

Diterbitkan atas kerja sama Airlangga University Press dengan
Direktorat Inovasi dan Pengembangan Pendidikan Universitas Airlangga



BUKU AJAR

EKOLOGI PERAIRAN

Luthfiana Aprilianita Sari

Ayu Lana Nafisyah

Abdul Manan

Yudi Cahyoko

Sapto Andriyono

Nina Nurmalia Dewi

EDITOR

Akhmad Taufiq Mukti

BUKU AJAR

EKOLOGI PERAIRAN

PASAL 113 UNDANG-UNDANG NOMOR 28 TAHUN 2014 TENTANG HAK CIPTA

- (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).
- (3) 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 a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

BUKU AJAR

EKOLOGI PERAIRAN

Luthfiana Aprilianita Sari

Ayu Lana Nafisyah

Abdul Manan

Yudi Cahyoko

Sapto Andriyono

Nina Nurmalia Dewi

EDITOR

Akhmad Taufiq Mukti



BUKU AJAR EKOLOGI PERAIRAN

Penulis: Luthfiana Aprilianita Sari ... [dkk]
Editor: Akhmad Taufiq Mukti

ISBN

© 2024 Penerbit **Airlangga University Press**
Anggota IKAPI dan APPTI Jawa Timur
Kampus C Unair, Mulyorejo Surabaya 60115
Telp. (031) 5992246, 5992247
E-mail: adm@aup.unair.ac.id

Direktorat Inovasi dan Pengembangan Pendidikan UNAIR

Kampus C Unair, Gedung Kahuripan Lt. 2, Ruang 203, Mulyorejo Surabaya 60115
Telp. (031) 5920424 Fax. (031) 5920532 E-mail: direktorat@ditipp.unair.ac.id

Redaktur (Sarah Khairunnisa)
Layout (Akhmad Riyanto)
Cover (Kustiawan Tri Pursetyo)
AUP (0000/07.24)

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang.
Dilarang mengutip dan/atau memperbanyak tanpa izin tertulis
dari Penerbit sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun.



PRAKATA

Buku ini merupakan buku ajar dari mata kuliah Ekologi Perairan. Kami menyajikan materi yang membahas tentang ekologi, hubungan timbal balik makhluk hidup dengan lingkungan perairan, daur biogeokimia, energi dalam ekosistem, produser dan dekomposer, rantai dan jaring makanan dalam ekosistem, interaksi antarorganisme dalam ekosistem, ekosistem tawar, lotik (mengalir), estuari, mangrove, pantai, terumbu karang, dan laut.

Buku ini kami susun tidak hanya menyajikan berbagai materi mengenai ekologi perairan materi sejarah ekologi, ekosistem, daur biogeokimia dan energi dalam ekosistem, produser dan dekomposer, rantai dan jaring makanan dalam ekosistem, ekosistem tawar menggenang dan mengalir, ekosistem estuari, ekosistem mangrove, ekosistem pantai, ekosistem terumbu karang, ekosistem laut, tetapi juga kami lengkapi dengan penjelasan subcapaian pembelajaran mata kuliah, latihan soal, rangkuman dan tes formatif untuk menilai seberapa besar mahasiswa telah berhasil menguasai materi. Kami berharap buku ini tidak hanya memberikan pengetahuan ilmiah, tetapi juga membantu mahasiswa dalam mencapai capaian pembelajaran mata kuliah Ekologi Perairan. Akhirnya, kami mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan dosen, editor, dan penerbit yang telah membantu kami menulis buku ini.

Semoga pembaca buku ini mendapatkan pengetahuan dan memperoleh capaian sesuai dengan yang kami harapkan.

