

BAB 2

EKOSISTEM DAN SISTEM PENDUKUNG KEHIDUPAN

Johan Sukweenadhi, Ph.D.

A. Pendahuluan

Ekosistem dan sistem pendukung kehidupan adalah dua konsep yang saling terkait dan penting untuk dipahami dalam mempelajari ekologi dan lingkungan. Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya, sedangkan sistem pendukung kehidupan adalah keseluruhan komponen abiotik dan biotik yang menyediakan sumber daya dan layanan ekosistem bagi kehidupan di bumi.

Dalam bab ini, kita akan membahas tentang pengertian dan karakteristik ekosistem, faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi ekosistem, interaksi antar organisme dalam ekosistem, dan konservasi dan pengelolaan ekosistem. Dengan mengetahui atau mempelajari ekosistem dan sistem pendukung kehidupan, kita dapat mengenal dan menghargai keanekaragaman hayati yang ada di bumi, serta berkontribusi dalam upaya pengelolaan ekosistem secara bijak dan berkelanjutan, sehingga dapat meningkatkan kualitas hidup manusia dan makhluk hidup lainnya.

B. Pengertian dan Karakteristik Ekosistem

1. Definisi ekosistem dan komponennya

Ekosistem adalah suatu kesatuan fungsional yang terbentuk dari interaksi antara komponen biotik (makhluk hidup) dan abiotik (faktor fisik dan kimia) dalam suatu

lingkungan. Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem mencakup semua organisme yang hidup dalam suatu wilayah tertentu, serta komponen fisik dan kimia yang membentuk lingkungan mereka (Jørgensen, 2009). Ekosistem dapat berukuran besar atau kecil, dan dapat ditemukan di berbagai tempat di bumi, seperti hutan, padang rumput, laut, danau, atau bahkan taman kota. Ciri suatu ekosistem (Molles and Sher, 2018) adalah:

- a. Memiliki sumber energi yang konstan, umumnya cahaya matahari atau panas bumi pada ekosistem yang ditemukan di dasar laut yang dangkal.
- b. Populasi makhluk hidup mampu menyimpan energi dalam bentuk materi organik.
- c. Terdapat daur materi yang berkesinambungan antara populasi dan lingkungannya.
- d. Terdapat aliran energi dari satu tingkat ke tingkat yang lainnya.

Komponen ekosistem dapat dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu komponen biotik dan komponen abiotik. Komponen biotik adalah semua makhluk hidup yang ada dalam ekosistem, seperti tumbuhan, hewan, mikroorganisme, dan manusia. Komponen biotik saling berinteraksi satu sama lain dan dengan komponen abiotik melalui proses-proses biologis, seperti makanan, reproduksi, persaingan, simbiosis, dan lain-lain. Komponen biotik meliputi produsen (tumbuhan hijau), konsumen (hewan), dan pengurai (bakteri dan jamur). Produsen adalah organisme yang dapat membuat makanannya sendiri dengan fotosintesis atau kemosintesis, seperti tumbuhan hijau dan bakteri autotrof (Firdausi, 2018; Irwan, 2003). Konsumen adalah organisme yang tidak dapat membuat makanannya sendiri dan harus memakan organisme lain, seperti hewan dan manusia. Konsumen dapat dibedakan menjadi beberapa tingkatan berdasarkan posisinya dalam rantai makanan,

yaitu konsumen primer (memakan produsen), konsumen sekunder (memakan konsumen primer), konsumen tersier (memakan konsumen sekunder), dan seterusnya. Pengurai adalah organisme yang memecah bahan organik menjadi bahan anorganik, seperti bakteri dan jamur. Pengurai berperan penting dalam siklus materi dalam ekosistem, karena mereka mengembalikan unsur-unsur hara ke dalam tanah atau air (Firdausi, 2018; Maknun. Djohar, 2017).

Komponen abiotik adalah semua faktor fisik dan kimia yang mempengaruhi kehidupan dalam ekosistem, seperti cahaya, suhu, air, tanah, udara, mineral, topografi dan lain-lain. Komponen abiotik menentukan kondisi lingkungan yang sesuai untuk keberadaan komponen biotik. Komponen abiotik dapat dibagi menjadi beberapa kategori berdasarkan sifat, yaitu klimatik (berhubungan dengan iklim), edafik (berhubungan dengan tanah), topografik (berhubungan dengan bentuk permukaan bumi), hidrologik (berhubungan dengan air), dan atmosferik (berhubungan dengan udara). Komponen abiotik mempengaruhi komponen biotik melalui berbagai mekanisme, yakni toleransi ekologis (batas kondisi lingkungan yang dapat ditoleransi suatu organisme), adaptasi ekologis (penyesuaian struktur/ perilaku organisme terhadap kondisi lingkungan) atau seleksi alam (Freedman, 2013; Sandika, 2021).

2. Keterkaitan antar komponen dalam ekosistem

Ekosistem memiliki keterkaitan antar komponen yang saling mempengaruhi dan bergantung satu sama lain. Keterkaitan antar komponen dalam ekosistem adalah hubungan timbal balik atau interaksi yang terjadi antara komponen biotik (makhluk hidup) dan komponen abiotik (faktor fisik dan kimia) dalam lingkungan hidup. Interaksi ini dapat menimbulkan fenomena ekosistem, yaitu kesatuan fungsional antara komunitas makhluk hidup dengan lingkungannya. Interaksi antar komponen ekosistem dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu interaksi antara komponen biotik dengan abiotik, interaksi antara komponen

biotik dengan biotik dan interaksi antara komponen abiotik dengan biotik(De, 2009; Freedman, 2013).

Contoh interaksi antara komponen biotik dengan abiotik adalah tumbuhan membutuhkan cahaya matahari, air, mineral, dan karbondioksida untuk fotosintesis, lalu menghasilkan oksigen yang dibutuhkan oleh hewan dan manusia. Sebaliknya, manusia dan hewan juga mempengaruhi kondisi lingkungan abiotik melalui aktivitasnya, seperti mengubah iklim, merusak tanah, atau mencemari udara (De, 2009). Contoh interaksi antara komponen biotik dengan biotik adalah rantai makanan, jaring makanan, piramida makanan, arus energi, dan siklus materi yang terjadi antara produsen (tumbuhan), konsumen (hewan dan manusia), dan pengurai (bakteri dan jamur) dalam suatu ekosistem. Interaksi ini menunjukkan bagaimana energi dan materi dialirkan dan didaur ulang dalam ekosistem (De, 2009). Contoh interaksi antara komponen abiotik dengan biotik adalah angin dapat menggerakkan air laut dan membentuk gelombang atau arus laut yang mempengaruhi suhu, salinitas, dan kehidupan laut. Sinar matahari dapat memanaskan permukaan bumi dan menyebabkan perbedaan tekanan udara yang menghasilkan angin (De, 2009).

