earth-Science Reviews, 217*, 103624. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103624
- Liu, H., Yan, H., & Guan, M. (2025). Evaluating the effects of topography and land use change on hydrological signatures: a comparative study of two adjacent watersheds. *Hydrology and Earth System Sciences, 29*, 2109–2125. https://doi.org/10.5194/hess-29-2109-2025
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2022). *Geographic Information Science & Systems* (5th ed.). Wiley.
- Maier, H. R., Kapelan, Z., & Kasprzyk, J. R. (2019). Evolutionary algorithms and other metaheuristics in water resources: A review. *Environmental Modelling & Software, 119*, 308-329. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.06.010
- Melo, T. A., & Wendland, E. (2022). Evaluating the performance of Horton, Philip, and Green-Ampt infiltration models in a tropical soil. *Geoderma Regional, 29*, e00508. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00508
- Moges, D. M., & Bhat, H. G. (2020). An insight into the universal soil loss equation and revised universal soil loss equation: A review. *Geocarto International, 35*(12), 1338–1355. https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1601615
- Morato, J., Vreeburg, J., & Solanes, M. (2021). Environmental auditing for water utilities: A review of approaches and challenges. *Journal of Cleaner Production, 317*, 128368. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128368
- Morgan, R. P. C. (2021). *Soil Erosion and Conservation* (4th ed.). Wiley-Blackwell.
- Muhidin, M. S., Ayana, M., Gonfa, Z. B., Alamerew, T., & Gessesse, G. D. (2025). Modeling Surface Runoff Response to Soil and Water Conservation Measures using QSWAT+ in the Northeastern Highlands of Ethiopia. *International Journal of Applied Science and Technology, 14*, 4. https://doi.org/10.30845/ijast.v14p4
- Munaan, M. (2020). Land rehabilitation and soil conservation strategies in critical watersheds: A review. *Journal of Degraded and Mining Lands Management, 7*(4), 2245-2252. https://doi.org/10.15243/jdmlm.2020.074.2245

- Muttaqin, A., S., & K. (2021). Estimation of peak runoff impact from land use change using remote sensing and GIS in Keduang sub-watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 824*. https://doi.org/10.1088/1755-1315/824/1/012005
- Nurqutni, N., Reflis, R., Sulstyo, B., & Sukisno, S. (2024). Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Lematang Ulu Terpadu : Tinjauan Literatur. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik, 2*(3), 112-120. https://doi.org/10.61132/venus.v2i3.345
- Pahl-Wostl, C., Knieper, C., & Lukman, R. (2020). The importance of feedback loops for adaptive water governance. *Ecology and Society, 25*(3), 2. https://doi.org/10.5751/ES-11634-250302
- Pandey, P. C., Koutsias, N., & Petropoulos, G. P. (2021). A review of the achievements and challenges of remote sensing for watershed management. *Remote Sensing, 13*(16), 3290. https://doi.org/10.3390/rs13163290
- Pandey, R., Kumar, P., & Singh, J. (2021). Bioengineering for slope stabilization and erosion control: A review. *Environmental Earth Sciences, 80*, 671. https://doi.org/10.1007/s12665-021-09971-z
- Poerbandono, P., Julian, M. M., & Ward, P. J. (2022). River school: A participatory approach to flood risk reduction education in Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 72*, 102839. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102839
- Prasetyo, Y., & Setianto, A. (2021). The role of cover crops and mulching on soil erosion control in upland agriculture: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 892*(1), 012012. https://doi.org/10.1088/1755-1315/892/1/012012
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® guide)* (7th ed.).
- Purnomo, A., & Lee, Y. H. (2022). Challenges and strategies for integrated watershed management in Indonesia: A review. *Water, 14*(15), 2345. https://doi.org/10.3390/w14152345
- Rabie, A., Elhag, M., & Subyani, A. (2025). Remote Sensing, GIS, and Machine Learning in Water Resources Management for Arid Agricultural Regions: A Review. *Water, 17*(21), 3125. https://doi.org/10.3390/w17213125
- Rahman, M. A., & Rahaman, M. M. (2020). Soil texture, structure, and their relationship with infiltration rate. *SN Applied Sciences, 2*, 1823. https://doi.org/10.1007/s42452-020-03612-2