Surabaya, 20 Februari 2024

Tim Penyusun



KATA PENGANTAR

Buku ini sangat luar biasa sesuai dengan mata kuliahnya yaitu Ekologi Perairan. Saya merasa terdorong untuk membagikan pendapat saya tentang buku yang luar biasa berjudul “Ekologi Perairan” setelah membaca halamannya yang memikat. Penulisnya dengan cermat membawa kita sesuai dengan materi mata kuliah Ekologi Perairan yang meliputi sejarah ekologi, perkembangan ekologi Indonesia, pengertian perairan, siklus hidrologi, pengertian ekosistem, abiotik, biotik, faktor pendukung, faktor penghambat, mekanisme timbal balik, daur biogeokimia. Adapun materi lainnya yaitu energi dalam ekosistem meliputi sumber energi, perpindahan energi, dan lepasnya energi, materi produser dan dekomposer, rantai dan jaring makanan dalam ekosistem, interaksi antarorganisme dalam ekosistem, ekosistem tawar, lotik (mengalir), estuari, mangrove, pantai, terumbu karang dan laut.

Selain itu, kekuatan buku ini terletak pada kemampuan penulis untuk menjelaskan konsep ilmiah yang kompleks dengan bahasa yang sederhana dan mudah dipahami. Buku ini memiliki daya tarik yang luar biasa bagi pembaca dengan berbagai latar belakang pengetahuan dan relevan bagi para ahli biologi perairan. Sebagai hasilnya, buku ini berhasil menjembatani kesenjangan antara dunia ilmiah dan masyarakat umum. Dalam keseluruhan isi buku ajar ini, “Ekologi Perairan” adalah sebuah buku ajar yang komprehensif, mencakup penjabaran capaian

pembelajaran, materi, latihan soal, rangkuman, dan tes formatif. Saya yakin bahwa setiap pembaca akan mencapai pemahaman yang sesuai dengan capaian mata kuliah Ekologi Perairan. Selamat menikmati pembacaan buku ajar ini, semoga memberikan wawasan yang mendalam mengenai materi perkuliahan Ekologi Perairan.

Surabaya, 12 Januari 2024
Dekan Fakultas Perikanan dan Kelautan
Universitas Airlangga

Prof. Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D.



DAFTAR ISI

v	Prakata
vii	Kata Pengantar
xvii	Daftar Gambar
xxi	Pendahuluan
01	BAB 1
	SEJARAH EKOLOGI
	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 1
	Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 1
	Pengantar/Petunjuk Belajar, 1
	1.1 Sejarah Ekologi, 1
	1.2 Perkembangan Ekosistem Indonesia, 3
	1.3 Pengertian Perairan, 6
	1.4 Siklus Hidrologi, 9
	1.5 Teater ekologi (Sejarah terbentuknya bumi), 10
	1.5 Rangkuman, 15
	1.6 Soal-soal, 16
	A. Latihan, 16
	B. Tes Formatif, 17

21

BAB 2

EKOSISTEM

- Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 21
- Sub Capaian Pembelajaran, 21
- Pengantar/Petunjuk Belajar, 21
- 2.1 Pengertian Ekosistem, 21
- 2.2 Abiotik, 25
- 2.3 Biotik, 27
- 2.4 Faktor Pendukung, 30
- 2.5 Faktor Penghambat, 32
- 2.6 Mekanisme Timbal Balik, 35
- 2.7 Rangkuman, 36
- 2.8 Soal-soal, 37
 - A. Latihan, 37
 - B. Tes Formatif, 38

41

BAB 3

DAUR BIOGEOKIMIA DAN ENERGI DALAM EKOSISTEM

- Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 41
- Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 41
- Pengantar/Petunjuk Belajar, 41
- 3.1 Pengertian Biogeokimia, 42
- 3.2 Pengertian Energi, 43
- 3.3 Faktor-Faktor Biogeokimia, 44
- 3.4 Faktor-Faktor Energi, 46
- 3.5 Proses Biogeokimia, 49
- 3.6 Proses Alur Energi, 58
- 3.7 Rangkuman, 60
- 3.8 Soal-soal, 61
 - A. Latihan, 61
 - B. Tes Formatif, 62