3. Macam-macam ekosistem

Ekosistem dapat dibedakan menjadi beberapa macam berdasarkan habitatnya, seperti ekosistem darat (hutan, padang rumput, gurun), ekosistem air (laut, sungai, danau), dan ekosistem udara (atmosfer). Ekosistem darat adalah ekosistem yang berada di permukaan bumi yang memiliki vegetasi pohon keras yang beragam. Ekosistem darat dipengaruhi oleh faktor abiotik seperti suhu, curah hujan, kelembaban, dan cahaya matahari. Ekosistem darat terbagi menjadi beberapa bioma, seperti hutan hujan tropis, hutan gugur, padang rumput, gurun, dan taiga. Ekosistem air adalah ekosistem yang berada di perairan yang memiliki sumber air yang melimpah. Ekosistem air dipengaruhi oleh

faktor abiotik seperti suhu, salinitas, oksigen terlarut, dan arus. Ekosistem air terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu ekosistem air tawar dan ekosistem air laut. Ekosistem air tawar meliputi sungai, danau, rawa, dan bendungan. Ekosistem air laut meliputi laut dangkal, laut dalam, terumbu karang, dan muara. Ekosistem udara adalah ekosistem yang berada di lapisan atmosfer bumi yang memiliki gas-gas yang diperlukan oleh makhluk hidup. Ekosistem udara dipengaruhi oleh faktor abiotik seperti tekanan udara, kelembaban, angin, dan radiasi matahari. Ekosistem udara terbagi menjadi beberapa lapisan, seperti troposfer, stratosfer, mesosfer, termosfer, dan eksosfer (Schmitz, 2013).

Sementara berdasarkan proses terbentuknya, ekosistem terbagi menjadi 3 jenis, yakni ekosistem alami, ekosistem binaan dan ekosistem buatan. Ekosistem alami adalah ekosistem yang terbentuk secara alami tanpa campur tangan manusia. Semua proses interaksi yang terjadi di dalamnya berjalan secara natural. Ekosistem alami terbagi menjadi dua yakni ekosistem darat dan ekosistem perairan. Ciri ekosistem darat adalah memiliki vegetasi pohon yang beragam, seperti hutan, padang rumput, dan gurun. Ciri ekosistem perairan adalah memiliki sumber air yang melimpah, seperti laut, danau, sungai, dan rawa. Ekosistem binaan adalah ekosistem yang terbentuk karena adanya pengelolaan atau pengaruh manusia. Ekosistem binaan biasanya dibuat untuk memenuhi kebutuhan manusia, seperti pangan, sandang, papan, dan rekreasi. Ciri ekosistem binaan adalah memiliki vegetasi yang disesuaikan dengan tujuan pembuatannya, seperti pertanian, perkebunan, peternakan, taman kota, dan hutan tanaman. Ekosistem buatan adalah ekosistem yang dibuat oleh manusia secara sengaja untuk tujuan tertentu. Ekosistem buatan biasanya dibuat untuk meniru atau menggantikan ekosistem alami yang rusak atau hilang. Ciri ekosistem buatan adalah memiliki vegetasi dan hewan yang dipilih secara selektif oleh

manusia, seperti aquarium, kolam ikan, dan taman bunga (Jørgensen, 2009; Schmitz, 2013).

C. Faktor-faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Ekosistem

Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi ekosistem dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu faktor abiotik dan faktor biotik. Faktor biotik adalah faktor-faktor yang berkaitan dengan organisme hidup yang ada dalam ekosistem. Sementara itu, faktor abiotik adalah faktor-faktor fisik dan kimia yang menentukan kondisi lingkungan tempat makhluk hidup berada (Firdausi, 2018). Faktor biotik adalah faktor-faktor yang berkaitan dengan organisme hidup yang ada dalam ekosistem. Faktor biotik meliputi makanan (sumber energi dan materi), persaingan (antar spesies atau intra spesies), predasi (hubungan pemangsa-mangsa), herbivori (pemakan tumbuhan), polinasi (penyerbukan bunga), dispersi (penyebaran biji atau spora), dan lain-lain. Faktor biotik mempengaruhi ekosistem (Freedman, 2013) dengan cara:

1. Menyediakan sumber energi dan materi bagi makhluk hidup lainnya, seperti tumbuhan yang menyediakan makanan bagi herbivora atau herbivora yang menyediakan makanan bagi karnivora.
2. Membentuk hubungan timbal balik antara makhluk hidup, seperti simbiosis mutualisme yang menguntungkan kedua belah pihak atau simbiosis parasitisme yang merugikan salah satu pihak.
3. Mempengaruhi struktur trofik dan aliran energi dalam ekosistem, seperti rantai makanan yang menunjukkan hubungan makan-memakan antara makhluk hidup atau piramida energi yang menunjukkan perbedaan jumlah energi pada setiap tingkat trofik.
4. Mempengaruhi kestabilan dan keberlanjutan ekosistem, seperti keanekaragaman jenis yang menunjukkan variasi genetik dan fungsional antara makhluk hidup atau keseimbangan ekologis yang menunjukkan keserasian antara populasi dan lingkungan.

Faktor abiotik adalah faktor-faktor fisik dan kimia yang menentukan kondisi lingkungan tempat makhluk hidup berada. Faktor abiotik meliputi iklim (curah hujan, kelembaban, angin), topografi (ketinggian, kemiringan), tanah (tekstur, struktur, pH), air (ketersediaan, salinitas), cahaya (intensitas, panjang gelombang), suhu (fluktuasi, variasi), dan lain-lain. Faktor abiotik mempengaruhi ekosistem (Freedman, 2013) dengan cara:

1. Menyediakan sumber energi bagi makhluk hidup, seperti cahaya matahari untuk fotosintesis tumbuhan atau panas bumi untuk metabolisme bakteri di dasar laut.
2. Menyediakan sumber materi bagi makhluk hidup, seperti air yang diperlukan untuk hidrasi dan reaksi kimia atau mineral yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan.
3. Membatasi distribusi dan adaptasi makhluk hidup, seperti suhu yang menentukan rentang toleransi termal atau salinitas yang menentukan osmoregulasi.
4. Mempengaruhi interaksi antara makhluk hidup, seperti angin yang membantu penyebaran biji atau polen atau pH yang mempengaruhi aktivitas enzim.

D. Interaksi Antar Organisme dalam Ekosistem

Interaksi antar organisme dalam ekosistem dapat bersifat positif atau negatif bagi salah satu atau kedua pihak yang terlibat. Interaksi positif adalah interaksi yang memberikan manfaat bagi salah satu atau kedua pihak, seperti hubungan simbiosis. Interaksi negatif adalah interaksi yang memberikan kerugian bagi salah satu atau kedua pihak, seperti rantai makanan dan jaring-jaring makanan.

