

Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.
Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc.
Dr. Andi Syukriani, S.Pd., M.Pd.



BUKU REFERENSI
PRINSIP
ILMU
LINGKUNGAN

SUATU KONSEP UNTUK MULTIDISIPLIN ILMU



Editor: Adv. Maulidya Permatasari, S.H., M.H.

PRINSIP ILMU LINGKUNGAN: SUATU KONSEP UNTUK MULTIDISIPLIN ILMU

Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.

Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc

Dr. Andi Syukriani, S.Pd., M.Pd



Tahta Media Group

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

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

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

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

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

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

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

REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC002025224593, 23 Desember 2025

Pencipta

Nama : **Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si., Dr. Hastuti, S.Si., M.Sc dkk**
Alamat : Perumahan Golden Hill Blok H No. 10, Jl. Inspeksi PAM, Antang Nipa-Nipa Makassar, Manggala, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, 90234
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si., Dr. Hastuti, S.Si., M.Sc dkk**
Alamat : Perumahan Golden Hill Blok H No. 10, Jl. Inspeksi PAM, Antang Nipa-Nipa Makassar, Manggala, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, 90234
Kewarganegaraan : Indonesia
Jenis Ciptaan : **Buku**
Judul Ciptaan : **PRINSIP ILMU LINGKUNGAN: SUATU KONSEP UNTUK MULTIDISIPLIN ILMU**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 23 Desember 2025, di Kab. Sukoharjo

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor Pencatatan : 001064853

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
dan
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Agung Damarsasengko, SH, MH.
NIP. 196912261994031001



Dicatat:

1. Dalam hal prosedur pendaftaran kecatatan tidak sesuai dengan surat permohonan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.
2. Surat Pencatatan ini telah diunggah secara elektronik menggunakan sistem elektronik yang dikelola oleh Badan Pusat Statistik Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara.
3. Surat Pencatatan ini dapat diunduh keadaannya dengan menggunakan kode QR pada dokumen ini dan informasi akan ditunjukkan dalam browser.

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.	Perumahan Golden Hill Blok H No. 10. Jl. Inspeksi PAM, Antang Nipa-Nipa Makassar Manggala, Kota Makassar
2	Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc	Lingkungan Batu Loe 003/002, Dannuang, Ujung Loe Ujungloe, Kab. Bulukumba
3	Jalan Dg. Tata I BTN Taberia Blok B24 No. 5 Makassar	Jalan Dg. Tata I BTN Taberia Blok B24 No. 5 Makassar Tamalate, Kota Makassar

LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.	Perumahan Golden Hill Blok H No. 10. Jl. Inspeksi PAM, Antang Nipa-Nipa Makassar Manggala, Kota Makassar
2	Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc	Lingkungan Batu Loe 003/002, Dannuang, Ujung Loe Ujungloe, Kab. Bulukumba
3	Jalan Dg. Tata I BTN Taberia Blok B24 No. 5 Makassar	Jalan Dg. Tata I BTN Taberia Blok B24 No. 5 Makassar Tamalate, Kota Makassar



PRINSIP ILMU LINGKUNGAN: SUATU KONSEP UNTUK MULTIDISIPLIN ILMU

Penulis:

Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.

Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc

Dr. Andi Syukriani, S.Pd., M.Pd

Desain Cover:

Tahta Media

Editor:

Adv. Maulidya Permatasari, S.H., M.H.

Proofreader:

Tahta Media

Ukuran:

ix, 241, Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-634-262-108-0

Cetakan Pertama:

Desember 2025

Hak Cipta 2025, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2025 by Tahta Media Group

All Right Reserved

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

PENERBIT TAHTA MEDIA GROUP
(Grup Penerbitan CV TAHTA MEDIA GROUP)
Anggota IKAPI (216/JTE/2021)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku ini dapat terselesaikan dan hadir di hadapan para pembaca. Buku berjudul “Prinsip Ilmu Lingkungan: Suatu Konsep Untuk Multidisiplin Ilmu” ini lahir dari keprihatinan mendalam terhadap kondisi lingkungan saat ini, yang semakin hari menunjukkan gejala krisis secara ekologis maupun sosial. Kerusakan alam, perubahan iklim, pencemaran lingkungan, penurunan kualitas udara dan air, serta hilangnya keanekaragaman hayati merupakan sinyal penting bahwa bumi membutuhkan perhatian serius dari seluruh manusia sebagai penghuninya.

Ilmu lingkungan hadir bukan hanya sebagai disiplin ilmu, tetapi sebagai cara pandang serta sikap hidup untuk memahami hubungan timbal balik antara manusia dan alam. Buku ini menyajikan prinsip dasar ilmu lingkungan sebagai fondasi pemahaman ekologis yang komprehensif, membahas interaksi makhluk hidup dan lingkungannya, dinamika ekosistem, sirkulasi energi, hingga proses biogeokimia yang menjadi penopang keseimbangan kehidupan. Tidak hanya itu, pembahasan mengenai sumber daya alam, pencemaran, dan kerusakan lingkungan dikaji melalui sudut pandang ilmiah sekaligus praktis, sehingga pembaca dapat memahami penyebab dan dampaknya serta menemukan solusi strategis yang dapat diterapkan.

Melalui buku ini, penulis berharap terbentuk kesadaran baru bahwa menjaga lingkungan bukan sekedar kewajiban, melainkan bentuk tanggung jawab moral dan amanah peradaban. Buku ini tidak hanya ditujukan bagi mahasiswa maupun akademisi, tetapi juga bagi para pemerhati lingkungan, guru, peneliti, pengambil kebijakan, serta masyarakat luas yang ingin memahami prinsip-prinsip ilmiah sekaligus praktek dalam melestarikan alam.

Semoga buku ini membawa manfaat, menumbuhkan kesadaran ekologis, dan menjadi inspirasi dalam memperjuangkan keberlanjutan bumi sebagai rumah bersama bagi semua makhluk hidup.

Editor:

Adv. Maulidya Permatasari, S.H., M.H.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
BAB I KONSEP DASAR ILMU LINGKUNGAN.....	1
Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.....	1
Universitas Patompo	1
A. Tinjauan Ilmu Lingkungan	1
B. Sejarah dan Perkembangan Ilmu Lingkungan.....	5
C. Ruang Lingkup dan Peranan Ilmu Lingkungan.....	8
Daftar Pustaka	17
Profil Penulis	21
BAB II KONSEP EKOLOGI DASAR.....	22
Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.....	22
Universitas Patompo	22
A. Ekosistem: Defenisi Dan Klasifikasi Jenis Ekosistem	22
B. Ekosistem Alami.....	23
C. Sirkulasi Energi	36
D. Rantai Makanan dan Jaring-Jaring Makanan	37
E. Siklus Biogeokimia	38
Daftar Pustaka	44
Profil Penulis	48
BAB III SUMBER DAYA ALAM.....	49
Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.....	49
Universitas Patompo	49
A. Klasifikasi Sumber Daya Alam	49
B. Pengelolaan Sumber Daya Alam Secara Berkelanjutan	49
C. Degradasi dan Konservasi Sumber Daya Alam.....	54
Daftar Pustaka	65
Profil Penulis	69
BAB IV PENCEMARAN LINGKUNGAN.....	69
Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.....	69
Universitas Patompo	69
A. Tinjauan Pencemaran Lingkungan	69
B. Klasifikasi Pencemaran, Dampak, dan Upaya Penanggulangan	73

Daftar Pustaka	83
Profil Penulis	87
BAB V DEFORESTASI, EROSI, DEGRADASI HUTAN.....	887
Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc.....	88
Universitas Patompo	88
A. Deforestasi.....	88
B. Erosi.....	94
C. Perubahan Iklim dan Pemanasan Global	101
D. Keanekaragaman Hayati dan Kepunahan Spesies.....	104
Daftar Pustaka	107
Profil Penulis	109
BAB VI HUKUM dan KEBIJAKAN LINGKUNGAN.....	110
Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc.....	110
Universitas Patompo	110
A. Prinsip-Prinsip Hukum Lingkungan.....	110
B. Peran Pemerintah dan LSM.....	117
C. Peran Masyarakat	119
D. Instrumen Ekonomi dan Regulasi Lingkungan	122
E. Kebijakan Pengelolaan Lingkungan di Indonesia	126
F. Kebijakan dalam Penegakan Hukum Lingkungan	129
Daftar Pustaka	131
Profil Penulis	132
BAB VII PENDEKATAN dan TEKNOLOGI PENGELOLAAN	
LINGKUNGAN	133
Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc.....	133
Universitas Patompo	133
A. Konsep Pembangunan Berkelanjutan.....	133
B. Pengelolaan Limbah (3R: Reduce, Reuse, Recycle).....	145
Daftar Pustaka	149
Profil Penulis	150
BAB VIII KEARIFAN LOKAL dan ETIKA LINGKUNGAN	151
Dr. Andi Syukriani, S.Pd., M.Pd	151
Universitas Negeri Makassar.....	151
A. Pendahuluan	151
B. Peran Budaya dan Kearifan Lokal dalam Menjaga Lingkungan... ..	153
C. Etika Lingkungan Untuk Keberlanjutan.....	166

Daftar Pustaka	173
Profil Penulis	187
BAB IX ISU-ISU LINGKUNGAN KONTEMPORER.....	188
Dr. Andi Syukriani, S.Pd., M.Pd	188
Universitas Negeri Makassar.....	188
A. Pendahuluan	188
B. Urbanisasi dan Masalah Lingkungan Kota.....	190
C. Bencana Lingkungan dan Mitigasi	203
D. Agenda Global: SDGS (Sustainable Development Goals).....	209
Daftar Pustaka	213
Profil Penulis	223
BAB X INDEKS EKOLOGIS	224
Dr. Andi Syukriani, S.Pd., M.Pd.	224
Universitas Negeri Makassar.....	224
A. Pendahuluan	224
B. Indeks Keanekaragaman.....	225
C. Indeks Kualitas Air (<i>Water Quality Index</i>)	229
D. Indeks Polusi Biotik (<i>Biotic Index</i>)	231
E. Indeks Keseragaman (<i>Evenness Index</i>)	233
Daftar Pustaka	236
Profil Penulis	241

BAB I

KONSEP DASAR ILMU LINGKUNGAN

Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.
Universitas Patempo

A. TINJAUAN ILMU LINGKUNGAN

Saat ini, kerusakan lingkungan dalam skala lokal maupun global telah sampai ke tahap yang sangat mengkhawatirkan. Beberapa data dan hasil penelitian menunjukkan bahwa krisis lingkungan yang terjadi telah memicu pemanasan global, perubahan iklim, penipisan sumber daya alam, kepunahan keanekaragaman hayati, peningkatan polusi lingkungan, kemerosotan kualitas lingkungan, dan penurunan derajat kesehatan masyarakat. Ancaman nyata tersebut tidak terlepas dari kelalaian manusia itu sendiri dalam memanfaatkan sumber daya alam tanpa konsep keberlanjutan. Beberapa aktivitas manusia yang terdeteksi sebagai penyebab degradasi lingkungan, yaitu deforestasi yang bersifat masif, aktivitas yang menghasilkan limbah atau bahan pencemar, pengelolaan sampah yang buruk, dan lain-lain.

Manusia yang selalu menganggap dirinya terpisah dengan alam lingkungannya adalah pandangan yang keliru dan menjadi penyebab utama terjadinya kerusakan lingkungan di muka bumi. Berdasarkan fitrahnya, manusia merupakan makhluk sosial yang hidup dan tumbuh serta berkembang pada suatu ekosistem sebagai unit atau kesatuan fungsional antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Oleh karena itu, usaha penyelamatan lingkungan harus dilandasi dengan kesadaran mendasar terhadap diri manusia itu sendiri dalam memandang lingkungannya.

Berbagai permasalahan lingkungan yang turut hadir mewarnai kehidupan manusia telah mengisyaratkan perlunya pengetahuan ilmu lingkungan sebagai suatu solusi dalam menjawab segala permasalahan yang terjadi. Sebagai salah satu contoh, ilmu lingkungan berperan sebagai panduan kebijakan dan edukasi pada saat keseimbangan ekosistem mempengaruhi keberlangsungan kehidupan manusia. Begitupula dalam keadaan krisis sumber daya alam,

kejadian pencemaran lingkungan yang menghasilkan polutan berbahaya dan mengancam kesehatan manusia, penurunan keanekaragaman hayati, serta perubahan iklim secara global. Maka, diperlukan peran ilmu lingkungan dalam mengatasi atau menghasilkan solusi dari beberapa kejadian tersebut. Ilmu lingkungan dapat dijadikan sebagai metode pendekatan ilmiah dalam mencegah, mengurangi, dan memitigasi ragam pencemaran, serta memberi solusi pemanfaatan secara berkelanjutan atas beberapa permasalahan lingkungan tersebut.

Ilmu lingkungan merupakan suatu konsep yang mengintegrasikan berbagai bidang ilmu, seperti ekologi, biologi, hidrologi, meteorologi, oceanografi, biokimia, ilmu tanah, geografi, demografi, kehutanan, ekonomi, pertanian, kesehatan, dan lain sebagainya. Pada dasarnya, ilmu lingkungan merupakan perpaduan antara ilmu murni dengan ilmu terapan yang membahas tentang pengaruh faktor-faktor lingkungan terhadap makhluk hidup dan perwujudan berbagai konsep permasalahan lingkungan hidup yang lebih luas, termasuk yang berkaitan dengan hubungan antara manusia dengan lingkungannya.

Ilmu lingkungan dan ekologi merupakan dua bidang ilmu yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain karena ilmu lingkungan merupakan hasil penjabaran dari ekologi. Definisi lain yang dapat mendeskripsikan hubungan kedua ilmu tersebut adalah ilmu lingkungan merupakan terapan dari ekologi, dalam hal ini ekologi berperan penting sebagai ilmu dasar atau basis yang menunjang ilmu lingkungan, sedangkan ilmu lingkungan merupakan aplikasi ekologi yang menjabarkan interaksi manusia dengan lingkungannya. Teori-teori dasar yang berlaku dalam ilmu lingkungan berasal dari ekologi. Oleh karena itu, pemahaman ekologi yang sangat minim akan menyebabkan ilmu lingkungan tidak mempunyai dasar ilmiah yang kuat dalam menguraikan kerusakan lingkungan ataupun sistem pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan.

Lingkungan dapat didefinisikan sebagai suatu kesatuan ruang yang terdiri dari komponen biotik, abiotik dan sosial budaya (*culture*) termasuk manusia maupun perilakunya yang dapat berpengaruh terhadap alam, kelangsungan hidup dan kesejahteraan manusia itu sendiri serta makhluk hidup lainnya. Hal ini sesuai dengan Undang-Undang Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 32 Tahun 2009 yang memberikan batasan tentang definisi lingkungan, yaitu suatu kesatuan ruang dengan semua benda, daya keadaan, maupun makhluk hidup, termasuk manusia itu sendiri serta perilakunya, yang berpengaruh

terhadap alam, kelangsungan kehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya.

Otto Soemarwoto (1991) mengemukakan definisi lingkungan sebagai kesatuan semua benda dan kondisi yang menempati suatu ruangan dan mempengaruhi seluruh kehidupan kita. Komponen lingkungan dibedakan menjadi tiga (3), yaitu 1) abiotik, yakni faktor fisika-kimia (udara, air, tanah, cahaya, dan lain-lain); 2) biotik, yakni komponen lingkungan yang berupa makhluk hidup (tumbuhan, hewan, manusia, protozoa, mikroorganisme, dan lain-lain); 3) sosial budaya (*cultural environment*), yakni hasil ciptaan, rasa, dan karsa manusia (teknologi, norma, ekonomi, budaya, politik, dan lain-lain). Pada dasarnya, Otto Soemarwoto menguraikan lingkungan sebagai semua keadaan yang terdapat pada makhluk hidup dan mempunyai pengaruh yang besar bagi kehidupan makhluk itu sendiri. Hal yang sama pada Emil Salim (1976) yang mendefinisikan lingkungan sebagai segala hal (kejadian/ihwal) yang mencakup benda, keadaan, kondisi maupun pengaruhnya. Dalam hal ini, lingkungan memiliki pengaruh yang luas terhadap hal-hal yang hidup, seperti tumbuhan, hewan, manusia, dan lain-lain.

Amsyari (1989) juga menguraikan pendapatnya tentang lingkungan yang dibedakan menjadi 3 kelompok utama, yaitu 1) lingkungan fisik sebagai segala sesuatu yang berada di sekitar manusia itu sendiri. Bentuk atau wujud dari lingkungan fisik adalah udara, air, cahaya, batu, suhu, rumah, dan lain sebagainya; 2) lingkungan biologis sebagai unsur yang hidup dan berada di sekitar manusia itu sendiri, seperti tumbuhan, hewan, bakteri, serangga, dan lain-lain; 3) lingkungan sosial yang terdiri dari sekumpulan atau kelompok manusia yang berada di lingkungan masyarakat yang saling berhubungan dan membutuhkan antara satu sama lainnya. Begitu pula dengan L.L Bernard dalam Siahaan (2009) yang membagi komponen lingkungan menjadi 4 (empat) bagian utama, yaitu:

1. Lingkungan fisik (anorganik), yakni lingkungan yang berupa fisiogeografis dan memiliki gaya kosmik, seperti udara, laut, tanah, ombak, radiasi, gaya tarik, dan lain-lain;
2. Lingkungan biologi (organik), yakni sesuatu yang hidup atau bersifat biotik, seperti hewan, tumbuh-tumbuhan, mikroorganisme, parasit, dalam hal ini termasuk juga lingkungan prenatal hasil proses biologi seperti pola reproduksi, pertumbuhan dan lain-lain;

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto Hebert, Ulinniam, Purwanti Eny Wahyuning, Yusal Muh. Sri, Widyastuti Dyah Ayu, Sutrisno Eko, Tamaela Kevin A., Dailami Muhammad, Purbowati Rini, Angga La Ode, Hasibuan Anggi Khairina Hanum, Hariri Muhammad Rifqi, Nendissa Dessyre M., Nendissa Sandrina Juliana, Noviantari Ariyani, & Chrisnawati Lili. (2021). *Bioteknologi*.
- Dailami, M., Tahya, C. Y., Gyta, D., Harahap, S., Duhita, M. R., Sutrisno, E., Hidana R., Supinganto, A., Puspita, R., Purbowati, R., Yusal, M.S., Alang, H., & Apriyanti, E. (2020). *Biologi umum*. Widina Bhakti Persada Bandung.
- Darmayani, S., Hidana, R., Sa'diya, A., Isrianto, P. L., Hidayati, Jumiarni, D., Hafsari, A. R., Latumahina, F. S., Setyowati, E. K., Syam, S., Sufiyanto, M. I., Yusal, M. S., Watuguly, T. W., & Gultom, V. D. N. (2021b). *Bioteknologi Teori dan Aplikasi*. In *Widina Bhakti Persada Bandung*.
- Darmayani, S., Rudy Hidana, Fransina S Latumahina, Sandriana Juliana Nendissa, Masni Veronika Situmorang, Ronnawan Juniatmoko, Rosi Widarawati, MZ Novita, Ardli Swardana, Pelita Octorina, Gunaria Siagian, Anggi Khairina Hanum Hasibuan, Muh Sri Yusal, A.M. (2021a). *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. In *Widina Bhakti Persada Bandung*. www.penerbitwidina.com.
- Handayani, Maharani Retna Duhita, Ulinniam, C. H., Buala Junaedi Sianturi, Muh. Sri Yusal, Eko Sutrisno, R. P., & Visi Tinta Manik, Pelita Octorina, Hasria Alang, E. A. (2020). *Biologi Umum*. In *Widina Bhakti Persada Bandung*.
- Handayani, Satya Darmayani, Sandriana Juliana Nendissa, Anggi Khairina Hanum Hasibuan, Rivo Hasper Dimenta, Indarjani Indarjani, Charliany Hetharia, Maharani Retna Duhita, Arwin Arif, Muh Sri Yusal, Buala Junaedi Sianturi, Ulinniam Ulinniam, F. S. L. (2021). *Fisiologi Hewan*. In *Widina Bhakti Persada Bandung*.
- Hasria Alang, Deesy Widiani, Andi Fatmawati Muharram, Ria Yulia Gloria, Sartika Gunawan Putri, Muh. Sri Yusal, Sahribulan, Agus Purnomo, R. (2022). *Biologi Sel & Molekuler: Konsep Biologi Sel dan Molekuler*. Runi Fazalan.

- Hasyim, A., Yusal, M. S., Syamsuri, S., & Alang, H. (2023). Meiobenthos Community as a Description of Environmental Changes at Losari Beach, Makassar. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 10308–10316. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.3773>.
- Hudha M.A, Husamah, Abdulkadir Rahardjanto. (2019) Etika Lingkungan (Teori dan Praktik Pembelajarannya. Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang.
- Jumaris, Sigit Heru Mukti B.S, S. (2024). Characterisation of Tsunami Heights Affecting the Coastal Area in Ternate City. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA Journal of Research in Science Education*, 10, 735–743. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10iSpecialIssue.7520>.
- Keraf, A. S. (2014). Filsafat lingkungan hidup: Alam sebagai sebuah sistem kehidupan. Yogyakarta: Kanisius.
- Sa'diyah, A., S. Latuhamina, F., Anita, Sutrisno, Cristy Birahy, D., Yusal, M. S., Khirina, A., Raningsih, N. M., Jumiarni, D., Awwanah, M., Meylani, V., W. Purwanti, E., Intan, N., & Meiyasa, F. (2021). *Dasar-Dasar Mikrobiologi dan Penerapannya*. Widina Bhakti Persada Bandung.
- Samsi, A. N., & Yusal, M. S. (2022). Identifikasi Tumbuhan Mangrove Dan Pemanfaatannya di Pulau Aru Provinsi Maluku. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Sains*, 3(2), 47–50. <https://doi.org/10.51673/jips.v3i2.1012>.
- Soegianto, A. (2010). Ilmu Lingkungan: Sarana Menuju Masyarakat Berkelanjutan. Airlangga Universty Press. Surabaya.
- Soemarwoto, O. (2004) "Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan," Jakarta: Djambatan
- Sri Yusal, M., & Nur, M. (2023). The Effect of Corncob Powder on the Oyster Mushroom Growth (*Pleurotus ostreatus*). *Bioma*, 5(2), 97–106.
- Sri, M. (2024). Inventarisasi Serangga Hama Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) di Matompi Kabupaten Luwu Timur. *Biology & Education Journal*, 4(1), 33–47.
- Tandjung, S. D. (1999) "Pengantar Ilmu Lingkungan," Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Thomas Vinod, (2023). Risk and Resilience in the Era of Climate Change. Palgrave Macmillan. Singapore.
- Utina, R., dan Baderan, D. W. K. (2009). *Ekologi dan Lingkungan Hidup*. Gorontalo: UNG Press. ISBN 978-979-1340-13-7.
- Wiryo (2013). Pengantar Ilmu Lingkungan. Bengkulu: Pertelon Media. ISBN 9786029071054.
- Yunus, M., Yusal, M. S., & Samsi, A. N. (2022). Diversity of Land Insect in Polda Plantation South Sulawesi. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 8(3), 795–806. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v8i3.3374>
- Yusal, M. (2019). *Kajian Kualitas Perairan Berdasarkan Keanekaragaman Meiofauna Interstisial, Kandungan Fosfor, dan Parameter Fisik Lingkungan di Zona Pesisir Losari Makassar* [Gadjah Mada]. <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/183098>.
- Yusal, M. S. (2020a). Respirasi dan Eskresi Organisme Heterotrof.pdf. In *Biologi Umum*. Widina Bhakti Persada Bandung.
- Yusal, M. S. (2020b). Studi Struktur Komunitas Meiofauna dan Kualitas Perairan Zona Pesisir Losari Makassar. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 11(2), 63–71.
- Yusal, M. S., & Hasyim, A. (2022). Kajian Kualitas Air Berdasarkan Keanekaragaman Meiofauna dan Parameter Fisika-Kimia di Pesisir Losari, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 45–57. <https://doi.org/10.14710/jil.20.1.45-57>.
- Yusal, M. S., & Toni, G. (2021). Fern inventorization in Cunca Rami Waterfall Zone of West Manggarai, East Nusa Tenggara. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*, 7(1), 218–234. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v7i1.2002>.
- Yusal, M. S., Hasyim, A., Hastuti, H., Arif, A., & Syam, R. H. (2025). Review of Eutrophication: Risks in Aquatic Environmental Fertility and Mitigation Efforts. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(1), 124–135.
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakhim, N. (2019a). Abundance of Meiofauna and Physical-Chemical Parameters as Water Quality Indicator. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 24(2), 81–90. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.24.2.81-90>.

- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakhim, N. (2019b). Analisis Ekologis Meiofauna Sebagai Bioindikator Di Pesisir Pantai Losari, Makassar. *Bionature*, 19(1). <https://doi.org/10.35580/bionature.v19i1.7308>.
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakhim, N. (2019c). Water Quality Study Based on Meiofauna Abundance and Pollution Index in the Coastal Zone of Losari Beach, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 172. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.172-180>.
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakim, N. (2019b). The Ecological Analysis of Meiofauna as a Water Quality Bioindicator in the Coast of Losari Beach, Makassar. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 256(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/256/1/012024>.

PROFIL PENULIS



Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si lahir dan dibesarkan di Kacampureng. Pendidikan Dasar formal ditempuh di Kabupaten Bone, kemudian melanjutkan pendidikan menengah di Makassar. Menempuh pendidikan tinggi di Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar. Pendidikan S2 ditempuh di Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin pada Program Studi Ilmu Lingkungan Hidup. Program Doktorat ditempuh di Universitas Gadjah Mada Program Studi Ilmu Lingkungan dan lulus tahun 2019. Penulis diterima sebagai sebagai dosen tetap di Universitas Patompo, saat ini aktif menjadi reviewer nasional maupun internasional. Karya ilmiah yang dihasilkan berupa beberapa buku dan publikasi jurnal nasional, internasional maupun jurnal internasional bereputasi. Email: mhsri.yusal@unpatompo.ac.id.

BAB II

KONSEP EKOLOGI DASAR

Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.
Universitas Patempo

A. EKOSISTEM: DEFENISI DAN KLASIFIKASI JENIS EKOSISTEM

Ekosistem merupakan sistem ekologi yang terbentuk dari hubungan timbal balik antara organisme dengan lingkungannya sebagai suatu kesatuan yang bersifat menyeluruh dan saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Pada dasarnya, ekosistem di biosfer tersusun dari dua komponen utama, yakni biotik (organisme) dan abiotik (komponen tidak hidup). Terdapat dua komponen biotik yang berfungsi sebagai penyusun ekosistem:

1. Komponen autotrof, komponen yang terdiri dari organisme yang mampu mensintesis bahan makanannya sendiri, seperti tumbuhan yang membentuk bahan organik dari zat-zat organik dengan bantuan cahaya matahari, air, dan klorofil.
2. Komponen heterotrof, terdiri dari organisme yang tidak mampu mensintesis bahan makanannya sendiri, seperti mamalia, reptil, aves, dan lain-lain.

Beberapa komponen lingkungan yang terdiri dari produsen, konsumen, pengurai, dan parameter abiotik memiliki peran ekologis dalam proses pembentukan ekosistem. Adapun komponen biotik yang berupa produsen, konsumen, dan pengurai adalah "three functional kingdoms of nature" atau disebut sebagai kerajaan utama di alam karena masing-masing komponen tersebut mempunyai peran penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan di alam. Berikut ini adalah uraian lengkap dari beberapa komponen lingkungan yang berperan aktif dalam proses terbentuknya ekosistem:

1. Produsen, terdiri dari organisme autotrof yang berupa tumbuhan yang mampu membuat makanannya sendiri dari zat-zat anorganik sederhana.

2. Konsumen, berupa komponen heterotrof yang terdiri dari omnivora, karnivora, atau herbivora.
3. Komponen pengurai (dekomposer), komponen heterotrof memiliki kemampuan dalam menguraikan bahan organik dari organisme yang telah mati atau membusuk (senyawa organik kompleks). Komponen ini melakukan penyerapan terhadap sebagian hasil penguraian tersebut dan sebagian lagi melepaskannya dalam bentuk senyawa sederhana yang dimanfaatkan oleh produsen. Organisme yang termasuk pengurai adalah jenis bakteri, sianobakteri, fungi, dan lain-lain.
4. Komponen abiotik, unsur lingkungan non hayati yang berupa komponen fisik dan kimia lingkungan, seperti air, udara, tanah, sinar matahari yang berfungsi sebagai medium untuk keberlangsungan kehidupan.

Berdasarkan kondisi lingkungan fisik dan proses pembentukannya, maka ekosistem dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu ekosistem alami, ekosistem buatan, dan ekosistem transisi. Ekosistem alami terdiri dari ekosistem daratan atau teresterial (hutan hujan tropis, sabana, padang rumput, gurun, taiga, tundra, serta hutan gugur) dan ekosistem perairan yang terdiri dari air tawar, estuaria, dan air laut atau samudra. Adapun ekosistem buatan, didefinisikan sebagai suatu ekosistem hasil bentukan manusia, seperti sawah, perkebunan, tambak, waduk, kolam, serta hutan tanaman industri, sedangkan ekosistem transisi merupakan ekosistem peralihan antara daratan dengan perairan, seperti hutan mangrove, laguna, pantai pasir dan berlumpur, serta rawa pasang surut.

B. EKOSISTEM ALAMI

1. Ekosistem Teresterial (daratan)
 - a. Ekosistem Hutan Hujan Tropis

Hutan hujan tropis merupakan ekosistem yang sangat kompleks dan berada di daerah iklim tropis dengan curah hujan yang sangat tinggi sepanjang tahun (>2000 mm/tahun). Hutan hujan tropis berada di 23,5° LU dan 23,5° LS dengan suhu rata-rata yang berkisar 25–28°C dan tingkat kelembapan yang tinggi. Ciri utama lainnya adalah keanekaragaman flora dan fauna yang tinggi, kandungan tanah yang miskin akan unsur hara karena terserap oleh akar-akar atau terbawa hanyut oleh hujan, memiliki lapisan vegetasi vertikal yang bertingkat

DAFTAR PUSTAKA

- Anzen, H., 2004. Carbon cycling in earth systems. A soil science perspective. *Agriculture, ecosystems and environment*. 104: 399-417.
- Campbell NA, Reece JB. 2009. *Biology*. USA: Pearson Benjamin Cummings. Page. 415-419.
- Darmayani, S., Hidana, R., Sa'diya, A., Isrianto, P. L., Hidayati, Jumiarni, D., Hafsari, A. R., Latumahina, F. S., Setyowati, E. K., Syam, S., Sufiyanto, M. I., Yusal, M. S., Watuguly, T. W., & Gultom, V. D. N. (2021b). Bioteknologi Teori dan Aplikasi. In *Widina Bhakti Persada Bandung*
- Darmayani, S., Rudy Hidana, Fransina S Latumahina, Sandriana Juliana Nendissa, Masni Veronika Situmorang, Ronnawan Juniatmoko, Rosi Widarawati, MZ Novita, Ardli Swardana, Pelita Octorina, Gunaria Siagian, Anggi Khairina Hanum Hasibuan, Muh Sri Yusal, A.M. (2021a). Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan. In *Widina Bhakti Persada Bandung*. www.penerbitwidina.com.
- Latuconsina, Husain (2019-06-24). *Ekologi Perairan Tropis: Prinsip Dasar Pengelolaan Sumber Daya Hayati Perairan*. UGM Press. ISBN 978-602-386-296-2.
- Lita Sumiyati, S. J. (2017). Nilai Ekologis Ekosistem Hutan Mangrove. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(1). <https://doi.org/10.29303/jbt.v17i1.389>
- Longo, Giuseppe; Montevil, Mael. 2014. *Perspectives on Organisms* Springer. *Lecture Notes in Morphogenesis*.
- Morelli, John. 2011. "Environmental Sustainability: A Devinition for Environmental Professionals," *Journal of Environmental Sustainability: Vol 1* Pepper, J.W.;
- Muh, S. Yusal. dan A. Hasyim. (2017). Pemeriksaan Kualitas Perairan Berdasarkan Analisa Biodiversitas Fitoplankton (Studi Kasus Pada Pembuangan Limbah Cair Hasil Buangan PT. Kima Makassar). *Jurnal Ilmiah Pena: Sains Dan Ilmu Pendidikan*, 7(1), 31-41.
- Pukacz, A., Oszkinis-Golon, M. & Frankowski, M. (2018) The physicochemical diversity of pit lakes of the Muskau Arch (Western

- Poland) in the context of their evolution and genesis. *Limnological Review*, 18, 115-126, doi:10.2478/limre-2018-0013
- Refaat, M. 2014. Sustainable Landscapes; The Use of Eco Parks. *International Journal of Education and Research*.
- Rizal, Reda (2017). *Analisis Kualitas Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. ISBN 978-602-19087-6-1.
- Samsi, A. N., & Yusal, M. S. (2022). Identifikasi Tumbuhan Mangrove Dan Pemanfaatannya Di Pulau Aru Provinsi Maluku. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Sains*, 3(2), 47–50. <https://doi.org/10.51673/jips.v3i2.1012>
- Sigman, D. M. & Hain, M. P. (2012). The Biological Productivity of the Ocean. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 21.
- Silknetter, S., Creed, R. P., Brown, B. L., Frimpong, E. A., Skelton, J., Peoples, B. K. 2020. Positive biotic interactions in freshwaters: a review and research directive. *Freshwater Biology*, 64(4), 811-832. <https://doi.org/10.1111/fwb.13476>
- Soemarwoto, O. (2004) "Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan," Jakarta: Djambatan.
- Sri Yusal, M., & Nur, M. (2023). The Effect of Corncob Powder on the Oyster Mushroom Growth (*Pleurotus ostreatus*). *Bioma*, 5(2), 97–106
- Sri, M. (2024). Inventarisasi Serangga Hama Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) di Matompi Kabupaten Luwu Timur. *Biology & Education Journal*, 4(1), 33–47.
- Susilawati dan Bachtiar, N. (2018). *Biologi Dasar Terintegrasi*. Pekanbaru: Kreasi Edukasi. hlm. 171. ISBN 978-602-6879-99-8
- Whitfield, A., & Elliott, M. (2011). Ecosystem and biotic classification of estuarines and coasts. In treatise on estuarine and coastal science. In E. Wolanski, D. S. McLusky. *Treatise on estuarine and coastal science*. (pp. 99-124). Academic Press
- Withgott, Jay H., & Laposata, Matthew. *Environment: The Science Behind the Stories* Edisi ke-7 (Global Edition) 2025 Pearson Education, Limited

- Yunus, M., Yusal, M. S., & Samsi, A. N. (2022). Diversity of Land Insect in Polda Plantation South Sulawesi. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*, 8(3), 795–806. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v8i3.3374>
- Yusal, M. (2019). *Kajian Kualitas Perairan Berdasarkan Keanekaragaman Meiofauna Interstitial, Kandungan Fosfor, dan Parameter Fisik Lingkungan di Zona Pesisir Losari Makassar* [Gadjah Mada]. <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/183098>
- Yusal, M. S. (2012). Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Indeks Ekologis Meiofauna Interstitial Ekosistem Mangrove di Pantai Batu Gosok Kecamatan Komodo Kabupaten Manggarai Barat Nusa Tenggara. *Jurnal Ilmiah Pena.*, 1(1), 1–15.
- Yusal, M. S. (2020a). Respirasi dan Ekskresi Organisme Heterotrof.pdf. In *Biologi Umum*. Widina Bhakti Persada Bandung.
- Yusal, M. S. (2020b). Studi Struktur Komunitas Meiofauna dan Kualitas Perairan Zona Pesisir Losari Makassar. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 11(2), 63–71.
- Yusal, M. S., & Hasyim, A. (2022). Kajian Kualitas Air Berdasarkan Keanekaragaman Meiofauna dan Parameter Fisika-Kimia di Pesisir Losari, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 45–57. <https://doi.org/10.14710/jil.20.1.45-57>
- Yusal, M. S., & Toni, G. (2021). Fern inventorization in Cunca Rami Waterfall Zone of West Manggarai, East Nusa Tenggara. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*, 7(1), 218–234. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v7i1.2002>
- Yusal, M. S., Hasyim, A., Hastuti, H., Arif, A., & Syam, R. H. (2025). Review of Eutrophication: Risks in Aquatic Environmental Fertility and Mitigation Efforts. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(1), 124–135.
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakhim, N. (2019a). Abundance of Meiofauna and Physical-Chemical Parameters as Water Quality Indicator. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 24(2), 81–90. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.24.2.81-90>
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakhim, N. (2019b). Analisis Ekologis Meiofauna Sebagai Bioindikator Di Pesisir Pantai Losari,

Makassar. *Bionature*, 19(1).
<https://doi.org/10.35580/bionature.v19i1.7308>

Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakhim, N. (2019c). Water Quality Study Based on Meiofauna Abundance and Pollution Index in the Coastal Zone of Losari Beach, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 172. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.172-180>

Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakim, N. (2019b). The Ecological Analysis of Meiofauna as a Water Quality Bioindicator in the Coast of Losari Beach, Makassar. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 256(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/256/1/012024>

PROFIL PENULIS



Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si lahir dan dibesarkan di Kacampureng. Pendidikan Dasar formal ditempuh di Kabupaten Bone, kemudian melanjutkan pendidikan menengah di Makassar. Pendidikan tinggi ditempuh di Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar. Pendidikan S2 ditempuh di Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin pada Program Studi Ilmu Lingkungan Hidup. Program Doktorat ditempuh di Universitas Gadjah Mada Program Studi

Ilmu Lingkungan dan lulus tahun 2019. Penulis diterima sebagai sebagai dosen tetap di Universitas Patempo, saat ini aktif menjadi reviewer nasional maupun internasional. Karya ilmiah yang dihasilkan berupa beberapa buku dan publikasi jurnal nasional, internasional maupun jurnal internasional bereputasi. Email: muhsri.yusal@unpatempo.ac.id.

BAB III

SUMBER DAYA ALAM

Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.
Universitas Patempo

A. KLASIFIKASI SUMBER DAYA ALAM

Sumber daya alam merupakan segala potensi yang tersedia di alam yang berupa energi, materi, bahan mentah, atau unsur-unsur lingkungan yang bisa dimanfaatkan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhannya. Kehadiran sumber daya alam di sekitar lingkungan manusia, tentunya memiliki sejumlah manfaat, yaitu mengendalikan keseimbangan ekosistem dan iklim; sumber penyerapan karbon dan menghasilkan oksigen; sebagai perlindungan mekanis untuk mencegah terjadinya banjir, erosi, dan kekeringan; sumber mata pencaharian penduduk sekitarnya; sumber bahan baku industri ataupun non industri; sebagai sumber pendapatan devisa negara; sebagai penunjang kehidupan masyarakat; melestarikan kebudayaan dan tradisi masyarakat; sarana pembangunan ekonomi. Berdasarkan jenisnya, sumber daya alam dapat dibedakan menjadi 2 jenis:

1. Sumber daya alam hayati, merupakan sumber daya yang terdiri dari unsur makhluk hidup atau organisme, seperti tumbuhan, hutan, hewan, dan lain-lain
2. Sumber daya alam non hayati, merupakan sumber daya yang bersumber dari faktor abiotik, seperti tanah, udara, gas alam dan lain-lain.

Berdasarkan sifatnya, sumber daya alam dapat dibedakan menjadi 2 jenis:

1. Sumber daya alam yang dapat diperbaharui (*renewable resources*), merupakan jenis sumber daya alam yang mempunyai kemampuan pulih kembali secara alami dengan periode yang singkat, seperti sumber daya air, udara, tanah, tumbuhan, dan lain-lain
2. Sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (*non-renewable resources*), merupakan sumber daya alam yang tidak mampu dipulihkan

dengan waktu yang singkat atau membutuhkan waktu jutaan tahun untuk terbentuk kembali, seperti gas alam, minyak bumi, batu bara, dan lain-lain. Berdasarkan tempat terjadinya, maka sumber daya alam dapat dibedakan menjadi 2 jenis:

1. Sumber daya alam daratan (terrestrial), merupakan sumber daya alam yang berasal dari lingkungan daratan, misalnya sumber daya hasil pertanian, hutan, galian tambang, dan lain-lain.
2. Sumber daya alam perairan (aquatik), merupakan sumber daya alam yang diperoleh dari hasil lingkungan perairan, misalnya sumber daya perikanan, garam, rumput laut, minyak lepas pantai, dan lain-lain.

Berdasarkan kegunaannya, maka sumber daya alam dapat dibedakan menjadi 2 jenis:

1. Sumber daya alam materi, merupakan jenis sumber daya alam yang dimanfaatkan berdasarkan bentuk fisiknya, seperti sumber daya air, tanah jarang, nikel, dan lain-lain
2. Sumber daya alam energi, merupakan jenis sumber daya alam yang dimanfaatkan sebagai sumber energi, seperti sumber daya tenaga surya, tenaga angin, dan air.

B. PENGELOLAAN SUMBER DAYA ALAM SECARA BERKELANJUTAN

1. Tinjauan Pengelolaan Sumber Daya Alam Secara Berkelanjutan

Pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan merupakan upaya pengaturan dan pemanfaatan sumber daya alam secara bijaksana sehingga dapat mendukung terwujudnya keperluan manusia tanpa mereduksi potensinya dalam pemenuhan kebutuhan manusia di masa yang akan datang. Pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan bertujuan: melestarikan ketersediaan sumber daya alam dalam jangka waktu yang panjang; menjamin keseimbangan ekosistem dan keanekaragaman hayati; menjamin kesejahteraan masyarakat secara adil dan merata; meminimalisir terjadinya degradasi lingkungan (kerusakan ekosistem dan pencemaran)

Prinsip pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan merupakan suatu pedoman atau teknik pemanfaatan dan pelestarian sumber daya alam agar kepentingan generasi saat ini dapat terlaksana tanpa mengurangi

kemampuan generasi masa datang. Berikut ini adalah prinsip-prinsip utama pengelolaan secara berkelanjutan:

- a. Prinsip keberlanjutan (*sustainability*), prinsip pengelolaan yang menjamin agar pemanfaatan sumber daya alam dilakukan secara bijaksana agar tetap berfungsi dan tersedia untuk generasi berikutnya
- b. Efisiensi dan konservasi, prinsip pemanfaatan sumber daya alam secara hemat dan optimal, serta diiringi upaya pelestarian.
- c. Prinsip keadilan (*equity*), prinsip pemanfaatan sumber daya alam secara merata dan berkeadilan, baik antar generasi maupun intra generasi.
- d. Prinsip kehati-hatian (*Precautionary Principle*), prinsip pemanfaatan lingkungan yang disertai tindakan preventif apabila sudah ada tanda-tanda potensi kerusakan lingkungan, meskipun belum ada bukti ilmiah secara pasti.
- e. Partisipasi masyarakat, prinsip pengelolaan atau pemanfaatan yang melibatkan masyarakat dalam proses pengambilan keputusan, karena pihak masyarakat itu sendiri yang merasakan dampaknya.
- f. Tanggung jawab (*Accountability*), prinsip pemanfaatan yang menekankan rasa tanggung jawab atas dampak yang terjadi di lingkungan akibat aktivitasnya, baik secara individu, perusahaan, maupun pemerintah.
- g. Keterpaduan (integrasi), prinsip pengelolaan lingkungan yang berintegrasi dengan kebijakan pelaksanaan pembangunan ekonomi, sosial dan budaya sehingga terwujud keseimbangan diantara ketiganya.
- h. Prinsip pencemar membayar (*Polluter Pays Principle*), prinsip pemanfaatan yang berkewajiban menanggung biaya perbaikan atau pemulihan apabila terjadi kerusakan atau pencemaran lingkungan.
- i. Keseimbangan ekologi dan ekonomi, prinsip pemanfaatan lingkungan yang menjaga harmoni antara pembangunan dengan pelestarian lingkungan.
- j. Pemanfaatan berbasis ilmu pengetahuan, prinsip pemanfaatan lingkungan melalui penelitian dan penggunaan teknologi yang tepat guna.

DAFTAR PUSTAKA

- Cavalcanti, T., Da Mata, D. and Santos, M. (2019) 'On the Determinants of Slum Formation', *Economic Journal*, 129(621), pp. 1971–1991. Available at: <https://doi.org/10.1111/eoj.12626>.
- Cooper, A. et al. (2020) 'Mapping academic literature on governing inclusive green growth in Africa: Geographical biases and topical gaps', *Sustainability* (Switzerland), 12(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/su12051956>.
- Dailami, M., Tahya, C. Y., Gyta, D., Harahap, S., Duhita, M. R., Sutrisno, E., Hidana R., Supinganto, A., Puspita, R., Purbowati, R., Yusal, M.S., Alang, H., & Apriyanti, E. (2020). *Biologi umum*. Widina Bhakti Persada Bandung.
- Darmayani, S., Hidana, R., Sa'diya, A., Isrianto, P. L., Hidayati, Jumiarni, D., Hafsari, A. R., Latumahina, F. S., Setyowati, E. K., Syam, S., Sufiyanto, M. I., Yusal, M. S., Watuguly, T. W., & Gultom, V. D. N. (2021b). Bioteknologi Teori dan Aplikasi. In *Widina Bhakti Persada Bandung*.
- Darmayani, S., Rudy Hidana, Fransina S Latumahina, Sandriana Juliana Nendissa, Masni Veronika Situmorang, Ronnawan Juniatmoko, Rosi Widarawati, MZ Novita, Ardli Swardana, Pelita Octorina, Gunaria Siagian, Anggi Khairina Hanum Hasibuan, Muh Sri Yusal, A.M. (2021a). Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan. In *Widina Bhakti Persada Bandung*. www.penerbitwidina.com.
- Dasgupta, P. (2019). *Natural Resources and Economic Development* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Fauzi, A. (2004). "Ekonomi sumber daya alam dan lingkungan: Teori dan aplikasi". Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Iswandi, U., & Dewata, I. (2020) "Pengelolaan Sumber Daya Alam" Yogyakarta: Deepublish.
- Jumaris, Sigit Heru Mukti B.S, S. (2024). Characterisation of Tsunami Heights Affecting the Coastal Area in Ternate City. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA Journal of Research in Science Education*, 10, 735–743. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10iSpecialIssue.7520>.