65

BAB 4

PRODUSER DAN DEKOMPOSER

- Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 65
- Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 65
- Pengantar/Petunjuk Belajar, 65
- 4.1 Pengertian Produser, 65
- 4.2 Pengertian Dekomposer, 66
- 4.3 Faktor Pendukung Kelimpahan Produser, 67
- 4.4 Faktor Pendukung Keberadaan Dekomposer, 69
- 4.5 Proses Fotosintesis, 70
- 4.6 Proses Dekomposer, 73
- 4.7 Rangkuman, 74
- 4.8 Soal-soal, 77
 - A. Latihan, 77
 - B. Tes Formatif, 78

81

BAB 5

RANTAI DAN JARING MAKANAN DALAM EKOSISTEM

- Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 81
- Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 81
- Pengantar/Petunjuk Belajar, 81
- 5.1 Pengertian Rantai Makanan, 82
- 5.2 Pengertian Jaring Makanan 83
- 5.3 Faktor-Faktor Rantai 84
- 5.4 Faktor-Faktor Jaring Makanan 85
- 5.5 Proses Rantai, 87
- 5.6 Proses Alur Jaring, 89
- 5.7 Rangkuman, 90
- 5.8 Soal-soal, 91
 - A. Latihan, 91
 - B. Tes Formatif, 92

97

BAB 6

EKOSISTEM TAWAR MENGGENANG DAN MENGALIR

- Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 97
- Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 97
- Pengantar/Petunjuk Belajar, 97
- 6.1 Deskripsi Ekosistem Tawar Menggenang, 98
- 6.2 Deskripsi Ekosistem Air Tawar Mengalir, 100
- 6.3 Model-Model Umum Ekosistem Aliran Sungai, 101
- 6.4 Faktor-Faktor Pendukung Ekosistem Tawar Menggenang, 105
- 6.5 Faktor-Faktor Pendukung Ekosistem Tawar Mengalir, 110
- 6.6 Komoditas Ekosistem Air Tawar, 110
 - A. Komoditas Ekosistem Air Tawar Menggenang, 111
 - B. Komoditas Ekosistem Air Tawar Mengalir, 112
- 6.7 Rangkuman, 113
- 6.8 Soal-soal, 114
 - A. Latihan, 114
 - B. Tes Formatif, 115

119

BAB 7

EKOSISTEM ESTUARI

- Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 119
- Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 119
- Pengantar/Petunjuk Belajar, 119
- 7.1 Deskripsi Ekosistem Estuari, 119
 - A. Karakteristik dan Ciri-Ciri Ekosistem Estuari, 120
 - B. Peranan Gelombang dan Ombak dalam Ekosistem Estuari, 121
 - C. Pentingnya Estuari dalam Konteks Ekologi dan Manusia, 123

- 7.2 Tipe-Tipe Estuari, 123
- 7.3 Perubahan Pasang Surut, 125
- 7.4 Abiotik Ekosistem Estuari, 126
- 7.5 Komponen Biologis Estuari, 127
 - A. Tumbuhan dan Hewan di Ekosistem Estuari, 128
 - B. Plankton dan Organisme Mikroba, 129
 - C. Interaksi Antarorganisme Estuari, 129
- 7.6 Subsistem Ekosistem, 130
 - A. Subsistem Laut (*Marine*), 131
 - B. Subsistem Teluk (*Bay*), 131
 - C. Rawa-Rawa (*Slough*), 132
 - D. Sungai (*Riverine*), 132
- 7.7 Manfaat Ekosistem Estuari Khususnya Daerah Muara, 133
- 7.8 Ketergantungan Ekosistem Estuari pada Aliran Air Tawar dan Air Laut, 140
 - A. Nutrien, 141
 - B. Sedimen dari Sungai ke Estuari, 143
 - C. Penetrasi Radiasi Matahari ke dalam Air, 145
- 7.9 Dinamika Ekosistem Estuari, 149
- 7.10 Rangkuman, 150
- 7.11 Soal-soal, 151
 - A. Latihan, 151
 - B. Tes Formatif, 152