1. Hubungan simbiosis

Simbiosis adalah hubungan erat antara dua organisme yang berbeda spesies yang saling memberi manfaat atau setidaknya tidak merugikan satu sama lain. Terdapat tiga jenis simbiosis, yakni mutualisme, parasitisme, dan komensalisme (Jørgensen, 2009). Simbiosis mutualisme adalah hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies yang saling menguntungkan satu sama lain. Hubungan ini

sangat positif karena kedua belah pihak diuntungkan (Molles and Sher, 2018). Contohnya adalah kupu-kupu dan bunga (Gambar A). Kupu-kupu menghisap nektar bunga, sedangkan timbal-baliknya bunga terbantu untuk penyerbukan. Contoh lainnya dari simbiosis mutualisme adalah manusia dengan bakteri. Dengan adanya bakteri *Escherichia coli*, manusia terbantu untuk bisa mengurangi pertumbuhan bakteri jahat dan mempercepat pembusukan di usus besar. Keuntungan yang didapat *E. coli* adalah mendapat makanan dari sisa-sisa pembuangan pada usus besar.

Simbiosis parasitisme adalah hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies yang satu pihak diuntungkan tetapi merugikan pihak lain (Molles and Sher, 2018). Hubungan ini sangat negatif karena salah satu pihak dirugikan. Contohnya adalah cacing pita dan manusia. Cacing pita hidup di dalam usus manusia dan menyerap nutrisi dari makanan yang dicerna oleh manusia, sedangkan timbal-baliknya adalah manusia mengalami gangguan pencernaan, anemia, dan penurunan berat badan. Contoh lain dari simbiosis parasitisme adalah kutu dan anjing (Gambar B). Kutu hidup di bulu anjing dan menghisap darah anjing sebagai makanannya, sedangkan timbal-baliknya adalah anjing mengalami gatal, iritasi, dan penularan penyakit.

Simbiosis komensalisme adalah hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies yang satu pihak diuntungkan tetapi tidak berpengaruh bagi pihak lain. Hubungan ini netral karena salah satu pihak tidak dirugikan dan tidak diuntungkan (Molles and Sher, 2018). Contohnya adalah remora dan hiu. Remora menempel pada hiu dan mendapat makanan dari sisa-sisa mangsa hiu, sedangkan timbal-baliknya hiu tidak mendapat manfaat atau kerugian dari remora. Contoh lain simbiosis komensalisme adalah anggrek dan pohon. Anggrek hidup menempel pada batang pohon dan mendapat cahaya matahari untuk fotosintesis,

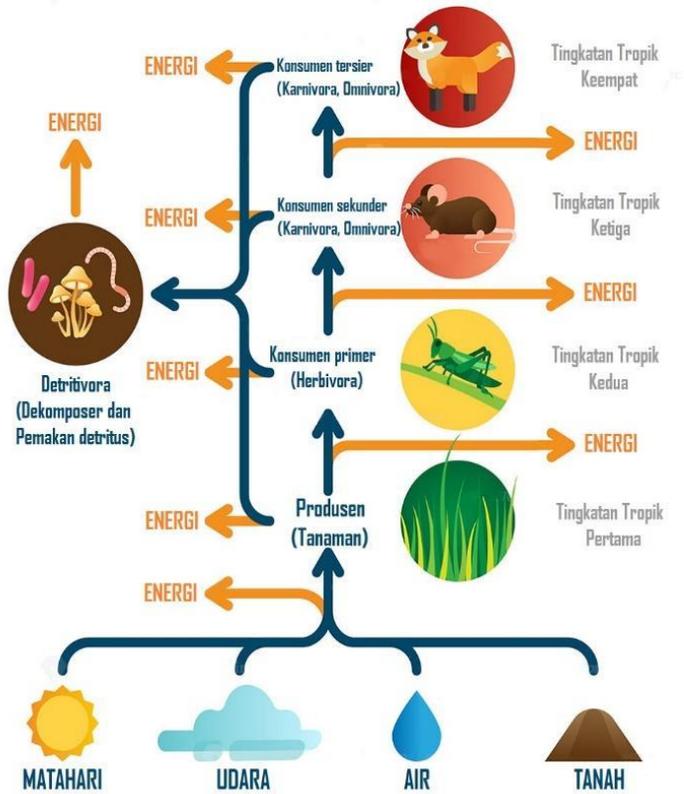
sedangkan timbal-baliknya, pohon tidak mendapat manfaat atau kerugian dari anggrek (Gambar C).



Gambar 2. 1 Contoh simbiosis mutualisme (A), simbiosis parasitisme (B) dan simbiosis komensalisme (C)

2. Rantai makanan dan jaring-jaring makanan

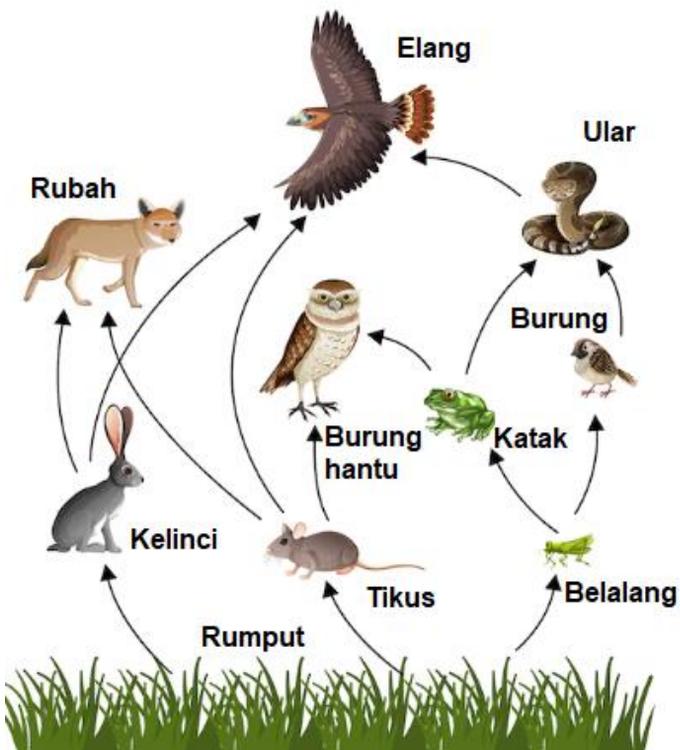
Rantai makanan adalah peristiwa makan dan dimakan antara makhluk hidup dengan urutan tertentu. Dalam rantai makanan ada makhluk hidup yang berperan sebagai produsen, konsumen, dan dekomposer. Produsen adalah makhluk hidup yang dapat membuat makanannya sendiri melalui fotosintesis, seperti tumbuhan. Konsumen adalah makhluk hidup yang tidak dapat membuat makanannya sendiri dan harus memakan makhluk hidup lain, seperti hewan. Dekomposer adalah makhluk hidup yang memecah bahan organik menjadi bahan anorganik, seperti jamur dan bakteri (Kartawinata, 2017; Sandika, 2021). Contoh rantai makanan terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Ilustrasi Rantai Makanan

