

DASAR-DASAR ILMU PENGETAHUAN ALAM: MEMAHAMI PRINSIP-PRINSIP ALAM SEMESTA

**Carolina Sri Athena Barus
Eka Sriwahyuni
Mutia Amyranti
Zen Ladestam Siallagan
Aisyah Indah Irmaya**



GET PRESS INDONESIA

DASAR-DASAR ILMU PENGETAHUAN ALAM: MEMAHAMI PRINSIP-PRINSIP ALAM SEMESTA

Penulis :

Carolina Sri Athena Barus
Eka Sriwahyuni
Mutia Amyranti
Zen Ladestam Siallagan
Aisyah Indah Irmaya

ISBN :

Editor : Ari Yanto, M.Pd

Penyunting : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Juli 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Dasar-Dasar Ilmu Pengetahuan Alam: Memahami Prinsip-Prinsip Alam Semesta ini.

Buku Ini Membahas Pendahuluan Tentang Ilmu Pengetahuan Alam, Fisika: Membedah Hukum Alam, Kimia: Menjelajahi Struktur Dan Reaksi Materi, Biologi: Memahami Kehidupan Dan Keanekaragaman Alam, Geologi: Menelusuri Sejarah Bumi Dan Dinamika Alam.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB 1 PENGANTAR ILMU PENGETAHUAN ALAM	1
1.1 Definisi dan Pentingnya Ilmu Pengetahuan Alam	1
1.2 Ruang Lingkup Ilmu Pengetahuan Alam.....	3
1.3 Metode Ilmiah dalam Ilmu Pengetahuan Alam.....	5
1.4 Aplikasi Ilmu Pengetahuan Alam	8
1.5 Perkembangan IPA dan Tantangan Masa Depan.....	10
1.5.1 Tren Terkini dalam Ilmu Pengetahuan Alam	11
1.5.2 Inovasi Teknologi dan Dampaknya.....	13
1.5.3 Peran IPA dalam Tantangan Global	14
DAFTAR PUSTAKA	16
BAB 2 FISIKA: MEMBEDAH HUKUM ALAM	19
2.1 Pendahuluan.....	19
2.2 Fisika sebagai Hukum Alam	20
2.3 Asas Keabsahan sebagai Dasar Pengetahuan Ilmiah ...	25
2.4 Refleksi Ilmu Pengetahuan Kontemporer tentang Makna Hukum Alam	29
2.5 Hukum Fisika	30
DAFTAR PUSTAKA	33
BAB 3 KIMIA MENJELAJAHI STRUKTUR DAN REAKSI MATERI	35
3.1 Pendahuluan.....	35
3.2 Struktur Kimia	36
3.2.1 Atom dan Molekul	36
3.2.2 Ikatan Kimia.....	37
3.2.3 Stoikiometri	40
3.3 Reaksi Kimia	41
3.3.1 Jenis-jenis Reaksi Kimia	42
3.3.2 Energi Dalam Reaksi Kimia.....	44
3.3.3 Laju Reaksi.....	45
BAB 4 BIOLOGI: MEMAHAMI KEHIDUPAN DAN KEANEKARAGAMAN ALAM	49
4.1 Pendahuluan.....	49

4.2 Perkembangan Ilmu Biologi	50
4.3 Sel Unit Dasar Kehidupan dan Karakteristiknya	53
4.4 Keanekaragaman Alam.....	57
4.4.1 Keanekaragaman Hayati.....	58
4.4.2 Keanekaragaman Hayati di Indonesia	60
4.4.3 Spesies Endemik dan Langka Indonesia.....	62
4.4.4 Ancaman Terhadap Keanekaragaman Hayati.....	63
4.4.5 Konservasi Keanekaragaman Hayati.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	73
BAB 5 MENELUSURI SEJARAH BUMI DAN	
DINAMIKA ALAM	75
5.1 Pendahuluan	75
5.2 Konsep-konsep Geologi	76
5.2.1 Pembentukan Batuan	76
5.2.2 Tektonik Lempeng.....	82
5.2.3 Perubahan Iklim.....	86
5.3 Sejarah Bumi dan Fenomena Alam.....	88
5.3.1 Pembentukan Awal Bumi.....	89
5.3.2 Era Hadean dan Archean (4,5 - 2,5 miliar tahun yang lalu).....	90
5.3.3 Era Paleozoikum (541 - 252 juta tahun yang lalu).....	92
5.3.4 Era Mesozoikum (252 - 66 juta tahun yang lalu) .	94
5.3.5 Era Kenozoikum (66 juta tahun yang lalu - sekarang)	95
5.3.6 Stratigrafi	97
5.3.7 Paleontologi.....	98
5.3.8 Fenomena Alam	99
5.4 Implikasi Geologi terhadap Sumber Daya Alam dan Lingkungan.....	100
DAFTAR PUSTAKA.....	102
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Konsep Lingkaran Metode Ilmiah.....	6
Gambar 3.1. Pembentukan Ikatan Kovalen.....	39
Gambar 4.1. Cabang Ilmu Biologi	53
Gambar 4.2. Perbedaan sel prokariot (bakteri) dan eukariot	55
Gambar 4.3. Keanekaragaman genetik (seluruh variasi genetik yang ditemukan dalam setiap spesies), keanekaragaman spesies (semua variasi spesies di suatu habitat), dan keanekaragaman ekosistem (seluruh jenis ekosistem yang terdapat dalam suatu wilayah)	60
Gambar 5.1. Batuan Beku (<i>Igneous Rocks</i>).....	78
Gambar 5.2. Batuan Sedimen (<i>Sedimentary Rocks</i>)	80
Gambar 5.3. Batuan Metamorf (<i>Metamorphic Rocks</i>)	82
Gambar 5.4. Bagian Bumi.....	84
Gambar 5.5. Peta Pergerakan Lempeng Tektonik.....	85
Gambar 5.6. Era Archean	92
Gambar 5.7. Trilobita Kambrium Tengah, <i>Xystridura</i> <i>Templetonensis</i> , dari Australia (fauna Kambrium)	94
Gambar 5.8. Fosil Tengkorak <i>Oreodont</i> berumur Oligosen	97

BAB 1

PENGANTAR ILMU PENGETAHUAN ALAM

Oleh Carolina Sri Athena Barus

1.1 Definisi dan Pentingnya Ilmu Pengetahuan Alam

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) atau *natural sciences* memainkan peran krusial dalam kemajuan peradaban manusia serta memberikan dasar yang kuat untuk memahami dan mengatasi berbagai tantangan yang dihadapi masyarakat modern. Salah satu alasan utama pentingnya IPA adalah kemampuannya untuk menyediakan pengetahuan yang mendalam dan terstruktur tentang fenomena alam. Dengan mempelajari hukum-hukum alam, manusia dapat mengembangkan teknologi yang meningkatkan kualitas hidup, seperti dalam bidang kesehatan, energi, dan transportasi.

Ilmu pengetahuan alam secara umum mengacu pada cabang ilmu yang mempelajari fenomena alamiah, termasuk fisika, kimia, biologi, astronomi, geologi, dan ilmu lingkungan. Para pakar telah memberikan berbagai pandangan dan pengertian mendasar mengenai ilmu pengetahuan alam. Samatowa (2006) menyatakan bahwa Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) adalah ilmu yang berkaitan dengan fenomena alam dan materi secara sistematis, terstruktur, dan berlaku secara universal, yang terdiri dari hasil-hasil observasi dan eksperimen. Jenkins, E. W., & Nelson, N. J. (2005) dalam buku "*Natural Sciences Education and The University*" menggambarkan ilmu pengetahuan alam sebagai upaya untuk memahami fenomena alam menggunakan metode ilmiah yang melibatkan observasi, pengujian hipotesis, dan pembuktian eksperimental. Menurut *American Association for the Advancement of Science (AAAS)*, ilmu pengetahuan alam adalah upaya sistematis untuk memahami alam semesta melalui observasi, pengujian, dan formulasi teori-teori yang memperluas dan mengorganisir pengetahuan tentang alam semesta

secara logis. Pendapat lainnya datang dari *National Academy of Sciences* (NAS), yang menggambarkan ilmu pengetahuan alam sebagai investigasi dan pemahaman terhadap alam semesta melalui pengamatan, eksperimen, dan penalaran teoritis yang memungkinkan pengembangan pengetahuan yang konsisten dengan bukti-bukti empiris.

Secara ringkas dapat dijelaskan bahwa Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) adalah cabang ilmu yang mempelajari fenomena alam secara sistematis dan empiris. Pendekatan yang digunakan dalam IPA melibatkan pengamatan, eksperimen, dan analisis untuk memahami dunia fisik dan proses-proses yang terjadi di dalamnya. Melalui metode ilmiah, IPA berusaha mengidentifikasi pola dan hukum alam yang dapat menjelaskan berbagai fenomena yang terjadi di alam semesta.

IPA berperan penting untuk mendorong inovasi teknologi. Penemuan ilmiah adalah dasar bagi perkembangan teknologi baru. Misalnya, penelitian dalam fisika telah menghasilkan teknologi seperti komputer dan internet, yang telah merevolusi komunikasi dan akses informasi. Begitu pula, kemajuan dalam bioteknologi, yang didasarkan pada pengetahuan biologi, telah memungkinkan pengembangan obat-obatan baru dan terapi medis yang efektif. IPA juga berperan penting dalam pemahaman dan mitigasi isu-isu lingkungan. Dengan mempelajari proses ekologi dan dinamika iklim, ilmuwan dapat memberikan solusi untuk mengatasi perubahan iklim, polusi, dan kehilangan keanekaragaman hayati. Pengetahuan ini sangat penting untuk pengembangan kebijakan lingkungan yang berkelanjutan dan praktik konservasi yang efektif. Misalnya, penelitian tentang siklus karbon dan gas rumah kaca membantu dalam upaya global untuk mengurangi emisi dan memerangi pemanasan global.

Di bidang pendidikan, IPA menyediakan dasar yang penting bagi literasi ilmiah. Pendidikan IPA membekali individu dengan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan *problem-solving*, yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari dan berbagai profesi. Memahami prinsip-prinsip ilmiah akan membantu seseorang dalam mengambil keputusan yang lebih baik tentang kesehatan, lingkungan, teknologi dan bidang lainnya. Selain itu,

pendidikan IPA memupuk rasa ingin tahu dan minat pada eksplorasi ilmiah, yang penting untuk generasi masa depan ilmuwan dan inovator. IPA membantu membangun pemahaman bersama dan kerjasama global. Ilmu pengetahuan merupakan bahasa universal yang memungkinkan para ilmuwan dari berbagai negara dan budaya untuk berkolaborasi dalam penelitian dan pengembangan solusi untuk masalah global. Misalnya, kolaborasi internasional dalam penelitian antariksa, perubahan iklim, dan kesehatan masyarakat. Hal ini menunjukkan bagaimana IPA dapat menyatukan manusia dalam upaya bersama untuk memajukan pengetahuan dan meningkatkan kesejahteraan global.

1.2 Ruang Lingkup Ilmu Pengetahuan Alam

Ilmu pengetahuan yang berkembang terus menerus berasal dari dua cabang utama yaitu filsafat alam dan filsafat moral. Filsafat alam kemudian berkembang menjadi rumpun ilmu-ilmu alam, sementara filsafat moral berkembang menjadi beragam ilmu sosial. Ilmu Pengetahuan Alam atau disingkat Ilmu alam yang berasal dari pemikiran filsafat alam, terus berkembang dan mencakup berbagai disiplin yang mempelajari fenomena alam melalui metode ilmiah. Perkembangan ini merupakan bentuk upaya manusia untuk memahami dan menjelaskan alam semesta dengan cara yang terstruktur dan sistematis.

Secara umum ilmu pengetahuan alam dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu ilmu alam dan ilmu hayat. Ilmu alam (*The physical sciences*) mencakup disiplin ilmu seperti fisika, kimia, dan geologi, yang mempelajari sifat-sifat fisik dan proses-proses yang terjadi di alam. Di sisi lain, ilmu hayat (*The biological sciences* atau *life sciences*) meliputi biologi, zoologi, dan botani yang fokus pada makhluk hidup dan interaksinya dengan lingkungan. Pembagian ini membantu ilmuwan dalam mengorganisasi pengetahuan dan memfokuskan penelitian mereka untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang alam dan kehidupan (Jujun, 2009).

Ilmu Pengetahuan Alam merupakan bidang yang luas yang mencakup berbagai disiplin ilmu yang mempelajari fenomena alam melalui metode ilmiah yang mencakup studi tentang materi dan energi, kehidupan dan organisme, bumi dan proses geologis, serta

ruang angkasa dan benda-benda langit. Setiap disiplin ilmu dalam IPA mempunyai fokus dan metode yang spesifik, tetapi semuanya bertujuan untuk memahami hukum-hukum alam yang mengatur alam semesta.