EKOSISTEM MANGROVE

- Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 155
- Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 155
- Pengantar/Petunjuk Belajar, 155
- 8.1 Deskripsi Ekosistem Mangrove, 155
- 8.2 Manfaat Vegetasi Mangrove Sebagai Sumber Antioksidan Alami, 159
- 8.3 Faktor-Faktor Pendukung Ekosistem Mangrove, 160

- 8.4 Komoditas Ekosistem Mangrove, 166
- 8.5 Rangkuman, 167
- 8.6 Soal-soal, 168
 - A. Latihan, 168
 - B. Tes Formatif, 169

173

BAB 9

EKOSISTEM PANTAI

- Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 173
- Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 173
- Pengantar/Petunjuk Belajar, 173
- 9.1 Deskripsi Ekosistem Pantai, 173
- 9.2 Zona pada daerah pantai, 178
- 9.3 Faktor Pendukung Ekosistem Pantai, 180
- 9.4 Komoditas Ekosistem Pantai, 184
- 9.5 Rangkuman, 187
- 9.6 Soal-soal, 188
 - A. Latihan, 188
 - B. Tes Formatif, 188

193

BAB 10

EKOSISTEM TERUMBU KARANG

- Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 193
- Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 193
- Pengantar/Petunjuk Belajar, 193
- 10.1 Deskripsi Ekosistem Terumbu Karang, 193
- 10.2 Faktor-Faktor Pendukung Ekosistem Terumbu Karang, 196
- 10.3 Komoditas Ekosistem Terumbu Karang, 203
- 10.4 Rangkuman, 205
- 10.5 Soal-soal, 206
 - A. Latihan, 206
 - B. Tes Formatif, 207

211

BAB 11

EKOSISTEM LAUT

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 211

Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah, 211

Pengantar/Petunjuk Belajar, 211

11.1 Deskripsi Ekosistem Laut, 211

A. Zona pada Daerah Bentik, 213

B. Laut Dalam, 221

11.2 Klasifikasi Ekosistem Bentik Berdasarkan Penetrasi Cahaya, 227

11.3 Faktor-Faktor Pendukung Ekosistem Laut, 228

11.4 Komoditas Ekosistem Laut, 231

11.5 Simbiosis Ekosistem Laut, 234

11.6 Rangkuman, 236

11.7 Soal-soal, 236

A. Latihan, 236

B. Tes Formatif, 237

241

Kunci Jawaban

243

Daftar Pustaka

259

Glosarium

265

Indeks



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1** Interaksi hidrogen dan oksigen, 8
- Gambar 1.2** Oksigen bebas, 11
- Gambar 1.3** Distribusi pada Filum (hewan) dan Divisi (setara dengan filum pada prokariota, tumbuhan dan jamur) di antara habitat air tawar (F), darat (L) dan laut (M), 13
- Gambar 2.1** Predasi, 35
- Gambar 2.2** Lebah dan bunga (simbiosis mutualisme), 36
- Gambar 3.1** Siklus biogeokimia, 50
- Gambar 3.2** Siklus karbon, 50
- Gambar 3.3** Siklus nitrogen, 54
- Gambar 3.4** Siklus air, 55
- Gambar 3.5** Siklus fosfor, 56
- Gambar 3.6** Siklus belerang, 57
- Gambar 3.7** Aliran energi di dalam ekosistem, 59
- Gambar 4.1** Jaring nutrisi akuati, 71
- Gambar 5.1** Rantai makanan, 82
- Gambar 5.2** Jaring-jaring makanan *shutterstock*, 84
- Gambar 5.3** Faktor jaring makanan di ekosistem, 85
- Gambar 5.4** Produsen di berbagai ekosistem, 88
- Gambar 5.5** Alur jaring makanan, 89