- Kementrian Koordinasi, B.P.R.I. (2022) 'Program Pengelolaan Sumber Daya Air Berkelanjutan untuk Meningkatkan Ketahanan Air Indonesia'.
- Leiwakabessy, Ivonne M. and Yanti, Dwi Indah Widya and Masengi, Melisa Christine and Tabalessy, Roger R. and Penda, Joni and Pairunan, Frederik and Palembang, Yoelan and Zebua, Nistiarni (2025) *Buku Referensi Manajemen Sumber Daya Alam Pertanian dan Perikanan*. PT Media Penerbit Indonesia.
- Muh, S. Yusal. dan A. Hasyim. (2017). Pemeriksaan Kualitas Perairan Berdasarkan Analisa Biodiversitas Fitoplankton (Studi Kasus Pada Pembuangan Limbah Cair Hasil Buangan PT. Kima Makassar). *Jurnal Ilmiah Pena: Sains Dan Ilmu Pendidikan*, 7(1), 31–41.
- Samsi, A. N., & Yusal, M. S. (2022). Identifikasi Tumbuhan Mangrove Dan Pemanfaatannya di Pulau Aru Provinsi Maluku. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Sains*, 3(2), 47–50. <https://doi.org/10.51673/jips.v3i2.1012>.
- Soegianto, A. (2010). Ilmu Lingkungan: Sarana Menuju Masyarakat Berkelanjutan. Airlangga Universty Press. Surabaya.
- Soemarwoto, O. (2004) "Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan," Jakarta: Djambatan.
- Sri Yusal, M., & Nur, M. (2023). The Effect of Corncob Powder on the Oyster Mushroom Growth (*Pleurotus ostreatus*). *Bioma*, 5(2), 97–106.
- Sri, M. (2024). Inventarisasi Serangga Hama Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) di Matompi Kabupaten Luwu Timur. *Biology & Education Journal*, 4(1), 33–47.
- Withgott, Jay H., & Laposata, Matthew. *Environment: The Science Behind the Stories* Edisi ke-7 (Global Edition) 2025 Pearson Education, Limited.
- Yunus, M., Yusal, M. S., & Samsi, A. N. (2022). Diversity of Land Insect in Polda Plantation South Sulawesi. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 8(3), 795–806. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v8i3.3374>.
- Yusal, M. (2019). *Kajian Kualitas Perairan Berdasarkan Keanekaragaman Meiofauna Interstitial, Kandungan Fosfor, dan Parameter Fisik Lingkungan di Zona Pesisir Losari Makassar* [Gadjah Mada]. <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/183098>.

- Yusal, M. S. (2012). Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Indeks Ekologis Meiofauna Interstisial Ekosistem Mangrove di Pantai Batu Gosok Kecamatan Komodo Kabupaten Manggarai Barat Nusa Tenggara. *Jurnal Ilmiah Pena.*, 1(1), 1–15.
- Yusal, M. S. (2020a). Respirasi dan Ekskresi Organisme Heterotrof.pdf. In *Biologi Umum*. Widina Bhakti Persada Bandung.
- Yusal, M. S. (2020b). Studi Struktur Komunitas Meiofauna dan Kualitas Perairan Zona Pesisir Losari Makassar. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 11(2), 63–71.
- Yusal, M. S., & Hasyim, A. (2022). Kajian Kualitas Air Berdasarkan Keanekaragaman Meiofauna dan Parameter Fisika-Kimia di Pesisir Losari, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 45–57. <https://doi.org/10.14710/jil.20.1.45-57>.
- Yusal, M. S., & Toni, G. (2021). Fern inventorization in Cunca Rami Waterfall Zone of West Manggarai, East Nusa Tenggara. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*, 7(1), 218–234. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v7i1.2002>.
- Yusal, M. S., Hasyim, A., Hastuti, H., Arif, A., & Syam, R. H. (2025). Review of Eutrophication: Risks in Aquatic Environmental Fertility and Mitigation Efforts. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(1), 124–135.
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakhim, N. (2019a). Abundance of Meiofauna and Physical-Chemical Parameters as Water Quality Indicator. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 24(2), 81–90. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.24.2.81-90>.
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakhim, N. (2019b). Analisis Ekologis Meiofauna Sebagai Bioindikator Di Pesisir Pantai Losari, Makassar. *Bionature*, 19(1). <https://doi.org/10.35580/bionature.v19i1.7308>.
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakhim, N. (2019c). Water Quality Study Based on Meiofauna Abundance and Pollution Index in the Coastal Zone of Losari Beach, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 172. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.172-180>.
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakim, N. (2019b). The Ecological Analysis of Meiofauna as a Water Quality Bioindicator in

the Coast of Losari Beach, Makassar. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 256(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/256/1/012024>.

PROFIL PENULIS



Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si lahir dan dibesarkan di Kacampureng. Pendidikan Dasar formal ditempuh di Kabupaten Bone, kemudian melanjutkan pendidikan menengah di Makassar. Pendidikan tinggi ditempuh di Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar. Pendidikan S2 ditempuh di Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin pada Program Studi Ilmu Lingkungan Hidup. Program Doktorat ditempuh di Universitas Gadjah Mada Program Studi

Ilmu Lingkungan dan lulus tahun 2019. Penulis diterima sebagai dosen tetap di Universitas Patompo, saat ini aktif menjadi reviewer nasional maupun internasional. Karya ilmiah yang dihasilkan berupa beberapa buku dan publikasi jurnal nasional, internasional maupun jurnal internasional bereputasi. Email: muhsri.yusal@unpatompo.ac.id.

BAB IV

PENCEMARAN LINGKUNGAN

Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.
Universitas Patempo

A. TINJAUAN PENCEMARAN LINGKUNGAN

Pencemaran lingkungan ialah penurunan kualitas atau kerusakan lingkungan akibat kontaminasi bahan-bahan polutan ke dalam suatu lingkungan sehingga melampaui ambang batas baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Berdasarkan Undang-Undang No. 32 tahun 2009, pencemaran lingkungan didefinisikan sebagai proses masuk dan dimasukkannya suatu makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lainnya ke lingkungan akibat aktivitas manusia atau proses alami yang mengakibatkan kualitas lingkungan menjadi menurun sampai ke tahap tertentu yang mengakibatkan lingkungan menjadi kurang atau tidak berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Zat atau bahan-bahan yang mengakibatkan terjadinya pencemaran disebut sebagai polutan. Beberapa ciri-ciri dari polutan, yaitu memiliki kadar yang melebihi batas normal atau ambang batas, dan berada pada saat atau waktu yang tidak tepat atau terdapat pada tempat yang tidak seharusnya. Polutan dapat diklasifikasikan berdasarkan sifatnya:

1. Polutan yang dapat terdegradasi (*Degradable*). Jenis polutan yang dapat diuraikan kembali atau sifat bahayanya dapat diturunkan melalui proses alami, seperti limbah kotoran hewan dan limbah organik.
2. Polutan yang tidak dapat terdegradasi (*Non Degradable*). Jenis polutan yang tidak bisa terurai secara alami atau hanya bisa diuraikan dalam jangka waktu yang sangat lama, seperti merkuri, timbal, cadmium, zat radioaktif, serta plastik.

Pencemaran lingkungan memiliki dampak luas dan sangat kompleks yang berpengaruh pada makhluk hidup beserta lingkungannya. Dampak tersebut melibatkan tiga aspek utama, yaitu aspek ekologi, kesehatan, dan ekonomi.

Berikut ini adalah dampak umum pencemaran lingkungan terhadap seluruh komponen biosfer.

1. Aspek ekologis. Beberapa dampak ekologis yang ditimbulkan dengan kejadian pencemaran lingkungan:
 - a. Ketidakseimbangan ekosistem. Kontaminasi berbagai bahan pencemar ke dalam lingkungan akan menimbulkan kerusakan pada jaring-jaring makanan dan siklus biogeokimia misalnya peristiwa eutrofikasi yang memicu terjadinya blooming algae, perubahan komposisi jenis, dan penurunan kadar oksigen terlarut
 - b. Penurunan biodiversitas atau kepunahan spesies. Jenis flora dan fauna tidak mampu berkembang biak pada lingkungan yang tercemar sehingga terjadi penurunan tingkat biodiversitas, apabila kondisi ini berlangsung lama, maka terjadi kepunahan spesies tertentu.
 - c. Perubahan iklim secara global. Peningkatan pemakaian gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 , dan N_2O) dapat menimbulkan pemanasan global maupun perubahan pola cuaca ekstrim.
 - d. Kemunduran estetika lingkungan. Pencemaran menyebabkan lingkungan menjadi kotor, kumuh, berbau, dan tidak indah dipandang ataupun tidak layak huni (misalnya penumpukan sampah di lahan tertentu).
 - e. Gangguan sirkulasi energi. Gangguan sirkulasi tersebut dapat berupa pemekatan hayati (*biomagnification*) yang berakibat buruk bagi lingkungan. *Biomagnification* terjadi akibat masuknya sejumlah bahan pencemar (polutan) yang terakumulasi ke tingkat trofik yang lebih tinggi sehingga mengancam predator puncak termasuk manusia.
2. Aspek kesehatan. Pencemaran lingkungan memiliki dampak yang luas terhadap makhluk hidup dengan lingkungannya. Berikut ini adalah beberapa dampak pencemaran terhadap aspek kesehatan:
 - a. Gangguan pernapasan. Penyakit ini timbul akibat polutan udara atau asap yang dapat menyebabkan bronchitis, kanker paru, dan ISPA.
 - b. Keracunan dan penyakit kronis. Gangguan ini timbul akibat mengkonsumsi makanan atau minuman yang telah terkontaminasi logam berat atau senyawa kimia lain yang dapat menyebabkan kerusakan organ tubuh, gangguan neurologis, bahkan terjadi kematian

- c. Penyakit berbahaya bawaan air. Beberapa penyakit menular dan berbahaya akibat kontaminasi perairan, yakni tifus, kolera, serta hepatitis A akibat air tercemar patogen.
 - d. Gangguan pencernaan. Beberapa penyakit pencernaan yang berhubungan dengan kondisi lingkungan yang tercemar, yakni diare, disentri, dan kolera.
 - e. Gangguan genetik. Gangguan tersebut terjadi akibat adanya paparan radiasi yang menimbulkan mutasi genetik dan kelainan reproduksi.
3. Aspek ekonomi. Gangguan lingkungan juga berpengaruh luas terhadap aspek-aspek ekonomi, berikut ini adalah dampak pencemaran lingkungan terhadap bidang ekonomi:
- a. Kegagalan produktivitas. Beberapa bentuk kegagalan produktivitas adalah penurunan hasil pertanian akibat pencemaran tanah, penurunan tangkapan ikan di laut akibat pencemaran air.
 - b. Biaya pemulihan (remediasi). Pencemaran lingkungan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dalam skala luas maupun kompleks sehingga membutuhkan biaya yang sangat besar dalam membersihkan atau pemulihan lingkungan yang sudah tercemar seperti bioremediasi tanah, dan lain lain.
 - c. Biaya kesehatan. Pencemaran lingkungan dapat mengakibatkan peningkatan biaya pemulihan maupun pengobatan.

Pencemaran lingkungan dapat diklasifikasikan berdasarkan dampak yang ditimbulkannya, sehingga dibedakan menjadi beberapa tingkatan:

1. Ringan (merugikan), pencemaran lingkungan menimbulkan gangguan estetika (bau, pemandangan, keindahan, dan kenyamanan) dan tidak menyebabkan kerugian serius bagi ekosistem maupun kesehatan manusia atau kadarnya atau tingkat kerusakannya masih di bawah Baku Mutu Lingkungan Hidup (BMLH).
2. Sedang (menggangu): Pencemaran lingkungan dengan kadar polusi telah menimbulkan iritasi ringan pada panca indra manusia (seperti mata pedih) dan juga menyebabkan kerusakan ekosistem dalam skala kecil sampai menengah, tetapi masih bisa dipulihkan.
3. Buruk (kritis): Pencemaran lingkungan dengan kadar polusi telah menimbulkan reaksi fatal pada fisiologis atau faal tubuh (penyakit kronis) dan juga mengakibatkan degradasi ekosistem yang sangat luas dan bersifat permanen. Kadar polutannya sangat tinggi dan melebihi ambang

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto Hebert, Ulinniam, Purwanti Eny Wahyuning, Yusal Muh. Sri, Widyastuti Dyah Ayu, Sutrisno Eko, Tamaela Kevin A., Dailami Muhammad, Purbowati Rini, Angga La Ode, Hasibuan Anggi Khairina Hanum, Hariri Muhammad Rifqi, Nendissa Dessyre M., Nendissa Sandrina Juliana, Noviantari Ariyani, & Chrisnawati Lili. (2021). *Bioteknologi*.
- Ahmad Hasyim, Fahrudin, Rahmadi Tambaru, Eymal B. Demmalino, Muh. S. Yusal. (2024). *Overview of lake gastropoda diversity in indonesia*. *Overview of lake gastropoda diversity in indonesia*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1414/1/012033>.
- Dailami, M., Tahya, C. Y., Gyta, D., Harahap, S., Duhita, M. R., Sutrisno, E., Hidana R., Supinganto, A., Puspita, R., Purbowati, R., Yusal, M.S., Alang, H., & Apriyanti, E. (2020). *Biologi umum*. Widina Bhakti Persada Bandung.
- Darmayani, S., Rudy Hidana, Fransina S Latumahina, Sandriana Juliana Nendissa, Masni Veronika Situmorang, Ronnawan Juniatmoko, Rosi Widarawati, MZ Novita, Ardli Swardana, Pelita Octorina, Gunaria Siagian, Anggi Khairina Hanum Hasibuan, Muh Sri Yusal, A.M. (2021a). Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan. In *Widina Bhakti Persada Bandung*. www.penerbitwidina.com.
- Darmayani, S., Hidana, R., Sa'diya, A., Isrianto, P. L., Hidayati, Jumiarni, D., Hafsari, A. R., Latumahina, F. S., Setyowati, E. K., Syam, S., Sufiyanto, M. I., Yusal, M. S., Watuguly, T. W., & Gultom, V. D. N. (2021b). Bioteknologi Teori dan Aplikasi. In *Widina Bhakti Persada Bandung*.
- Handayani, Maharani Retna Duhita, Ulinniam, C. H., Buala Junaedi Sianturi, Muh. Sri Yusal, Eko Sutrisno, R. P., & Visi Tinta Manik, Pelita Octorina, Hasria Alang, E. A. (2020). Biologi Umum. In *Widina Bhakti Persada Bandung*.
- Handayani, Satya Darmayani, Sandriana Juliana Nendissa, Anggi Khairina Hanum Hasibuan, Rivo Hasper Dimenta, Indarjani Indarjani, Charliany Hetharia, Maharani Retna Duhita, Arwin Arif, Muh Sri Yusal, Buala Junaedi Sianturi, Ulinniam Ulinniam, F. S. L. (2021). Fisiologi Hewan. In *Widina Bhakti Persada Bandung*.

- Hasria Alang, Deesy Widiana, Andi Fatmawati Muharram, Ria Yulia Gloria, Sartika Gunawan Putri, Muh. Sri Yusal, Sahribulan, Agus Purnomo, R. (2022). *Biologi Sel & Molekuler: Konsep Biologi Sel dan Molekuler*. Runi Fazalan.
- Hasyim, A., Yusal, M. S., Syamsuri, S., & Alang, H. (2023). Meiobenthos Community as a Description of Environmental Changes at Losari Beach, Makassar. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 10308–10316. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.3773>
- Jumaris, Sigit Heru Mukti B.S, S. (2024). Characterisation of Tsunami Heights Affecting the Coastal Area in Ternate City. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA Journal of Research in Science Education*, 10, 735–743. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10iSpecialIssue.7520>
- Muh, S. Yusal. dan A. Hasyim. (2017). Pemeriksaan Kualitas Perairan Berdasarkan Analisa Biodiversitas Fitoplankton (Studi Kasus Pada Pembuangan Limbah Cair Hasil Buangan PT. Kima Makassar). *Jurnal Ilmiah Pena: Sains Dan Ilmu Pendidikan*, 7(1), 31–41.
- Sa'diyah, A., S. Latuhamina, F., Anita, Sutrisno, Cristy Birahy, D., Yusal, M. S., Khirina, A., Raningsih, N. M., Jumiarni, D., Awwanah, M., Meylani, V., W. Purwanti, E., Intan, N., & Meiyasa, F. (2021). *Dasar-Dasar Mikrobiologi dan Penerapannya*. Widina Bhakti Persada Bandung.
- Samsi, A. N., & Yusal, M. S. (2022). Identifikasi Tumbuhan Mangrove Dan Pemanfaatannya Di Pulau Aru Provinsi Maluku. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Sains*, 3(2), 47–50. <https://doi.org/10.51673/jips.v3i2.1012>.
- Sri, M. (2024). Inventarisasi Serangga Hama Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) di Matompi Kabupaten Luwu Timur. *Biology & Education Journal*, 4(1), 33–47.
- Sri Yusal, M., & Nur, M. (2023). The Effect of Corncob Powder on the Oyster Mushroom Growth (*Pleurotus ostreatus*). *Bioma*, 5(2), 97–106.
- Yunus, M., Yusal, M. S., & Samsi, A. N. (2022). Diversity of Land Insect in Polda Plantation South Sulawesi. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*, 8(3), 795–806. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v8i3.3374>.
- Yusal, M. (2019). *Kajian Kualitas Perairan Berdasarkan Keanekaragaman Meiofauna Interstitial, Kandungan Fosfor, dan Parameter Fisik*

Lingkungan di Zona Pesisir Losari Makassar [Gadjah Mada].
<http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/183098>.

- Yusal, M. S. (2012). Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Indeks Ekologis Meiofauna Interstisial Ekosistem Mangrove di Pantai Batu Gosok Kecamatan Komodo Kabupaten Manggarai Barat Nusa Tenggara. *Jurnal Ilmiah Pena.*, 1(1), 1–15.
- Yusal, M. S. (2020a). Respirasi dan Ekskresi Organisme Heterotrof.pdf. In *Biologi Umum*. Widina Bhakti Persada Bandung.
- Yusal, M. S. (2020b). Studi Struktur Komunitas Meiofauna dan Kualitas Perairan Zona Pesisir Losari Makassar. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 11(2), 63–71.
- Yusal, M. S. (2021). Studi Potensi Eutrofikasi Di Pesisir Losari Makassar. *Eggano*, 2(2), 348–357.
- Yusal, M. S., & Hasyim, A. (2022). Kajian Kualitas Air Berdasarkan Keanekaragaman Meiofauna dan Parameter Fisika-Kimia di Pesisir Losari, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 45–57. <https://doi.org/10.14710/jil.20.1.45-57>.
- Yusal, M. S., Hasyim, A., Hastuti, H., Arif, A., & Syam, R. H. (2025). Review of Eutrophication: Risks in Aquatic Environmental Fertility and Mitigation Efforts. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(1), 124–135.
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakhim, N. (2019a). Abundance of Meiofauna and Physical-Chemical Parameters as Water Quality Indicator. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 24(2), 81–90. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.24.2.81-90>.
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakhim, N. (2019b). Analisis Ekologis Meiofauna Sebagai Bioindikator Di Pesisir Pantai Losari, Makassar. *Bionature*, 19(1). <https://doi.org/10.35580/bionature.v19i1.7308>.
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakhim, N. (2019c). Water Quality Study Based on Meiofauna Abundance and Pollution Index in the Coastal Zone of Losari Beach, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 172. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.172-180>.
- Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakim, N. (2019a). Abundance and diversity of meiofauna as water quality bioindicator

in Losari Coast, Makassar, Indonesia. *Ecology Environment and Conservation*, 25(2), 589–598. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/256/1/012024>.

Yusal, M. S., Marfai, M. A., Hadisusanto, S., & Khakim, N. (2019b). The Ecological Analysis of Meiofauna as a Water Quality Bioindicator in the Coast of Losari Beach, Makassar. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 256(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/256/1/012024>.

Yusal, M. S., & Toni, G. (2021). Fern inventorization in Cunca Rami Waterfall Zone of West Manggarai, East Nusa Tenggara. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*, 7(1), 218–234. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v7i1.2002>.

PROFIL PENULIS



Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si lahir dan dibesarkan di Kacampureng. Pendidikan Dasar formal ditempuh di Kabupaten Bone, kemudian melanjutkan pendidikan menengah di Makassar. Pendidikan tinggi di tempuh di Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar. Pendidikan S2 ditempuh di Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin pada Program Studi Ilmu Lingkungan Hidup. Program Doktorat ditempuh di Universitas Gadjah Mada Program Studi Ilmu Lingkungan dan lulus tahun 2019. Penulis diterima sebagai dosen tetap di Universitas Patompo, saat ini aktif menjadi reviewer nasional maupun internasional. Karya ilmiah yang dihasilkan berupa beberapa buku dan publikasi jurnal nasional, internasional maupun jurnal internasional bereputasi. Email: muhsri.yusal@unpatompo.ac.id.

BAB V

DEFORESTASI, EROSI, DEGRADASI HUTAN

Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc
Universitas Patempo

A. DEFORESTASI

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, “deforestasi adalah penebangan hutan, dengan kata lain deforestasi merupakan peristiwa hilangnya hutan akibat aktivitas penebangan dalam skala besar atau alih fungsi kawasan hutan menjadi bukan hutan”. Menurut (FAO 1990; World Bank 1990) deforestasi merupakan proses hilangnya tutupan hutan secara permanen ataupun sementara.

Peristiwa penghilangan hutan secara besar-besaran merupakan peristiwa deforestasi. Kondisi ini terjadi ketika luas hutan mengalami penurunan akibat dari konversi lahan untuk keperluan infrastruktur, pemukiman, pertanian, pertambangan maupun perkebunan. Menurut data Kementerian Kehutanan angka deforestasi tahun 2024 yaitu 175,4 ribu hektar. Kerusakan ini pada akhirnya memberikan banyak dampak negatif terhadap peran ekologis, kultural hutan dan sosial ekonomi masyarakat. Termasuk terganggunya fungsi hutan, berkurangnya keragaman hayati dan rusaknya sumber daya genetik. Pertambahan jumlah penduduk, dan konversi keperluan hutan untuk berbagai kepentingan pembangunan telah memicu percepatan deforestasi dan degradasi hutan. Angka deforestasi yang tinggi setiap tahunnya akan menyebabkan hilangnya lahan hutan secara besar-besaran yang berdampak negatif pada keberlanjutan lingkungan maupun kehidupan sosial yang mampu menimbulkan efek buruk secara langsung maupun berdampak pada masa yang akan datang.