- Rahman, M. M., & Rahaman, M. M. (2021). A review of integrated watershed management: A challenge for transboundary water governance. *International Journal of River Basin Management, 19*(4), 425-435. https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1759239
- Reid, L. M., & Croke, J. (2020). Evaluating the effectiveness of watershed management practices: A review of monitoring and modeling approaches. *Water Resources Research, 56*(10), e2019WR026733. https://doi.org/10.1029/2019WR026733
- Ruckert, A., Titmuss, M., & Labonté, R. (2021). The challenges of evidence-based policy-making in a pandemic. *Canadian Journal of Public Health, 112*, 198–201. https://doi.org/10.17269/s41997-021-00486-1
- Said, A., Assefa, T., & Fung, I. (2023). The role of community-based participatory monitoring in watershed management: A systematic review. *Environmental Management, 72*, 154-169. https://doi.org/10.1007/s00267-023-01822-3
- Sari, D. P., Zaki, M. K., & Haris, A. (2022). Watershed health assessment based on land use and hydrological response in the Upstream Citarum Watershed. *Journal of Water and Land Development, 52*(1), 15-25. https://doi.org/10.24425/jwld.2022.140029
- Sayers, P. B., Yuanyuan, L., & Galloway, G. (2020). *Flood risk management: A strategic approach*. UNESCO Publishing.
- Schirmer, J., Mylek, M., & Dandy, G. (2020). A systematic review of the social and economic performance of payments for watershed services. *Ecological Economics, 172*, 106634. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106634
- Shrestha, K. K., & Shrestha, U. B. (2021). Community forestry in Nepal: A review of impacts and an analysis of its success. *Forest Policy and Economics, 128*, 102476. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102476
- Sihombing, R. P., & Saragih, D. (2022). Analysis of soil infiltration rate on various land uses in the upstream area of Deli watershed, North Sumatra. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1089*(1), 012037. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1089/1/012037
- Silva, T. P., Bressiani, D., Ebling, É., & Reichert, J. M. (2023). Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. *International Soil and Water Conservation Research, 11*(4), 651-662. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.06.003

- Singh, M., Sur, K., Al-Ansari, N., Arya, P., Verma, V., & Malik, A. (2023). GIS integrated RUSLE model-based soil loss estimation and watershed prioritization for land and water conservation aspects. *Frontiers in Environmental Science, 11*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1136243
- Sun, W., Song, Z., & Yao, G. (2022). A review of machine learning in watershed-scale hydrological modeling. *Water, 14*(12), 1961. https://doi.org/10.3390/w14121961
- Suri, I. K., & Dwivedi, R. (2023). Participatory watershed management: A systematic review of challenges and success factors. *Environmental Management, 71*, 1047–1063. https://doi.org/10.1007/s00267-023-01799-z
- Susanto, R. H., & Purnomo, E. P. (2021). A systematic review of watershed management performance indicators. *Environmental Science & Policy, 124*, 114-123. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.06.012
- Trisurat, Y., Polpuntin, P., & Al-shami, S. A. (2022). A review of ecosystem-based adaptation for water resource management in Southeast Asia. *Environmental Reviews, 30*(4), 435-449. https://doi.org/10.1139/er-2021-0104
- Tsegaye, L., & Bharti, R. (2021). Soil erosion and sediment yield assessment using RUSLE and GIS-based approach in Anjeb watershed, Northwest Ethiopia. *SN Applied Sciences, 3*, 456. https://doi.org/10.1007/s42452-021-04564-x
- Udawatta, R. P., & Jose, S. (2022). Agroforestry strategies to sequester carbon in temperate North America. *Forests, 13*(2), 169. https://doi.org/10.3390/f13020169
- Ullah, S., Ali, U., Rashid, M., Haider, S., Kisi, O., Vishwakarma, D. K., Raza, A., Alataway, A., Dewidar, A., & Mattar, M. A. (2024). Evaluating land use and climate change impacts on Ravi river flows using GIS and hydrological modeling approach. *Scientific Reports, 14*, 73355. https://doi.org/10.1038/s41598-024-73355-2
- Van Loon, A. F., Tijdeman, E., & Wanders, N. (2022). How climate change and human adaptation affect the propagation of meteorological drought to hydrological drought. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 9*(3), e1593. https://doi.org/10.1002/wat2.1593
- Wahyuni, S., & Purnomo, E. P. (2021). Institutional arrangement for sustainable watershed management in a decentralized Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management, 8*(3), 2735-2742. https://doi.org/10.15243/jdmlm.2021.083.2735