Jaring-jaring makanan adalah kumpulan seluruh rantai makanan yang tumpang-tindih dan saling berhubungan dalam satu ekosistem. Jaring-jaring makanan menunjukkan hubungan makan dan dimakan antar makhluk hidup dengan urutan yang lebih kompleks dan realistis. Dalam jaring-jaring makanan ada makhluk hidup yang berperan sebagai produsen primer, konsumen primer, konsumen sekunder, konsumen tersier, dan dekomposer. Produsen primer adalah makhluk hidup yang dapat membuat makanannya sendiri melalui fotosintesis, seperti tumbuhan. Konsumen primer adalah makhluk hidup yang memakan produsen primer, seperti herbivora. Konsumen sekunder adalah makhluk hidup yang memakan konsumen

primer, seperti karnivora atau omnivora. Konsumen tersier adalah makhluk hidup yang memakan konsumen sekunder, seperti karnivora tingkat tinggi atau pemangsa puncak. Dekomposer adalah makhluk hidup yang memecah bahan organik menjadi bahan anorganik, seperti jamur dan bakteri. Contoh jaring-jaring makanan terlihat pada Gambar 3. Jaring-jaring makanan merupakan interaksi negatif karena setiap makhluk hidup mengalami kerugian energi dan materi saat dimakan oleh makhluk hidup lain atau saat memecah bahan organik menjadi bahan anorganik (Kartawinata, 2017).



Gambar 2. 3 Ilustrasi Jaring-Jaring Makanan

3. Sirkulasi energi dan materi dalam ekosistem

Sirkulasi energi dan materi dalam ekosistem adalah proses perpindahan dan perubahan bentuk energi dan materi dari satu komponen ke komponen lain dalam ekosistem. Sirkulasi energi mengikuti hukum termodinamika, yaitu

energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya dapat berubah bentuk. Sirkulasi materi mengikuti siklus biogeokimia, yaitu materi berputar antara komponen biotik dan abiotik dalam bentuk yang berbeda. Sirkulasi energi dan materi dalam ekosistem penting untuk menjaga keseimbangan dan kesinambungan kehidupan di bumi (Freedman, 2013; Swasta, 2019).

Sirkulasi energi dalam ekosistem adalah proses aliran energi dari sumber utama (matahari) ke produsen (tumbuhan), konsumen (hewan), dan dekomposer (jamur dan bakteri). Energi yang masuk ke ekosistem sebagian besar berasal dari cahaya matahari yang ditangkap oleh tumbuhan melalui fotosintesis. Tumbuhan mengubah cahaya matahari menjadi senyawa organik (glukosa) yang menjadi sumber energi bagi dirinya sendiri dan hewan yang memakannya. Hewan yang memakan tumbuhan disebut konsumen primer, sedangkan hewan yang memakan hewan lain disebut konsumen sekunder, tersier, atau kuartener. Konsumen mengubah senyawa organik menjadi ATP (adenosin trifosfat) yang menjadi sumber energi bagi aktivitasnya. Jamur dan bakteri yang memecah bahan organik menjadi bahan anorganik disebut dekomposer. Dekomposer juga menghasilkan ATP dari senyawa organik yang diuraikan. Energi yang mengalir dari satu tingkat trofik ke tingkat trofik lainnya tidak seluruhnya tersimpan, tetapi sebagian besar hilang sebagai panas. Hanya sekitar 10% energi yang tersimpan pada setiap tingkat trofik. Oleh karena itu, jumlah individu, biomassa, dan energi akan menurun seiring dengan meningkatnya tingkat trofik (Jørgensen, 2009).

Sirkulasi materi dalam ekosistem adalah proses perputaran materi antara komponen biotik dan abiotik dalam bentuk yang berbeda. Materi yang berputar dalam ekosistem meliputi unsur-unsur kimia penting bagi kehidupan, seperti karbon, oksigen, nitrogen, fosfor, sulfur, dan air. Materi ini berubah bentuk melalui proses biologis (seperti fotosintesis, respirasi, asimilasi, ekskresi) dan proses fisika-kimia (seperti

penguapan, presipitasi, fiksasi nitrogen, denitrifikasi). Materi yang berputar dalam ekosistem tidak mengalami kerugian atau penambahan jumlahnya, tetapi hanya mengalami perubahan tempat dan bentuk (Molles and Sher, 2018).

E. Konservasi dan Pengelolaan Ekosistem

Konservasi dan pengelolaan ekosistem adalah upaya untuk melindungi, melestarikan, dan memanfaatkan ekosistem secara bijak dan berkelanjutan. Konservasi dan pengelolaan ekosistem bertujuan untuk menjaga keseimbangan ekosistem, menghindari kerusakan ekosistem, mempertahankan keanekaragaman hayati, serta meningkatkan kesejahteraan manusia dan makhluk hidup lainnya. Konservasi dan pengelolaan ekosistem dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti upaya preventif (mencegah terjadinya kerusakan), upaya konservasi (melindungi ekosistem dari ancaman), upaya restorasi (memperbaiki ekosistem yang rusak), dan upaya rehabilitasi (meningkatkan fungsi ekosistem yang rusak).

Upaya preventif adalah upaya untuk mencegah terjadinya kerusakan ekosistem akibat faktor alam atau manusia. Upaya ini meliputi penyuluhan dan sosialisasi kepada masyarakat tentang pentingnya menjaga ekosistem, penerapan hukum dan sanksi bagi pelaku perusakan ekosistem, pengembangan teknologi ramah lingkungan, serta pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan ekosistem (Schmitz, 2013).

Upaya konservasi adalah upaya untuk melindungi ekosistem dari ancaman yang dapat merusak atau mengurangi fungsi dan nilai ekosistem. Upaya ini meliputi penetapan kawasan konservasi, seperti taman nasional, cagar alam, suaka margasatwa, taman wisata alam, taman hutan rakyat, dan lain-lain; pengawasan dan pengendalian aktivitas di dalam dan di sekitar kawasan konservasi; serta pengembangan kegiatan wisata alam yang berwawasan lingkungan (Karraker *et al.*, 2020; Schmitz, 2013). Upaya restorasi adalah upaya untuk memperbaiki ekosistem yang rusak akibat faktor alam atau manusia. Upaya ini meliputi rehabilitasi lahan bekas tambang,

hutan gundul, lahan kritis, dan lain-lain; penanaman kembali tanaman asli atau tanaman yang sesuai dengan kondisi ekosistem; pengendalian erosi dan sedimentasi; serta pemulihan populasi flora dan fauna yang terancam punah (Schmitz, 2013). Upaya rehabilitasi adalah upaya untuk meningkatkan fungsi ekosistem yang rusak akibat faktor alam atau manusia. Upaya ini meliputi pemanfaatan sumber daya alam secara lestari, seperti agroforestri, silvopastura, perikanan budidaya, peternakan terpadu, dan lain-lain; pemberian insentif atau bantuan kepada masyarakat yang melakukan kegiatan ramah lingkungan; serta peningkatan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan ekosistem (De, 2009; Schmitz, 2013).