Fisika adalah cabang IPA yang mempelajari sifat dan interaksi materi dan energi. Ini mencakup berbagai sub-bidang seperti mekanika, yang mempelajari gerakan benda; termodinamika, yang mempelajari panas dan suhu; elektromagnetisme, yang mempelajari listrik dan magnet; serta fisika kuantum, yang mempelajari perilaku partikel pada skala sub-atomik. Fisika memberikan dasar teoritis bagi banyak teknologi modern, dari mesin hingga komputer dan perangkat komunikasi.

Kimia berfokus pada komposisi, struktur, sifat, dan perubahan materi. Ilmu kimia mencakup studi tentang unsur-unsur dan senyawa, reaksi kimia, dan hukum yang mengatur interaksi zat. Kimia memiliki banyak aplikasi praktis dalam kehidupan sehari-hari, termasuk pembuatan obat-obatan, bahan bakar, dan berbagai bahan kimia industri. Kimia juga penting dalam pemahaman kita tentang biologi dan proses kehidupan, karena reaksi kimia adalah dasar dari banyak proses biologis.

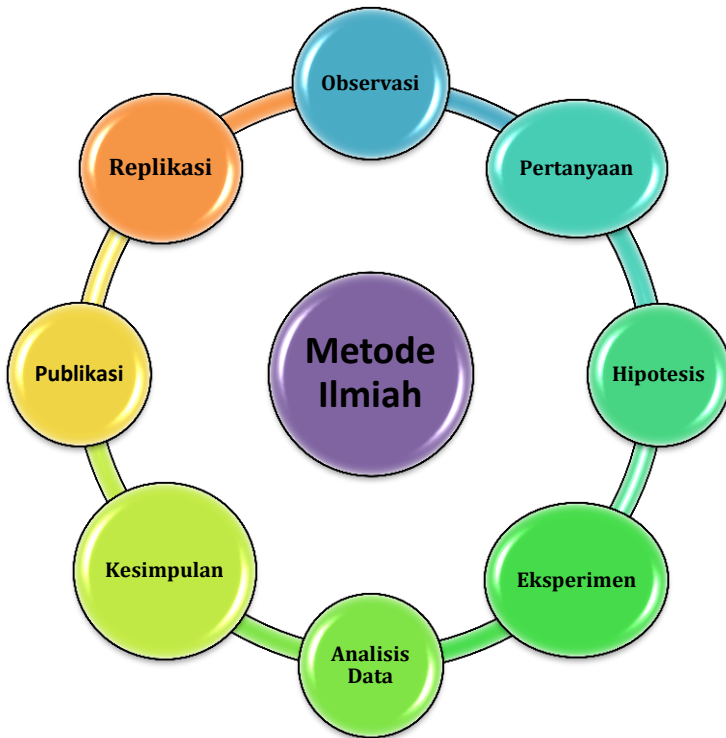
Biologi adalah studi tentang kehidupan dan organisme hidup. Ruang lingkup biologi sangat luas, mencakup studi tentang sel dan molekul dalam biologi seluler, genetika, dan bioteknologi; organisme dan fungsi mereka dalam anatomi dan fisiologi; serta interaksi antara organisme dan lingkungan mereka dalam ekologi. Biologi juga mencakup studi tentang evolusi dan hubungan antara berbagai bentuk kehidupan di bumi, memberikan wawasan tentang asal usul dan perkembangan kehidupan.

Geologi dan Astronomi adalah disiplin IPA yang mempelajari bumi dan ruang angkasa. Geologi berfokus pada struktur, komposisi, dan proses yang membentuk bumi, termasuk studi tentang batuan, mineral, vulkanisme, gempa bumi, dan sejarah geologis planet kita. Astronomi, di sisi lain, mempelajari benda-benda langit seperti bintang, planet, komet, dan galaksi, serta fenomena kosmologis seperti *black holes* dan *dark matter*. Kedua disiplin ini memberikan pemahaman tentang tempat kita di alam semesta dan proses-proses alam yang mempengaruhi bumi dan lingkungan sekitar kita.

Ruang lingkup IPA sangat luas dan beragam karena mencakup segala sesuatu dari partikel sub-atomik hingga galaksi yang keseluruhannya dipelajari melalui pengamatan, eksperimen, dan analisis. Namun luasnya IPA tidak akan jauh dari tujuannya yaitu untuk mengungkap prinsip-prinsip dasar yang mengatur alam semesta dan memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang dunia di sekitar kita. Menurut Sulistyorini (2007) melalui pembelajaran IPA kita dapat memahami lingkungan sekitar, mengembangkan keterampilan untuk memperoleh ilmu melalui proses atau metode ilmiah dan membangun sikap ilmiah dalam memahami lingkungan dan menyelesaikan masalah yang dihadapi. Mempelajari IPA tidak hanya memperkaya wawasan kita tetapi juga mendorong inovasi teknologi dan solusi praktis untuk tantangan yang dihadapi oleh umat manusia.

1.3 Metode Ilmiah dalam Ilmu Pengetahuan Alam

Metode ilmiah adalah pendekatan sistematis yang digunakan dalam ilmu pengetahuan untuk menjelaskan fenomena alam (Barus, Rosiqoh and Suhendi, 2020). Metode ini melibatkan serangkaian langkah yang membantu peneliti mengembangkan pengetahuan yang dapat diandalkan dan dapat diverifikasi. Metode ilmiah juga dilakukan dengan pendekatan sistematis yang digunakan oleh para ilmuwan untuk mengeksplorasi fenomena alam, memperoleh pengetahuan baru, dan memverifikasi atau menyangkal teori-teori yang ada. Dalam konteks Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), metode ilmiah merupakan fondasi yang memungkinkan peneliti untuk menguji hipotesis dan memperoleh kesimpulan yang dapat diandalkan. Buku IPA yang mengulas metode ilmiah akan memandu pembaca melalui langkah-langkah penting yang terlibat dalam proses penelitian ilmiah, mulai dari pengamatan hingga publikasi hasil. Untuk lebih jelasnya terlihat seperti pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Konsep Lingkaran Metode Ilmiah

Berikut adalah langkah-langkah utama dalam metode ilmiah:

1. Observasi

Langkah pertama adalah mengamati fenomena yang ingin dipelajari. Observasi ini dapat dilakukan secara langsung atau melalui data yang dikumpulkan dari berbagai sumber.

2. Pertanyaan

Berdasarkan observasi, peneliti mengajukan pertanyaan yang spesifik tentang fenomena tersebut. Pertanyaan ini biasanya berkaitan dengan bagaimana atau mengapa fenomena itu terjadi

3. Hipotesis

Peneliti kemudian merumuskan hipotesis, yaitu dugaan sementara atau jawaban sementara terhadap pertanyaan

yang diajukan. Hipotesis ini harus dapat diuji melalui eksperimen atau pengamatan lebih lanjut.

4. Eksperimen

Untuk menguji hipotesis, peneliti merancang dan melakukan eksperimen. Eksperimen ini harus dirancang sedemikian rupa sehingga variabel yang diteliti dapat dikontrol dan hasilnya dapat diukur dengan akurat.

5. Analisis Data

Setelah eksperimen dilakukan, data yang diperoleh dianalisis untuk menentukan apakah hasilnya mendukung atau menolak hipotesis. Analisis ini sering melibatkan penggunaan statistik.

6. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data, peneliti menarik kesimpulan tentang apakah hipotesis awal didukung atau tidak. Jika hipotesis didukung, peneliti mungkin menerbitkan temuan mereka; jika tidak, mereka mungkin perlu merumuskan hipotesis baru dan melakukan eksperimen tambahan.

7. Publikasi

Hasil penelitian biasanya dipublikasikan dalam jurnal ilmiah sehingga peneliti lain dapat meninjau, mereplikasi, atau mengkritik temuan tersebut. Publikasi ini penting untuk verifikasi dan validasi oleh komunitas ilmiah yang lebih luas.

8. Replikasi

Langkah terakhir adalah replikasi, di mana penelitian yang sama dilakukan oleh peneliti lain untuk memastikan bahwa hasilnya konsisten dan dapat diandalkan. Replikasi adalah bagian penting dari metode ilmiah karena membantu memastikan bahwa temuan tidak hanya kebetulan atau hasil dari kesalahan eksperimental.

Metode ilmiah ini merupakan fondasi dari semua ilmu pengetahuan alam, termasuk fisika, kimia, biologi, dan geologi. Dengan mengikutilah langkah-langkah ini, ilmuwan dapat mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang

dunia di sekitar kita dan membuat penemuan yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang kehidupan.

1.4 Aplikasi Ilmu Pengetahuan Alam

Penemuan-penemuan dalam bidang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) telah secara signifikan mendorong inovasi teknologi yang mendasar, membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan. Berikut ini penjelasan detail tentang dampak penemuan-penemuan tersebut dalam bidang kesehatan, transportasi, komunikasi, energi, serta pengelolaan dan konservasi sumber daya alam.

1. Kesehatan

Kemajuan dalam biologi dan kedokteran telah merevolusi bidang kesehatan. Teknik pencitraan medis seperti MRI dan CT scan, yang dikembangkan dari prinsip-prinsip fisika, telah meningkatkan kemampuan diagnosis dan pemantauan kondisi medis secara drastis. Penemuan struktur DNA oleh James Watson dan Francis Crick pada tahun 1953 membuka jalan bagi bioteknologi modern, termasuk rekayasa genetika dan terapi gen. Perkembangan obat-obatan berbasis biologi, seperti antibodi monoklonal, telah meningkatkan kemampuan kita dalam mengobati berbagai penyakit, termasuk kanker dan penyakit autoimun. Teknologi seperti CRISPR-Cas9, yang memungkinkan pengeditan gen yang presisi, telah mengubah cara kita menangani penyakit genetik (Smith & Doe, 2020; Johnson & Wang, 2019).

2. Transportasi

Ilmu fisika dan teknik telah menjadi dasar bagi inovasi besar dalam transportasi. Penemuan mesin uap pada abad ke-18 oleh James Watt memicu Revolusi Industri, memungkinkan pengembangan kereta api dan kapal uap yang mempercepat perjalanan dan pengiriman barang (Brown, 2019). Pada abad ke-20, penerapan prinsip-prinsip aerodinamika memungkinkan pengembangan pesawat terbang, yang merevolusi perjalanan jarak jauh dan transportasi global (Smith, 2020). Lebih baru lagi, penelitian dalam teknologi baterai dan motor listrik telah

mendorong perkembangan kendaraan listrik, yang menjanjikan transportasi yang lebih bersih dan efisien energi (Green, 2021).

3. Komunikasi

Penemuan di bidang fisika juga telah merevolusi cara kita berkomunikasi. Teori elektromagnetisme yang dikembangkan oleh James Clerk Maxwell dan Heinrich Hertz membuka jalan bagi teknologi radio dan telekomunikasi. Penemuan transistor oleh John Bardeen, Walter Brattain, dan William Shockley pada tahun 1947 menjadi dasar bagi semua elektronik modern, termasuk komputer dan perangkat komunikasi. Ilmu komputer dan matematika memungkinkan pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak canggih, seperti komputer, *smartphone*, dan sistem komputasi awan, yang memudahkan komunikasi dan pemrosesan data dalam skala besar. Teknologi jaringan memungkinkan konektivitas internet yang cepat dan luas, memfasilitasi komunikasi global dan akses informasi dalam waktu nyata (Chen & Brown, 2020; Williams & Patel, 2019).

4. Energi dan Lingkungan

Penelitian dalam bidang kimia dan fisika telah memajukan teknologi energi secara signifikan. Penemuan proses fotosintesis buatan dan peningkatan teknologi sel surya telah membuat energi surya menjadi sumber energi yang lebih efisien dan terjangkau. Penemuan reaksi fusi nuklir, meskipun masih dalam tahap penelitian, menjanjikan sumber energi yang hampir tidak terbatas dan bersih. Selain itu, kemajuan dalam teknologi penyimpanan energi, seperti baterai lithium-ion, telah memungkinkan penyimpanan energi yang lebih efisien, yang sangat penting untuk energi terbarukan seperti angin dan surya. Selain itu, teknologi pengelolaan lingkungan seperti sensor kualitas udara dan air serta sistem pengolahan limbah canggih memungkinkan identifikasi dan pengelolaan sumber polusi." (Green & Hall, 2018; Roberts & Adams, 2021).