Deforestasi dalam arti paling sederhana adalah proses perubahan wujud hutan yang didominasi oleh pohon kayu-kayuan menjadi tanaman yang tidak

lagi didominasi oleh pohon-pohon. Penyebab deforestasi menurut antara lain konversi hutan (pembangunan hutan taman industri, pembangunan perkebunan, kebijakan hutan tanaman campuran), eksploitasi hutan oleh HPH (Hak Pengusahaan Hutan), penebangan liar, dan kebakaran hutan. Menurut Sulaeman (2018) penyebab deforestasi antara lain aktivitas penanaman, perkebunan, *land clearing*, operasional tambang, dan sebagainya. Deforestasi terus mengalami peningkatan dari tahun 2009-2015. Total deforestasi paling tinggi di Indonesia terjadi pada tahun 2014-2015 seluas 1,09 juta hektar dan deforestasi terbesar terjadi di kawasan hutan yaitu 815,6 ribu hektar atau 74,7 persen.

Pembukaan hutan untuk lahan pemukiman dan pertanian di areal transmigrasi seringkali menjadi penyebab terjadinya deforestasi di Indonesia. Selain itu juga banyak terjadi alih fungsi hutan digunakan untuk kegiatan pertambangan dan perindustrian yang seringkali hal ini memunculkan konflik baik antara masyarakat dengan pengusaha maupun antara pengusaha dengan berbagai Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) yang bergerak di bidang penyelamatan lingkungan dan tentu saja kerusakan hutan sebagai akibatnya.

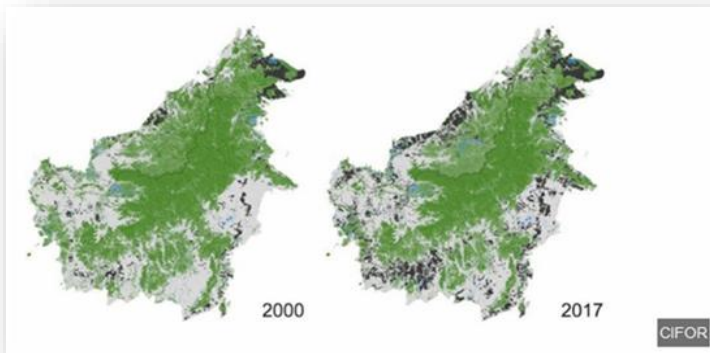
Sebagian berkesimpulan bahwa tingginya laju deforestasi terjadi akibat pertumbuhan industri perkebunan yang dianggap terjadi sangat cepat karena kedua fenomena tersebut terjadi pada waktu yang nyaris bersamaan. Tetapi pada penjelasan lain menyebutkan bahwa pertumbuhan kepadatan penduduk serta pertumbuhan petani kecil/rakyat sebagai akibat pertumbuhan kepadatan penduduk menjadi salah satu penyebab deforestasi. FAO (1990) menunjukkan data mengenai kepadatan penduduk Indonesia berkorelasi negatif yang kuat dengan tutupan hutan. Faktor utama dalam pembabatan tutupan hutan dalam penjelasan tersebut cenderung memandang penduduk sipil dan terutama petani kecil, sebagai faktor utama. Dilain pihak ada penjelasan-penjelasan yang meskipun mengakui peran besar produksi petani kecil dalam mempengaruhi terjadinya deforestasi, tetapi lebih menekankan pada peranan pemerintah dan proyek-proyek pembangunannya, dan pada sektor industri perkebunan. Pada tahun 1990 World Bank dan FAO menyatakan bahwa penyebab utama terjadinya deforestasi adalah perladangan berpindah. Tetapi Analisa-analisa lanjutan menyatakan bahwa peran ladang berpindah dalam terjadinya deforestasi terlalu dibesar-besarkan sedangkan peran industri kayu kurang disoroti. Pendapat terbaru ini terutama menyatakan bahwa sektor industri perkebunan memainkan peran penting secara tidak langsung dalam

deforestasi dengan mengeksploitasi hutan, yang kemudian diambil alih dan diusahakan oleh para petani kecil. World Bank menyatakan bahwa 67% dari semua peristiwa deforestasi disebabkan oleh program-program yang disponsori oleh pemerintah (transmigrasi, perkebunan, kegiatan pembalakan).

Tingkat deforestasi tertinggi ditemukan pada hutan hujan tropis. Saat ini, jumlah pohon menutupi daratan planet ini sebanyak 31%. Sepertiga tutupan hutan telah hilang sebelum ekspansi pertanian dilakukan dan setengah tutupan tersebut telah hilang pada abad sebelumnya. Deforestasi didefinisikan oleh organisasi pangan dunia sebagai konversi hutan untuk penggunaan lain. Deforestasi berbeda dengan perubahan bersih kawasan hutan yang merupakan total kehilangan hutan selama periode tertentu. Jadi tergantung apakah perolehan lebih besar daripada kerugian atau sebaliknya, perubahan bersih dapat bernilai positif atau negatif. Kurangnya penanaman kembali setelah penebangan pohon mengakibatkan kerusakan habitat, mengurangi keanekaragaman hayati dan menyebabkan tingginya angka kekeringan. Berdasarkan catatan fosil di masa lalu dan kondisi terkini deforestasi menyebabkan terjadinya kepunahan, pergeseran iklim, dan perpindahan penduduk. Selain itu, biokuestrasi karbon dioksida atmosfer menurun akibat deforestasi sehingga meningkatkan siklus umpan balik yang memberikan kontribusi terhadap terjadinya pemanasan global. Dengan perubahan hutan menjadi lahan pertanian dan secara umum mengakibatkan terjadinya pengurangan lahan subur yang tersedia, pemanasan global juga meningkatkan beban bagi masyarakat yang menginginkan ketahanan pangan. Konsekuensi lingkungan yang signifikan, seperti erosi tanah yang berbahaya dan transformasi menjadi lahan terlantar, sering dialami di wilayah yang mengalami deforestasi. Keragaman hayati berkaitan dengan sistem ketahanan pangan manusia dan kapasitasnya untuk beradaptasi terhadap perubahan dimasa yang akan datang, termasuk spesies semak, dan pohon yang beradaptasi dengan lahan kering yang membantu dalam upaya melawan penggurunan serangga yang hidup di hutan, burung yang menyerbuki tanaman pangan, pohon dengan sistem perakaran yang luas di ekosistem pegunungan yang mencegah terjadinya erosi tanah, spesies bakau yang memberikan ketahanan terhadap banjir di wilayah pesisir. Pentingnya pohon dalam menyerap dan menyimpan karbon serta mengurangi perubahan iklim sangat penting bagi sektor pertanian karena perubahan iklim meningkatkan bahaya bagi sistem pangan.

Menurut sekretariat Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Perubahan Iklim pertanian subsistem menyumbang sebanyak 48%, pertanian komersial sebanyak 32%, penebangan sebanyak 14% dan pengambilan bahan untuk kayu bakar sebanyak 5% bahan bakar. Faktor-faktor tambahan yang berkontribusi terhadap deforestasi yang terjadi saat ini meliputi ketimpangan pendapatan dan kekuasaan, urbanisasi, Lembaga-lembaga politik yang korup dan peningkatan populasi. Terdapat perdebatan mengenai bagaimana peningkatan populasi dapat mempengaruhi deforestasi. Menurut sebuah studi, pertumbuhan populasi yang disebabkan oleh tingkat kelahiran yang tinggi hanya menyumbang 8% dari peristiwa deforestasi tropis. Deforestasi dapat disebabkan oleh kombinasi tanaman populasi dan kondisi ekonomi, sosial dan teknologi yang stagnan dan bahwa peran dinamika populasi dalam lingkungan lokal dapat menjadi faktor yang sangat menentukan ataupun menjadi faktor yang dapat diabaikan.

Luas hutan Indonesia yang mengalami deforestasi selama 2000-2009 sebesar 15,16 juta ha. Deforestasi terluas terjadi dalam status areal penggunaan lahan yaitu sebesar 28,63% dari total deforestasi Indonesia, atau setara dengan 4,34 juta ha. Deforestasi juga terjadi di hutan lindung dan kawasan konservasi, Kawasan yang seharusnya dilindungi dari kegiatan ekstraksi kayu. Luas hutan lindung yang mengalami deforestasi adalah 2,01 juta ha, sementara Kawasan konservasi 1,27 juta ha.



Gambar 5.1. Perubahan bentuk sebaran hutan akibat deforestasi di Kalimantan

Sumber: Allcott, 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- AlGhifari, AR. Lelis Dinul Dzakiah, Lulu Khulwatul Jannah Asrin. 209. Erosi Sebagai Penyebab Utama Degradasi Lahan. <https://digilib.uinsgd.ac.id/20096/1/KTA%20pdf%20Ramadan%201.pdf> / diakses 20 Agustus 2025.
- Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta. Gadjah Mada University.
- Awang, S. A. (2006). Sosiologi Pengetahuan Deforestasi (konstruksi Sosial dan Perlawanan). Yogyakarta: Debut Wahana Sinergi.
- Dewa, D. D., & Sejati, A. W. (2019). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Emisi GRK pada Wilayah Cepat Tumbuh di Kota Semarang. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 1(1), 24–31.
- Erfandi, D 2016. Aspek Konservasi Tanah dalam Mencegah Degradasi Lahan pada Lahan Pertanian Berlereng. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung*, halaman 128-140.
- Fuad, F. H., Susanto, H. A., & Prijono, d. A. (2002). *Tangan Negara Menggenggam Hutan*. Yogyakarta: Arupa.
- Hadian, Y & YH Pambudi. 2017. Memahami dan Membangun Pendekatan Penyelesaian Deforestasi dan Degradasi Hutan di Region Sumatera dan Kalimantan. *Proceeding Biology Education Conference Volume 14, Nomor 1 Halaman 166-169*.
- Jainuddin, N. 2023. Dampak Deforestasi Terhadap Keanekaragaman Hayati Dan Ekosistem. *Humanitis: Jurnal Humaniora, Sosial dan Bisnis Vol. 1 No. 2 Agustus 2023*, hal. 131-140.
- Putri, FA. 2024. Pengaruh Degradasi Lahan Terhadap Keberlanjutan Pertanian Padi di Indonesia Hasil Survei Pertanian Terintegrasi (SITASI) 2021. *Seminar Nasional Official Statistics 2024*.
- Ramadhany, N. 2023. Laju Deforestasi Hutan Akibat Aktivitas Pertambangan di Provinsi Kalimantan Timur. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan. Vol.7 no.1 hal 10-19*.

- Scherr, S. J., & Yadav, S. 1996. Land Degradation in the Developing World: Implication for Food, Agriculture, and the Environment to 2020. <http://ageconsearch.umn.edu>.
- Siswoko, BD. 2008. Pembangunan, Deforestasi dan Perubahan Iklim. JMHT Vol. XIV, (2): 88-95.Press.
- Sulaeman, B. D. (2018). Statistik Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2018. Jakarta: Pusat Data dan Informasi KLHK.
- Sunderlin, WD & Ida Aju Pradnja Resosudarmo. 1996. Laju dan Penyebab Deforestasi di Indonesia: Penelaahan Kerancuan dan Penyelesaiannya. CIFOR Occasional Paper No. 9, Hal 1-17.
- Suripin. 2001. Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta. Andi Offset.
- UNDP, UNEP, & FAO. (1994). Land degradation in South Asia: its severity, causes, and effects upon the people. 100. <https://www.fao.org/4/v4360e/v4360e00.htm> diakses 20 Agustus 2025.
- Wahyuni, H & Suranto. 2021. Dampak Deforestasi Hutan Skala Besar terhadap Pemanasan Global di Indonesia. JIIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan Volume 6, Nomor 1: 147-162.
- Wahyunto, & Dariah, A. 2014. Degradasi Lahan di Indonesia: Kondisi Existing, Karakteristik, dan Penyeragaman Defenisi Mendukung Gerakan Menuju Satu Peta. In Jl. Tentara Pelajar No (Vol. 12).

PROFIL PENULIS



Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc

Penulis merupakan Dosen Biologi pada Program Studi S2 Pendidikan Biologi Universitas Patompo dan sudah menjadi dosen sejak tahun 2011. Sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya sebagai dosen, selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian. Beberapa buku yang penulis telah hasilkan dalam bentuk kolaborasi diantaranya Teori dan Aplikasi Biologi Umum, Aplikasi Bioteknologi Modern, Dasar-dasar Biologi Sel, dan Biologi Molekuler. Selain itu, penulis juga aktif melakukan penelitian yang diterbitkan di berbagai jurnal nasional maupun internasional.

Email: hastuti19sumarno@unpatompo.ac.id

BAB VI

HUKUM DAN KEBIJAKAN LINGKUNGAN

Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc
Universitas Patempo

A. PRINSIP-PRINSIP HUKUM LINGKUNGAN

Perkembangan prinsip-prinsip hukum lingkungan global bermula dari terjadinya tragedi lingkungan lintas negara, yang mendorong para pemimpin dunia untuk menyadari urgensi pengaturan hukum terhadap pencemaran lingkungan yang bersifat internasional atau lintas batas (*cross-border pollution*). Kesadaran tersebut mulai terbangun melalui serangkaian negosiasi di Majelis Umum Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), yang ditandai dengan lahirnya *UN General Assembly (UNGA) Resolution 2398* pada tahun 1968. Resolusi tersebut, yang diusulkan oleh Swedia dan diadopsi pada Juli 1968, secara khusus menyoroti persoalan “*the continuing and accelerating impairment of the quality of the human environment*” serta mendorong penyelenggaraan konferensi tingkat tinggi mengenai lingkungan hidup. Puncak dari upaya ini tercapai dengan terselenggaranya *United Nations Conference on the Human Environment* di Stockholm, Swedia, pada 5-16 Juni 1972, di bawah kepemimpinan Dr. Maurice Strong. Konferensi yang dihadiri oleh 114 negara ini kemudian menghasilkan *Stockholm Declaration on the Human Environment* (1972).

Stockholm Declaration on Human and Environment menegaskan tujuh isu utama terkait hubungan manusia dengan lingkungannya. Isu-isu tersebut meliputi: (i) pengakuan atas keterkaitan yang tidak dapat dipisahkan antara manusia dan alam; (ii) penegasan bahwa perlindungan lingkungan merupakan isu utama bagi umat manusia maupun pemerintah; (iii) kerusakan lingkungan di negara berkembang yang banyak dipicu oleh kemiskinan; (iv) peningkatan jumlah penduduk sebagai salah satu permasalahan besar dalam perlindungan

lingkungan; (v) kebutuhan mendesak umat manusia untuk secara serius melakukan pemulihan lingkungan; serta (vi) tanggung jawab kolektif umat manusia, pemerintah, dan komunitas global dalam mewujudkan kemaslahatan bersama.

Dari prinsip-prinsip tersebut, sejumlah asas kemudian diadopsi ke dalam hukum lingkungan, baik pada level internasional maupun domestik. Asas-asas dimaksud antara lain: pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*), hak fundamental manusia atas lingkungan hidup yang baik, kewajiban menjaga sumber daya alam untuk generasi mendatang, penghentian pembuangan zat beracun, pencegahan pencemaran laut, perencanaan tata ruang dan urbanisasi yang berkelanjutan, pentingnya ilmu pengetahuan, teknologi, dan pendidikan lingkungan, prinsip pencegahan kerusakan lingkungan, serta prinsip tanggung jawab dan kompensasi bagi korban pencemaran atau kerusakan lingkungan. Prinsip-prinsip ini tidak hanya membentuk kerangka baru pengelolaan lingkungan global, tetapi juga diadopsi oleh banyak negara dalam kebijakan dan regulasi domestik.

Sepuluh tahun setelah Stockholm Declaration, Majelis Umum PBB kembali menyelenggarakan pertemuan yang menghasilkan *World Charter for Nature* (1982). Piagam ini menegaskan bahwa manusia adalah bagian dari alam dan kelangsungan hidup sangat bergantung pada fungsi alami yang tidak terganggu, sebagai penyedia energi dan nutrisi. *World Charter for Nature* dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu asas-asas umum, fungsi, dan implementasi. Asas-asas umum tersebut menekankan lima prinsip pokok, yakni: (i) penghormatan terhadap alam dan lingkungan; (ii) keberlangsungan sumber daya genetik di bumi tidak dapat dikompromikan; (iii) pengelolaan seluruh wilayah bumi, daratan maupun lautan, harus berdasarkan prinsip keberlanjutan; (iv) pemanfaatan ekosistem dan organisme, termasuk tanah, laut, dan udara, harus dilakukan secara bijak tanpa mengancam keberadaannya; serta (v) perlindungan alam dari ancaman perang.

Dua dekade kemudian, prinsip-prinsip Stockholm Declaration mengalami perkembangan melalui *Rio Declaration on Environment and Development* (1992). Salah satu perbedaan penting terletak pada hilangnya kata “*human*” dalam judul, yang oleh sejumlah sarjana ditafsirkan sebagai pergeseran paradigma dari antroposentrisme menuju ekosentrisme, karena pelestarian lingkungan tidak lagi dipusatkan pada kepentingan manusia semata. Selain itu, Rio Declaration menghasilkan 27 prinsip, lebih banyak dibandingkan 26

prinsip dalam Stockholm Declaration, meskipun beberapa diantaranya merupakan pengulangan atau penegasan. Dari 27 prinsip tersebut, sejumlah prinsip memiliki relevansi signifikan terhadap perkembangan hukum lingkungan internasional maupun nasional.

Prinsip-prinsip tersebut adalah:

1. Pembangunan berkelanjutan

Konsep *sustainable development* didefinisikan sebagai pembangunan yang memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya. Defenisi ini pertama kali dikemukakan oleh *World Commission on Environment and Development* (WCED) dalam laporan yang dikenal sebagai *Brundtland Report*, yakni: “*development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.*” Lebih lanjut, Susan Smith mengartikannya sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas hidup generasi sekarang sambil tetap mencadangkan modal dan sumber daya alam bagi generasi berikutnya. Ia menekankan empat tujuan pokok, yaitu: (i) pemeliharaan pemanfaatan berkelanjutan atas sumber daya yang dapat diperbarui, (ii) pelestarian dan penggantian sumber daya yang tidak dapat diperbarui, (iii) perlindungan sistem pendukung ekologi, dan (iv) pelestarian keanekaragaman hayati.

Dalam konteks Indonesia, pembangunan berkelanjutan dikenal dengan istilah “pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan” dan memperoleh perumusan yuridis dalam *Undang-Undang Pengelolaan Lingkungan Hidup* (UUPLH) 1997. Pasal 1 ayat (3) mendefinisikannya sebagai “upaya sadar dan terencana yang memadukan lingkungan hidup, termasuk sumber daya, ke dalam proses pembangunan untuk menjamin kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup generasi masa kini serta generasi masa depan.” Defenisi serupa kemudian ditegaskan kembali dalam *Undang-Undang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup* Nomor 32 Tahun 2009.

2. Prinsip Keadilan Antar Generasi.

Prinsip keadilan antargenerasi menegaskan bahwa negara memiliki kewajiban untuk melestarikan serta memanfaatkan lingkungan dan sumber daya alam demi kepentingan generasi sekarang maupun yang akan datang. Prinsip ini tercermin dalam Prinsip 3 *Rio Declaration*, yang menyatakan bahwa hak untuk melakukan pembangunan harus

DAFTAR PUSTAKA

- Edorita, W. 2014. Peran Serta Masyarakat Terhadap Lingkungan Menurut UU No.32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Jurnal ilmu hukum* vol.4 no. 1 halaman 118-132.
- Latifah, NA. 2024. Peran Lembaga Swadaya Masyarakat Dalam Menunjang Good Governance Untuk Pemberdayaan Masyarakat (Studi Pada LSM Gerakan Masyarakat Bawah Indonesia Lampung Tengah). Skripsi.
- Nadiroh. Teori dan Konsep Kelembagaan Lingkungan. Modul Kelembagaan Lingkungan. Universitas Terbuka.
- Rosnawati, E & MT Multazam. 2022. Hukum lingkungan. Umsida press.
- Sabardi, L. 2014. Peran Serta Masyarakat Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup Menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Yustisia* Vol. 3 No. 1 hal 67-79.
- Syarif, LM & AG Wibisana. 2015. Hukum Lingkungan. The Asia Foundation.
- Wibawa, KCS. 2019. Mengembangkan Partisipasi Masyarakat Dalam Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Untuk Pembangunan Berkelanjutan. *Administrative Law & Governance Journal*. Volume 2 Issue 1, hal 79-92.
- Wibisana, AG. 2019. Tentang Ekor yang Tak Lagi Beracun: Kritik Konseptual atas Sanksi Administratif dalam Hukum Lingkungan di Indonesia. *Jurnal Ilmu Hukum Lingkungan* 6 (1) :41-71.

PROFIL PENULIS



Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc

Penulis merupakan Dosen Biologi pada Program Studi S2 Pendidikan Biologi Universitas Patompo dan sudah menjadi dosen sejak tahun 2011. Sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya sebagai dosen, selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian. Beberapa buku yang penulis telah hasilkan dalam bentuk kolaborasi diantaranya Teori dan Aplikasi Biologi Umum, Aplikasi Bioteknologi Modern, Dasar-Dasar Biologi Sel, dan Biologi Molekuler. Selain itu, penulis juga aktif melakukan penelitian yang diterbitkan di berbagai jurnal nasional maupun internasional.

Email: hastuti19sumarno@unpatompo.ac.id

BAB VII

PENDEKATAN DAN TEKNOLOGI PENGELOLAAN LINGKUNGAN

Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc
Universitas Patompo

A. KONSEP PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

1. Teknologi Ramah Lingkungan

Teknologi ramah lingkungan merupakan suatu pendekatan inovatif yang dikembangkan dengan mempertimbangkan kelestarian lingkungan hidup dalam setiap tahap perancangannya. Prinsip utama dari teknologi ini adalah memastikan bahwa aktivitas manusia, khususnya di bidang industri, pertanian, maupun jasa, tidak menimbulkan kerusakan atau pencemaran yang berdampak negatif terhadap ekosistem. Penerapan teknologi ramah lingkungan diharapkan mampu mengurangi, meminimalkan, bahkan mencegah terjadinya pencemaran sekaligus mengendalikan dampak buruk dari aktivitas pembangunan. Ruang lingkup teknologi lingkungan mencakup berbagai aspek, seperti metode pengukuran dampak lingkungan, teknik pencegahan dan pengendalian pencemaran, sistem pengolahan limbah dan emisi, serta teknik remediasi yang ditujukan untuk memulihkan kualitas lingkungan yang telah terdegradasi. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, penerapan teknologi ramah lingkungan tidak hanya berfungsi sebagai solusi teknis, tetapi juga sebagai instrumen strategis untuk menyeimbangkan kebutuhan ekonomi, sosial, dan ekologi. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi ramah lingkungan menjadi semakin mendesak di era industrialisasi dan globalisasi saat ini, mengingat tingginya tekanan terhadap sumber daya alam dan meningkatnya ancaman perubahan iklim yang berpotensi

mengganggu keberlanjutan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Beberapa contoh teknologi lingkungan:

a. Bidang Pertanian

Pengelolaan ekosistem pertanian modern tidak hanya berorientasi pada peningkatan produktivitas tanaman, tetapi juga menekankan pentingnya kelestarian lahan, kualitas pangan, serta keberlanjutan sumber daya alam yang mendukung kehidupan manusia, termasuk aspek kesehatan. Dalam konteks ini, pendekatan pertanian organik menjadi salah satu alternatif strategis yang relevan untuk menjawab tantangan degradasi lingkungan akibat praktek pertanian berbasis kimia. Implementasi pertanian organik diwujudkan melalui pemanfaatan bahan dan limbah organik, seperti sampah organik perkotaan, pupuk kandang, dan sisa tumbuhan, yang digunakan baik sebagai pupuk alami maupun pestisida nabati. Pendekatan ini bertujuan untuk menghasilkan produk pertanian yang tinggi produktivitasnya, memiliki kualitas gizi yang baik, dan dapat berlangsung secara berkelanjutan tanpa menimbulkan tekanan berlebih terhadap lingkungan.