DAFTAR PUSTAKA

- De, A. K. (2009) *Environment and Ecology*. New Delhi, India: New Age International.
- Firdausi, N. (2018) *Ekosistem & Ekologi*. Yogyakarta, Indonesia: Deepublish.
- Freedman, B. (2013) *Environmental ecology : the impacts of pollution and other stresses on ecosystem structure and function*. Massachusetts, United States: Academic Press.
- Irwan, Z. D. (2003) *Prinsip-Prinsip Ekologi Ekosistem Lingkungan dan Pelestariannya*. Semarang, Indonesia: Bumi Aksara.
- Jørgensen, S. E. (2009) *Ecosystem ecology*. Massachusetts, United States: Academic Press.
- Karraker, N. E., Dikari Kusri, M., Atutubo, J. R., Healey, R. M., and Yusratul, A. (2020) Non-marine turtle plays important functional roles in Indonesian ecosystems. *Ecology and Evolution* 10(18): 9613.
- Kartawinata, K. (2017) *Diversitas Ekosistem Alami Indonesia*. Jakarta, Indonesia: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.

- Maknun. Djohar (2017) *Ekologi: Populasi, Komunitas, Ekosistem*. (Zaeni, A., Ed.). Cirebon, Indonesia: Nurjati Press.
- Molles, M. C., and Sher, A. (2018) *Ecology: concepts & applications*. (8th ed.). New York, United States: McGraw-Hill Education.
- Sandika, B. (2021) *Ekologi*. (Fikriyah, A., Ed.). Grobogan, Indonesia: Yayasan Citra Dharma Cendekia.
- Schmitz, O. J. (2013) *Ecology and ecosystem conservation*. Washington, D.C., United States: Island Press.
- Swasta, I. B. J. (2019) *Bioekologi Ekosistem Laut dan Estuaria*. Yogyakarta, Indonesia: PT RajaGrafindo Persada.



EKOLOGI & LINGKUNGAN



EDITOR

Putri Wulan, S.Si., M.Eng | Dr. dr. Asriati, M.Kes. | dr. Amiruddin Eso, M.Kes.



Putri Wulan | Johan Sukweenadhi | Eka Sulistyaningsih | Marsah Rahmawati Utami
Paulina | Agus Kurniawan Putra | Radiansyah Hadi Chandra | Aryani Adami
Iswono | Dian Nugraheni | Ferdinand Susilo | Fandy Gatra | Jamilah Nasution
Himawan Ganjar Prabowo | Malik Saepudin

EKOLOGI & LINGKUNGAN

Buku ini berisi 15 Bab yang terdiri dari

1. Konsep Dasar Ekologi dan Lingkungan
2. Ekosistem dan Sistem Pendukung Kehidupan
3. Energi dan Kehidupan
4. Daur Biogeokimia
5. Asas-Asas Faktor Pembatas
6. Populasi dan Komunitas
7. Adaptasi dan Evolusi
8. Asas Lingkungan Hidup
9. Tindakan Untuk Menghadapi Krisis Lingkungan
10. Lingkungan Hidup Alam
11. Konsep Dasar Pengelolaan Lingkungan Hidup
12. Lingkungan Hidup Sosial dan Lingkungan Hidup Buatan
13. Etika Lingkungan
14. Kebijakan Pengelolaan Lingkungan
15. Pencemaran yang terjadi di Lingkungan



eureka
media aksara
Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

☎ 0858 5343 1992
✉ eurekaediaaksara@gmail.com
📍 Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362



DIREKTORAT JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
KEMENTERIAN HUKUM & HAK ASASI MANUSIA RI

EC00202352416

ISBN 978-623-151-089-1



9 786231 510891

EKOLOGI DAN LINGKUNGAN

Putri Wulan, S.Si., M.Eng.
Johan Sukweenadhi, Ph.D.
Eka Sulistyaningsih, S.Si., M.Sc
Marsah Rahmawati Utami, M.Si
Paulina, S.K.M., M.Kes
Agus Kurniawan Putra, S.Pd.,M.Si
Radiansyah Hadi Chandra, S.Pd., M.Si
Aryani Adami, ST., MT
Iswono, SKM, M.Kes
Dr. Dian Nugraheni, S.Pd, M.Sc.
Dr. Ferdinand Susilo, S.Si, M.Si.
Fandy Gatra, SKM., M.Kes
Jamilah Nasution, S.Pd., M.Si
Himawan Ganjar Prabowo, S.T., M.T.
Dr. Malik Saepudin, SKM, M. Kes



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

EKOLOGI DAN LINGKUNGAN

Penulis : Putri Wulan, S.Si., M.Eng. | Johan Sukweenadhi, Ph.D. | Eka Sulistyaningsih, S.Si., M.Sc | Marsah Rahmawati Utami, M.Si | Paulina, S.K.M., M.Kes | Agus Kurniawan Putra, S.Pd., M.Si | Radiansyah Hadi Chandra, S.Pd., M.Si | Aryani Adami, ST., MT | Iswono, SKM, M.Kes | Dr. Dian Nugraheni, S.Pd, M.Sc. | Dr. Ferdinand Susilo, S.Si, M.Si. | Fandy Gatra, SKM., M.Kes | Jamilah Nasution, S.Pd., M.Si | Himawan Ganjar Prabowo, S.T., M.T. | Dr. Malik Saepudin, SKM, M. Kes

Editor : Putri Wulan, S.Si., M.Eng
Dr. dr. Asriati, M.Kes.
dr. Amiruddin Eso, M.Kes.

Desain Sampul : Ardyan Arya Hayuwaskita

Tata Letak : Rizki Rose Mardiana

ISBN : 978-623-151-089-1

No. HKI : EC00202352416

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, MEI 2023**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekaediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2023

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah subhanahu wata'ala atas berkat dan rahmatNya buku Ekologi dan Lingkungan ini dapat kami selesaikan. Buku Ekologi dan lingkungan ini membahas terkait lingkungan organisme makhluk hidup, kondisi lingkungan dalam suatu ekosistem, beberapa isu lingkungan dan cara menanggulangnya.

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah bekerjasama dalam penyusunan buku ini. Beberapa informasi maupun referensi dari buku ini, kiranya dapat memperkaya literatur yang ada sebelumnya. Buku ini berisi 15 Bab yang terdiri dari

1. Konsep Dasar Ekologi dan Lingkungan
2. Ekosistem dan Sistem Pendukung Kehidupan
3. Energi dan Kehidupan
4. Daur Biogeokimia
5. Asas-Asas Faktor Pembatas
6. Populasi dan Komunitas
7. Adaptasi dan Evolusi
8. Asas Lingkungan Hidup
9. Tindakan Untuk Menghadapi Krisis Lingkungan
10. Lingkungan Hidup Alam
11. Konsep Dasar Pengelolaan Lingkungan Hidup
12. Lingkungan Hidup Sosial dan Lingkungan Hidup Buatan
13. Etika Lingkungan
14. Kebijakan Pengelolaan Lingkungan
15. Pencemaran yang terjadi di Lingkungan

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa, karya ini masih jauh dari kata sempurna. Olehnya itu, penulis membuka diri untuk saran dan kritik yang membangun guna penyempurnaan buku ini selanjutnya. Akhir kata kami berharap Allah subhanahu wata'ala membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga karya ini bermanfaat bagi pengembangan pengetahuan, khususnya yang berkaitan dengan masalah lingkungan.