- Gambar 6.1** Perairan tergenang danau, 98
- Gambar 6.2** Perairan tergenang rawa-rawa, 99
- Gambar 6.3** Hubungan komunitas ekosistem air tawar mengalir, 101
- Gambar 6.4** Struktur dasar dan fungsi ekosistem, 102
- Gambar 6.5** Skema komunitas danau dan terminologinya, 108
- Gambar 7.1** Stratifikasi perairan yang dangkal atau 'zona pencampuran', 122
- Gambar 7.2** Representasi sederhana dari gelombang laut di dasar laut, 20 m ke bawah, 123
- Gambar 7.3** Tipe estuari, 124
- Gambar 7.4** Pemanfaatan estuari oleh komponen biologis, 128
- Gambar 7.5** Konsumen biologi, 130
- Gambar 7.6** Sedimen, 145
- Gambar 7.7** Pembiasan cahaya pada permukaan air, 146
- Gambar 7.8** Hubungan antara visibilitas cakram Secchi dan kadar klorofil a, 147
- Gambar 7.9** Penetrasi cahaya ke dalam air, 148
- Gambar 7.10** Penyerapan cahaya dengan panjang gelombang berbeda, 149
- Gambar 8.1** Mangrove, 156
- Gambar 8.2** Skema representasi dari gelombang, 164
- Gambar 8.3** Musim semi dan musim hujan pasang surut, 164
- Gambar 8.4** Tipe gelombang, 165
- Gambar 9.1** *Padina australis*, 186
- Gambar 10.1** Tipe terumbu karang, 194
- Gambar 10.2** Terumbu karang, 196
- Gambar 10.3** Karbon reservoir dari planet bumi, 203
- Gambar 10.4** Sebaran terumbu karang di dunia (NOAA), 204
- Gambar 11.1** Kompartemen bentik dari ekosistem laut, 214
- Gambar 11.2** Kontinen: zona untuk eksplorasi dan pemanfaatan sumber daya, 217
- Gambar 11.3** Pembagian zona pelagis di lautan, 220

- Gambar 11.4** Adaptasi ikan laut dalam berupa gelembung renang, 222
- Gambar 11.5** Organisme laut dalam, 232
- Gambar 11.6** Hamparan rumput laut adalah tempat berkembangnya beberapa jenis mikroba, 235



PENDAHULUAN

A. Deskripsi Mata Kuliah

Mata kuliah ini menjelaskan tentang hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungan biotik dan abiotik, asas dan pengertian ekologi, konsep ekosistem, faktor-faktor pembatas, aliran energi, daur biogeokimia, dinamika energi, perubahan populasi dan komunitas air tawar, estuari, dan laut.

B. Tujuan Penulisan Buku Ajar

Tujuan penulisan buku ajar Ekologi Perairan ini adalah untuk memberikan pemahaman hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungan biotik dan abiotik, menjelaskan tentang asas dan pengertian ekologi, konsep ekosistem, faktor-faktor pembatas, aliran energi, daur biogeokimia, dinamika energi, perubahan populasi dan komunitas air tawar, estuari dan laut.

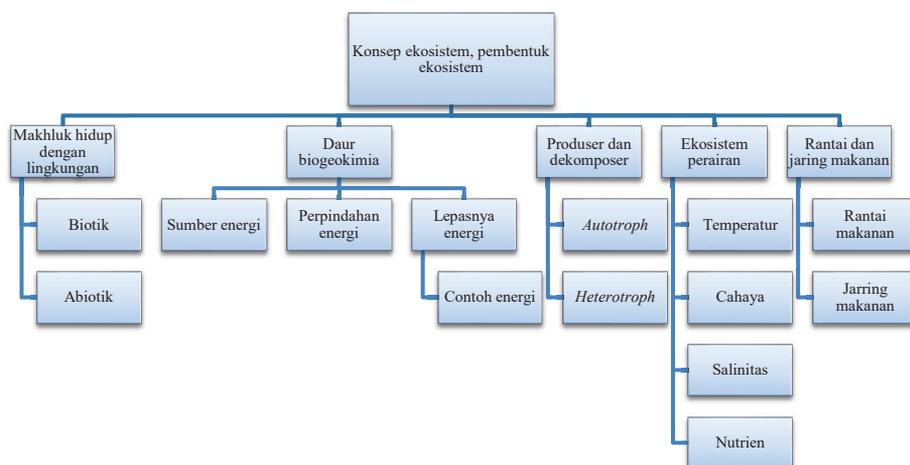
C. Cara Menggunakan Buku untuk Belajar Mandiri