5. Pengelolaan dan Konservasi Sumber Daya Alam

IPA juga memberikan dasar yang kuat untuk pengelolaan dan konservasi sumber daya alam. Studi tentang ekosistem dan keanekaragaman hayati membantu kita memahami pentingnya setiap spesies dalam menjaga keseimbangan ekosistem (Wilson, 2016). Penelitian tentang siklus karbon dan gas rumah kaca memberikan wawasan penting tentang perubahan iklim dan cara mengurangi dampaknya (Smith & Brown, 2018). Teknik pemetaan dan penginderaan jauh memungkinkan pemantauan perubahan lingkungan secara real-time, yang sangat penting dalam konservasi hutan dan habitat satwa liar (Roberts & Adams, 2019). Dengan pengetahuan ini, kebijakan lingkungan yang lebih efektif dan berkelanjutan dapat dikembangkan untuk menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan kehilangan keanekaragaman hayati.

6. Pertanian dan Pangan

Ilmu pengetahuan alam memainkan peran penting dalam meningkatkan hasil pertanian dan ketahanan pangan melalui bioteknologi. Pengembangan tanaman transgenik yang lebih tahan terhadap hama, penyakit, dan kondisi cuaca ekstrem membantu meningkatkan produksi pangan. Teknologi pertanian presisi seperti GPS, sensor tanah, dan drone digunakan untuk memantau kondisi tanaman dan tanah, mengoptimalkan penggunaan air dan pupuk, serta meningkatkan efisiensi produksi (Anderson & Liu, 2018; Thompson & Kim, 2021).

1.5 Perkembangan IPA dan Tantangan Masa Depan

Ilmu pengetahuan alam telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa dekade terakhir, membuka jalan bagi inovasi-inovasi yang mengubah berbagai aspek kehidupan manusia. Dari kemajuan dalam teknologi medis yang memungkinkan diagnosis dan perawatan penyakit yang lebih efektif, hingga perkembangan teknologi energi terbarukan yang berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim, ilmu pengetahuan alam terus menunjukkan relevansinya dalam menyelesaikan masalah-masalah global. Penerapan prinsip-prinsip dasar fisika, kimia, dan biologi tidak

hanya memperkaya pemahaman kita tentang alam semesta, tetapi juga mendorong terciptanya teknologi baru yang meningkatkan kualitas hidup. Namun, meskipun telah banyak pencapaian, tantangan-tantangan baru terus muncul, menuntut inovasi dan penelitian berkelanjutan.

Tantangan masa depan dalam ilmu pengetahuan alam mencakup isu-isu kritis seperti perubahan iklim, hilangnya keanekaragaman hayati, dan kebutuhan akan sumber daya energi yang berkelanjutan. Penelitian dalam bidang ini perlu terus beradaptasi dan berkembang untuk mengatasi masalah-masalah ini secara efektif. Selain itu, tantangan-tantangan etis dan sosial juga muncul seiring dengan perkembangan teknologi, seperti kecerdasan buatan dan rekayasa genetika, yang memerlukan regulasi dan kebijakan yang hati-hati untuk memastikan manfaatnya dapat dinikmati tanpa mengorbankan nilai-nilai kemanusiaan. Dengan terus berinvestasi dalam ilmu pengetahuan alam dan menjalin kolaborasi global, kita dapat berharap untuk menemukan solusi inovatif yang tidak hanya mengatasi tantangan masa kini tetapi juga mempersiapkan kita untuk menghadapi tantangan masa depan.

1.5.1 Tren Terkini dalam Ilmu Pengetahuan Alam

Penelitian interdisipliner menjadi tren utama dalam ilmu pengetahuan alam, mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu seperti teknologi informasi, ilmu sosial, dan kedokteran. Pendekatan ini memungkinkan pemecahan masalah yang kompleks dengan cara yang lebih holistik. Misalnya, kolaborasi antara ahli biologi dan insinyur teknologi informasi telah menghasilkan algoritma yang dapat memprediksi pola penyebaran penyakit menular, menggabungkan data biologis dan analitik data besar untuk mengembangkan model yang lebih akurat dan efektif.

Teknologi nano telah membuka peluang baru dalam berbagai bidang, termasuk kedokteran, elektronik, dan material science. Nanoteknologi memungkinkan manipulasi materi pada skala atom dan molekul, menghasilkan produk yang lebih efisien dan canggih. Dalam kedokteran, misalnya, nanopartikel digunakan untuk pengiriman obat yang lebih tepat sasaran,

mengurangi efek samping dan meningkatkan efektivitas pengobatan. Di bidang elektronik, nanoteknologi memungkinkan pembuatan perangkat yang lebih kecil dan lebih cepat, sedangkan dalam material science, bahan nano-komposit menawarkan kekuatan dan keuletan yang lebih baik dibandingkan material konvensional.

Kemajuan dalam bioteknologi dan genetika, termasuk teknologi CRISPR untuk penyuntingan gen, telah memungkinkan pemahaman dan pengelolaan penyakit genetik, peningkatan hasil pertanian, dan produksi bahan biologis baru. Teknologi CRISPR, misalnya, telah digunakan untuk memperbaiki mutasi genetik yang menyebabkan penyakit tertentu, memberikan harapan baru bagi pengobatan penyakit genetik yang sebelumnya dianggap tidak dapat disembuhkan. Selain itu, bioteknologi juga berperan penting dalam pengembangan tanaman yang lebih tahan terhadap hama dan kondisi lingkungan ekstrem, meningkatkan ketahanan pangan global.

Kecerdasan buatan (AI: *Artificial Inteligent*) dan pembelajaran mesin (*machine learning*) juga menjadi tren signifikan dalam ilmu pengetahuan alam. AI dan pembelajaran mesin digunakan untuk menganalisis data besar (big data) dalam berbagai penelitian ilmiah, mempercepat penemuan obat, dan memprediksi perubahan iklim. Algoritma pembelajaran mesin dapat menganalisis jutaan data dalam waktu singkat, memberikan wawasan baru yang sebelumnya sulit diperoleh dengan metode konvensional. Misalnya, dalam penemuan obat, AI dapat menyaring ribuan senyawa untuk menemukan kandidat potensial yang efektif melawan penyakit tertentu.

Penelitian dan pengembangan sumber energi terbarukan seperti matahari, angin, dan bioenergi menjadi fokus utama untuk mengatasi krisis energi dan mengurangi emisi karbon. Inovasi dalam teknologi panel surya dan turbin angin, misalnya, telah meningkatkan efisiensi konversi energi, membuat sumber energi terbarukan lebih kompetitif dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Selain itu, penelitian dalam bioenergi berupaya untuk memanfaatkan limbah organik sebagai sumber energi,

mengurangi beban lingkungan dan menyediakan solusi energi yang berkelanjutan.

1.5.2 Inovasi Teknologi dan Dampaknya

Kemajuan dalam teknologi informasi dan komunikasi telah membawa dampak besar pada dunia penelitian ilmiah. Dengan adanya teknologi ini, ilmuwan dari berbagai belahan dunia dapat berkolaborasi dan berbagi data secara real-time, yang mempercepat proses penemuan dan inovasi. Selain itu, teknologi ini juga memungkinkan penggunaan pemodelan dan simulasi yang lebih canggih dalam penelitian ilmiah, sehingga meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam menganalisis data kompleks. Sebagai contoh, pemodelan iklim global yang lebih rinci dan simulasi proses molekuler kini dapat dilakukan dengan lebih mudah, yang pada akhirnya memperkaya pemahaman kita tentang fenomena alam.

Penggunaan robotika dan otomatisasi dalam penelitian laboratorium juga telah membawa perubahan signifikan. Robot dan sistem otomatis kini dapat melakukan eksperimen dengan tingkat akurasi dan konsistensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan manusia, sehingga mengurangi risiko kesalahan dan meningkatkan *reproducibility* hasil penelitian. Misalnya, dalam bioteknologi, robot dapat digunakan untuk melakukan pipetting dengan presisi tinggi, sementara dalam kimia, otomatisasi memungkinkan sintesis bahan kimia dengan cara yang lebih efisien dan aman.

Penemuan material baru seperti graphene dan bahan komposit canggih telah membuka jalan bagi inovasi di berbagai sektor industri. Graphene, dengan kekuatan dan konduktivitas listriknya yang luar biasa, telah diaplikasikan dalam pembuatan baterai yang lebih efisien, layar sentuh yang lebih tahan lama, dan banyak lagi. Sementara itu, bahan komposit yang ringan namun kuat telah mengubah cara kita membangun dan waktu pemulihan pasien. Pengobatan personalisasi, yang memanfaatkan data genetika dan biometri pasien, kini semakin berkembang, memberikan perawatan yang lebih efektif dan

tepat sasaran. Semua inovasi ini secara signifikan meningkatkan kualitas perawatan kesehatan dan harapan hidup manusia.

Pengembangan teknologi untuk pemantauan dan pengelolaan lingkungan juga menjadi fokus utama dalam upaya menjaga kesehatan ekosistem. Sensor kualitas udara dan air, serta teknologi pengolahan limbah yang lebih efisien, membantu mengurangi dampak negatif aktivitas manusia terhadap lingkungan. Misalnya, sensor kualitas udara dapat mendeteksi polutan secara real-time, memungkinkan tindakan pencegahan yang lebih cepat dan efektif. Teknologi pengolahan limbah yang lebih baik juga membantu dalam mendaur ulang dan mengurangi limbah yang mencemari lingkungan.

1.5.3 Peran IPA dalam Tantangan Global

Ilmu pengetahuan alam memainkan peran krusial dalam mengatasi berbagai tantangan global yang dihadapi saat ini. Perubahan iklim, yang dipicu oleh peningkatan emisi gas rumah kaca, merupakan salah satu tantangan terbesar. Ilmu pengetahuan alam menawarkan solusi melalui pengembangan teknologi energi terbarukan, peningkatan efisiensi energi, dan teknik penangkapan serta penyimpanan karbon. Dengan memanfaatkan pengetahuan di bidang fisika, kimia, dan ilmu lingkungan, para ilmuwan dapat merancang sistem energi yang lebih bersih dan efektif dalam mengurangi dampak perubahan iklim.

Keanekaragaman hayati juga sangat terpengaruh oleh ilmu pengetahuan alam. Hilangnya keanekaragaman hayati akibat deforestasi, perburuan liar, dan perubahan habitat mengancam ekosistem global. Ilmu pengetahuan alam, melalui studi ekologi dan biologi konservasi, membantu memahami dinamika ekosistem dan spesies yang terancam. Solusi seperti konservasi habitat, rehabilitasi ekosistem, dan pembentukan kawasan lindung dikembangkan berdasarkan penelitian ilmiah yang mendalam. Pengetahuan ini memungkinkan upaya konservasi yang lebih terarah dan efektif dalam melindungi keanekaragaman hayati.

Masalah polusi, kelangkaan air, dan ketahanan pangan juga erat kaitannya dengan ilmu pengetahuan alam. Polusi udara, air, dan

tanah dari aktivitas industri dan perkotaan mempengaruhi kesehatan manusia dan lingkungan. Ilmu kimia dan teknologi lingkungan menyediakan solusi melalui teknologi pengolahan limbah, pengurangan emisi, dan penggunaan bahan ramah lingkungan. Sementara itu, kelangkaan air bersih dapat diatasi dengan teknologi desalinasi, pemanenan air hujan, dan pengelolaan sumber daya air yang lebih efisien, yang semuanya merupakan hasil dari penelitian ilmiah di bidang hidrologi dan teknik lingkungan. Ketahanan pangan, yang semakin kritis dengan pertumbuhan populasi global, dapat ditingkatkan melalui bioteknologi, pengembangan varietas tanaman tahan penyakit, dan teknik pertanian berkelanjutan. Semua solusi ini menunjukkan betapa pentingnya ilmu pengetahuan alam dalam menemukan dan menerapkan inovasi untuk mengatasi tantangan lingkungan dan sosial yang kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- AAAS. 2020. *Science and Technology Policy*. Diakses dari <https://www.aaas.org/topics/science-technology-policy>.
- Anderson, R., & Liu, Q. 2018. *Agricultural Biotechnology: Enhancing Crop Yields*. *Agricultural Science*.
- Barus, C.S.A., Rosiqoh and Suhendi, E. (2020) 'Identifying scientific critical thinking skills of high school students on the static fluid', *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(2), pp. 0–7. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022047>.
- Brown, J. 2019. *The Impact of Steam Engine Technology on Industrial Growth*. *Industrial Revolution Journal*.
- Chen, Y., & Brown, M. 2020. *Innovations in Computing and Data Processing*. *Computer Science Review*.
- Green, L. 2021. *The Evolution of Electric Vehicles: Batteries and Beyond*. *Energy Efficiency Journal*.
- Green, T., & Hall, S. 2018. *Renewable Energy Technologies and Their Impact*. *Energy Journal*.
- Jenkins, E. W., & Nelson, N. J. 2005. *Natural Sciences Education and The University*. Springer.
- Johnson, L., & Wang, P. 2019. *Molecular Biology and Biotechnology: Breakthroughs in Therapy*. *Biotech Review*.
- Jujun S.Suriasumantri. 2009. *Filsafat Ilmu*, Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- National Academy of Sciences. 2020. *Understanding Science: How Science Really Works*. Diakses dari <https://www.nationalacademies.org/>.
- Roberts, D., & Adams, K. 2019. *Remote Sensing and Environmental Monitoring*. *Environmental Management Journal*.
- Roberts, K., & Adams, J. 2021. *Environmental Monitoring and Waste Management*. *Environmental Science*.
- Samatowa, Usman. 2006. *Bagaimana Membelajarkan IPA di Sekolah Dasar*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Smith, J., & Doe, A. 2020. *Advances in Medical Imaging Technology*. *Journal of Medical Technology*.