Kendari, 16 Mei 2023

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB 1 KONSEP DASAR EKOLOGI DAN LINGKUNGAN	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Definisi Ekologi dan Lingkungan	2
C. Keseimbangan dan Ketidakseimbangan Ekologi.....	5
D. Lingkungan dan Komponennya	6
E. Jenis Lingkungan.....	7
F. Budaya.....	10
G. Isu Lingkungan Terkait Ketidakseimbangan Ekologis.....	12
DAFTAR PUSTAKA.....	13
BAB 2 EKOSISTEM DAN SISTEM PENDUKUNG KEHIDUPAN	16
A. Pendahuluan.....	16
B. Pengertian dan Karakteristik Ekosistem	16
C. Faktor-faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Ekosistem.....	21
D. Interaksi Antar Organisme dalam Ekosistem	22
E. Konservasi dan Pengelolaan Ekosistem	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29
BAB 3 ENERGI DAN KEHIDUPAN.....	31
A. Energi dan Perubahannya	31
B. Bentuk Energi dan Perubahannya	33
C. Sumber Energi	35
D. Manajemen/ Pengelolaan Energi.....	40
E. Standar Manajemen Energi	42
F. Ruang Lingkup Manajemen/Pengelolaan Energi.....	43
G. Strategi Manajemen Energi.....	44

	H. Pengaruh Penggunaan Energi Terhadap Lingkungan	45
	DAFTAR PUSTAKA	47
BAB 4	DAUR BIOGEOKIMIA	50
	A. Pendahuluan	50
	B. Pengertian Daur Biogeokimia.....	51
	C. Siklus Karbon	52
	D. Siklus Nitrogen.....	57
	DAFTAR PUSTAKA	67
BAB 5	ASAS-ASAS FAKTOR PEMBATAS	69
	A. Pendahuluan	69
	B. Faktor-Faktor Pembatas	70
	DAFTAR PUSTAKA	77
BAB 6	POPULASI DAN KOMUNITAS.....	78
	A. Pendahuluan	78
	B. Populasi	79
	DAFTAR PUSTAKA	95
BAB 7	ADAPTASI DAN EVOLUSI.....	96
	A. Adaptasi.....	96
	B. Perkembangan Teori Evolusi.....	99
	DAFTAR PUSTAKA	108
BAB 8	ASAS LINGKUNGAN HIDUP	111
	A. Pendahuluan	111
	B. Asas Lingkungan Hidup	111
	DAFTAR PUSTAKA	121
BAB 9	TINDAKAN UNTUK MENGHADAPI KRISIS LINGKUNGAN	123
	A. Pendahuluan	123
	B. Lingkungan Hidup	124
	C. Kerusakan Lingkungan	125
	D. Permasalahan Lingkungan Hidup Indonesia	128
	E. Pencegahan Krisis Lingkungan	138
	DAFTAR PUSTAKA	140
BAB 10	LINGKUNGAN HIDUP ALAM.....	142
	A. Pengertian Lingkungan Hidup.....	142
	B. Pembagian Lingkungan Hidup	145
	C. Interaksi dalam Lingkungan Alam	152

	DAFTAR PUSTAKA.....	154
BAB 11	KONSEP DASAR PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP	157
	A. Pendahuluan.....	157
	B. Permasalahan Lingkungan Hidup.....	158
	C. Pencemaran Lingkungan (Polusi).....	160
	D. Prinsip Pengelolaan Lingkungan.....	162
	E. Konsep Pengelolaan Lingkungan Hidup	163
	DAFTAR PUSTAKA.....	168
BAB 12	LINGKUNGAN HIDUP SOSIAL DAN LINGKUNGAN HIDUP BUATAN.....	173
	A. Pendahuluan.....	173
	B. Pengertian Lingkungan Hidup Sosial	174
	C. Pengertian Lingkungan Hidup Sosial Menurut Para Ahli.....	175
	D. Jenis Lingkungan Hidup Sosial.....	179
	E. Faktor yang Mempengaruhi Lingkungan Hidup Sosial.....	180
	F. Pengertian Lingkungan Hidup Buatan	181
	G. Manfaat Lingkungan Hidup Buatan.....	182
	H. Ciri Lingkungan Hidup Buatan	185
	I. Jenis-Jenis Lingkungan Hidup Buatan	186
	DAFTAR PUSTAKA.....	189
BAB 13	ETIKA LINGKUNGAN.....	192
	A. Pendahuluan.....	192
	B. Etika Lingkungan	193
	C. Jenis-Jenis Etika Lingkungan.....	197
	D. Teori Etika Lingkungan	198
	E. Manusia dan Permasalahan Lingkungan.....	200
	DAFTAR PUSTAKA.....	204
BAB 14	KEBIJAKAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN	208
	A. Kepedulian Terhadap Lingkungan.....	208
	B. Sejarah Kebijakan Pengelolaan Lingkungan di Indonesia.....	210
	C. Asas, Tujuan, dan Ruang Lingkup Pengelolaan Lingkungan	213

	D. Penegakan Hukum Lingkungan di Indonesia	217
	E. Kendala Penegakan Hukum Lingkungan di Indonesia	222
	DAFTAR PUSTAKA	223
BAB 15	PENCEMARAN YANG TERJADI DI LINGKUNGAN.....	224
	A. Pendahuluan	224
	B. Pengertian Pencemaran Lingkungan.....	225
	C. Macam - macam Pencemaran Lingkungan.....	226
	D. Dampak Pencemaran Lingkungan.....	230
	E. Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran Lingkungan	233
	F. Penutup.....	235
	DAFTAR PUSTAKA	236
	TENTANG PENULIS.....	237