- Walling, D. E. (2022). The sediment delivery problem revisited. *Journal of Hydrology, 612*, 128213. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128213
- Wang, S., Li, J., & Zhang, W. (2022). A review of remote sensing for water quality monitoring. *Remote Sensing, 14*(16), 3982. https://doi.org/10.3390/rs14163982
- Westerberg, I., & McMillan, H. (2022). Uncertainty in hydrological signatures. *Hydrological Sciences Journal, 67*(1), 1-17. https://doi.org/10.1080/02626667.2021.2012432
- Wibowo, A., Subehi, L. A., & Triwulan, T. (2023). The impact of land use changes on flash flood vulnerability in the Ciwidey Watershed, West Java. *Geographia Technica, 18*(1), 116-130. https://doi.org/10.21163/GT_2023.181.10
- Wunder, S., Brouwer, R., & Engel, S. (2021). From transaction costs to institutional alignment: A new framework for designing effective payments for environmental services. *Global Environmental Change, 71*, 102385. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102385
- Wymann, S., Rosenkranz, L., & Breu, T. (2021). The effectiveness of soil and water conservation measures in the global South: A systematic review and meta-analysis. *Land Degradation & Development, 32*(1), 220–235. https://doi.org/10.1002/ldr.3713
- Yadav, A., & Singh, R. (2024). Spatio-temporal Estimation of Evapotranspiration and Runoff in Sub-Watersheds of a Basin Using ArcSWAT. *National Academy Science Letters, 47*, 649-653. https://doi.org/10.1007/s40009-024-01395-3
- Zaghloul, A., Gemail, K. S., & El-Khoriby, E. (2021). A review of decision support systems for integrated water resources management. *Ain Shams Engineering Journal, 12*(3), 3283-3298. https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.03.003
- Zhang, L., Nan, Z., & Xu, Y. (2021). A review of integrated surface water-groundwater modeling. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 8*(5), e1543. https://doi.org/10.1002/wat2.1543
- Zhang, W., & Shao, Q. (2021). Effects of urbanization on soil infiltration capacity: A review. *Science of The Total Environment, 785*, 147259. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147259
- Zhang, X., & Liu, B. (2020). Terracing as a soil and water conservation measure: A global meta-analysis. *Catena, 191*, 104561. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104561

Buku ini membahas konsep dan pentingnya pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) sebagai bagian integral dari upaya menjaga keseimbangan lingkungan dan keberlanjutan sumber daya air. Daerah aliran sungai memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan manusia, pertanian, kegiatan ekonomi, serta kelestarian ekosistem. Oleh karena itu, pengelolaan DAS memerlukan pemahaman menyeluruh mengenai karakteristik wilayah, kondisi hidrologis, penggunaan lahan, serta hubungan antara aktivitas manusia dan perubahan lingkungan.

Buku ini mengangkat berbagai aspek pengelolaan DAS, mulai dari pemanfaatan dan konservasi sumber daya air, pengendalian erosi dan sedimentasi, pengelolaan lahan, hingga upaya mitigasi bencana seperti banjir dan tanah longsor. Pengelolaan DAS yang efektif membutuhkan pendekatan terpadu dengan melibatkan berbagai pihak, termasuk pemerintah, akademisi, masyarakat, dan pemangku kepentingan lainnya. Melalui sinergi tersebut, berbagai permasalahan lingkungan dapat ditangani secara lebih terarah dengan mempertimbangkan keseimbangan antara kebutuhan pembangunan dan pelestarian alam.

Buku ini diharapkan menjadi referensi bagi mahasiswa, dosen, peneliti, praktisi lingkungan, serta pihak-pihak yang berkepentingan dalam pengelolaan sumber daya air dan lingkungan hidup. Pembahasan di dalamnya memberikan wawasan mengenai pentingnya perencanaan dan pengelolaan DAS yang berkelanjutan untuk menjaga ketersediaan air, meningkatkan kualitas lingkungan, serta mendukung kesejahteraan masyarakat. Dengan pengelolaan yang tepat dan berkesinambungan, daerah aliran sungai dapat berfungsi secara optimal sebagai penyangga kehidupan sekaligus aset lingkungan bagi generasi sekarang dan mendatang.

www.penerbitwidina.com
@penerbitwidina
penerbit widina
penerbitwidina@gmail.com
widina store
widina bookstore

Layanan Pembaca & Penerbitan Buku
0815-7000-699

SCANME

Ilmu Alam

ISBN 978-634-317-530-8

9 786343 175308