- Smith, P., & Brown, J. 2018. *Carbon Cycles and Climate Change Mitigation. Climate Science Review.*
- Smith, R. 2020. *Advances in Aerodynamics and Their Role in Modern Aviation. Aerospace Technology Review.*
- Sulistiyorini, Sri & Suparton. 2007. Model Pembelajaran IPA Sekolah Dasar dan Penerapannya dalam KTSP. Yogyakarta: Tiara Wacana.
- Thompson, B., & Kim, J. 2021. *Precision Agriculture: Technologies and Applications. Journal of Agricultural Technology.*
- Williams, R., & Patel, D. 2019. *Cybersecurity and Cryptography in the Digital Age. Information Security Journal.*
- Wilson, E. O. 2016. *Biodiversity and Ecosystem Services. Journal of Ecology.*

BAB 2

FISIKA: MEMBEDAH HUKUM ALAM

Oleh Eka Sriwahyuni

2.1 Pendahuluan

Fisika adalah ilmu yang mempelajari sifat dan fenomena alam semesta dari yang terkecil, seperti partikel subatomik, hingga yang terbesar, seperti galaksi dan struktur kosmos. Dalam usaha untuk memahami alam semesta, fisika menggunakan pendekatan teoritis dan eksperimental untuk mengungkap hukum-hukum dasar yang mengatur segala sesuatu. Hukum-hukum ini tidak hanya memberikan penjelasan tentang bagaimana alam bekerja, tetapi juga memungkinkan kita untuk membuat prediksi yang akurat tentang fenomena yang belum kita amati.

Fisika adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang mempelajari sifat dasar dari materi dan energi serta interaksi di antara keduanya. Sebagai ilmu yang membedah hukum-hukum alam dunia, fisika bertujuan untuk memahami dan menjelaskan fenomena alam yang terjadi di sekitar kita, dari skala mikroskopis hingga makroskopis.

Sejak zaman kuno, manusia telah berusaha untuk memahami fenomena alam seperti gerakan benda langit, perubahan musim, dan sifat dasar cahaya. Upaya ini melahirkan berbagai teori dan hukum yang kemudian dibuktikan melalui eksperimen dan observasi. Fisika modern, dengan fondasi yang kuat pada matematika dan metode ilmiah, melanjutkan tradisi ini dengan lebih sistematis dan terstruktur.

Fisika dapat dibagi menjadi dua kategori besar: fisika klasik dan fisika modern. Fisika klasik mencakup studi tentang mekanika, termodinamika, dan elektromagnetisme, yang sebagian besar berdasarkan pada penemuan dan teori yang dikembangkan sebelum abad ke-20. Hukum gerak Newton dan hukum kekekalan energi adalah contoh dari konsep-konsep fisika klasik yang masih relevan dan digunakan hingga saat ini.

Fisika modern, di sisi lain, mencakup teori-teori yang dikembangkan pada abad ke-20 dan seterusnya, seperti teori relativitas dan mekanika kuantum (Maxwell, 2009). Albert Einstein dan Max Planck adalah beberapa tokoh kunci yang mengembangkan konsep-konsep ini, yang memungkinkan pemahaman lebih dalam tentang fenomena alam yang tidak dapat dijelaskan oleh fisika klasik, seperti perilaku partikel subatomik dan efek relativistik pada kecepatan tinggi.

Fisika menggabungkan pendekatan teoritis dan eksperimental dalam upayanya untuk membedah hukum-hukum alam. Pendekatan teoritis melibatkan penggunaan matematika dan model konseptual untuk merumuskan hukum dan prediksi tentang fenomena alam. Sebaliknya, pendekatan eksperimental melibatkan pengujian dan verifikasi teori-teori ini melalui eksperimen dan observasi langsung. Kedua pendekatan ini saling melengkapi. Teori-teori yang dikembangkan melalui pendekatan teoritis dapat diujikan melalui eksperimen, dan hasil-hasil eksperimen dapat memberikan wawasan baru yang kemudian dikembangkan menjadi teori baru atau penyempurnaan teori yang sudah ada.

Fisika sebagai ilmu yang membedah hukum alam dunia adalah upaya berkelanjutan untuk memahami dan menjelaskan fenomena alam. Dengan menggabungkan pendekatan teoritis dan eksperimental, fisika telah mengungkap berbagai prinsip dasar yang mengatur alam semesta. Dampaknya yang luas dalam teknologi, kedokteran, dan solusi masalah global menunjukkan pentingnya fisika dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai ilmu yang terus berkembang, fisika akan terus memainkan peran kunci dalam kemajuan pengetahuan dan teknologi.

2.2 Fisika sebagai Hukum Alam

Hukum ilmiah atau hukum sains, suatu pernyataan yang didasarkan pada pengamatan eksperimental yang menjelaskan beberapa kejadian alam. Hukum fisika ialah generalisasi ilmiah berdasarkan pada pengamatan empiris. Hukum alam ialah kesimpulan yang diambil dari, atau hipotesis yang ditegaskan oleh eksperimen ilmiah. Penciptaan deskripsi ringkas alam dalam bentuk sejumlah hukum ialah tujuan fundamental sains.

Konsep bahwa alam diatur oleh hukum-hukum fisika dalam sifat-sifat dan aktivitasnya telah menerima rumusan eksplisit hanya dalam sains modern, tetapi berakar pada gagasan-gagasan yang telah terbentuk secara bertahap melalui pengalaman manusia. Pandangan animistik tentang alam yang dianut oleh masyarakat primitif, melalui refleksi dan pengamatan, telah memberi tempat kepada konsep rasional dan filosofis tentang realitas fisik, dan tentang peristiwa-peristiwa alam, sebagai rangkaian teratur sebab dan akibat. Rasionalisasi konsep alam ini telah dikembangkan lebih lanjut oleh pengamatan astronomis terhadap pergerakan bintang-bintang dan oleh pengembangan seni teknis yang melibatkan konstruksi instrumen dan mesin yang mewujudkan aplikasi dasar matematika (Kuhn, 1970). Dalam kemajuan-kemajuan ini, seseorang sudah dapat mendeteksi bayangan hukum-hukum fisika dalam pengertian modern.

Konsepsi matematika tentang alam masuk ke dalam filsafat bersama Pythagoras dan pengikut Pythagoras, dan bersama Plato, yang mengajarkan bahwa Tuhan bertindak sebagai ahli geometri di dunia. Bagi Aristoteles, keberadaan hukum fisika memiliki dasar yang lebih kuat dalam konsepsinya tentang alam sebagai prinsip aktif gerak dan diam dalam benda. Selain itu, Aristoteles membedakan peristiwa di langit dari peristiwa di bumi, yang pertama diatur oleh hukum yang mutlak diperlukan yang tidak mengakui pengecualian, yang terakhir meskipun tunduk pada hukum alam yang pasti dan tidak hanya pada kebetulan mengakui pengecualian dan dengan demikian memberi ruang bagi peristiwa yang kebetulan (Newton, 1934).

Setelah Aristoteles, filsafat dan khususnya filsafat skolastik melestarikan dan mengembangkan konsep alam Aristoteles, sambil menguatkan analisis filosofisnya dengan konsepsi dunia yang diajukan dalam Alkitab. Kitab Suci menggambarkan alam semesta sebagai karya kebijaksanaan dan kemahakuasaan Allah Sang Pencipta, yang oleh-Nya segala sesuatu diatur menurut ukuran, jumlah, dan berat. Menurut St. Thomas Aquinas, karena segala sesuatu yang tunduk pada kekuasaan ilahi diatur dan diukur, jelaslah bahwa segala sesuatu mengambil bagian dari hukum abadi dalam beberapa cara yaitu karena hukum itu ditekankan kepada

mereka, mereka memiliki kecenderungan untuk tindakan dan tujuan mereka sendiri. Dan partisipasi hukum abadi ini dalam makhluk rasional disebut hukum alam. Namun, dalam makhluk irasional, (hukum abadi) tidak dibagikan secara rasional; jadi hukum itu tidak dapat disebut hukum kecuali melalui kesamaan. Jadi, semua makhluk hidup memiliki kecenderungan alamiah yang telah ditentukan oleh Sang Pencipta untuk mencapai tujuan mereka masing-masing, yang kita sebut sebagai hukum alam (Northrop, 1931).

Dengan demikian dalam pemikiran kuno dan abad pertengahan, keabsahan sifat fisik sudah dinyatakan dengan jelas, dan para pendiri ilmu pengetahuan modern, terutama Galileo dan Isaac Newton jelas menyadari kesinambungan pemikiran mereka dengan tradisi filsafat sebelumnya (Čapek, 1961).

Dalam perumusan suatu undang-undang, ada dua aspek yang hampir selalu berperan. Yang pertama adalah aspek induktif yang berkaitan dengan observasi. Yang kedua adalah aspek deduktif, terkait dengan teori atau serangkaian prinsip yang digunakan seseorang untuk menafsirkan apa yang terjadi. Contohnya adalah perumusan “hukum gravitasi” dalam “teori gravitasi” tertentu, atau “hukum perambatan cahaya” dalam “teori elektromagnetik”, misalnya seperti yang dijelaskan oleh persamaan Maxwell. Terkadang sulit untuk membedakan kedua aspek ini. Misalnya, kita berbicara tentang tiga hukum, tetapi juga tentang tiga “prinsip” dinamika, termodinamika, dll. Bahkan pada periode awal pengembangan metode ilmiah, F. Bacon dan kemudian R. Descartes menggunakan istilah hukum untuk menandakan prinsip dan hubungan fungsional. Namun demikian, istilah prinsip, sama seperti istilah matematika “teorema”, lebih sering digunakan untuk menggambarkan suatu sistem yang bersifat hipotetis/konseptual (misalnya, prinsip D'Alembert atau Hamilton dalam mekanika, atau prinsip teorema konservasi), sedangkan istilah hukum selalu menyiratkan upaya untuk mengatur atau menggambarkan pengamatan eksperimental (Lieb & Yngvason, 1999).

Fisika klasik menggunakan sejumlah besar hukum yang telah menjadi bagian dari terminologi standar. Mulai dari tiga hukum orbit planet Kepler hingga hukum Coulomb, Ohm, dan

Faraday untuk fenomena listrik, dari hukum statistik seperti gas ideal dan hukum peningkatan entropi, hingga hukum fisika matematika seperti hukum Gauss. Dalam optik, kita berbicara tentang hukum Fresnel dan Huygens, dan dalam dinamika fluida, tentang hukum Navier-Stokes dan Bernoulli. Dalam kosmologi, terdapat hukum Hubble yang mengatur perluasan alam semesta dan hukum periode-luminositas untuk bintang Cepheid (bintang yang periode denyutnya sangat bergantung pada luminositas intrinsiknya). Dengan bantuan yang terakhir, yang ditemukan oleh Nona H. Leavitt, untuk pertama kalinya para astronom berhasil menetapkan skala jarak yang melampaui batas galaksi kita. Dalam mekanika kuantum, penggunaan kata “hukum” tidak ditinggalkan. Hukum Planck (yang mengatur radiasi benda hitam) digunakan, begitu pula hukum statistik seperti hukum Fermi yang ditemukan oleh Dirac serta hukum Bose yang ditemukan oleh Einstein, yang menjelaskan distribusi energi suatu gas dari berbagai kelas partikel, yaitu, fermion (yang elektronnya paling dikenal) dan boson (seperti foton) (Dilworth, 1994).

Konsep hukum, bagaimanapun diterapkan dalam disiplin ilmu selain fisika dan astronomi. Dalam kimia, kita berbicara tentang hukum oksidasi dan reduksi serta hukum elektrolisis. Biologi mengacu pada hukum Mendel mengenai transmisi sifat-sifat yang diturunkan. Bahkan terdapat hukum dalam disiplin ilmu seperti ekonomi, yang paling terkenal adalah hukum penawaran dan permintaan. Mengenai ilmu-ilmu sosial, sosiolog telah mempelajari keberadaan hukum-hukum tertentu dalam upaya untuk menggambarkan dan memprediksi perilaku, tren, dan reaksi masyarakat terhadap keadaan lingkungan dan ekonomi tertentu. Hukum-hukum ini haruslah bersifat statistik, karena hukum-hukum tersebut berusaha untuk menggambarkan fenomena sosiologis dalam skala besar dan secara keseluruhan. Hukum-hukum ini tidak dapat menggambarkan perilaku bebas seseorang karena perilaku seseorang tidak dapat diprediksi secara ilmiah. Justru keberadaan kehendak bebas manusialah yang membatasi penerapan hukum dalam bidang perilaku manusia dan menjadikan hukum sosiologi dan ekonomi sangat berbeda dengan hukum ilmu pengetahuan alam. Teori atau disiplin ilmu apa pun yang mengklaim mampu

mendesripsikan seluruh fenomena manusia secara mendalam dan deterministik melalui penggunaan hukum mendukung pandangan yang memandang reaksi psikologis dan sosial sebagai konsekuensi penting dari pengondisian yang seharusnya menjadi subjek individu. Pandangan seperti ini mengandung visi reduksionis yang implisit, atau bahkan penolakan besar-besaran terhadap kehendak bebas.