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Pengaruh Partikel Emisi Terhadap Kesehatan dan Lingkungan.....	46
Tabel 4. 1	Reservoir Nitrogen.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Ekologi akuatik.....	3
Gambar 1. 2	Ekologi terestrial	4
Gambar 1. 3	Ekologi dalam berbagai tingkatannya.....	4
Gambar 1. 4	Interaksi Lingkungan.....	7
Gambar 1. 5	Komponen Biologi Ekosistem Biotik, Populasi Tanaman dan Organisme dalam Komunitas yang Kompleks	9
Gambar 2. 1	Contoh simbiosis mutualisme (A), simbiosis parasitisme (B) dan simbiosis komensalisme (C)	24
Gambar 2. 2	Ilustrasi Rantai Makanan.....	25
Gambar 2. 3	Ilustrasi Jaring-Jaring Makanan.....	26
Gambar 3. 1	Transformasi Energi.....	34
Gambar 3. 2	Kebutuhan Energi di Indonesia	36
Gambar 3. 3	Cadangan Energi Fosil di Indonesia.....	36
Gambar 3. 4	Kincir Angin Pembangkit Listrik.....	39
Gambar 3. 5	Manajemen Energi dengan proses PDCA.....	45
Gambar 4. 1	Siklus karbon bergantung pada organisme autotrofik yang mengkonversi karbon dioksida menjadi karbon organik dan organisme heterotrof yang mengubah karbon organik menjadi karbon dioksida selama respirasi	54
Gambar 4. 2	Diagram efisiensi aliran energi sinar matahari dari produsen primer ke konsumen.....	55
Gambar 4. 3	Siklus karbon, menunjukkan proses aerobik dan anaerobik	56
Gambar 4. 4	Siklus Nitrogen.....	58
Gambar 4. 5	Strategi Pemecahan Masalah pada Pereduksi Bersi.....	67
Gambar 5. 1	Hukum Liebig.....	72
Gambar 5. 2	Hukum Toleransi Shelford.....	76

Gambar 6. 1	Bunga Dandelion tumbuh dari biji yang tertiuip angin yang mendarat secara acak dan kemudian berkecambah.....	80
Gambar 6. 2	Penguin raja yang bersarang di pulau-pulau kecil sering menunjukkan jarak yang seragam, terjaga oleh interaksi agresif antar tetangga	81
Gambar 6. 3	Bintang laut berkelompok bersama di mana makanan berlimpah.....	82
Gambar 6. 4	Faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran dan kepadatan populasi seperti kelahiran, kematian, imigrasi dan emigrasi	83
Gambar 6. 5	Gambar A menggambarkan populasi yang sedang berkembang cepat, gambar B menggambarkan populasi yang stasioner dan gambar C menunjukkan	86
Gambar 7. 1	Peta Konsep dalam Teori Evolusi Modern.....	107
Gambar 9. 1	Banjir di Wilayah Perkotaan	126
Gambar 9. 2	Bencana Tanah Longsor	127
Gambar 9. 3	Pencemaran Badan Air.....	128
Gambar 9. 4	Penebangan Hutan	129
Gambar 9. 5	Kebakaran Hutan dan Lahan.....	129
Gambar 9. 6	Banjir di Pegunungan dan Pemukiman.....	130
Gambar 9. 7	Pencemaran Udara oleh Asap Industri.....	131
Gambar 9. 8	Timbunan Sampah di TPA.....	132
Gambar 9. 9	Pencemaran Perairan.....	133
Gambar 9. 10	Pencemaran Air Tanah.....	134
Gambar 9. 11	Pemanasan Global	135
Gambar 9. 12	Kekeringan Lahan.....	136
Gambar 9. 13	Pemukiman Kumuh Pinggir Sungai	137
Gambar 9. 14	Hutan Hujan Alami	138
Gambar 10. 1	Perpindahan Energi Pada Rantai Makanan	146
Gambar 10. 2	Lapisan Tanah.....	149
Gambar 10. 3	Contoh Interaksi di Lingkungan Antara Lebah dengan Bunga.....	152

Gambar 13. 1	Penumpukan sampah dan Kebakaran Hutan.....	201
Gambar 13. 2	Pemanasan Global dan Mitigasi oleh BMKG.....	202

TENTANG PENULIS



Putri Wulan, S.Si., M.Eng. Lahir di Kendari, 25 Mei 1986. Saat ini penulis tinggal di Kendari, Sulawesi Tenggara. Pendidikan tinggi ditempuh mulai dari S-1 di Jurusan Kimia MIPA, Universitas Halu Oleo (UHO) Kendari (lulus 2010). Pascasarjana di Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (UGM) dengan spesialisasi MTPPL (Magister Teknik Pengendali Pencemaran Lingkungan (lulus 2019). Aktivitas penulis saat ini bekerja di Kementerian Lingkungan Hidup Balai Pengelola Daerah Aliran Sungai Sulawesi Tenggara, Penulis di journal Scientific. Net, Publisher in Materials Science and Engineering.



Johan Sukweenadhi, Ph.D. lahir di Surabaya, 30 Agustus 1989 silam. Saat ini, pria yang akrab dipanggil Johan ini bekerja sebagai dosen di Fakultas Teknobiologi, Universitas Surabaya. Selain aktif melakukan kegiatan penelitian, Johan juga telah menjadi reviewer jurnal internasional, menulis buku-buku monograf dan referensi, serta menjadi konsultan riset untuk Kalbe Ubaya Hanbang-Bio Laboratory dan Tanemi Hydroponics. Bidang riset yang menjadi minatnya adalah kultur jaringan tanaman, fisiologis tanaman terhadap stres, rekayasa genetik tanaman dan interaksi mikroba dengan tanaman.



Eka Sulistyaningsih, S.Si., M.Sc lahir di Klaten, Jawa Tengah, pada 16 Desember 1986. Ia tercatat sebagai lulusan Ilmu Kimia Universitas Gadjah Mada. Wanita yang kerap disapa Lis atau Eka menggeluti penelitian di bidang kimia material, kimia lingkungan, kimia industri dan nanoteknologi. Eka pernah mendapatkan Hibah Penelitian Dosen Pemula dan Program Kemitraan Masyarakat dari

Kemdikbud Ristek pada tahun 2018 dan 2019. Selain aktif mengajar dan mengabdikan, Eka juga aktif membimbing kegiatan kemahasiswaan seperti Program Kreativitas Mahasiswa (PKM), Kompetisi Bisnis Mahasiswa (sekarang P2MW) sehingga pada tahun 2021 berkesempatan menjadi Reviewer Nasional PKM.



Marsah Rahmawati Utami, M.Si lahir di Karawang, pada 26 Januari 1977. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Padjadjaran dan Institut Pertanian Bogor. Wanita yang kerap disapa May ini adalah anak dari pasangan Achmad Rachmat (ayah) dan Watin Handiati (ibu). **Marsah Rahmawati Utami**, berkarir menjadi dosen sejak tahun 2012.



Paulina, S.K.M., M.Kes lahir di Pontianak, pada 28 April 1977. Tercatat sebagai lulusan Program Pascasarjana Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro pada 2012. Tempat mengabdikan saat ini adalah di Poltekkes Kemenkes Pontianak, dengan disiplin ilmu Kesehatan Lingkungan serta Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Pernah menjabat sebagai Ketua Program Studi D-III Sanitasi (2018 - 2022) dan saat ini sebagai Ketua Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Program Sarjana Terapan periode 2022 - 2026.