Lebih jauh lagi, sistem ini mendorong efisiensi pemanfaatan sumber daya lokal sekaligus menekan ketergantungan terhadap bahan-bahan sintesis, seperti pupuk kimia, pestisida anorganik, maupun hormon pertumbuhan. Dengan demikian, praktek pertanian organik bukan hanya berfungsi sebagai strategi teknis dalam menjaga produktivitas pertanian, melainkan juga sebagai bagian dari upaya mitigasi terhadap pencemaran tanah, air, dan udara yang seringkali ditimbulkan oleh praktek pertanian konvensional berbasis kimia. Pada akhirnya, pengelolaan ekosistem pertanian yang ramah lingkungan dan berbasis organik ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mewujudkan sistem pangan yang sehat, aman, dan berkelanjutan, sekaligus menjaga keseimbangan ekologis yang menjadi fondasi utama bagi pembangunan pertanian jangka panjang.

Pertanian organik dipandang sebagai sistem pertanian yang ideal untuk diterapkan baik pada masa kini maupun di masa mendatang. Pandangan ini lahir dari keprihatinan mendalam terhadap kerusakan lingkungan dan penurunan kualitas lahan pertanian yang sebagian besar disebabkan oleh praktek budidaya konvensional berbasis kimia atau anorganik. Penerapan sistem pertanian kimia yang mengandalkan

DAFTAR PUSTAKA

- Astutik, RP. Prabandaru Dwi Septian, Indah Nur Andini, Nur Ika Fitriya, Denny Oktavina Radianto. 2024. Pengembangan Teknologi Ramah Lingkungan Untuk Pengolahan Limbah Padat Menuju Produksi Bebas Limbah. Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik Vol. 2 No. 2 ;83-96
- Djayadiningrat, A. 2002. Perkembangan IPTEK Dalam Pengelolaan Lingkungan Strategi Dalam Rangka Transfer Teknologi Lingkungan. Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 3 No. 3: hal 180-186.
- Editama, P. 2024. Penerapan Teknologi Konstruksi Ramah Lingkungan dalam Proyek Infrastruktur. Circle archive Vol 1, No 6 :1-8.
<https://www.switch-asia.eu/resource/best-practices-waste-management-systems-in-myanmar/> diakases 20 Agustus 2025.
- Setianingrum, RB. 2018. Pengelolaan Sampah Dengan Pola 3 R Untuk Memperoleh Manfaat Ekonomi Bagi Masyarakat. Jurnal BERDIKARI Vol.6 No.2.
- Suryat, T. Bijak dan Cerdas Mengolah Sampah, Jakarta: Agromedia, 2009
- Undang Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.

PROFIL PENULIS



Dr. Hastuti, S.Si, M.Sc

Penulis merupakan Dosen Biologi pada Program Studi S2 Pendidikan Biologi Universitas Patompo dan sudah menjadi dosen sejak tahun 2011. Sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya sebagai dosen, selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian. Beberapa buku yang penulis telah hasilkan dalam bentuk kolaborasi diantaranya Teori dan Aplikasi Biologi Umum, Aplikasi Bioteknologi Modern, Dasar-Dasar Biologi Sel, dan Biologi Molekuler. Selain itu, penulis juga aktif melakukan penelitian yang diterbitkan di berbagai jurnal nasional maupun internasional.

Email: hastuti19sumarno@unpatompo.ac.id

BAB VIII

KEARIFAN LOKAL DAN ETIKA LINGKUNGAN

Dr. Andi Syukriani, S.Pd., M.Pd
Universitas Negeri Makassar

A. PENDAHULUAN

Dewasa ini, berbagai permasalahan semakin kompleks terkait lingkungan, yakni permasalahan degradasi hutan, pencemaran air, kerusakan ekosistem, sampai pada krisis iklim global. Dinamika pembangunan kerap mengabaikan keseimbangan ekologi sehingga dampak serius muncul di tengah keberlanjutan hidup manusia dan makhluk lainnya. Oleh karena itu, muncul paradigma baru dalam pengelolaan lingkungan sebagai suatu kebutuhan, yaitu paradigma bersifat teknokratis dan modern, serta berakar pada nilai-nilai budaya dan kearifan lokal masyarakat.

Kearifan lokal selama berabad-abad telah menjadi fondasi dalam hubungan harmonis antara manusia dengan alam. Berbagai komunitas tradisional di Indonesia memiliki aturan adat, mitos, simbol, serta praktek budaya yang sejatinya merupakan bentuk regulasi ekologis yang menjaga kelestarian alam. Misalnya, sistem *subak* di Bali, tradisisasi di Maluku, atau praktek *pangngadakkang* masyarakat Bugis-Makassar, semuanya menunjukkan bahwa budaya lokal mengandung prinsip keberlanjutan. Oleh karena itu, memahami dan mengintegrasikan kearifan lokal dalam upaya menjaga lingkungan menjadi relevan untuk menjawab tantangan krisis ekologi masa kini. Peran budaya dan kearifan lokal diharapkan dapat memperkuat rasa tanggung jawab kolektif, memperkuat identitas komunitas, serta mendorong tindakan nyata dalam konservasi, seperti pengelolaan hutan, air, dan lahan secara arif, serta menanamkan etika lingkungan yang menghargai harmoni antara manusia dan alam (Abas et al., 2022a; Aldyan et

al., 2024a; Astuti et al., 2022; Ernawati et al., 2024; Martoredjo et al., 2021a; Pratama et al., 2024a)

Selain itu, kesadaran global mengenai pentingnya *etika lingkungan* juga semakin berkembang. Etika lingkungan tidak hanya membahas hak dan kewajiban manusia terhadap lingkungan, tetapi juga bagaimana manusia menempatkan dirinya sebagai bagian dari ekosistem, bukan sebagai penguasa absolut. Prinsip-prinsip etis seperti tanggung jawab, keadilan ekologis, solidaritas antargenerasi, serta penghormatan terhadap semua bentuk kehidupan menjadi dasar bagi keberlanjutan. Dengan demikian, etika lingkungan berfungsi sebagai landasan normatif yang menuntun perilaku manusia agar pembangunan yang dijalankan tidak merusak keseimbangan ekologis.

Dengan menggabungkan peran budaya dan kearifan lokal dalam menjaga lingkungan serta memperkuat kesadaran etika lingkungan untuk keberlanjutan, maka upaya pelestarian alam dapat berjalan lebih komprehensif. Etika lingkungan yang terintegrasi dengan kearifan lokal juga diharapkan mampu membentuk kesadaran dan motivasi masyarakat untuk menjaga lingkungan secara berkelanjutan (Aldyan et al., 2024a; Martoredjo et al., 2021a; Pratama et al., 2024a). Hal ini penting tidak hanya bagi keberlangsungan hidup generasi sekarang, tetapi juga bagi keberlanjutan kehidupan generasi mendatang. Kearifan lokal dan etika lingkungan merupakan landasan kuat dalam menjaga kelestarian lingkungan melalui nilai, norma, dan tradisi yang diwariskan turun-temurun, serta membangun perilaku beretika dalam pengelolaan alam untuk keberlanjutan (Abas et al., 2022a; Aldyan et al., 2024a; Astuti et al., 2022; Ernawati et al., 2024; Martoredjo et al., 2021a; Pratama et al., 2024a).

Kearifan lokal dan etika lingkungan seharusnya dijadikan landasan utama dalam pengelolaan dan perlindungan lingkungan, dengan mengintegrasikan nilai, norma, dan tradisi masyarakat yang telah terbukti menjaga harmoni antara manusia dan alam (Guci & Harahap, 2024a). Nilai-nilai kearifan lokal, seperti larangan (badu), anjuran, serta tradisi gotong royong dan penghormatan terhadap alam, perlu dipertahankan dan dikembangkan agar menjadi pedoman perilaku kolektif dalam menjaga keberlanjutan lingkungan (Erni Mulyanie & Muhamad Fauzi Efendi, 2023a; Guci & Harahap, 2024a; Martoredjo et al., 2021b). Etika lingkungan yang berakar pada kearifan lokal menekankan pentingnya kesadaran akan keterikatan dan ketergantungan

manusia pada ekosistem, serta menumbuhkan sikap saling menghargai dan bertanggung jawab terhadap alam (Suranto, 2020).

Untuk mewujudkan hal tersebut, diperlukan sinergi antara penegakan hukum, pendidikan lingkungan berbasis kearifan lokal, serta pengakuan dan perlindungan hak-hak masyarakat adat dalam pengelolaan sumber daya alam (Rahayu et al., 2022). Kearifan lokal tidak hanya diakui secara formal dalam peraturan, tetapi juga harus diinternalisasi dalam praktek sehari-hari, pendidikan, dan kebijakan pembangunan agar mampu menghadapi tantangan modernisasi dan globalisasi (Rahayu et al., 2024). Dengan demikian, kearifan lokal dan etika lingkungan dapat menjadi fondasi kuat bagi terciptanya pembangunan berkelanjutan dan pelestarian lingkungan untuk generasi mendatang (Erni Mulyanie & Muhamad Fauzi Efendi, 2023b; Martoredjo et al., 2021c).

B. PERAN BUDAYA DAN KEARIFAN LOKAL DALAM MENJAGA LINGKUNGAN

Budaya dan kearifan lokal memiliki peran sentral dalam menjaga dan melestarikan lingkungan. Nilai-nilai, norma, tradisi, dan praktek yang diwariskan turun-temurun terbukti efektif dalam mengatur hubungan manusia dengan alam, mencegah kerusakan lingkungan, dan mendukung pembangunan berkelanjutan.

1. Konseptualisasi

Budaya merupakan sistem pengetahuan, nilai, norma, dan praktek yang diwariskan lintas generasi serta berfungsi sebagai identitas, pedoman hidup, dan sarana adaptasi manusia dalam interaksi sosial maupun lingkungannya. Budaya mencakup cara hidup, bahasa, seni, adat istiadat, serta pola interaksi sosial yang diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya dan membedakan satu kelompok dari kelompok lainnya (Antweiler, 2019; Heyes, 2020). Budaya juga dapat dipahami sebagai sistem yang terdiri dari manusia, tempat, dan praktek, yang saling berinteraksi untuk tujuan tertentu, seperti membangun identitas, mempertahankan nilai, atau menyesuaikan diri dengan lingkungan (Causadias, 2020). Defenisi budaya sangat beragam dan dapat berbeda tergantung pada konteks keilmuan, namun secara umum budaya berfungsi sebagai pedoman hidup bersama dan alat untuk

DAFTAR PUSTAKA

- Abas, A., Aziz, A., & Awang, A. (2022a). A Systematic Review on the Local Wisdom of Indigenous People in Nature Conservation. *Sustainability*, 14(6), 3415. <https://doi.org/10.3390/su14063415>
- Abas, A., Aziz, A., & Awang, A. (2022b). A Systematic Review on the Local Wisdom of Indigenous People in Nature Conservation. *Sustainability*, 14(6), 3415. <https://doi.org/10.3390/su14063415>
- Adinugraha, F. (2022a). An Approach to Local Wisdom and Cultural in Biology Learning. Proceedings of the 3rd International Conference of Education and Science, ICES 2021, November 17-18, 2021, Jakarta, Indonesia. <https://doi.org/10.4108/eai.17-11-2021.2318660>
- Adinugraha, F. (2022b). An Approach to Local Wisdom and Cultural in Biology Learning. Proceedings of the 3rd International Conference of Education and Science, ICES 2021, November 17-18, 2021, Jakarta, Indonesia. <https://doi.org/10.4108/eai.17-11-2021.2318660>
- Aisya Putri Handayani, Jap Tji Beng, Febynola Tiara Salsabilla, Stefania Morin, Thalia Syahrulia Suci Ardhia, & Valensia Audrey Rusli. (2024). Hilangnya Budaya Lokal di Era Modern dan Upaya Pelestariannya dalam Perspektif Pancasila. *Dewantara : Jurnal Pendidikan Sosial Humaniora*, 3(4), 178–188. <https://doi.org/10.30640/dewantara.v3i4.3452>
- Aldyan, A., Putri, K. A., Aldyan, R. A., & Alasttal, A. (2024a). Local Wisdom-Based Environmental Management Policy in Indonesia: Challenges and Implementation. *Journal of Law, Environmental and Justice*, 2(3). <https://doi.org/10.62264/jlej.v2i3.100>
- Aldyan, A., Putri, K. A., Aldyan, R. A., & Alasttal, A. (2024b). Local Wisdom-Based Environmental Management Policy in Indonesia: Challenges and Implementation. *Journal of Law, Environmental and Justice*, 2(3). <https://doi.org/10.62264/jlej.v2i3.100>
- Almaatouq, A., Noriega-Campero, A., Alotaibi, A., Krafft, P. M., Moussaid, M., & Pentland, A. (2020). Adaptive social networks promote the wisdom of crowds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(21), 11379–11386. <https://doi.org/10.1073/pnas.1917687117>

- Antweiler, C. (2019). Culture. In *The Bonn Handbook of Globality* (pp. 821–829). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90382-8_7
- Astuti, Y. S., Mainaki, R., & Putri, A. E. (2022). Local Wisdom Values of the Pulo Traditional Village Community in Environmental Management. *Geosfera Indonesia*, 7(1), 109. <https://doi.org/10.19184/geosi.v7i1.26400>
- Aswani, S., Lemahieu, A., & Sauer, W. H. H. (2018). Global trends of local ecological knowledge and future implications. *PLOS ONE*, 13(4), e0195440. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195440>
- Bintang Kejora, M. T., Komariah, A., Herawan, E., & Sudarsyah, A. (2025). Ekopesantren: An Ecology-Based Education Model with Local Wisdom Supports the Sustainable Development Goal's. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 17(1), 291–306. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v17i1.6246>
- Bowe, M., Gray, D., Stevenson, C., McNamara, N., Wakefield, J. R. H., Kellezi, B., Wilson, I., Cleveland, M., Mair, E., Halder, M., & Costa, S. (2020). A social cure in the community: A mixed-method exploration of the role of social identity in the experiences and well-being of community volunteers. *European Journal of Social Psychology*, 50(7), 1523–1539. <https://doi.org/10.1002/ejsp.2706>
- Causadias, J. M. (2020). What is Culture? Systems of People, Places, and Practices. <https://doi.org/10.31234/osf.io/r9qme>
- Chapman, J. M., & Schott, S. (2020a). Knowledge coevolution: generating new understanding through bridging and strengthening distinct knowledge systems and empowering local knowledge holders. *Sustainability Science*, 15(3), 931–943. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00781-2>
- Chapman, J. M., & Schott, S. (2020b). Knowledge coevolution: generating new understanding through bridging and strengthening distinct knowledge systems and empowering local knowledge holders. *Sustainability Science*, 15(3), 931–943. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00781-2>
- Dawson, N. M., Coolsaet, B., Sterling, E. J., Loveridge, R., Gross-Camp, N. D., Wongbusarakum, S., Sangha, K. K., Scherl, L. M., Phan, H. P., Zafra-Calvo, N., Lavey, W. G., Byakagaba, P., Idrobo, C. J., Chenet,

- A., Bennett, N. J., Mansourian, S., & Rosado-May, F. J. (2021). The role of Indigenous peoples and local communities in effective and equitable conservation. *Ecology and Society*, 26(3), art19. <https://doi.org/10.5751/ES-12625-260319>
- Eisler, A. D., Eisler, H., & Yoshida, M. (2003). Perception of human ecology: cross-cultural and gender comparisons. *Journal of Environmental Psychology*, 23(1), 89–101. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(02\)00083-X](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(02)00083-X)
- Eko, B. S., & Putranto, H. (2019). The Role of Intercultural Competence and Local Wisdom in Building Intercultural and Inter-religious Tolerance. *Journal of Intercultural Communication Research*, 48(4), 341–369. <https://doi.org/10.1080/17475759.2019.1639535>
- Ernawati, H., Syahlani, S. P., Siswomihardjo, S. W., & Dewi, I. J. (2024). Rooted in Tradition: Exploring the Integration of Local Wisdom with Sustainability and Education for Future Research. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 50(12), 347–356. <https://doi.org/10.9734/ajess/2024/v50i121703>
- Erni Mulyanie, & Muhamad Fauzi Efendi. (2023a). Preservation of Environmental Ethics Based on Local Wisdom Through Traditional Agriculture Kampung Naga Community. *West Science Interdisciplinary Studies*, 1(09), 754–763. <https://doi.org/10.58812/wsis.v1i09.202>
- Erni Mulyanie, & Muhamad Fauzi Efendi. (2023b). Preservation of Environmental Ethics Based on Local Wisdom Through Traditional Agriculture Kampung Naga Community. *West Science Interdisciplinary Studies*, 1(09), 754–763. <https://doi.org/10.58812/wsis.v1i09.202>
- Fatmawati, D. (2021). Islam and Local Wisdom in Indonesia. *Journal of Sosial Science*, 2(1), 20–28. <https://doi.org/10.46799/jsss.v2i1.82>
- Firma Harianja, R., & Sudrajat, A. (2021a). The Local Wisdom of Batak Toba through the Philosophy of Dalihan Na Tolu in a Kinship Environment. *Budapest International Research and Critics in Linguistics and Education (BirLE) Journal*, 4(2), 759–765. <https://doi.org/10.33258/birle.v4i2.1838>
- Firma Harianja, R., & Sudrajat, A. (2021b). The Local Wisdom of Batak Toba through the Philosophy of Dalihan Na Tolu in a Kinship Environment.

- Budapest International Research and Critics in Linguistics and Education (BirLE) Journal, 4(2), 759–765.
<https://doi.org/10.33258/birle.v4i2.1838>
- Giyono, & Suyitno. (2024). Internalization of Environmental Values, Local Wisdom, and Sustainable Development Goals (SDGs) Issues. *Buletin Edukasi Indonesia*, 3(03), 104–110.
<https://doi.org/10.56741/bei.v3i03.741>
- Guci, U., & Harahap, R. (2024a). LOCAL WISDOM AND ENVIRONMENTAL CONSERVATION. *International Journal of Curriculum Development, Teaching and Learning Innovation*, 3(1), 09–16. <https://doi.org/10.35335/curriculum.v3i1.89>
- Guci, U., & Harahap, R. (2024b). LOCAL WISDOM AND ENVIRONMENTAL CONSERVATION. *International Journal of Curriculum Development, Teaching and Learning Innovation*, 3(1), 09–16. <https://doi.org/10.35335/curriculum.v3i1.89>
- Hadi, S., Sjah, T., & Sarjan, M. (2024). Peran Manusia Dalam Mempertahankan Ketersediaan Sumber Daya Alam Melalui Etika Lingkungan. *LAMBDA: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA Dan Aplikasinya*, 4(2), 143–149.
<https://doi.org/10.58218/lambda.v4i2.907>
- Harahap, S. M., & Hamka, H. (2023a). Investigating the roles of philosophy, culture, language and Islam in Angkola’s local wisdom of ‘Dalihan Na Tolu.’ *HTS Teologiese Studies / Theological Studies*, 79(1).
<https://doi.org/10.4102/hts.v79i1.8164>
- Harahap, S. M., & Hamka, H. (2023b). Investigating the roles of philosophy, culture, language and Islam in Angkola’s local wisdom of ‘Dalihan Na Tolu.’ *HTS Teologiese Studies / Theological Studies*, 79(1).
<https://doi.org/10.4102/hts.v79i1.8164>
- Hefner, R. (1983). The Culture Problem in Human Ecology. *Comparative Studies in Society and History*, 25(3), 547–556.
<https://doi.org/10.1017/S0010417500010586>
- Henri, Fatansyah, F., Alita, Lestari, Y., Sonia, A., Putri, J. E., & Rahmasari. (2022). Community’s local wisdom and its relationship with environmental conservation efforts in Bangka Belitung, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1115(1), 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1115/1/012036>

- Heyes, C. (2020). Culture. *Current Biology*, 30(20), R1246–R1250. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.08.086>
- Hilman, I., Hendriawan, N., & Sunaedi, N. (2019). Culture of Local Wisdom of Kampung Kuta Community in Facing Climate Changes in Ciamis Regency, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 338(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/338/1/012006>
- Hourdequin, M. (2021). Environmental Ethics: The State of the Question. *The Southern Journal of Philosophy*, 59(3), 270–308. <https://doi.org/10.1111/sjp.12436>
- I Gusti Agung Mas Rwa Jayantiari, AA Gede Oka Parwata, Nyoman Mas Aryani, & Sagung Putri ME Purwani. (2022). Socialization of Awig-Awig Subak Arrangement: Subak Arrangement as a World Cultural Heritage in Subak Pulagan Gianyar. *Law Doctoral Community Service Journal*, 1(2), 96–101. <https://doi.org/10.55637/ldcsj.1.2.5714.96-101>
- II, H., Amin, T. S., & Zulfitri, Z. (2022). Community's Role In Developing Local Culture And Wisdom In The Digital Media Era. *ANTHOR: Education and Learning Journal*, 1(6), 394–403. <https://doi.org/10.31004/anthor.v1i6.144>
- Ikkal, M., Syamsuddin, A. S., Korompot, R. R., & Yoshida, K. (2023). Development of a Disaster Mitigation Model Based on Local Wisdom. *Jambe Law Journal*, 6(1), 47–67. <https://doi.org/10.22437/jlj.6.1.47-67>
- Jubaidi, A. (2021). ANALISIS KEARIFAN LOKAL BUDAYA TUTUR LISAN SEBAGAI PEREKAT KEBANGSAAN DAN HARMONISASI SOSIAL MASYARAKAT KALIMANTAN TIMUR. *DEDIKASI*, 22(1), 1. <https://doi.org/10.31293/ddk.v22i1.5570>
- Juriyah, J., Widen, K., Heriamariaty, H., & Segah, H. (2024). Culture-Based Justice: Legal Decisions on Forest and Land Fires by Indigenous People with Local Wisdom Approach in the Middle Sentence. *Journal of The Community Development in Asia*, 7(3), 294–311. <https://doi.org/10.32535/jcda.v7i3.3165>
- Komatsu, H., Silova, I., & Rappleye, J. (2023). Education and environmental sustainability: culture matters. *Journal of International Cooperation in*