Hukum alam adalah prinsip dasar yang mengatur perilaku alam semesta. Hukum-hukum ini adalah aturan atau pola yang ditemukan dalam alam yang secara konsisten diamati dan dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan matematika atau pernyataan logis. Hukum alam memberikan kerangka kerja bagi para ilmuwan untuk memahami, memprediksi, dan menjelaskan fenomena alam.

Beberapa karakteristik utama dari hukum alam adalah:

1. Universalitas: Hukum alam berlaku di mana saja dan kapan saja di alam semesta. Contohnya, hukum gravitasi berlaku baik di Bumi maupun di planet lain.
2. Konsistensi: Hukum alam selalu berlaku dengan cara yang sama tanpa pengecualian. Ini berarti pengamatan yang berulang dalam kondisi yang sama akan menghasilkan hasil yang sama.
3. Dapat Diprediksi: Dengan menggunakan hukum alam, kita dapat membuat prediksi tentang bagaimana sistem fisik akan berperilaku dalam situasi tertentu.
4. Berdasarkan Observasi dan Eksperimen: Hukum alam dirumuskan berdasarkan pengamatan empiris dan eksperimen ilmiah yang berulang-ulang.

Hukum alam memainkan peran penting dalam ilmu pengetahuan karena berbagai alasan yaitu sebagai 1) Pemahaman dan Penjelasan sebagai hukum alam memungkinkan ilmuwan untuk memahami dan menjelaskan fenomena alam. Dengan mengetahui hukum gravitasi, misalnya, kita dapat menjelaskan mengapa benda jatuh ke tanah. 2) Prediksi sebagai hukum alam memungkinkan ilmuwan untuk membuat prediksi yang akurat tentang hasil eksperimen atau fenomena alam. Misalnya, hukum gerak Newton memungkinkan kita untuk memprediksi lintasan peluru. 3) Pengembangan Teknologi sebagai pengetahuan tentang hukum

alam memungkinkan pengembangan teknologi baru. Contohnya, hukum elektromagnetisme memungkinkan pengembangan teknologi komunikasi seperti radio, televisi, dan ponsel. 4) Penyelesaian Masalah sebagai hukum alam membantu dalam penyelesaian masalah praktis dalam berbagai bidang seperti teknik, kedokteran, dan lingkungan. Misalnya, hukum termodinamika membantu insinyur merancang mesin yang lebih efisien. Dan 5) Dasar Penelitian Lanjutan sebagai hukum alam menyediakan dasar bagi penelitian ilmiah lebih lanjut. Ilmuwan menggunakan hukum-hukum ini sebagai titik awal untuk mengeksplorasi fenomena yang lebih kompleks atau kurang dipahami (Harré, 1970).

2.3 Asas Keabsahan sebagai Dasar Pengetahuan Ilmiah

Asas Keabsahan adalah prinsip fundamental yang menyatakan bahwa fenomena alam mengikuti hukum atau aturan yang konsisten dan dapat diprediksi. Asas ini menjadi landasan utama bagi pengetahuan ilmiah, memungkinkan ilmuwan untuk memahami, menjelaskan, dan memprediksi berbagai fenomena alam. Asas keabsahan dalam konteks ilmiah mengacu pada keyakinan bahwa semua peristiwa di alam semesta terjadi sesuai dengan hukum-hukum tertentu yang tetap dan dapat diidentifikasi. Ini berarti bahwa alam semesta tidak berfungsi secara acak atau kacau, melainkan mengikuti pola atau hukum yang dapat dipelajari dan dipahami melalui observasi dan eksperimen.

Mengapa Sains Berbicara tentang Hukum? Penggunaan secara luas mengenai hukum dalam sains nampaknya menunjukkan bahwa pasti ada motivasi epistemologis yang mendasarinya. Alasan mengapa gagasan hukum digunakan dalam sains adalah karena keteraturan dan stabilitas yang diamati dalam banyak fenomena alam, sejak awal, merupakan prinsip dasar di balik organisasi dan kemajuan pengetahuan ilmiah. Secara historis, hal ini dimulai dari penggunaan taksonomi (pengamatan dan klasifikasi bentuk-bentuk yang berulang) secara spontan dan meningkat, dan, khususnya, dari pengamatan langit secara naluriyah dan akhirnya sistematis. Terbit dan terbenamnya matahari, bulan, bintang-bintang, dan pergerakan periodik planet-planet di dalamnya (Merkurius dan Venus) secara

teratur, pada kenyataannya, merupakan contoh luar biasa. Langit, dengan isyaratnya menuju suatu konsep dasar, memberikan hubungan alami antara keabsahan yang dipatuhi dan otoritas ilahi. Hal ini menawarkan, antara lain, suatu kontras tertentu dengan fenomena terestrial yang keteraturannya ternyata sulit untuk dilihat dan yang perilakunya kadang-kadang dinilai berubah dan tidak menentu (Born, 1951).

Selama berabad-abad, penyelidikan ilmiah akan mempertahankan hampir tidak berubah serta kepekaan terhadap keteraturan yang masuk ke dalam dua fase penelitian ilmiah: pengamatan terhadap fenomena, dan pengulangan eksperimen. Di sisi eksperimental, pencarian keteraturan hampir selalu dikaitkan dengan pencarian hubungan timbal balik, yang tampak bagi ilmuwan dengan kedok hubungan teratur antara dua kuantitas atau lebih (yang dapat dengan mudah diubah oleh grafik menjadi ekspresi matematika) . Dengan cara ini, korelasi dapat diubah menjadi persamaan dan dengan demikian menunjukkan adanya suatu hukum.

Mengakui keberadaan prinsip hukum dan keseragaman sebagai landasan yang sangat diperlukan bagi proses pengetahuan ilmiah—sebuah prinsip yang, karena pentingnya, banyak penulis yang menyebutnya sebagai keyakinan ilmiah terhadap keteraturan alam tidak setara dengan mengasumsikan prinsip determinisme yang kaku. Menurut yang terakhir, setelah keadaan suatu sistem dan hukum-hukum yang menggambarkan perilaku besaran fisika-matematis dalam ruang dan waktu diketahui, konfigurasi sistem di masa lalu dan masa depan selalu dapat diketahui secara deterministik. Prinsip keabsahan juga harus dibedakan dengan prinsip kausalitas, yang menyatakan bahwa setiap entitas yang terbatas atau tidak tetap dalam tatanan wujud, dan setiap perubahan dalam tatanan wujud, selalu mempunyai sebab. Prinsip kausalitas mempunyai makna metafisik dan oleh karena itu jauh lebih umum: Prinsip kausalitas tidak bergantung pada apakah hukum alam itu stabil atau seragam, atau pada apakah semua akibat dapat diprediksi secara akurat berdasarkan pengetahuan tentang sebab-sebabnya. Secara khusus, pandangan dunia yang mekanistik

membuat identifikasi yang tidak beralasan antara prinsip kausalitas dan prinsip determinisme (Poincaré, 1958).

Dalam konteks mempelajari hukum alam, observasi ilmiah mengungkap adanya konstanta fisika. Masing-masing konstanta gravitasi universal, dilambangkan dengan G) secara intrinsik terkait dengan persamaan diferensial yang menggambarkan hukum fisika tertentu dan dapat diekstraksi dari konstanta integrasi biasa, ketika persamaan yang mewakili hukum ini diselesaikan dalam bentuk integralnya. Dari hukum Coulomb hingga hukum Planck, dari hukum Boltzmann hingga hukum Kirchoff, semua persamaan utama fisika mengandung konstanta-konstanta penting yang diberi nama serupa: Mereka adalah nilai-nilai tetap yang tidak ditentukan oleh formalisme fisika-matematis namun dalam arti tertentu “ditemukan oleh ilmuwan yang menemukan hukum. Jika dipilih dengan tepat dari satuan ukuran yang digunakan untuk menyatakan persamaan, banyak dari konstanta ini yang tak berdimensi; artinya, bilangan-bilangan tersebut dapat ditransformasikan ke dalam bilangan murni tanpa bergantung pada satuan yang dipilih (misalnya, detik, cm, gr, dsb.). Ada juga konstanta yang berhubungan dengan sifat stabil suatu materi seperti muatan listrik e atau massa elektron m_e . Konstanta c , yang menunjukkan kecepatan rambat cahaya dalam ruang hampa, serta empat konstanta interaksi (yang juga dapat dinyatakan sebagai bilangan tak berdimensi) dari empat gaya fundamental alam (gravitasi, elektromagnetik, nuklir lemah), dan nuklir kuat) (Jevons, 1887).

Ketertarikan terhadap konstanta alam sebagian besar muncul dari fakta bahwa konstanta tersebut tampaknya menawarkan akses terhadap semacam lapisan dasar keabsahan yang ada dalam materi, yang tidak bergantung pada formulasi khusus kita dan oleh karena itu bebas dari antropomorfisme apa pun. Demikian pula, jika bentuk matematika dari persamaan tertentu mungkin mengandung sejumlah kesewenang-wenangan, hal ini tidak berlaku untuk konstanta fisika yang terlibat. Secara keseluruhan, konstanta-konstanta alam memberikan gambaran praktis tentang dunia kita. Konstanta-konstanta tersebut saling terkait dan saling bergantung sedemikian rupa sehingga mengubah hanya satu di antaranya berarti mengubah seluruhnya secara

praktis, sehingga mengubah karakteristik keseluruhannya. dunia fisik. Keseimbangan halus yang ada antara rentang empat kekuatan fundamental, yang diatur oleh nilai numerik dari konstanta alam yang bersesuaian, merupakan salah satu alasan prinsip ketertarikan dan pengaruh Prinsip Antropis. Tidak mengherankan jika kekonstanan alam telah menarik perhatian para ilmuwan terhebat. Max Planck yang menemukan konstanta h (dinamai menurut namanya) yang mengatur skala interaksi antara semua fenomena dunia kuantum, menyatakan bahwa validitasnya tidak hanya bergantung pada ruang dan waktu, tetapi juga pada hal-hal lain. zaman dan budaya, dan dapat diperluas melampaui peradaban kita di bumi.

Singkatnya, kita dapat mengatakan bahwa prinsip keabsahan dan keteraturan jika dilihat berdasarkan perspektif hukum alam, konstanta fisika-kimia, atau sifat alami tertentu (partikel, medan, atau interaksinya), menunjukkan bahwa keberadaan bentuk di alam. Dalam perspektif yang lebih umum, kita harus mengatakan bahwa alam semesta tidak hanya terbuat dari materi, energi, atau ruang-waktu, tetapi juga informasi. Dalam istilah filosofis, interaksi dan transformasi yang mungkin terjadi di dunia nyata tidak hanya menyiratkan kausalitas yang efisien tetapi juga dan tentu saja merupakan kausalitas formal. Fakta bahwa aktivitas ilmiah terutama berkaitan dengan hal pertama dan mengabaikan hal kedua begitu saja tidak seharusnya membuat kita mengabaikan besarnya arti penting keberadaan bentuk dalam penataan alam semesta material.

Asas keabsahan adalah dasar yang memungkinkan pengetahuan ilmiah berkembang. Dengan asumsi bahwa alam semesta diatur oleh hukum-hukum yang konsisten dan dapat diprediksi, ilmuwan dapat menjelaskan fenomena, membuat prediksi yang akurat, mengembangkan teknologi baru, dan menyelesaikan berbagai masalah ilmiah dan praktis. Asas ini adalah inti dari metode ilmiah dan menjadi landasan bagi segala bentuk penelitian dan penemuan ilmiah.

2.4 Refleksi Ilmu Pengetahuan Kontemporer tentang Makna Hukum Alam

Sejak zaman Newton dan Einstein, ilmu pengetahuan kontemporer telah berkembang dengan cepat, dan terobosan yang signifikan telah dibuat dalam pemahaman kita tentang hukum alam. Hukum alam yang sebelumnya didefinisikan sebagai pernyataan tetap dan universal yang mengatur organisme dan fenomena alam sekarang dipahami sebagai prinsip dinamis yang kompleks dan saling berkaitan satu sama lain. Oleh karena itu, refleksi ini bertujuan untuk mendefinisikan hukum alam dan apa artinya bagi ilmu pengetahuan modern, melihat bagaimana konsep tersebut berubah sejak zaman Yunani kuno dan mengekstensikannya, serta mempertimbangkan.