Agus Kurniawan Putra, S.Pd., M.Si, lahir di Kendari, pada tanggal 4 Agustus 1988. Penulis menyelesaikan Pendidikan di Program Studi Pendidikan Biologi di Universitas Halu Oleo Sulawesi Tenggara dan Lulus Sebagai Sarjana Pendidikan (S.Pd) pada tahun 2012. Gelar Magister Sains (M.Si) diperoleh dari Fakultas Kedokteran Hewan IPB tahun 2016 dalam bidang ilmu Parasitologi dan Entomologi Kesehatan. Penulis yang kerap

disapa Agus ini adalah anak dari pasangan (Alm.) Ir. Alimin Midi (Ayah) dan (Alm.) Sitti Aliyah (Ibu). Penulis pernah bekerja sebagai *Field Biologist* di PT. Rentokil Initial Indonesia. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di program studi D3 Sanitasi dan Kepala Workshop Pengendalian Vektor dan Penyakit di Universitas Mandala Waluya Kendari, Sulawesi Tenggara.



Radiansyah Hadi Chandra, S.Pd., M.Si. lahir di Medan, 12 Juli 1982. Saat ini penulis tinggal di Medan, Sumatera Utara. Pendidikan tinggi ditempuh mulai dari S-1 di Jurusan Pendidikan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Medan (UNIMED) (lulus 2005), pascasarjana di Departemen Biologi, FMIPA Universitas Sumatera Utara (USU) dengan spesialisasi EKOLOGI (lulus 2010). Aktivitas penulis saat ini selain mengajar di Perguruan Al Azhar Medan, Universitas Terbuka (UT) dan aktif juga di Mahesa Research Center sebagai Chief Editor di *Journal of Natural Sciences*.



Aryani Adami, ST., MT., lahir di Kendari, pada 29 Oktober 1979. Penulis menyelesaikan S1 di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UGM pada tahun 2005 dan menyelesaikan S2 di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UI pada tahun 2011. Penulis kerap disapa Ani ini adalah anak dari pasangan Drs. H. Adami (ayah) dan Hj. Rusniah (ibu). Saat ini penulis adalah dosen tetap di program studi D3 Teknologi Elektromedik Universitas Mandala Waluya.



Iswono, SKM., M.Kes, lahir di Pontianak, pada 12 Juli 1968. Ia tercatat sebagai lulusan Magister Kesling Undip Semarang. Pria yang kerap disapa Kak Is Pramuka ini adalah anak dari pasangan Iswan (ayah) dan Aminah (ibu). Iswono gemar berkegiatan di alam terbuka seperti Lintas Alam/Medan, Selam,

dan Campervan Indonesia. Iswono juga tergabung dalam Pramuka Peduli Penanggulangan Covid-19 Wilayah Kalimantan Barat.



Dr. Dian Nugraheni, S.Pd., M.Sc. lahir di Kudus pada tanggal 26 Mei 1990. Gelar akademik terakhir diperoleh dari Institut Teknologi Bandung dalam bidang Kimia Bahan Alam.



Dr. Ferdinand Susilo, S.Si, M.Si., lahir di Helvetia, 07 Maret 1981. Saat ini penulis tinggal di Marelan, Kota Medan Sumatera Utara. Pendidikan tinggi ditempuh mulai dari S-1 di Departemen Biologi bidang taksonomi tumbuhan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Sumatera Utara (lulus 2003), Pascasarjana di Institut Pertanian Bogor (lulus 2008), dan Doktor Ilmu Biologi di Universitas Sumatera Utara.



Fandy Gatra, SKM., M.Kes, lahir di Unaaha, pada 28 Juli 1992. Ia tercatat sebagai lulusan STIKES Mandala Waluya Kendari. Pria yang kerap disapa Gatra ini adalah anak dari pasangan La Ode Izu (ayah) dan Sitti Rohana (ibu). Fandy bukanlah orang baru di dunia Pendidikan Tinggi Tanah Air. Ia kerap Aktif sebagai Tenaga Pendidik Dosen di Prodi D-III Sanitasi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Mandala Waluya yang berada di Kota Kendari Sulawesi Tenggara.



Jamilah Nasution, S.Pd., M.Si. lahir di Medan, 08 Juni 1983. Saat ini penulis tinggal di Medan, Sumatera Utara. Pendidikan tinggi ditempuh mulai dari S-1 di Jurusan Pendidikan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Medan (UNIMED)

(lulus 2005), pascasarjana di Departemen Biologi, FMIPA Institut Pertanian Bogor (IPB) dengan spesialisasi Taksonomi Tumbuhan (lulus 2009), dan saat ini sedang menjalankan studi lanjut Program Doktor di Program Studi Ilmu Biologi, FMIPA Universitas Sumatera Utara (USU) (mulai 2021 s.d Sekarang).

Aktivitas penulis saat ini selain mengajar pada jenjang sarjana di Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Medan Area (UMA) adalah sebagai Pengelola Jurnal Biolink di Universitas tersebut.



lingkungan.

Himawan Ganjar Prabowo, S.T., M.T. lahir di Bandung pada tanggal 15 Juli 1990. Gelar akademik terakhir diperoleh dari Institut Teknologi Bandung dalam bidang Teknik Lingkungan dengan fokus Penanggulangan, Pencegahan, Pencemaran pada



Dr. Malik Saepudin, SKM., M.Kes. lahir pada tanggal 12 Januari 1966 di Brebes Jawa tengah. Pendidikan terakhir ditempuh dan meraih Gelar Doktor pada Pogram Doktor Ilmu Kedokteran/ Kesehatan FK Undip Tahun 2017. Berbagai tulisan kesehatan populer pernah dimuat pada media massa lokal Pontianak Post dan Harian Pontianak Tribun, sebagian besar karyanya telah dikumpulkan dalam sebuah buku yang berjudul: *Menuju hidup sehat sejahtera Bunga rampai artikel populer bidang kesehatan tahun 1998*, Beberapa Buku yang telah ia tulis adalah Prinsip-Prinsip Epidemiologi edisi Pertama Tahun 2011, Metodologi Penelitian Kesehatan Tahun 2011, Epidemiologi Kesehatan Lingkungan Tahun 2018 dan Tetap Sehat dan Bugar Sepulang Haji 2019, Buku Monograf Kajian Pengetahuan, Sikap, Perilaku Masyarakat dalam Pencegahan dan Dampak Pandemi Covid-19 Provinsi Kalimantan Barat Tahun 2021, Konsep Ilmu Kesehatan Anak 2022, Pengantar Epidemiologi Kesehatan Masyarakat 2022, Antropologi 2023, Kesehatan Lingkungan 2023, Epidemiologi Lingkungan 2023, Ekologi Lingkungan 2023

dan Pengendalian Vektor Penyakit Tropis 2023, Aktivitas pada organisasi baik profesi maupun non profesi antara lain; pada Persatuan Ahli Epidemiologi Indonesia (PAEI) Daerah Kalbar sebagai Wakil Ketua periode 2019-2024. Ketua Bidang Pengembangan Organisasi pada Ikatan Ahli Kesehatan Masyarakat Indonesia (IAKMI) Daerah Kalimantan Barat, dan sebagai Ketua Kajian Covid-19 Poltekkes Pontianak tahun 2020 – sekarang, Tims Asistensi Covid-19 Gubernur Kalbar 2020-2022.