Cara menggunakan buku Ekologi Perairan untuk belajar secara mandiri adalah dimulai dari memahami deskripsi mata kuliah. Deskripsi mata kuliah ekologi perairan mencakup hubungan timbal balik makhluk hidup. Setiap bab tertuliskan capaian pembelajaran mata kuliah, sub

capaian pembelajaran mata kuliah untuk membantu dalam memahami tujuan isi dari bab tersebut. Capaian pembelajaran dari belajar mandiri menggunakan buku ekologi perairan melibatkan kemampuan untuk mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam menjelaskan masalah ekologi perairan yang kompleks. Mahasiswa yang memanfaatkan buku ini untuk belajar mandiri diharapkan dapat mengidentifikasi tantangan dan masalah lingkungan dalam ekosistem perairan, serta merumuskan solusi berbasis pengetahuan ilmiah. Dengan belajar mandiri menggunakan buku ekologi perairan, mahasiswa diharapkan dapat mengembangkan pemahaman yang mendalam mengenai konsep-konsep ekologi perairan.

Buku ekologi perairan yang digunakan sebagai sumber belajar mandiri memiliki rangkuman yang secara komprehensif berisi konsep-konsep fundamental dalam mata kuliah tersebut. Isi buku mencakup aspek-aspek seperti struktur ekosistem air tawar dan laut, peran organisme dalam rantai makanan, dan faktor-faktor yang memengaruhi keseimbangan ekologi perairan. Selain itu, buku ajar ini memberikan contoh latihan soal dan tes formatif yang relevan untuk mendukung pemahaman konsep-konsep tersebut.

PETA KOMPETENSI MATA KULIAH



Mata Kuliah Ekologi Perairan dalam lingkup makhluk hidup dan lingkungan menitikberatkan pada kajian interaksi antara organisme hidup di perairan dengan lingkungan sekitarnya. Mata kuliah mencakup pemahaman tentang hubungan ekologi antara berbagai spesies di dalam ekosistem perairan, baik di perairan tawar ataupun lautan yang melibatkan kompetisi, predasi, simbiosis, dan interaksi lainnya yang memengaruhi dinamika populasi dan struktur komunitas. Mata kuliah membahas daur biogeokimia yaitu merupakan proses sirkulasi unsur-unsur kimia esensial di dalam biosfer, atmosfer, hidrosfer, dan litosfer yang membentuk suatu rangkaian sistem ekologi global. Konsep ini mencakup pergerakan unsur-unsur seperti karbon, nitrogen, fosfor, dan lainnya melalui organisme hidup dan lingkungan fisik. Pada daur biogeokimia, unsur-unsur ini diambil oleh organisme hidup dari lingkungan, kemudian melewati rantai makanan dan proses metabolisme, dan akhirnya dikembalikan ke lingkungan melalui dekomposisi organisme mati atau hasil ekskresi. Siklus ini melibatkan interaksi antara biota dan berbagai komponen lingkungan, termasuk tanah, air, udara, dan atmosfer. Mata kuliah membahas produser dan dekomposer, yaitu peran organisme perairan dalam siklus nutrien, termasuk bagaimana ikan dan organisme lainnya memainkan peran kunci dalam transfer nutrien, seperti nitrogen dan fosfor dalam ekosistem perairan.