Hukum alam yang tidak dapat direduksi menjadi kategori prinsip dan dengan demikian mengklaim status epistemologis bagi prinsip-prinsip tersebut dikemukakan oleh Henri Poincaré, meskipun dalam perspektif yang agak konvensional. J. Clerk Maxwell, Max Planck, dan Albert Einstein menawarkan visi realistik yang tegas tentang hukum alam, menekankan keyakinan mendasar pada keabsahan realitas sebagai anggapan terhadap pengetahuan ilmiah. Dengan keyakinan bahwa dunia nyata diatur oleh hukum, kata pendiri teori kuantum, fisikawan membentuk sistem konsep dan prinsip, pandangan fisik tentang dunia, yang ia kembangkan sebaik mungkin, sehingga pandangan seperti itu, yang terletak pada tingkat dunia nyata, memberinya pesan yang sama seperti yang diberikan dunia nyata. Pemahaman yang benar tentang pandangan dunia ini, menurut Einstein, mensyaratkan bahwa pendekatan induktif dan deduktif tidak dapat dipisahkan. Tugas tertinggi fisikawan adalah sampai pada hukum-hukum dasar universal yang darinya kosmos dapat dibangun melalui deduksi murni. Tidak ada jalan logis menuju undang-undang ini hanya intuisi, yang didasarkan pada pengalaman, yang dapat menjangkau mereka. Dari sudut pandang logis, hukum adalah ciptaan bebas dari kecerdasan manusia yang tidak dapat dibenarkan secara apriori, tetapi dari sudut pandang pengalaman, intuisi kita ternyata mengikuti norma-norma tertentu. (Campbell, 1920).

Beberapa fisikawan kontemporer seperti Carl von Weizsäcker, Richard Feynman, Paul Davies, dan John Barrow tampaknya mengikuti alur pemikiran ini. Mereka semua telah menekankan, meskipun dengan perspektif yang berbeda-beda, ketentuan, tujuan, dan dalam arti tertentu karakter dasar dari hukum alam. Seseorang dapat memahami cara kerja hukum-hukum alam hanya dengan memahami hukum-hukum tersebut dalam skala kosmis, yaitu hanya dengan berasumsi bahwa hukum-hukum tersebut berlaku secara universal (Poincaré, 1958).

Ilmu pengetahuan kontemporer mengakui bahwa hukum-hukum alam mungkin tidak universal dalam semua skenario, tetapi bisa bervariasi tergantung pada kondisi dan skala yang diamati. Misalnya, hukum-hukum fisika klasik berlaku pada skala makroskopik, tetapi tidak pada skala kuantum. Banyak fenomena alam tidak lagi dilihat sebagai sepenuhnya deterministik. Mekanika kuantum menunjukkan bahwa pada tingkat fundamental, peristiwa alam bersifat probabilistik. Pendekatan modern dalam ilmu pengetahuan seringkali bersifat interdisipliner, menggabungkan fisika, kimia, biologi, dan ilmu komputer untuk memahami hukum-hukum alam. Ini menciptakan perspektif yang lebih holistik.

2.5 Hukum Fisika

Hukum fisika adalah prinsip-prinsip dasar yang mengatur fenomena alam dan menjelaskan bagaimana alam semesta berfungsi. Hukum-hukum ini dirumuskan melalui pengamatan, eksperimen, dan analisis teoritis, dan menjadi landasan bagi banyak bidang dalam ilmu pengetahuan dan teknologi.

Hukum fisika adalah generalisasi ilmiah yang didasarkan pada pengamatan empiris. Ini mencakup kesimpulan yang diambil dari eksperimen ilmiah atau hipotesis. Tujuan utama sains adalah menciptakan deskripsi ringkas tentang alam dalam bentuk sejumlah hukum. Beberapa sifat umum hukum fisika meliputi:

1. Benar: Hukum fisika selalu terbukti benar berdasarkan pengamatan yang berulang.
2. Universal: Hukum berlaku di seluruh alam.
3. Sederhana: Hukum sering dinyatakan dalam persamaan matematika yang sederhana.

4. Mutlak: Hukum tidak berubah sejak pertama kali ditemukan.
5. Konservatif: Hukum sering mencerminkan simetri.
6. Berbalik dalam Waktu: Dalam mekanika klasik (non-kuantum), hukum fisika dapat berbalik dalam waktu, meskipun waktu itu sendiri tidak berulang.

Teori ilmiah memiliki banyak persamaan sifat sebagai hukum, namun umumnya lebih kompleks dari pada hukum dan memiliki banyak komponen bagian, dan lebih mungkin berubah sebagai kumpulan data percobaan yang tersedia dan pengembangan analisis. Contohnya beberapa hukum yang lebih terkenal ditemukan dalam teori mekanika klasik Isaac Newton, ada dalam bukunya *Principia Mathematica*, dan teori relativitas Albert Einstein (Northrop, 1931). Contoh hukum alam lain termasuk hukum Boyle pada gas, hukum Ohm, 4 hukum termodinamika, dll. Dalam fisika, terdapat banyak hukum yang mengatur berbagai fenomena alam. Beberapa contoh terkenal dari hukum fisika meliputi :

1. Hukum Gravitasi Newton: Menyatakan bahwa dua benda akan saling menarik dengan gaya yang berbanding lurus dengan massa mereka dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara mereka.
2. Hukum Gerak Newton: Tiga hukum yang menjelaskan hubungan antara gaya yang bekerja pada benda dan gerak benda tersebut.
3. Hukum Kekekalan Energi: Menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, hanya dapat berubah bentuk.
4. Hukum Termodinamika: Serangkaian hukum yang mengatur aliran energi dan perubahan dalam sistem fisik, seperti hukum kekekalan energi dan hukum entropi. Menyatakan kekekalan energi dalam konteks termodinamika, maupun menetapkan konsep suhu,
5. Hukum Elektromagnetisme: menguraikan interaksi antara muatan listrik dan medan listrik serta medan magnet. Hukum-hukum ini merupakan dasar dari

elektromagnetisme klasik, yang mencakup fenomena seperti listrik statis, magnetisme, dan induksi elektromagnetik

6. Hukum Relativitas yang diformulasikan oleh Albert Einstein, terdiri dari dua teori utama: Relativitas Khusus dan Relativitas Umum. Kedua teori ini mengubah secara mendasar pemahaman kita tentang ruang, waktu, gravitasi, dan gerak.

Selain hukum-hukum utama di atas, ada juga hukum-hukum lain yang lebih spesifik dalam berbagai bidang fisika, seperti hukum Snellius dalam optik, hukum Pascal dan hukum Archimedes dalam fluida, dan hukum Stefan-Boltzmann dalam radiasi termal. Dengan mempelajari hukum-hukum fisika, kita dapat mengembangkan teknologi baru, menjelaskan perilaku alam, dan terus memperdalam pengetahuan kita tentang alam semesta. Hukum-hukum fisika tidak hanya berlaku pada skala makroskopik, tetapi juga pada skala subatomik, menunjukkan betapa luasnya cakupan mereka dalam menjelaskan realitas fisik.

DAFTAR PUSTAKA

- Born, M. (1951). *Natural Philosophy of Cause and Chance*. Clarendon Press.
- Campbell, N. R. (1920). *Physics: The Elements*. Cambridge University Press.
- Čapek, M. (1961). *The Philosophical Impact of Contemporary Physics*. D. Van Nostrand.
- Dilworth, C. (1994). *The Metaphysics of Science*. Kluwer Academic Publishers.
- Harré, R. (1970). *The Principles of Scientific Thinking*. University of Chicago Press.
- Jevons, W. S. (1887). *The Principles of Science*. Macmillan.
- Kuhn, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press.
- Lieb, E. H., & Yngvason, J. (1999). The physics and mathematics of the second law of thermodynamics (Physics Reports 310 (1999) 1–96). *Physics Reports*, 314(6), 669. [https://doi.org/10.1016/s0370-1573\(99\)00029-0](https://doi.org/10.1016/s0370-1573(99)00029-0)
- Maxwell, N. (2009). The Metaphysics of Science: An Account of Modern Science in Terms of Principles, Laws and Theories. *International Studies in the Philosophy of Science*, 23(2), 228–232. <https://doi.org/10.1080/02698590903007220>
- Newton, I. (1934). *Mathematical Principles of Natural Philosophy*. University of California Press.
- Northrop, F. S. C. (1931). *Science and First Principles*. Cambridge University Press.
- Poincaré, H. (1958). *The Value of Science*. Dover Publications.

BAB 3

KIMIA MENJELAJAHI STRUKTUR DAN REAKSI MATERI

Oleh Mutia Amyranti

3.1 Pendahuluan

Ilmu pengetahuan alam memiliki ruang lingkup yang luas, salah satunya yaitu Kimia. Ilmu pengetahuan alam yang berfokus mempelajari serta meneliti mengenai struktur kemudian komposisi, selain itu juga mempelajari mengenai sifat materi termasuk perubahannya adalah Ilmu Kimia (Brady & Humiston, 1990). Ilmu kimia mencakup berbagai aspek dari skala atom dan molekul hingga skala makroskopik yang dapat kita amati secara langsung. Sebagai pusat dari ilmu alam, kimia berperan penting dalam menjelaskan berbagai fenomena alam dan proses yang terjadi di sekitar kita (Brady & Senese, 2004).

Reaksi kimia tidak bisa lepas dari ruang lingkup ilmu kimia. Proses kimia dimana melibatkan satu atau lebih zat yang dapat diubah menjadi zat baru melalui perubahan dalam susunan atom-atomnya dengan melibatkan pembentukan dan penguraian ataupun pemutusan ikatan kimia, serta dapat disertai perubahan energi disebut dengan Reaksi kimia (Missen et al., 1999). Banyak reaksi kimia yang terjadi di alam, beberapa di antaranya sudah diketahui, seperti fotosintesis pada tumbuhan dan pembentukan kabut asap serta hujan asam. Reaksi kimia memainkan peran penting dalam semua proses kimia di alam. Setiap reaksi kimia menghasilkan senyawa baru yang disebut produk, yang terbentuk dari sekumpulan senyawa asli yang disebut reaktan (Sabarni, 2014). Bab ini menjelaskan cara mengetahui kapan suatu reaksi kimia telah terjadi, cara menyatakan reaksi kimia menggunakan simbol yang disebut persamaan kimia, perhitungan apa yang dilakukan dalam suatu reaksi kimia, dan cara menggunakan reaksi kimia sebagai cara untuk menganalisis dan mensintesis senyawa (Levenspiel, 1999).

3.2 Struktur Kimia

Struktur kimia merupakan konsep fundamental dalam ilmu kimia yang mencakup penataan atom dalam molekul serta jenis dan sifat ikatan kimia yang menghubungkan atom-atom tersebut. Pemahaman tentang struktur kimia penting untuk menjelaskan sifat kimia maupun fisik zat tertentu, reaktivitas, serta cara kerja atau interaksi zat tersebut dengan system atau lingkungan (Pusat Penerjemah FSUI, 1997a). Dalam naskah ini, kita akan membahas berbagai aspek struktur kimia dan reaksi materi termasuk atom, molekul dan stoikiometri didalamnya.

3.2.1 Atom dan Molekul

Materi dapat diartikan dengan sesuatu dengan memiliki nilai massa juga dapat menempati dan memenuhi ruang. Materi bisa dalam berbagai bentuk, masing-masing memiliki sifat tersendiri (Oxtoby et al., 1987). Atom serta molekul merupakan prinsip dasar dalam ilmu kimia dengan membentuk fondasi pemahaman mengenai materi. Atom dapat diartikan dengan unit terkecil dari salah satu atau sebuah unsur yang masih dapat mempertahankan dan memiliki sifat kimia unsur tersebut, sementara molekul dapat diartikan dengan kombinasi dari gabungan dua dan atau lebih atom yang terikat secara kimia (Sabarni, 2014).

Perkembangan mengenai pemahaman Sejarah tentang atom struktur diawali pada ilmu kimia modern dengan perkembangannya. Ilmuwan atau pakar kimia yang pertama mengemukakan mengenai model atau struktur atom yaitu John Dalton, disusul oleh J.J. Hal ini secara bertahap disempurnakan oleh Thomson selanjutnya oleh Rutherford, dan kemudian disempurnakan Kembali oleh Niels Bohrsesuai dengan perkembangan Zaman pada masa tersebut. Landasan dasar pada teori atom Dalton adalah pengukuran pada kuantitatif reaksi kimia. Selanjutnya Karena model atom Dalton tidak memiliki sifat kelistrikan, Thomson membuat model atom untuk melengkapi teori Dalton mengenai atom. Thomson menyempurnakan teori Dalton bahwasannya terdapat elektron pada atom dengan bermuatan negatif, elektron tersebut ada diseluruh bagian atom yang tersebar secara merata.