- Education, 25(1), 108–123. <https://doi.org/10.1108/JICE-04-2022-0006>
- Lasaiba, M. A. (2024). Back to the Roots: Reviving Tradition in a Global Age. *Lani: Jurnal Kajian Ilmu Sejarah Dan Budaya*, 3(2), 177–187. <https://doi.org/10.30598/Lanivol3iss2page177-187>
- Lutfauziah, A., Al-Muhdhar, M. H. I., Suhadi, & Rohman, F. (2024). Does Environmental Education Curriculum Affect Student's Environmental Culture in Islamic Boarding School. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(5), e05621. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n5-079>
- Martadani, A. N., Alkatiri, F. A., & Huath, E. R. I. (2024a). Correlation of Interest, Knowledge, and Local Wisdom in Implementation Sustainable Development Goals. *POPULIKA*, 12(1), 98–109. <https://doi.org/10.37631/populika.v12i1.1049>
- Martadani, A. N., Alkatiri, F. A., & Huath, E. R. I. (2024b). Correlation of Interest, Knowledge, and Local Wisdom in Implementation Sustainable Development Goals. *POPULIKA*, 12(1), 98–109. <https://doi.org/10.37631/populika.v12i1.1049>
- Martoredjo, N. T., Fios, F., & Benny. (2021a). Local Wisdom Values: Human And Nature Relations In The Belu People. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 747(1), 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/747/1/012048>
- Martoredjo, N. T., Fios, F., & Benny. (2021b). Local Wisdom Values: Human And Nature Relations In The Belu People. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 747(1), 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/747/1/012048>
- Martoredjo, N. T., Fios, F., & Benny. (2021c). Local Wisdom Values: Human And Nature Relations In The Belu People. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 747(1), 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/747/1/012048>
- Mawaddah, M., & Misrah, M. (2023). The Role of Culturists in Guiding the Local Wisdom Tradition of Pantang Kemali in Adolescents. *Scaffolding: Jurnal Pendidikan Islam Dan Multikulturalisme*, 5(1), 364–379. <https://doi.org/10.37680/scaffolding.v5i1.2580>

- Maxwell, S. L., Cazalis, V., Dudley, N., Hoffmann, M., Rodrigues, A. S. L., Stolton, S., Visconti, P., Woodley, S., Kingston, N., Lewis, E., Maron, M., Strassburg, B. B. N., Wenger, A., Jonas, H. D., Venter, O., & Watson, J. E. M. (2020). Area-based conservation in the twenty-first century. *Nature*, 586(7828), 217–227. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2773-z>
- Miftachul, A., Husamah, H., & Rahardjanto, A. (2019). ETIKA LINGKUNGAN (Teori dan Praktik Pembelajarannya). <https://eprints.umm.ac.id/id/eprint/8722/1/Hudha%20Husamah%20Rahardjanto%20-%20Etika%20Lingkungan%20Pembelajaran.pdf>
- Molnár, Zs., & Babai, D. (2021). Inviting ecologists to delve deeper into traditional ecological knowledge. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(8), 679–690. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.04.006>
- Muhar, A., Raymond, C. M., van den Born, R. J. G., Bauer, N., Böck, K., Braitto, M., Buijs, A., Flint, C., de Groot, W. T., Ives, C. D., Mitrofanenko, T., Plieninger, T., Tucker, C., & van Riper, C. J. (2018). A model integrating social-cultural concepts of nature into frameworks of interaction between social and natural systems. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(5–6), 756–777. <https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1327424>
- Murnihati Sarumaha. (2024). SAINS BIOLOGI DALAM TRADISI LOKAL: SOSIALISASI KEPADA MASYARAKAT TELUK DALAM UNTUK PELESTARIAN ALAM BERDASARKAN KEARIFAN BUDAYA. *Haga : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 109–124. <https://doi.org/10.57094/haga.v3i2.2345>
- Nofiyanti, F., Rahmanita, M., Adawiyah, R., & Abduh, M. S. (2025). The Role of Local Wisdom Tourism Attractions in Preserving Legendary Stories: Strategies to Support Sustainable Development Goals (SDGS). *European Modern Studies Journal*, 8(6), 263–271. [https://doi.org/10.59573/emsj.8\(6\).2024.19](https://doi.org/10.59573/emsj.8(6).2024.19)
- Novia Putri Ramadhani, Arini Naila Fahmi, & Alfisyah Nurhayati. (2024a). NILAI KEARIFAN LOKAL DALAM TRADISI KELAHIRAN ANAK PADA MASYARAKAT ADAT TAMANSARI WULUHAN. *JIIPSI: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Sosial Indonesia*, 4(1), 32–41. <https://doi.org/10.21154/jiipsi.v4i1.2846>
- Novia Putri Ramadhani, Arini Naila Fahmi, & Alfisyah Nurhayati. (2024b). NILAI KEARIFAN LOKAL DALAM TRADISI KELAHIRAN

ANAK PADA MASYARAKAT ADAT TAMANSARI WULUHAN.
JIIPSI: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Sosial Indonesia, 4(1), 32–41. <https://doi.org/10.21154/jiipsi.v4i1.2846>

- Onrizal, O., & Mansor, M. (2020). Forest conservation and management practices in Minangkabau Society: Forbidden Forest. *Journal of Physics: Conference Series*, 1542(1), 012062. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1542/1/012062>
- Pajarianto, H., Pribadi, I., & Sari, P. (2022a). Tolerance between religions through the role of local wisdom and religious moderation. *HTS Teologiese Studies / Theological Studies*, 78(4). <https://doi.org/10.4102/hts.v78i4.7043>
- Pajarianto, H., Pribadi, I., & Sari, P. (2022b). Tolerance between religions through the role of local wisdom and religious moderation. *HTS Teologiese Studies / Theological Studies*, 78(4). <https://doi.org/10.4102/hts.v78i4.7043>
- Parayusa, A. A. B. W. P., Ibrahim, I., & Arjawa, A. A. G. P. (2024). Arrangement and Implementation of Tri Hita Karana and Sad Kerthi in Awig-Awig Subak Anggabaya (Penatih Village, East Denpasar District, Denpasar City). *JISIP (Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan)*, 8(1), 80. <https://doi.org/10.58258/jisip.v8i1.5930>
- Pariani, L., & Sarjan, M. (2024). Kearifan Lokal Dan Pendekatan Dalam Pemanfaatan Sumber Daya Alam Untuk Ekonomi Desa Sesaut. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 5(1), 1–5. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v5i1.276>
- Pathak, M. (2023). TRADITIONAL AND MODERN SCIENCES TECHNOLOGIES IN INDIA. *ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts*, 4(1). <https://doi.org/10.29121/shodhkosh.v4.i1.2023.4786>
- Pratama, A., Wahyudin, U., Hatimah, I., Sulistiono, E., Fuadi, D. S., Ferianti, F., Hidayat, T., Haryanto, H., & Sardin, S. (2024a). From Tradition to Action: The Potential of Community Empowerment Through Local Wisdom for Sustainable Environmental Protection Practices. *The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences*, 271–282. <https://doi.org/10.55549/epess.820>
- Pratama, A., Wahyudin, U., Hatimah, I., Sulistiono, E., Fuadi, D. S., Ferianti, F., Hidayat, T., Haryanto, H., & Sardin, S. (2024b). From Tradition to

- Action: The Potential of Community Empowerment Through Local Wisdom for Sustainable Environmental Protection Practices. *The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences*, 271–282. <https://doi.org/10.55549/epess.820>
- Purba, N., Ismail, W. N. A. T., Dewi, M., Habibie, D., Saragih, A., & Fajar, I. (2025). Implementation of Local Wisdom Model in Handling Forest Fires Towards Achieving Sustainable Development Goals (SDGs) 2045 (Indonesia - Malaysia). *Journal of Lifestyle and SDGs Review*, 5(4), e05374. <https://doi.org/10.47172/2965-730X.SDGsReview.v5.n04.pe05374>
- Rahayu, M. I. F., Susanto, A. F., & Muliya, L. S. (2022). KEARIFAN LOKAL DALAM PENDIDIKAN HUKUM LINGKUNGAN DI INDONESIA. *LITIGASI*, 23(2), 291–303. <https://doi.org/10.23969/litigasi.v23i2.6321>
- Rahayu, M. I. F., Susanto, A. F., & Sudiro, A. (2024). The Meaning of the Principle of Local Wisdom in Management and Protection Law Environment Indonesia. *Journal of Lifestyle and SDGs Review*, 5(2), e02958. <https://doi.org/10.47172/2965-730X.SDGsReview.v5.n02.pe02958>
- Rahman, A., Putri, B. A., Sofiana, E., Syifa, N., & Angriani, P. (2025). The Role of South Malang Coastal Communities in Local Wisdom-Based Environmental Management. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*, 12(1). <https://doi.org/10.20527/jpg.v12i1.21212>
- Ramadhani, H. S., & Aryani, D. I. (2024). Tinjauan Komparasi Visual Topeng Dayak: Hudoq Dan Sababuka. *Visual Heritage: Jurnal Kreasi Seni Dan Budaya*, 6(2), 341–348. <https://doi.org/10.30998/vh.v6i2.8188>
- Rashdan, W., & Ashour, A. F. (2024). Heritage-Inspired Strategies in Interior Design: Balancing Critical Regionalism and Reflexive Modernism for Identity Preservation. *Heritage*, 7(12), 6825–6856. <https://doi.org/10.3390/heritage7120316>
- Ray, S. (2023). Weaving the links: Traditional knowledge into modern science. *Futures*, 145, 103081. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2022.103081>
- Ray, S., & Hertel, T. W. (2025). Effectiveness and Distributional Impacts of Conservation Policies: The Role of Labor Markets. *Environmental*

- and Resource Economics, 88(5), 1147–1193.
<https://doi.org/10.1007/s10640-024-00950-2>
- Reddy, S. M. W., Montambault, J., Masuda, Y. J., Keenan, E., Butler, W., Fisher, J. R. B., Asah, S. T., & Gneezy, A. (2017). Advancing Conservation by Understanding and Influencing Human Behavior. *Conservation Letters*, 10(2), 248–256.
<https://doi.org/10.1111/conl.12252>
- Román, D., Arias, J. M., Sedlacek, Q. C., & Pérez, G. (2022). Exploring Conceptions of Creativity and Latinidad in Environmental Education Through the Lens of Culturally Sustaining Pedagogy. *Review of Research in Education*, 46(1), 32–63.
<https://doi.org/10.3102/0091732X221084332>
- Rummar, M. (2022). Kearifan Lokal dan Penerapannya di Sekolah. *Jurnal Syntax Transformation*, 3(12), 1580–1588.
<https://doi.org/10.46799/jst.v3i12.655>
- Saha Ghafur, A. H. (2024). Tourism policy impact on transforming religious traditions of Dayak a case study of the Hudoq ceremony tradition of the Dayak Bahau tribe in tourism development, East Kalimantan, Indonesia. *Cogent Arts & Humanities*, 11(1).
<https://doi.org/10.1080/23311983.2024.2429938>
- Sakti, S. A., Endraswara, S., & Rohman, A. (2024). Revitalizing local wisdom within character education through ethnopedagogy approach: A case study on a preschool in Yogyakarta. *Heliyon*, 10(10), e31370.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31370>
- Sandbrook, C. (2025). Beyond the Hype: Navigating the Conservation Implications of Artificial Intelligence. *Conservation Letters*, 18(1).
<https://doi.org/10.1111/conl.13076>
- Schuler, D., Rasche, A., Etzion, D., & Newton, L. (2017). Corporate Sustainability Management and Environmental Ethics. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2951788>
- Seduikyte, L., Grazuleviciute-Vileniske, I., Mlinkauskienė, A., & Januškienė, E. (2025). Fostering Resilient Communities Through the Interaction of Heritage, Policy, and Participation: Insights from a Lithuanian Case Study. *Sustainability*, 17(9), 3883.
<https://doi.org/10.3390/su17093883>

- Selasih, N. N., & Sudarsana, I. K. (2018). Education Based on Ethnopedagogy in Maintaining and Conserving the Local Wisdom: A Literature Study. *Jurnal Ilmiah Peuradeun*, 6(2), 293–306. <https://doi.org/10.26811/peuradeun.v6i2.219>
- Sinung Mufti Hangabei, Rangga Jayanuarto, & Fahmi Arisandi. (2025). Strengthening Legal Awareness in Mitigation: Education and Community Empowerment Study Based on Local Wisdom in Bengkulu. *University Of Bengkulu Law Journal*, 10(1), 84–100. <https://doi.org/10.33369/ubelaj.v10i1.39870>
- Smith, K. J. (2021). Is a Critical Pedagogy of Place Enough? Intersecting Culturally Sustaining Pedagogies with Environmental Education. In *Third International Handbook of Globalisation, Education and Policy Research* (pp. 789–804). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66003-1_45
- Son, I. S., & Krolkowski, C. (2025). Developing a sense of place through attendance and involvement in local events: the social sustainability perspective. *Tourism Recreation Research*, 50(4), 715–726. <https://doi.org/10.1080/02508281.2024.2335749>
- Soselisa, P. S., Alhamid, R., & Rahanra, I. Y. (2024). Integration of Local Wisdom and Modern Policies: The Role of Traditional Village Government In The Implementation of Sasi In Maluku. *Baileo: Jurnal Sosial Humaniora*, 2(1), 63–75. <https://doi.org/10.30598/baileofisipvol2iss1pp63-75>
- Spínola, H. (2021a). Environmental Culture and Education: A New Conceptual Framework. *Creative Education*, 12(05), 983–998. <https://doi.org/10.4236/ce.2021.125072>
- Spínola, H. (2021b). Environmental Culture and Education: A New Conceptual Framework. *Creative Education*, 12(05), 983–998. <https://doi.org/10.4236/ce.2021.125072>
- Suharyanto, A., & Wiflihani, W. (2024). Preserving Local Culture in the Era of Globalization: Balancing Modernity and Cultural Identity. *Path of Science*, 10(3), 5001–5005. <https://doi.org/10.22178/pos.102-16>
- Suranto. (2020). Menggali Etika Lingkungan Buddhisme dari Kearifan Lokal Sadranan. <https://doi.org/10.31219/osf.io/djr53>

- Tam, K.-P. (2025). Culture and pro-environmental behavior. *Current Opinion in Psychology*, 62, 101986. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2024.101986>
- Tehupeiory, A. (2021). SASI - BASED PROTECTION FOREST STRATEGY IN MALUKU (AMBON). *International Journal of Research - GRANTHAALAYAH*, 9(3), 221–228. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v9.i3.2021.3809>
- Teryola, A. S., Roslinda, E., & Zainal, S. (2024). KEARIFAN LOKAL MASYARAKAT DUSUN PINANG DALAM MENJAGA KEBERADAAN TEMBAWANG DI DESA KECURIT KECAMATAN TOHO KABUPATEN MEMPAWAH. *MAKILA*, 18(2), 241–253. <https://doi.org/10.30598/makila.v18i2.14496>
- Thornton, T. F., & Scheer, A. M. (2012). Collaborative Engagement of Local and Traditional Knowledge and Science in Marine Environments: A Review. *Ecology and Society*, 17(3), art8. <https://doi.org/10.5751/ES-04714-170308>
- Titley, M. A., Butchart, S. H. M., Jones, V. R., Whittingham, M. J., & Willis, S. G. (2021). Global inequities and political borders challenge nature conservation under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(7). <https://doi.org/10.1073/pnas.2011204118>
- TIWARI, S. K. A. A. (2024). The Impact of Globalization on Local Cultures: Exploring the Tensions between Cultural Preservation and Exchange. *PRAJNANA*, 15(01), 15. <https://doi.org/10.59467/PJ.2024.15.15>
- Tristan Rokhmawan, & Sainee Tamphu. (2024). Bridging the Gap Between Policy and Practice: A Critical Discourse Analysis of Local Wisdom Integration in Pasuruan City’s Urban Planning Regulations. *Anglophile Journal*, 4(2), 103–124. <https://doi.org/10.51278/anglophile.v4i2.1187>
- Udoudom, M. D., Okpe, O., Adie, T., & Bassey, S. A. (2019). Environmental Ethics. *Budapest International Research and Critics Institute (BIRCI-Journal) : Humanities and Social Sciences*, 2(2), 48–55. <https://doi.org/10.33258/birci.v2i2.236>
- Ummu Inayah, A., Saajidah, N., & Ratnawati, E. (2025). The Impact of Globalization on Changes in Modern Society from an Educational

- Perspective. *International Journal of Islamic Education Discourse*, 1(1), 18–21. <https://doi.org/10.59966/dc6s0f69>
- Utari, U., Soraya, S., & Wulandari, Y. (2024). Uplifting Local Wisdom in Soil and Water Conservation System. *Education Achievement: Journal of Science and Research*, 43–49. <https://doi.org/10.51178/jsr.v5i1.1745>
- Wahyu Mukti, M. P., Wadiyo, W., & Supriyanto, T. (2024). Challenges and Transformation: Revealing the Dynamics of Socio-Cultural Change in the Modern Era. *JURNAL PAKARENA*, 9(1), 106. <https://doi.org/10.26858/p.v9i1.53510>
- Wang, Z., Wang, T., Zhang, X., Wang, J., Yang, Y., Sun, Y., Guo, X., Wu, Q., Nepovimova, E., Watson, A. E., & Kuca, K. (2024). Biodiversity conservation in the context of climate change: Facing challenges and management strategies. *Science of The Total Environment*, 937, 173377. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173377>
- Wanudyastuti, A., Maulidah, I., Athaya, M. R., Al Ferina, F., & Tri Setiyoko, D. (2025). Pelestarian Sistem Pengelolaan Adat di Desa Panglipuran Yang Berkelanjutan Kepada Generasi Muda. *Jurnal Cahaya Edukasi*, 3(2). <https://doi.org/10.63863/jce.v3i2.39>
- Winarti, & Siti Hardiyanti Amri. (2020). SASTRA LISAN SEBAGAI REFLEKSI KEARIFAN LOKAL DALAM MENJAGA SIKAP, PERILAKU, DAN ETIKA. *Sabbhata Yatra: Jurnal Pariwisata Dan Budaya*, 1(2), 139–156. <https://doi.org/10.53565/sabbhatayatra.v1i2.259>
- Wooltorton, S., Collard, L., Horwitz, P., Poelina, A., & Palmer, D. (2020). Sharing a place-based indigenous methodology and learnings. *Environmental Education Research*, 26(7), 917–934. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1773407>
- Wormley, A. S., Kwon, J. Y., Barlev, M., & Varnum, M. E. W. (2023). How much cultural variation around the globe is explained by ecology? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 290(2000). <https://doi.org/10.1098/rspb.2023.0485>
- Wulandari, F., Khaeruddin, K., Hamza, H., & Nurmiati, N. (2025). Patumbu Katallassang: Local Wisdom of the Sampulonrua Indigenous Community towards Sustainable Development Goals 15 Life on Land. *Indonesian Journal of Social Science Education (IJSSE)*, 7(1), 46. <https://doi.org/10.29300/ijssse.v7i1.4780>

- Yowana, I. M. A. (2023). Implementation of Parhyangan Aspects in Awig-Awig (Traditional Regulations) Subak Anggabaya. *JISIP (Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan)*, 7(4), 3448. <https://doi.org/10.58258/jisip.v7i4.5906>
- Zhang, Y., You, C., Pundir, P., & Meijering, L. (2023). Migrants' community participation and social integration in urban areas: A scoping review. *Cities*, 141, 104447. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104447>
- Zhou, H., Tang, K., Huang, L., Jiang, Y., & Wu, K. (2025). Evidence behind community participation of ethnic tourism village farmers from the perspective of social network. *Environmental Research Communications*, 7(5), 055014. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/add5c4>

PROFIL PENULIS



Dr. Andi Syukriani, S.Pd., M.Pd

Penulis merupakan Dosen Pendidikan Matematika pada Program Studi S3 Pendidikan Matematika sejak tahun 2024. Sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya sebagai dosen, selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian. Penulis sebelumnya mengajar di Universitas Patompo sejak tahun 2009. Penulis telah menghasilkan buku, diantaranya Media Pembelajaran Matematika. Selain itu, penulis juga aktif melakukan penelitian yang diterbitkan di berbagai jurnal nasional maupun internasional. Penulis juga aktif menjadi pemakalah diberbagai seminar Internasional dan seminar Nasional. Email: andi.syukriani@unm.ac.id

BAB IX

ISU-ISU LINGKUNGAN KONTEMPORER

Dr. Andi Syukriani, S.Pd., M.Pd
Universitas Negeri Makassar

A. PENDAHULUAN

Isu lingkungan masa kini menjadi sorotan penting di era modern, seiring dengan percepatan urbanisasi, semakin seringnya terjadi bencana ekologis, serta urgensi agenda global seperti Sustainable Development Goals (SDGs). Pertumbuhan urbanisasi memberikan dampak ganda, baik positif maupun negatif, terhadap kesejahteraan manusia dan kelestarian lingkungan, termasuk munculnya permasalahan seperti kelangkaan air, kerusakan lahan, pencemaran udara, hingga peningkatan emisi karbon di kawasan perkotaan besar. (Kookana et al., 2020a). Alih fungsi lahan akibat proses urbanisasi kerap berdampak pada penurunan kualitas lingkungan, memperbesar resiko terjadinya bencana seperti banjir, kekeringan, maupun pencemaran, serta menghadirkan tantangan baru dalam upaya pengelolaan sumber daya alam (Antonio Chaparro Torres et al., 2024). Perkembangan urbanisasi yang cepat di berbagai wilayah dunia menimbulkan konsekuensi lingkungan yang berlapis dan sering bersifat kontradiktif. Urbanisasi memang mampu menjadi motor penggerak pertumbuhan ekonomi serta peningkatan kualitas hidup masyarakat, namun pada saat yang sama juga menambah beban pada sumber daya alam, meningkatkan kebutuhan energi, memperburuk pencemaran udara, serta mempercepat kerusakan lahan dan ekosistem (Nathaniel & Adeleye, 2021). Perubahan fungsi lahan untuk kepentingan pembangunan perkotaan kerap berdampak pada menurunnya kualitas lingkungan, meningkatkan potensi terjadinya bencana seperti banjir dan kekeringan, serta memunculkan persoalan dalam pengelolaan air bersih dan sanitasi. Kondisi ini terutama dirasakan di negara-negara berkembang, dimana distribusi air dan sistem

pengolahan limbah masih belum memadai (Huang et al., 2023). Selain itu, terdapat keterkaitan yang kuat dan saling mempengaruhi antara proses urbanisasi, keberlangsungan layanan ekosistem, dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs). Urbanisasi yang tidak dikelola secara efektif berpotensi menghambat tercapainya sejumlah target SDGs, terutama yang berkaitan dengan pembangunan kota berkelanjutan (SDG 11), penyediaan air bersih dan sanitasi (SDG 6), serta pelestarian ekosistem darat (SDG 15) (Huang et al., 2023). Namun, apabila dirancang dengan perencanaan yang matang, urbanisasi berpotensi mendukung pencapaian SDGs melalui penerapan infrastruktur hijau, pemanfaatan sumber daya secara efisien, serta kerja sama lintas sektor (Huang et al., 2023). Dengan demikian, arah kebijakan pembangunan perkotaan perlu disesuaikan dengan daya dukung lingkungan, mengendalikan laju pertumbuhan wilayah kota, serta mendorong inovasi dalam pengelolaan air, energi, dan limbah guna menjamin keberlanjutan ekologi sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Han et al., 2021).