Atom dianggap berbentuk bola padat dengan muatan positif. Rutherford menemukan bahwa ruang kosong merupakan sebagian besar volume atom. Dapat ditunjukkan dengan banyaknya partikel alfa yang mampu melewati lempengan emas. Partikel alfa terlihat melalui tumbukan partikel sangat keras yang kecil sekali. Rutherford menyebut partikel alfa sebagai inti atom. Hal tersebut dimaksudkan dengan adanya partikel alfa yang memiliki muatan positif, selain itu inti atom juga harus memiliki muatan positif. Ketika inti atom dan partikel alfa memiliki muatan negatif, maka terjadi gaya tarik menarik atau saling menarik antara keduanya. Pada tahun 1913, fisikawan Denmark Niels Bohr menciptakan model atom yang menunjukkan empat asumsi tentang pergerakan elektron, menunjukkan bahwa teori kuantum Planck dapat digunakan untuk memperbaiki kegagalan model atom Rutherford. (Chang, 2022).

Molekul, unit terkecil dari suatu senyawa, terdiri dari atom-atom dengan unsur-unsur yang sama sebagai contoh adalah oksigen (O_2) atau terdiri dari berbagai unsur yang berbeda seperti karbon dioksida (CO_2) (Sabarni, 2014). Molekul merupakan gabungan dari dua atau lebih atom yang berikatan secara kimia. Pada ilmu kimia, molekul memainkan peran penting dalam menentukan sifat dan reaktivitas bahan.

3.2.2 Ikatan Kimia

Di alam, elemen atau pada pembahasan ini disebut dengan materi biasanya memiliki kestabilan yang kurang, hal ini menyebabkan kecenderungan untuk dapat membentuk senyawa yang memiliki kestabilan lebih baik dan stabil. Pembentukan senyawa ini terjadi melalui ikatan kimia. Pemahaman tentang ikatan kimia penting dalam kimia dan berbagai disiplin ilmu lainnya karena memungkinkan kita untuk memprediksi dan menjelaskan reaktivitas, stabilitas, dan sifat fisik dari berbagai zat (Pusat Penerjemah FSUI, 1997b).

Ikatan kimia dalam suatu senyawa dapat bersifat ionik atau kovalen. Dalam naskah ini, kita akan membahas berbagai jenis ikatan kimia, termasuk ikatan ionik, kovalen, dan logam.

1. Ikatan Ion

Konfigurasi elektronik atom mirip dengan gas mulia karena ikatan ionik dibentuk oleh transfer elektron antar atom yang terikat. Untuk mencapai keadaan stabil, penggabungan atom satu dengan ataom yang lain dengan mentransfer elektron valensi maka dapat membentuk ikatan ionik (Zumdahl & Steven, 1989). Senyawa yang terbentuk dapat didefinisikan sebagai senyawa ionik.

Gaya tarik elektrostatis terbentuk ketika sebuah elektron dilepaskan, yang menghasilkan sebuah atom dengan muatan berlawanan. Ikatan ionik adalah gaya tarik yang menarik. Sebuah atom disebut kation jika dia mendonorkan elektron valensi pada mitra atom yang bermuatan positif, dan sebuah atom diartikan dengan anion jika dia menerima elektron bermuatan negatif. Ketika terbentuk kation, nomor golongan pada tabel periodik sesuai dengan jumlah elektron yang dilepaskan (Sunarya, 2003b). Ketika anion terbentuk, jumlah elektron yang diperoleh adalah delapan dikurangi jumlah golongan.

Tabel 3.1. Contoh Unsur Kation dan Anion

VIIA	VIA	IIA	IA
F ⁻	O ²⁻	Be ²⁺	Li ⁺
Cl ⁻	S ²⁻	Mg ²⁺	Na ⁺
Br ⁻	-	Ca ²⁺	K ⁺
I ⁻	-	Sr ²⁺	Rb ⁺

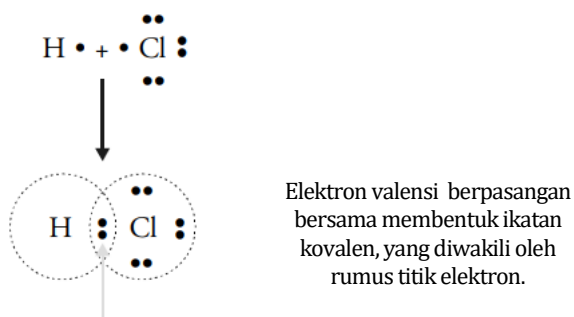
Sumber:(Sunarya, 2003b)

2. Ikatan Kovalen

Unsur yang tergolong logam dan nonlogam cenderung dapat membentuk senyawa ionik dan mencapai keadaan yang stabil dengan cara melalui transfer elektron, sehingga mencapai konfigurasi elektronik yang mirip dengan gas mulia.(Acmaad, 1991). Lewis berpendapat bahwa dengan menggunakan pasangan elektron valensi bersama,

atom yang tidak tergolong logam dapat membentuk ikatan atau berikatan dengan atom yang tidak tergolong logam lainnya. Atom bukan logam umumnya termasuk golongan VA hingga VIIA, yang berarti mereka memiliki banyak elektron valensi (5 hingga 7). Atom cenderung berkontribusi satu dengan atom yang lain untuk dapat mencapai nilai konfigurasi elektron seperti halnya pada golongan gas mulia, masing-masing atom dapat menyumbangkan elektron valensi Bersama untuk digunakan bersama. Ikatan yang dibentuk dengan berbagi pasangan elektron valensi disebut ikatan kovalen (Fogler, 1999).

Lewis menunjukkan elektron valensi ikatan kovalen dengan menggunakan rumus titik elektron. Ikatan kovalen dapat bersifat non-polar atau polar, hal tersebut tergantung dari perbedaan yang terdapat pada elektronegativitas antar atom-atom yang berikatan.



Gambar 3.1. Pembentukan Ikatan Kovalen
(Sumber : (Fogler, 1999))

3. Ikatan Logam

Ikatan logam berbeda dari ikatan kimia lainnya karena elektron di dalam kristal logam bergerak bebas. Ini disebabkan oleh gaya tarik menarik antara muatan positif ion logam dan muatan negatif elektron yang bergerak bebas. Teori samudra elektron dan teori pita adalah beberapa teori yang berusaha menjelaskan ikatan logam. Elektron valensi logam bebas bergerak ke ruang interstisial kation logam bermuatan positif dan mengisi ruang tersebut. Jika

dipengaruhi oleh medan listrik atau panas, elektron valensi dapat bergerak. Ini karena elektron ini bersifat bergerak bebas (Karyadi, 1997).

3.2.3 Stoikiometri

Untuk merancang eksperimen, mengoptimalkan proses industri, dan mengurangi pemborosan bahan kimia, stoikiometri sangat penting. Ini adalah bidang ilmu kimia yang berfokus pada menghitung dan juga mempelajari mengenai keterkaitan hubungan nilai kuantitatif pada reaktan dan produk didalam reaksi kimia. Pada penggunaan stoikiometri, dapat mencari dan juga menentukan jumlah pada reaktan yang tepat yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk kimia tertentu (Acmad, 1991).

Prinsip dasar stoikiometri termasuk "Hukum Kekekalan Massa", "Hukum Perbandingan Volume", "Hukum Perbandingan Berganda" (juga disebut sebagai hukum Dalton), "Hukum Proust", dan "Hukum Tetap" serta Hukum Perbandingan Timbal Balik Jeremias Benjamin Richter, dan Hipotesis Avogadro. Hukum kekekalan massa, yang diciptakan oleh Antoine Lavoisier, menyatakan bahwa tidak ada massa yang hilang atau muncul dalam suatu reaksi kimia; dengan kata lain, massa total reaktan sama dengan massa total produk. Hukum Dalton mengatakan bahwa dalam kasus di mana dua elemen dapat membentuk lebih dari satu senyawa, perbandingan massa salah satu elemen yang digabungkan dengan massa tetap elemen lainnya akan berupa bilangan bulat sederhana. Hukum Proust menyatakan bahwa elemen-elemen penyusun suatu senyawa kimia selalu berada dalam perbandingan massa yang tetap (Brady & Humiston, 1990). "Gas-gas yang volumenya sama, jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama, mengandung jumlah molekul yang sama" adalah premis dari "teori molekul" Avogadro. Gay Lussac, seorang pakar kimia terkenal, menemukan bahwa volume gas-gas yang terlibat dalam reaksi dan yang dihasilkan dari reaksi dapat dihitung sebagai jumlah bulat dan sederhana.

Salah satu konsep dasar stoikiometri adalah penyeimbangan persamaan reaksi kimia. Ada tiga cara untuk menyeimbangkan

persamaan reaksi: metode langsung, metode matematika, metode bilangan setengah reaksi, atau metode bilangan oksidasi. Untuk menyetarakan persamaan reaksi sederhana biasa dapat dilakukan secara langsung, namun untuk reaksi kompleks dapat dilakukan dengan menggunakan rumus eliminasi dan substitusi, dimana setiap koefisien diwakili dengan huruf . Anda juga dapat menyetarakan menggunakan metode setengah reaksi. Stoikiometri merupakan alat penting dalam kimia yang memungkinkan kita untuk memahami dan memprediksi hasil reaksi kimia dengan tepat (Acmad, 1991).

Dengan mempelajari stoikiometri, kita dapat merancang eksperimen yang efisien, mengoptimalkan proses industri, dan mengaplikasikan konsep ini dalam berbagai bidang seperti farmasi, lingkungan, dan pendidikan. Pemahaman mendalam tentang stoikiometri membantu kita untuk lebih mengapresiasi keindahan dan kompleksitas dunia kimia (Pusat Penerjemah FSUI, 1997c).

3.3 Reaksi Kimia

Reaksi kimia adalah suatu proses di mana zat baru, yang disebut **produk**, tercipta dari sekumpulan bahan awal, yang disebut **reaktan**, dengan memutus dan membentuk ikatan kimia. Terdapat bukti bahwa reaksi kimia telah terjadi dan mudah dikenali melalui perubahan warna, pembentukan gas atau endapan, atau pelepasan atau penyerapan panas.

Reaktan → Produk

Persamaan kimia digunakan untuk menggambarkan reaksi ini, di mana reaktan ditulis di sebelah kiri panah dan produk di sebelah kanan. Memahami reaksi kimia adalah inti dari ilmu kimia dan penting dalam berbagai bidang termasuk farmasi, lingkungan, dan teknologi material (Missen et al., 1999).

Reaksi kimia berjalan pada berbagai tingkat, beberapa sangat lambat, reaksi lain berjalan sangat cepat bergantung pada kondisinya (Missen et al., 1999). Reaksi dapat dipercepat atau diperlambat dengan mengubah variable-variabelnya, berikut adalah beberapa variabel yang mempengaruhinya :

1. Konsentrasi zat pereaksi
2. Temperatur
3. Luas permukaan

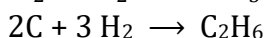
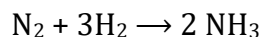
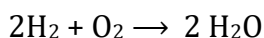
4. Katalis

3.3.1 Jenis-jenis Reaksi Kimia

1. Reaksi Pembentukan

Reaksi pembentukan adalah ketika atom-atom dari beberapa unsur bergabung. Reaksi pembentukan adalah ketika atom-atom dari beberapa unsur bergabung membentuk senyawa baru.

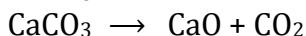
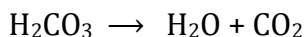
Di bawah ini adalah contoh reaksi tersebut :



Dalam contoh di atas, senyawa H_2O (air), NH_3 (ammonia), dan C_2H_6 (etana) terdiri dari unsur hidrogen dan oksigen. Untuk air, unsur nitrogen dan hidrogen, dan untuk amonia, unsur karbon dan hidrogen (Zumdahl & Steven, 1989).

2. Reaksi Penguraian

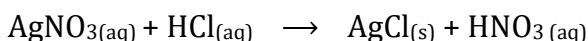
Reaksi penguraian atau disebut juga dengan reaksi dekomposisi adalah kebalikan dari reaksi pembentukan. Dalam reaksi penguraian, suatu senyawa dipecah menjadi senyawa atau unsur-unsurnya yang lebih sederhana. Reaksi di mana suatu senyawa dipecah menjadi senyawa yang lebih sederhana, dapat dilihat seperti reaksi dibawah ini:



Reaksi penguraian biasanya tidak terjadi secara spontan, melainkan memerlukan energi eksternal seperti listrik, panas, atau sinar matahari (Sunarya, 2003b).