Bencana lingkungan, baik akibat faktor alam maupun ulah manusia, kini semakin intens terjadi dan memerlukan langkah mitigasi yang terpadu. Oleh karena itu, kota-kota di berbagai belahan dunia perlu memperkuat ketahanan (*resilience*) melalui pembangunan infrastruktur yang adaptif, pemanfaatan teknologi digital, serta kerja sama lintas sektor guna meminimalkan dampak bencana dan mempercepat proses pemulihan (Allan et al., 2024). Dalam perspektif global, SDGs berfungsi sebagai kerangka acuan utama dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan, dimana SDG 11 secara khusus berfokus pada terwujudnya kota yang inklusif, aman, tangguh, serta berkelanjutan (Chen, Chen, et al., 2022). Hubungan sinergis maupun potensi konflik antara urbanisasi dan pencapaian SDGs memerlukan kebijakan yang mampu menyeimbangkan pertumbuhan ekonomi, pemerataan sosial, serta pelestarian lingkungan, sekaligus mendorong kerja sama internasional dan inovasi dalam tata kelola perkotaan (Xu et al., 2023). Upaya mitigasi bencana lingkungan yang optimal menuntut perpaduan antara pendekatan berbasis alam, pemanfaatan teknologi, dan pelibatan aktif masyarakat. Pelestarian ekosistem, misalnya hutan mangrove, terbukti mampu memperkuat ketahanan kawasan pesisir terhadap abrasi, badai, serta dampak perubahan iklim, sekaligus memberikan nilai ekonomi melalui pengembangan ekowisata dan peningkatan kesejahteraan komunitas lokal. Hal ini selaras dengan pencapaian

SDG 11 (kota berkelanjutan), SDG 13 (aksi iklim), dan SDG 15 (kehidupan di darat) (Fuady et al., 2025b). Selain itu, penerapan teknologi seperti *remote sensing* dan GIS memiliki peran krusial dalam memantau potensi risiko, merancang tata ruang yang tepat, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data guna mendukung upaya mitigasi bencana dan memperkuat ketahanan nasional (Ruuhulhaq, 2025). Harmonisasi antara langkah mitigasi bencana dan pencapaian SDGs memerlukan kebijakan lintas sektor yang tidak dijalankan secara terpisah, melainkan terkoordinasi dan menyatu dalam kerangka pembangunan berkelanjutan (Walia, 2020). Pendekatan berbasis kolaborasi, melalui kepemimpinan kolektif maupun partisipasi aktif generasi muda, mampu meningkatkan kapasitas adaptasi serta mendorong inovasi dalam menghadapi persoalan lingkungan, sebagaimana ditunjukkan dalam praktek pengelolaan bencana di Australia dan wilayah pegunungan Himalaya (Abuka, 2024).

Percepatan urbanisasi menghadirkan dampak ganda bagi pembangunan berkelanjutan. Di satu sisi, urbanisasi mendorong pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kesejahteraan, namun di sisi lain juga memberikan tekanan besar terhadap lingkungan, ketersediaan sumber daya alam, serta pencapaian tujuan SDGs. Berbagai persoalan seperti kerusakan lahan, pencemaran, krisis air, hingga meningkatnya potensi bencana menegaskan perlunya kebijakan perkotaan yang selaras dengan kapasitas lingkungan. Oleh karena itu, upaya mitigasi bencana dan realisasi SDGs harus diintegrasikan melalui pembangunan infrastruktur hijau, pemanfaatan teknologi digital, penerapan solusi berbasis alam, dan keterlibatan aktif masyarakat termasuk generasi muda. Dengan kolaborasi lintas sektor serta inovasi tata kelola, kota-kota dapat membangun ketahanan terhadap dampak perubahan iklim dan bencana, sekaligus mewujudkan pembangunan yang inklusif, tangguh, dan berkelanjutan.

B. URBANISASI DAN MASALAH LINGKUNGAN KOTA

1. Dampak Urbanisasi terhadap Lingkungan Perkotaan

Urbanisasi yang semakin meluas di berbagai daerah memberikan pengaruh besar terhadap kualitas lingkungan kota. Laju pertumbuhan perkotaan yang cepat umumnya disertai dengan perubahan fungsi lahan

DAFTAR PUSTAKA

- Abuka, C. A. (2024). Collaborative Leadership in Disaster Mitigation Development in Australia. *The Scholarship Without Borders Journal*, 3(1). <https://doi.org/10.57229/2834-2267.1059>
- Adugna, D. (2023). Challenges of sanitation in developing counties - Evidenced from a study of fourteen towns, Ethiopia. *Heliyon*, 9(1), e12932. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12932>
- Allan, M., Rajabifard, A., & Foliente, G. (2024). Climate resilient urban regeneration and SDG 11 – stakeholders’ view on pathways and digital infrastructures. *International Journal of Digital Earth*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2385076>
- Antonio Chaparro Torres, R., Wang, J., Zhang, J., Liu, L., & Lan, Y. (2024). Temporal analysis of land degradation and urban expansion in central Yunnan Province using remote sensing for supporting sustainable development goals 11/15. *Ecological Indicators*, 163, 112058. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112058>
- Boretti, A., & Rosa, L. (2019). Reassessing the projections of the World Water Development Report. *Npj Clean Water*, 2(1), 15. <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>
- Caldera, H. J., & Wirasinghe, S. C. (2022). A universal severity classification for natural disasters. *Natural Hazards*, 111(2), 1533–1573. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-05106-9>
- Carpentier, C. L., & Braun, H. (2020). Agenda 2030 for Sustainable Development: A powerful global framework. *Journal of the International Council for Small Business*, 1(1), 14–23. <https://doi.org/10.1080/26437015.2020.1714356>
- Chaudhary, M. T., & Piracha, A. (2021a). Natural Disasters—Origins, Impacts, Management. *Encyclopedia*, 1(4), 1101–1131. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1040084>
- Chen, M., Chen, L., Cheng, J., & Yu, J. (2022). Identifying interlinkages between urbanization and Sustainable Development Goals. *Geography and Sustainability*, 3(4), 339–346. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2022.10.001>

- Chen, M., Jiang, Y., Wang, E., Wang, Y., & Zhang, J. (2022). Measuring Urban Infrastructure Resilience via Pressure-State-Response Framework in Four Chinese Municipalities. *Applied Sciences*, 12(6), 2819. <https://doi.org/10.3390/app12062819>
- Dharmarathne, G., Waduge, A. O., Bogahawaththa, M., Rathnayake, U., & Meddage, D. P. P. (2024). Adapting cities to the surge: A comprehensive review of climate-induced urban flooding. *Results in Engineering*, 22, 102123. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102123>
- Edo, G. I., Itoje-akpokiniovo, L. O., Obasohan, P., Ikpekoru, V. O., Samuel, P. O., Jikah, A. N., Nosu, L. C., Ekokotu, H. A., Ugbune, U., Oghrro, E. E. A., Emakpor, O. L., Ainyanbhor, I. E., Mohammed, W. A.-S., Akpogheli, P. O., Owheruo, J. O., & Agbo, J. J. (2024). Impact of environmental pollution from human activities on water, air quality and climate change. *Ecological Frontiers*, 44(5), 874–889. <https://doi.org/10.1016/j.ecofro.2024.02.014>
- Faulkner, J.-P., Murphy, E., & Scott, M. (2020). Developing a holistic ‘vulnerability-resilience’ model for local and regional development. *European Planning Studies*, 28(12), 2330–2347. <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1720612>
- Fei, X., Lou, Z., Xiao, R., Ren, Z., & Lv, X. (2022). Source analysis and source-oriented risk assessment of heavy metal pollution in agricultural soils of different cultivated land qualities. *Journal of Cleaner Production*, 341, 130942. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130942>
- Fuady, M., Buraida, Kevin, M. A., Farrel, M. R., & Triaputri, A. (2025). Enhancing Urban Resilience: Opportunities and Challenges in Adapting to Natural Disasters in Indonesian Cities. *Sustainability*, 17(4), 1632. <https://doi.org/10.3390/su17041632>
- Fuady, M., Buraida, Kevin, M. A., Farrel, M. R., & Triaputri, A. (2025b). Mangrove Forest Conservation for Disaster Mitigation and Community Welfare in Banda Aceh: a Sustainable Development Goals (SDG’s) Approach. *Journal of Lifestyle and SDGs Review*, 5(3), e04787. <https://doi.org/10.47172/2965-730X.SDGsReview.v5.n03.pe04787>
- Gupta, Dr. A., Maheshwari, Dr. K., & meena, N. (2025). Soil Pollution and its effects on Agriculture. *International Journal of Environment*,

- Agriculture and Biotechnology, 10(2), 114–118.
<https://doi.org/10.22161/ijeab.102.11>
- Han, Z., Jiao, S., Zhang, X., Xie, F., Ran, J., Jin, R., & Xu, S. (2021). Seeking sustainable development policies at the municipal level based on the triad of city, economy and environment: evidence from Hunan province, China. *Journal of Environmental Management*, 290, 112554. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112554>
- Haou, E., Allarané, N., Aholou, C. C., & Bondoro, O. (2025). Integrating Sustainable Development Goals into Urban Planning to Advance Sustainability in Sub-Saharan Africa: Barriers and Practical Solutions from the Case Study of Moundou, Chad. *Urban Science*, 9(2), 22. <https://doi.org/10.3390/urbansci9020022>
- Hassan, Z., Shahbaz, B., & Lopez, F. G. (2023). Enhancing Blue/Green Infrastructure for Resilient Urban Environments: Smart Solutions and Nature-Based Strategies. *3rd International Congress on Engineering and Life Science Proceedings Book*, 50–50. <https://doi.org/10.61326/icelis.2023.18>
- Huang, J., Nitivattananon, V., Lin, D., & Gong, W. (2023). Integrated assessment for Sustainable Development Goals of metropolitan regions: A case study of the Pearl River Delta region, China. *Environmental and Sustainability Indicators*, 20, 100299. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100299>
- Hung, C.-H., Hung, H.-C., & Hsu, M.-C. (2024). Linking the interplay of resilience, vulnerability, and adaptation to long-term changes in metropolitan spaces for climate-related disaster risk management. *Climate Risk Management*, 44, 100618. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2024.100618>
- Ismail-Zadeh, A. (2022). Natural hazards and climate change are not drivers of disasters. *Natural Hazards*, 111(2), 2147–2154. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-05100-1>
- Kalfas, D., Kalogiannidis, S., Chatzitheodoridis, F., & Toska, E. (2023). Urbanization and Land Use Planning for Achieving the Sustainable Development Goals (SDGs): A Case Study of Greece. *Urban Science*, 7(2), 43. <https://doi.org/10.3390/urbansci7020043>
- Kamboj, N., Bisht, A., Kamboj, V., Pandey, N., & Bisht, A. (2020). Role of natural disasters in environmental degradation: An overview. In

- Environmental Degradation: Causes and Remediation Strategies (pp. 21–35). *Agro Environ Media - Agriculture and Environmental Science Academy*, Haridwar, India. <https://doi.org/10.26832/aesa-2020-edcrs-02>
- Khaspuria, G., Ranjan, A., Sahil, Soni, P., & Dadhich, K. (2024a). Natural Disaster Mitigation Strategies: A Comprehensive Review. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(8), 20–34. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i82221>
- Kookana, R. S., Drechsel, P., Jamwal, P., & Vanderzalm, J. (2020a). Urbanisation and emerging economies: Issues and potential solutions for water and food security. *Science of The Total Environment*, 732, 139057. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139057>
- Krantz, V., & Gustafsson, S. (2021). Localizing the sustainable development goals through an integrated approach in municipalities: early experiences from a Swedish forerunner. *Journal of Environmental Planning and Management*, 64(14), 2641–2660. <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.1877642>
- Lang, Y., Chao, H., & Xiao, J. (2024). The Relationship Between Carbon Emissions and Ecosystem Services in Guangdong Province, China: The Perspective of Ecological Function Zones. *Land*, 13(12), 2227. <https://doi.org/10.3390/land13122227>
- Lee, R., White, C. J., Adnan, M. S. G., Douglas, J., Mahecha, M. D., O’Loughlin, F. E., Patelli, E., Ramos, A. M., Roberts, M. J., Martius, O., Tubaldi, E., van den Hurk, B., Ward, P. J., & Zscheischler, J. (2024). Reclassifying historical disasters: From single to multi-hazards. *Science of The Total Environment*, 912, 169120. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169120>
- Liu, Y., Geng, G., Cheng, J., Liu, Y., Xiao, Q., Liu, L., Shi, Q., Tong, D., He, K., & Zhang, Q. (2023). Drivers of Increasing Ozone during the Two Phases of Clean Air Actions in China 2013–2020. *Environmental Science & Technology*, 57(24), 8954–8964. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c00054>
- Lund, P. D., & Shen, B. (2021). Sustainable urban infrastructure in China. *WIREs Energy and Environment*, 10(4). <https://doi.org/10.1002/wene.411>

- Mahfooz, Y., Yasar, A., Sohail, M. T., Tabinda, A. B., Rasheed, R., Irshad, S., & Yousaf, B. (2019). Investigating the drinking and surface water quality and associated health risks in a semi-arid multi-industrial metropolis (Faisalabad), Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(20), 20853–20865. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05367-9>
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>
- Morin-Crini, N., Lichtfouse, E., Liu, G., Balaram, V., Ribeiro, A. R. L., Lu, Z., Stock, F., Carmona, E., Teixeira, M. R., Picos-Corrales, L. A., Moreno-Piraján, J. C., Giraldo, L., Li, C., Pandey, A., Hocquet, D., Torri, G., & Crini, G. (2022). Worldwide cases of water pollution by emerging contaminants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(4), 2311–2338. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01447-4>
- Mu, Y., Li, Y., Yan, R., Luo, P., Liu, Z., Sun, Y., Wang, S., Zhu, W., & Zha, X. (2023). Analysis of the Ongoing Effects of Disasters in Urbanization Process and Climate Change: China's Floods and Droughts. *Sustainability*, 16(1), 14. <https://doi.org/10.3390/su16010014>
- Muga, G., Tiando, D. S., & Liu, C. (2025). Spatial relationship between carbon emissions and ecosystem service value based on land use: A case study of the Yellow River Basin. *PLOS ONE*, 20(2), e0318855. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318855>
- Mukherjee, S., Kar, S., & Pal, S. (2021). Environmental Disaster Management and Risk Reduction. In *Environmental Management: Issues and Concerns in Developing Countries* (pp. 221–252). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62529-0_11
- Mulvihill, P. R. (2021). The ambiguity of environmental disasters. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 11(1), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s13412-020-00646-1>
- Münzel, T., Hahad, O., Daiber, A., & Landrigan, P. J. (2023). Soil and water pollution and human health: what should cardiologists worry about? *Cardiovascular Research*, 119(2), 440–449. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvac082>

- Nathaniel, S. P., & Adeleye, N. (2021). Environmental preservation amidst carbon emissions, energy consumption, and urbanization in selected african countries: Implication for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 285, 125409. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125409>
- Nop, S., Thornton, A., & Tranter, P. (2023). Towards effective stakeholder collaboration in building urban resilience in Phnom Penh: opportunities and obstacles. *Environment, Development and Sustainability*, 25(1), 297–320. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02055-y>
- Nurjannah, R., Yahya, F., & Akbar, H. (2025). CHANGE OF THE FUNCTION OF GREEN OPEN SPACE (RTH) LAND INTO COMMERCIAL LAND IN GAMPONG TIBANG, SYIAH KUALA DISTRICT. *Al-Iqtishadiah: Jurnal Hukum Ekonomi Syariah*, 5(2), 256–275. <https://doi.org/10.22373/iqtishadiah.v5i2.6576>
- Osei-Kyei, R., Ampratwum, G., Tam, V. W. Y., Komac, U., & Narbaev, T. (2024). Building Urban Community Resilience against Hazards through Public-Private Partnerships: A Review of Critical Resilience Strategies. *Buildings*, 14(7), 1947. <https://doi.org/10.3390/buildings14071947>
- Paltseva, A. A., & Neaman, A. (2020). An Emerging Frontier: Metal(loid) Soil Pollution Threat Under Global Climate Change. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(9), 1653–1654. <https://doi.org/10.1002/etc.4790>
- Penggayuh, D., Munibah, K., & Ardiansyah, M. (2023). The Impact of Changes in Land Use on Green Open Space and Comfort Index in Semarang City, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 13(4), 683–693. <https://doi.org/10.29244/jpsl.13.4.683-693>
- Puppim de Oliveira, J. A., Bellezoni, R. A., Shih, W., & Bayulken, B. (2022). Innovations in Urban Green and Blue Infrastructure: Tackling local and global challenges in cities. *Journal of Cleaner Production*, 362, 132355. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132355>
- Ramirez-Rubio, O., Daher, C., Fanjul, G., Gascon, M., Mueller, N., Pajin, L., Plasencia, A., Rojas-Rueda, D., Thondoo, M., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2019). Urban health: an example of a “health in all policies”

- approach in the context of SDGs implementation. *Globalization and Health*, 15(1), 87. <https://doi.org/10.1186/s12992-019-0529-z>
- Ruuhulhaq, M. S. (2025). The Role of Remote Sensing and GIS in Sustainable Development and National Resilience. *Jurnal Lemhannas RI*, 12(4). <https://doi.org/10.55960/jlri.v12i4.966>
- Semenova, G. (2020). Environmental disasters as a factor of environmental pollution. *E3S Web of Conferences*, 217, 04007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021704007>
- Septiantoro, R., Zain, A. F. M., & Pribadi, D. O. (2025). Analisis Nilai Kehijauan Berdasarkan Pengukuran Komputasi dan Persepsi Manusia pada Ruang Terbuka Hijau di Pekanbaru, Riau. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 17(1), 90–101. <https://doi.org/10.29244/jli.v17i1.57392>
- Setiawan, E., & Ade Fitriani, W. (2024). Disaster Mitigation Strategies Based on Risk Matrix and House of Risk (HoR) Phase 2. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 14(2), 341. <https://doi.org/10.29244/jpsl.14.2.341>
- Shaddick, G., Thomas, M. L., Mudu, P., Ruggeri, G., & Gumy, S. (2020). Half the world's population are exposed to increasing air pollution. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s41612-020-0124-2>
- Siddique, S., & Uddin, Md. M. (2022). Green space dynamics in response to rapid urbanization: Patterns, transformations and topographic influence in Chattogram city, Bangladesh. *Land Use Policy*, 114, 105974. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.105974>
- Sun, J., Pan, L., Tsang, D. C. W., Zhan, Y., Zhu, L., & Li, X. (2018). Organic contamination and remediation in the agricultural soils of China: A critical review. *Science of The Total Environment*, 615, 724–740. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.271>
- sunitha, V. (2025). Understanding the Causes and Impact of Pollution: A Comprehensive Analysis and Community Perceptions. *REST Journal on Data Analytics and Artificial Intelligence*, 4(1 March 2025), 270–277. <https://doi.org/10.46632/jdaai/4/1/31>
- Swain, C. K. (2024). Environmental pollution indices: a review on concentration of heavy metals in air, water, and soil near

- industrialization and urbanisation. *Discover Environment*, 2(1), 5. <https://doi.org/10.1007/s44274-024-00030-8>
- Swinamer, R., Anderson, L. E., Redden, D., Bjorndahl, P., Campbell, J., Krkošek, W. H., & Gagnon, G. A. (2024). Climate-Driven Increases in Source Water Natural Organic Matter: Implications for the Sustainability of Drinking Water Treatment. *Environmental Science & Technology*, 58(27), 11958–11969. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c01894>
- Tian, C., Liang, Y., Lin, Q., You, D., & Liu, Z. (2024). Environmental pressure exerted by the petrochemical industry and urban environmental resilience: Evidence from Chinese petrochemical port cities. *Journal of Cleaner Production*, 471, 143430. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143430>
- Tortajada, C. (2020). Contributions of recycled wastewater to clean water and sanitation Sustainable Development Goals. *Npj Clean Water*, 3(1), 22. <https://doi.org/10.1038/s41545-020-0069-3>
- van Zanten, J. A., & van Tulder, R. (2021). Improving companies' impacts on sustainable development: A nexus approach to the SDGS. *Business Strategy and the Environment*, 30(8), 3703–3720. <https://doi.org/10.1002/bse.2835>
- Vasiliu, E.-E., Torabi Moghadam, S., Bisello, A., & Lombardi, P. (2024). Visionary Nature-Based Solutions Evaluated through Social Return on Investment: The Case Study of an Italian Urban Green Space. *Smart Cities*, 7(2), 946–972. <https://doi.org/10.3390/smartcities7020040>
- Voulvoulis, N., Giakoumis, T., Hunt, C., Kioupi, V., Petrou, N., Souliotis, I., Vaghela, C., & binti Wan Rosely, WIH. (2022). Systems thinking as a paradigm shift for sustainability transformation. *Global Environmental Change*, 75, 102544. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102544>
- Walia, A. (2020). Sustainable Development Goals and National Disaster Mitigation Fund (pp. 49–57). https://doi.org/10.1007/978-981-15-4324-1_4
- Wang, M., Bodirsky, B. L., Rijneveld, R., Beier, F., Bak, M. P., Batool, M., Droppers, B., Popp, A., van Vliet, M. T. H., & Stokal, M. (2024a). A triple increase in global river basins with water scarcity due to future

- pollution. *Nature Communications*, 15(1).
<https://doi.org/10.1038/s41467-024-44947-3>
- Wang, M., Bodirsky, B. L., Rijneveld, R., Beier, F., Bak, M. P., Batool, M., Droppers, B., Popp, A., van Vliet, M. T. H., & Strokal, M. (2024b). A triple increase in global river basins with water scarcity due to future pollution. *Nature Communications*, 15(1), 880.
<https://doi.org/10.1038/s41467-024-44947-3>
- Wang, W., Deng, X., Wang, Y., Peng, L., & Yu, Z. (2022). Impacts of infrastructure construction on ecosystem services in new-type urbanization area of North China Plain. *Resources, Conservation and Recycling*, 185, 106376.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106376>
- Weiland, S., Hickmann, T., Lederer, M., Marquardt, J., & Schwindenhammer, S. (2021). The 2030 Agenda for Sustainable Development: Transformative Change through the Sustainable Development Goals? *Politics and Governance*, 9(1), 90–95.
<https://doi.org/10.17645/pag.v9i1.4191>
- Xu, Z., Peng, J., Liu, Y., Qiu, S., Zhang, H., & Dong, J. (2023). Exploring the combined impact of ecosystem services and urbanization on SDGs realization. *Applied Geography*, 153, 102907.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.102907>
- Yang, S., Yang, J., Shi, S., Song, S., Luo, Y., & Du, L. (2023). The rising impact of urbanization-caused CO₂ emissions on terrestrial vegetation. *Ecological Indicators*, 148, 110079.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110079>
- Yesi, Y., Jalil, A., Ling, C. K., Asriwandari, H., Hidir, A., & Sugiyanto, S. (2025). The Social Capital in The Disaster Mitigation of The Forest and The Peatland Fire in Bengkalis Regency, Riau Province. *E3S Web of Conferences*, 611, 04005.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202561104005>
- Yu, K., Song, Y., Lin, J., & Qu, S. (2025). Evaluating complementarities among urban water, energy, infrastructure, and social Sustainable Development Goals in China. *Journal of Environmental Sciences*, 149, 585–597. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2024.01.051>
- Yuan, X., Xue, N., & Han, Z. (2021). A meta-analysis of heavy metals pollution in farmland and urban soils in China over the past 20 years.

Journal of Environmental Sciences, 101, 217–226.
<https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.08.013>

Zarei, M., & Shahab, S. (2025). Nature-Based Solutions in Urban Green Infrastructure: A Systematic Review of Success Factors and Implementation Challenges. *Land*, 14(4), 818.
<https://doi.org/10.3390/land14040818>

PROFIL PENULIS



Dr. Andi Syukriani, S.Pd., M.Pd

Penulis merupakan Dosen Pendidikan Matematika pada Program Studi S3 Pendidikan Matematika sejak tahun 2024. Sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya sebagai dosen, selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian. Penulis sebelumnya mengajar di Universitas Patompo sejak tahun 2009. Penulis telah menghasilkan buku, diantaranya Media Pembelajaran Matematika. Selain itu, penulis juga aktif melakukan penelitian yang diterbitkan di berbagai jurnal nasional maupun internasional. Penulis juga aktif menjadi pemakalah diberbagai seminar Internasional dan seminar Nasional. Email: andi.syukriani@unm.ac.id

BAB X

INDEKS EKOLOGIS

Dr. Andi Syukriani, S.Pd., M.Pd.
Universitas Negeri Makassar

A. PENDAHULUAN

Indeks ekologis merupakan alat penting dalam ilmu lingkungan untuk menilai kondisi dan kesehatan ekosistem secara kuantitatif. Indeks ekologis mengintegrasikan berbagai parameter biotik dan abiotik, seperti keanekaragaman hayati, kualitas air, tingkat polusi, dan keseragaman komunitas organisme, sehingga memberikan gambaran menyeluruh tentang status lingkungan suatu wilayah (Armijos-Arcos et al., 2025). Penggunaan indeks ekologis sangat membantu dalam pemantauan perubahan lingkungan akibat aktivitas manusia, serta menjadi dasar dalam pengambilan keputusan untuk konservasi dan pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan (Armijos-Arcos et al., 2025).

Salah satu bagian penting dari indeks ekologis adalah Indeks Keanekaragaman, yang mengukur variasi spesies dalam suatu komunitas. Indeks ini, seperti Shannon-Wiener dan Simpson, digunakan untuk menilai stabilitas dan kesehatan ekosistem, dimana keanekaragaman yang tinggi umumnya menunjukkan ekosistem yang lebih stabil dan tahan terhadap gangguan (Etemi et al., 2020). Selain itu, Indeks Keseragaman (*Evenness Index*) melengkapi penilaian keanekaragaman dengan mengukur seberapa merata distribusi individu antar spesies, sehingga dapat mengidentifikasi dominasi spesies tertentu yang mungkin menandakan adanya tekanan lingkungan (Akyildiz & Duran, 2021).

Indeks Kualitas Air (*Water Quality Index*) merupakan parameter penting yang menggabungkan data fisik, kimia, dan biologi untuk menilai tingkat pencemaran dan kelayakan air bagi kehidupan (Armijos-Arcos et al., 2025). Sementara itu, Indeks Polusi Biotik (*Biotic Index*) menggunakan kehadiran dan kelimpahan organisme bioindikator, seperti makroinvertebrata, untuk

menilai dampak polusi organik dan kualitas ekologi perairan secara lebih sensitif dibandingkan pengukuran kimia saja (Sinche et al., 2023). Dengan menggabungkan berbagai indeks ini, penilaian ekologi menjadi lebih komprehensif dan akurat dalam menggambarkan kondisi serta dinamika lingkungan perairan.

Berbagai indeks ekologis dilengkapi dengan rumus dan kriteria kualitas ekosistem. Kesesuaian dalam menaksir makna ekologis berdasarkan nilai indeks Shannon, Simpson atau Indeks Kualitas Air (*Water Quality Index, WQI*) merupakan hubungan logis antara data kuantitatif dan kondisi lingkungan. Memilih indeks yang sesuai karakteristik konteks ekosistem (sungai, danau, darat) merupakan bentuk penalaran adaptif karena berpikir logis dalam mempelajari bahwa makna suatu nilai bisa berubah tergantung konteks ekologisnya. Penalaran adaptif merupakan ide logis atas kesesuaian antara rumus matematis dengan konteks situasi (Syukriani et al., 2017). Selain itu, materi indeks ekologis erat kaitannya dengan kompetensi strategis, yaitu merumuskan kondisi konteks ekosistem, memilih indeks yang sesuai dengan konteksnya, hingga menafsirkan solusi (Syukriani, 2023).

B. INDEKS KEANEKARAGAMAN

1. Konsep dan Pengertian Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman adalah konsep penting dalam ekologi yang digunakan untuk mengukur tingkat variasi spesies dalam suatu komunitas atau ekosistem. Indeks ini tidak hanya memperhitungkan jumlah spesies (richness), tetapi juga distribusi individu di antara spesies-spesies tersebut (evenness), sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang struktur komunitas (Xu et al., 2020). Keanekaragaman yang tinggi biasanya menunjukkan ekosistem yang sehat dan stabil, sedangkan keanekaragaman yang rendah dapat menandakan adanya tekanan lingkungan atau gangguan ekosistem (Xu et al., 2020).

Secara matematis, berbagai indeks telah dikembangkan untuk mengukur keanekaragaman, seperti Indeks Shannon, Indeks Simpson, dan variasi lainnya. Indeks-indeks ini dirancang untuk memberikan nilai tunggal yang mewakili kompleksitas distribusi spesies dalam suatu populasi, dengan mempertimbangkan baik jumlah spesies maupun proporsi relatif masing-masing spesies (Xu et al., 2020). Misalnya, Indeks

Simpson menekankan probabilitas dua individu yang diambil secara acak berasal dari spesies yang sama, sedangkan Indeks Shannon lebih sensitif terhadap keberadaan spesies langka (Z. Zhang, 2017)

Konsep keanekaragaman juga telah berkembang melampaui ekologi, digunakan dalam bidang lain seperti imunologi, ekonomi, dan sosiologi untuk mengukur heterogenitas dalam berbagai konteks (Xu et al., 2020). Dalam aplikasi ekologi, pengukuran keanekaragaman sangat penting untuk memantau perubahan lingkungan, menilai dampak aktivitas manusia, serta merancang strategi konservasi dan pengelolaan sumber daya alam (Xu et al., 2020). Selain itu, pemilihan indeks yang tepat sangat bergantung pada tujuan penelitian dan karakteristik komunitas yang dikaji (Xu et al., 2020).

Secara umum, tidak ada satu indeks pun yang mampu menangkap seluruh aspek keanekaragaman secara sempurna, sehingga seringkali digunakan beberapa indeks secara bersamaan untuk memperoleh gambaran yang lebih utuh (Xu et al., 2020). Perkembangan terbaru juga mencakup indeks keanekaragaman fungsional dan filogenetik, yang mempertimbangkan perbedaan sifat atau hubungan evolusi antar spesies (Schleuter et al., 2010a). Dengan demikian, pemahaman konsep dan pengertian indeks keanekaragaman sangat penting untuk mendukung penelitian ekologi dan upaya pelestarian keanekaragaman hayati.

2. Jenis-Jenis Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman merupakan alat penting dalam ekologi untuk mengukur tingkat variasi spesies dalam suatu komunitas. Terdapat berbagai jenis indeks keanekaragaman yang dikembangkan untuk menangkap aspek berbeda dari keanekaragaman, seperti jumlah spesies (*richness*), distribusi individu antar spesies (*evenness*), dan dominasi spesies tertentu. Indeks-indeks ini tidak hanya digunakan untuk membandingkan komunitas di berbagai wilayah, tetapi juga untuk memantau perubahan ekosistem akibat gangguan lingkungan atau aktivitas manusia (Morris et al., 2014a)

Salah satu jenis yang paling sederhana adalah indeks kekayaan spesies (*species richness*), yang hanya menghitung jumlah spesies dalam suatu area tanpa memperhatikan jumlah individu tiap spesies. Namun, untuk mendapatkan gambaran yang lebih menyeluruh, digunakan indeks yang mempertimbangkan baik jumlah spesies maupun proporsi relatifnya,

seperti Indeks Shannon dan Indeks Simpson. Indeks Shannon sensitif terhadap keberadaan spesies langka, sedangkan Indeks Simpson lebih menekankan dominasi spesies tertentu dalam komunitas (Morris et al., 2014a). Selain itu, terdapat juga Indeks Berger-Parker yang fokus pada proporsi spesies paling dominan (Morris et al., 2014a).

Selain indeks berbasis spesies, terdapat pula indeks keanekaragaman fungsional yang mengukur variasi sifat atau fungsi spesies dalam ekosistem. Indeks fungsional ini dapat dibagi menjadi tiga kategori utama: *functional richness* (keragaman fungsi), *functional evenness* (pemerataan fungsi), dan *functional divergence* (perbedaan fungsi ekstrem antar spesies) (Schleuter et al., 2010b). Indeks-indeks ini penting untuk memahami hubungan antara keanekaragaman dan fungsi ekosistem, serta respons ekosistem terhadap perubahan lingkungan (Schleuter et al., 2010b)

Beberapa indeks lain yang juga sering digunakan adalah indeks keanekaragaman Brillouin, McIntosh, dan Hurlbert's PIE, meskipun penggunaannya lebih terbatas dan seringkali disesuaikan dengan tujuan penelitian tertentu (Ma et al., 2025). Selain itu, dalam ekosistem perairan, indeks biotik dan indeks kesamaan (*similarity indices*) juga digunakan untuk menilai struktur komunitas dan dampak polusi (Huang et al., 2022). Pemilihan indeks yang tepat sangat bergantung pada karakteristik komunitas yang dikaji dan tujuan analisis, sehingga seringkali beberapa indeks digunakan secara bersamaan untuk memperoleh gambaran yang lebih utuh (Huang et al., 2022).

3. Rumus-rumus Indeks Keanekaragaman yang umum sebagai berikut (Roswell et al., 2021):

a. Indeks Shannon-Wiener (Shannon Diversity Index, H')

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Keterangan:

S = jumlah total spesies

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i = jumlah individu spesies ke- i

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, U. A., & Ibrahim, S. (2018). An assessment of pollution in aquatic environment using bioindicators: a review. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, *10*(2), 64. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v10i2.11>
- Akhtar, N., Ishak, M. I. S., Ahmad, M. I., Umar, K., Md Yusuff, M. S., Anees, M. T., Qadir, A., & Almanasir, Y. K. A. (2021). Modification of the water quality index (Wqi) process for simple calculation using the multi-criteria decision-making (mcdm) method: A review. *Water (Switzerland)*, *13*(7). <https://doi.org/10.3390/w13070905>
- Akyildiz, G. K., & Duran, M. (2021). Evaluation of the impact of heterogeneous environmental pollutants on benthic macroinvertebrates and water quality by long-term monitoring of the buyuk menderes river basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, *193*(5). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08981-8>
- Armijos-Arcos, F., Salazar, C., Beltrán-Dávalos, A. A., Kurbatova, A. I., & Savenkova, E. V. (2025). Assessment of Water Quality and Ecological Integrity in an Ecuadorian Andean Watershed. *Sustainability*, *17*(8), 3684. <https://doi.org/10.3390/su17083684>
- Beisel, J., Usseglio-Polatera, P., Bachmann, V., & Moreteau, J. (2003). A Comparative Analysis of Evenness Index Sensitivity. *International Review of Hydrobiology*, *88*(1), 3–15. <https://doi.org/10.1002/iroh.200390004>
- Bulla, L. (1994). An Index of Evenness and Its Associated Diversity Measure. *Oikos*, *70*(1), 167. <https://doi.org/10.2307/3545713>
- Chao, A., & Ricotta, C. (2019). Quantifying evenness and linking it to diversity, beta diversity, and similarity. *Ecology*, *100*(12). <https://doi.org/10.1002/ecy.2852>
- El Kateb, A., Stalder, C., Martínez-Colón, M., Mateu-Vicens, G., Franciscangeli, F., Coletti, G., Stainbank, S., & Spezzaferri, S. (2020). Foraminiferal-based biotic indices to assess the ecological quality status of the Gulf of Gabes (Tunisia): Present limitations and future perspectives. *Ecological Indicators*, *111*, 105962. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105962>

- Etemi, F. Z., Bytyçi, P., Ismaili, M., Fetoshi, O., Ymeri, P., Shala–Abazi, A., Muja-Bajraktari, N., & Czikkely, M. (2020). The use of macroinvertebrate based biotic indices and diversity indices to evaluate the water quality of Lepenci river basin in Kosovo. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 55(6), 748–758. <https://doi.org/10.1080/10934529.2020.1738172>
- Heip, C. (1974). A New Index Measuring Evenness. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 54(3), 555–557. <https://doi.org/10.1017/S0025315400022736>
- Hilsenhoff, W. L. (2017a). An Improved Biotic Index of Organic Stream Pollution. *The Great Lakes Entomologist*, 20(1). <https://doi.org/10.22543/0090-0222.1591>
- Hilsenhoff, W. L. (2017b). An Improved Biotic Index of Organic Stream Pollution. *The Great Lakes Entomologist*, 20(1). <https://doi.org/10.22543/0090-0222.1591>
- Hossain, M., & Patra, P. K. (2020). Water pollution index – A new integrated approach to rank water quality. *Ecological Indicators*, 117, 106668. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106668>
- Huang, X., Xu, J., Liu, B., Guan, X., & Li, J. (2022). Assessment of Aquatic Ecosystem Health with Indices of Biotic Integrity (IBIs) in the Ganjiang River System, China. *Water (Switzerland)*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/w14030278>
- Jiang, J.-G. (2006). Development of a new biotic index to assess freshwater pollution. *Environmental Pollution*, 139(2), 306–317. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.05.006>
- Kvålseth, T. O. (2015). Evenness indices once again: critical analysis of properties. *SpringerPlus*, 4(1), 232. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-0944-4>
- Liang, J., Ma, C.-W., Kim, S.-K., & Park, S.-H. (2024). Assessing the Benthic Ecological Quality in the Intertidal Zone of Cheonsu Bay, Korea, Using Multiple Biotic Indices. *Water*, 16(2), 272. <https://doi.org/10.3390/w16020272>
- Ma, J., Chen, L., Pang, D., Chen, Y., Wu, M., Zhang, Y., He, W., & Li, X. (2025). Responses of soil microbial community structure under litter to changes in precipitation and nitrogen addition in a desert steppe.

- European Journal of Soil Biology*, 124, 103696.
<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2024.103696>
- Marselina, M., Wibowo, F., & Mushfiroh, A. (2022). Water quality index assessment methods for surface water: A case study of the Citarum River in Indonesia. *Heliyon*, 8(7), e09848.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09848>
- Molinari, J. (1989). A Calibrated Index for the Measurement of Evenness. *Oikos*, 56(3), 319. <https://doi.org/10.2307/3565616>
- Morris, E. K., Caruso, T., Buscot, F., Fischer, M., Hancock, C., Maier, T. S., Meiners, T., Müller, C., Obermaier, E., Prati, D., Socher, S. A., Sonnemann, I., Wäschke, N., Wubet, T., Wurst, S., & Rillig, M. C. (2014a). Choosing and using diversity indices: insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. *Ecology and Evolution*, 4(18), 3514–3524. <https://doi.org/10.1002/ece3.1155>
- Morris, E. K., Caruso, T., Buscot, F., Fischer, M., Hancock, C., Maier, T. S., Meiners, T., Müller, C., Obermaier, E., Prati, D., Socher, S. A., Sonnemann, I., Wäschke, N., Wubet, T., Wurst, S., & Rillig, M. C. (2014b). Choosing and using diversity indices: Insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. *Ecology and Evolution*, 4(18), 3514–3524. <https://doi.org/10.1002/ece3.1155>
- Mukate, S., Wagh, V., Panaskar, D., Jacobs, J. A., & Sawant, A. (2019). Development of new integrated water quality index (IWQI) model to evaluate the drinking suitability of water. *Ecological Indicators*, 101, 348–354. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.034>
- Patel, P. S., Pandya, D. M., & Shah, M. (2023). A systematic and comparative study of Water Quality Index (WQI) for groundwater quality analysis and assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(19), 54303–54323. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25936-3>
- Rajkumar, H., Naik, P. K., & Rishi, M. S. (2022). A comprehensive water quality index based on analytical hierarchy process. *Ecological Indicators*, 145, 109582. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109582>
- Roswell, M., Dushoff, J., & Winfree, R. (2021). A conceptual guide to measuring species diversity. *Oikos*, 130(3), 321–338. <https://doi.org/10.1111/oik.07202>

- Roy, S., & Bhattacharya, K., R. (2024). A theoretical study to introduce an index of biodiversity and its corresponding index of evenness based on mean deviation. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(2), 022–032. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.2.0366>
- Schleuter, D., Daufresne, M., Massol, F., & Argillier, C. (2010a). A user's guide to functional diversity indices. In *Ecological Monographs* (Vol. 80, Issue 3). <http://www.scopus.com/scopus/search/form.urli>
- Schleuter, D., Daufresne, M., Massol, F., & Argillier, C. (2010b). A user's guide to functional diversity indices. *Ecological Monographs*, 80(3), 469–484. <https://doi.org/10.1890/08-2225.1>
- Sinche, F., Cabrera, M., Vaca, L., Segura, E., & Carrera, P. (2023). Determination of the ecological water quality in the Orienco stream using benthic macroinvertebrates in the Northern Ecuadorian Amazon. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 19(3), 615–625. <https://doi.org/10.1002/ieam.4666>
- Smith, B., & Wilson, J. B. (1996). A Consumer's Guide to Evenness Indices. *Oikos*, 76(1), 70. <https://doi.org/10.2307/3545749>
- Sotomayor, G., Hampel, H., Vázquez, R. F., & Goethals, P. L. M. (2020). Multivariate-statistics based selection of a benthic macroinvertebrate index for assessing water quality in the Paute River basin (Ecuador). *Ecological Indicators*, 111, 106037. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106037>
- Syed, M. M. M., Hossain, M. S., Karim, M. R., Uddin, M. F., Hasan, M., & Khan, R. H. (2023). Surface water quality profiling using the water quality index, pollution index and statistical methods: A critical review. *Environmental and Sustainability Indicators*, 18, 100247. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100247>
- Syukriani, A. (2023). Strategic Competencies of Prospective Teacher Students Based on Cognitive Style and Gender. *AlphaMath: Journal of Mathematics Education*, 9(1), 23–32. <https://doi.org/10.30595/alphamath.v9i1.17202>
- Syukriani, A., Juniati, D., & Siswono, T. Y. E. (2017). Investigating adaptive reasoning and strategic competence: Difference male and female. *AIP Conference Proceedings*, 1867. <https://doi.org/10.1063/1.4994436>

- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., & Dobhal, R. (2020). Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index. *American Journal of Water Resources*, 1(3), 34–38. <https://doi.org/10.12691/ajwr-1-3-3>
- Uddin, M. G., Nash, S., & Olbert, A. I. (2021a). A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. In *Ecological Indicators* (Vol. 122). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>
- Uddin, Md. G., Nash, S., & Olbert, A. I. (2021b). A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*, 122, 107218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>
- Wu, H.-Y., Fu, S.-F., Hu, W.-J., Chen, F.-G., Cai, X.-Q., Chen, Q.-H., & Wu, Y.-B. (2022). Response of different benthic biotic indices to eutrophication and sediment heavy metal pollution, in fujian coastal water, East China sea. *Chemosphere*, 307, 135653. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135653>
- Xu, S., Böttcher, L., & Chou, T. (2020). Diversity in biology: definitions, quantification and models. *Physical Biology*, 17(3), 031001. <https://doi.org/10.1088/1478-3975/ab6754>
- Zhang, J., Jiang, P., Chen, K., He, S., Wang, B., & Jin, X. (2020). Development of biological water quality categories for streams using a biotic index of macroinvertebrates in the Yangtze River Delta, China. *Ecological Indicators*, 117, 106650. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106650>
- Zhang, Z. (2017). *Statistical Implications of Turing's Formula*.

PROFIL PENULIS



Dr. Andi Syukriani, S.Pd., M.Pd

Penulis merupakan Dosen Pendidikan Matematika pada Program Studi S3 Pendidikan Matematika sejak tahun 2024. Sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya sebagai dosen, selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian. Penulis sebelumnya mengajar di Universitas Patompo sejak tahun 2009. Penulis telah menghasilkan buku, diantaranya Media Pembelajaran Matematika. Selain itu, penulis juga aktif melakukan penelitian yang diterbitkan di berbagai jurnal nasional maupun internasional. Penulis juga aktif menjadi pemakalah di berbagai seminar Internasional dan seminar Nasional. Email: andi.syukriani@unm.ac.id

BUKU REFERENSI
PRINSIP
ILMU
LINGKUNGAN

SUATU KONSEP UNTUK MULTIDISIPLIN ILMU

Ilmu lingkungan hadir bukan hanya sebagai disiplin ilmu, tetapi sebagaicara pandang serta sikap hidup untuk memahami hubungan timbal balik antaramanusia dan alam. Buku ini menyajikan prinsip dasar ilmu lingkungan sebagai fondasi pemahaman ekologis yang komprehensif, membahas interaksi makhluk hidup dan lingkungannya, dinamika ekosistem, sirkulasi energi, hingga proses biogeokimia yang menjadi penopang keseimbangan kehidupan. Tidak hanya itu, pembahasan mengenai sumber daya alam, pencemaran, dan kerusakan lingkungan dikaji melalui sudut pandang ilmiah sekaligus praktis, sehingga pembaca dapat memahami penyebab dan dampaknya serta menemukan solusi strategis yang dapat diterapkan.

Melalui buku ini, penulis berharap terbentuk kesadaran baru bahwa menjaga lingkungan bukan sekadar kewajiban, melainkan bentuk tanggungjawab moral dan amanah peradaban. Buku ini tidak hanya ditujukan bagi mahasiswa maupun akademisi, tetapi juga bagi para pemerhati lingkungan, guru, peneliti, pengambil kebijakan, serta masyarakat luas yang ingin memahami prinsip-prinsip ilmiah sekaligus praktik dalam melestarikan alam.



CV. Tahta Media Group
Surakarta, Jawa Tengah
Web : www.tahtamedia.com
Ig : tahtamedia group
Telp/WA : +62 896-5427-3996