3. Reaksi Pengendapan

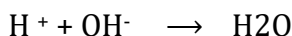
Reaksi yang salah satu produknya berbentuk endapan disebut reaksi pengendapan. Pengendapan terjadi karena zat yang dihasilkan sulit larut dalam air atau pelarut. Di bawah ini adalah reaksi pengendapan. Endapan yang terbentuk merupakan endapan putih AgCl.



Reaksi pembentukan endapan dalam larutan disebabkan oleh fakta bahwa salah satu produk biasanya tidak larut dalam air (Sunarya, 2003a).

4. Reaksi Netralisasi

Reaksi netralisasi adalah reaksi di mana asam dinetralkan dengan basa dan dihasilkan air (Raymond, 2004). Air yang dihasilkan merupakan hasil reaksi antara ion H^+ yang bersifat asam dan ion hidroksida (OH^-) yang bersifat basa, adapun reaksinya :



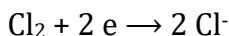
5. Reaksi Oksidasi Reduksi

Reaksi oksidasi dan reduksi kadang-kadang disebut dengan reaksi redoks karena kedua fenomena ini terjadi secara bersamaan. Oksidasi adalah perubahan dimana suatu atom atau gugus melepaskan elektron, dan pada saat yang sama bilangan oksidasi atom atau gugus tersebut meningkat. Demikian pula, reduksi adalah perubahan pada atom atau kelompok atom yang menerima atau menangkap electron (Brady & Senese, 2004). Dibawah ini adalah salah satu contoh reaksi oksidasi :



Elektron diwakili oleh (e) di sebelah kanan panah persamaan reaksi. Jumlah elektron yang dipancarkan sama dengan jumlah muatan pada kedua sisi persamaan. Reaksi yang dimediasi 2e menyeimbangkan muatan pada Fe^{2+} .

Untuk reaksi reduksi dicontohkan oleh peristiwa reaksi dibawah ini:

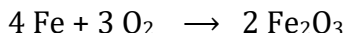


Reaksi ini menunjukkan adanya penangkapan elektron (e) pada molekul unsur Cl_2 dan menyebabkan molekul tersebut berubah menjadi anion Cl^- . Dengan kata lain dapat sederhanakan makna Cl^- , sebagai Cl kelebihan elektron karena menangkap elektron dari luar (Raymond, 2004).

Reaksi redoks adalah kombinasi reaksi oksidasi dan reduksi dan dicirikan oleh jumlah elektron yang dilepaskan selama oksidasi sama dengan jumlah elektron yang diterima atau ditangkap selama reduksi.

6. Reaksi Pembakaran

Reaksi pembakaran, dalam definisi paling sederhana, adalah reaksi unsur atau senyawa dengan oksigen. Reaksi pembakaran ini ditunjukkan pada persamaan di bawah ini :
Reaksi pembakaran pada logam besi



Dari persamaan tampak bahwa reaksi pembakaran ditunjukkan dengan adanya gas oksigen (Chang, 2022)

3.3.2 Energi Dalam Reaksi Kimia

1. Entalpi Reaksi (ΔH)

Entalpi reaksi adalah perubahan energi panas pada tekanan konstan selama reaksi kimia. Reaksi eksoterm adalah reaksi yang melepaskan energi (ΔH negatif), sementara reaksi endoterm menyerap energi (ΔH positif). (Fogler, 1999)

$$\Delta H = \text{Energi Produk} - \text{Energi Reaktan}$$

2. Energi Aktivasi (E_a)

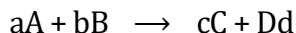
Energi minimal yang diperlukan untuk memulai reaksi kimia disebut energi aktivasi. Untuk mempercepat laju reaksi,

katalis menurunkan energi aktivasi. Energi aktivasi adalah energi minimum yang diperlukan untuk terjadi reaksi kimia, menurut teori tumbukan. Reaksi kimia terjadi ketika molekul-molekul reaktan bertumbukan dengan energi yang cukup dan dengan orientasi yang tepat. Hanya menggunakan energi yang lebih besar daripada energi aktivasi yang dapat dihasilkan produk (Levenspiel, 1999).

3.3.3 Laju Reaksi

Laju reaksi adalah perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi dalam setiap satuan waktu. Dapat juga didefinisikan jumlah suatu perubahan tiap satuan waktu. Laju reaksi kimia adalah ukuran seberapa cepat suatu reaksi kimia terjadi. Dalam kimia, memahami laju reaksi sangat penting karena dapat memberikan informasi mengenai mekanisme reaksi serta faktor-faktor yang mempengaruhinya (Missen et al., 1999).

The Rate Law atau biasa disebut dengan hukum laju reaksi menunjukkan hubungan antara kecepatan reaksi (v) dan konstanta kecepatan reaksi (k) serta konsentrasi reaktan yang dinaikkan ke jumlah tertentu (orde reaksi). Hukum reaksi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :



Persamaan laju :

$$v = k [A]^x [B]^y$$

Keterangan

k = Tetapan Jenis Reaksi

x = Orde Reaksi terhadap pereaksi A

y = Orde Reaksi terhadap pereaksi B

(Fogler, 1999)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi laju reaksi, yaitu konsentrasi, luas permukaan, temperatur, dan katalis serta pengadukan (Missen et al., 1999).

1. Konsentrasi

Secara umum, reaksi terjadi lebih cepat seiring dengan meningkatnya konsentrasi reaktan. Semakin tinggi konsentrasi maka semakin banyak zat yang bereaksi,

sehingga semakin besar peluang terjadinya tumbukan yang berhasil. Semakin besar kemungkinan terjadinya reaksi.

2. Luas Permukaan

Semakin besar luas permukaan bahan kimia, semakin besar pula permukaan kontakannya. Karena semakin besar kemampuan sentuhan maka semakin besar pula efeknya. Cara melebarkan permukaan adalah dengan melunakkan bahan. Oleh karena itu, semakin besar luas permukaan suatu zat maka semakin besar reaksinya

3. Temperatur

Semakin tinggi suhu, semakin besar pergerakan partikel sehingga meningkatkan kecepatan reaksi. Perubahan suhu juga dapat mempengaruhi nilai konstanta laju reaksi.

4. Katalis

Katalis sangat penting dalam industri karena dapat mencapai hasil yang optimal dan berfungsi dengan baik. Katalis yang dapat mempercepat laju reaksi disebut katalis, sedangkan inhibitor disebut inhibitor

5. Pengadukan

Pengadukan mempengaruhi perjumpaan partikel. Semakin cepat proses pencampuran maka semakin cepat pula reaksinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Acmad, H. T. (1991). *Penuntun Belajar Kimia: Stoikiometri dan Energetika*. PT Citra Aditya Bakti.
- Brady, & Humiston. (1990). *General Chemistry* (4th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Brady, J. E., & Senese, F. (2004). *Chemistry: Matter and its Changes* (4th ed.). John Wiley & Sons. Inc.
- Chang, R. (2022). *Chemistry* (7th ed.). Mc Graw-Hill, Inc.
- Fogler, H. S. (1999). *Element of Chemical Reaction Reaction Engineering* (3rd ed.). Prentice-Hall.
- Karyadi, B. (1997). *Kimia 2*. P.T. Balai Pustaka .
- Levenspiel. (1999). *Chemical Reaction Engineering* (3rd ed.). John Wiley.
- Missen, R. W., Mims, C. A., & Saville, B. A. (1999). *Introduction to chemical reaction engineering and kinetics*. John Wiley & Sons, Inc.
- Oxtoby, David, W., & Norman, H. (1987). *Principles of Modern Chemistry*. Saunders Golden Sunburst Series.
- Pusat Penerjemah FSUI. (1997a). *Jendela IPTEK: Kimia. Edisi Bahasa Indonesia*. Balai Pustaka.
- Pusat Penerjemah FSUI. (1997b). *Jendela IPTEK: Kimia. Edisi Bahasa Indonesia*. Balai Pustaka.
- Pusat Penerjemah FSUI. (1997c). *Jendela IPTEK: Materi. Edisi Bahasa Indonesia*. Balai Pustaka.
- Raymond, C. (2004). *Kimia Dasar: Konsep-konsep Inti* (3rd ed.). Erlangga.
- Sabarni. (2014). ATOM dan MOLEKUL BERDASARKAN ILMU KIMIA DAN PERSPEKTIF AL-QURAN. *Lantanida Journal*, 2(2).
- Sunarya, Y. (2003a). *Kimia Dasar I: Berdasarkan Prinsip-prinsip Terkini* (1st ed.). Gracia Indah Bestari.
- Sunarya, Y. (2003b). *Kimia Dasar II: Berdasarkan Prinsip-prinsip Terkini* (1st ed.). Gracia Indah Bestari.
- Zumdahl, & Steven. (1989). *Chemistry* (2nd ed.). D. C Heath and Company.

BAB 4

BIOLOGI: MEMAHAMI KEHIDUPAN DAN KEANEKARAGAMAN ALAM

Oleh Zen Ladestam Siallagan

4.1 Pendahuluan

Biologi merupakan bagian dari ilmu pengetahuan alam atau ilmu alam yang mempelajari interaksi kompleks antara berbagai bentuk kehidupan dan lingkungan, dari tingkat molekuler dan seluler hingga populasi dan ekosistem. Dari asal kata dalam bahasa Yunani βίος, bios, artinya "kehidupan", dan akhiran -λογία, -logia, yang artinya "ilmu" maka secara sederhana biologi didefinisikan sebagai suatu cabang ilmu yang mempelajari kehidupan atau organisme hidup. Campbell dan Reece (2008) menjelaskan biologi merupakan studi ilmiah tentang kehidupan, mencakup berbagai aspek seperti struktur, fungsi, pertumbuhan, asal-usul, evolusi, distribusi, dan taksonomi organisme.

Ernst Mayr, seorang ahli biologi evolusi, menjabarkan bahwa biologi adalah ilmu yang mempelajari organisme dengan fokus pada asal-usul mereka, evolusi, dan karakteristik lain yang membuat mereka berbeda satu sama lain. John Tyler Bonner berpendapat bahwa biologi sebagai penelitian tentang esensi kehidupan itu sendiri dan sebagai upaya mencari pemahaman tentang bagaimana kehidupan bekerja dan mengapa ia ada. Stephen Jay Gould berpendapat biologi sebagai suatu kompleksitas organisme hidup dan karakteristiknya yang tampaknya dirancang untuk tujuan tertentu. David M. Hillis dkk., (2014) menegaskan bahwa biologi adalah studi ilmiah yang komprehensif tentang kehidupan dan organisme, mulai dari tingkat molekuler hingga tingkat ekosistem, mencakup penelitian tentang struktur, fungsi, evolusi, dan hubungan organisme dengan lingkungannya.

Biologi juga mencakup penelitian tentang proses-proses fundamental seperti metabolisme, reproduksi, pertumbuhan, dan

interaksi genetik antar organisme. Selain itu, biologi memperluas cakupannya ke bidang-bidang seperti bioteknologi, genomika, ekologi, dan konservasi untuk menerapkan pengetahuan tersebut dalam mengatasi tantangan global seperti perubahan iklim dan kesehatan manusia. Definisi ini mencerminkan upaya ilmiah untuk memahami dan menjelaskan kehidupan dalam semua kompleksitasnya, dari tingkat molekuler hingga tingkat ekosistem, serta relevansinya dalam konteks modern yang kompleks dan terus berkembang. Definisi-definisi ini menggambarkan biologi menjadi suatu ilmu atau studi ilmiah yang kompleks yang bertujuan mencari pemahaman mendalam tentang kehidupan dan proses-proses yang mengaturnya. Pengertian biologi mencerminkan beragam pendekatan dalam memahami luasnya cakupan dan tujuan ilmu biologi sebagai studi sistematis tentang kehidupan.

4.2 Perkembangan Ilmu Biologi

Dahulu biologi secara umum dibagi menjadi dua bidang utama zoologi, yang berasal dari bahasa Yunani "*zoon*" berarti "hewan", mempelajari tentang hewan; dan botani, dari bahasa Yunani "*botanes*" berarti "tanaman", mempelajari tentang tumbuhan. Saat ini, biologi telah berkembang dan terpecah menjadi ratusan cabang khusus yang berfokus pada berbagai aspek kehidupan, termasuk struktur, fungsi, dan klasifikasi organisme. Beberapa cabang tersebut meliputi anatomi, morfologi, fisiologi, ekologi, embriologi, evolusi, genetika, paleontologi dan lain-lain. Biologi telah mengalami perkembangan signifikan sejak zaman klasik hingga era modern.

Pada zaman klasik, tokoh seperti Aristoteles mulai mengklasifikasikan makhluk hidup dan mempelajari anatomi, meletakkan dasar bagi ilmu biologi. Namun, terobosan besar terjadi pada abad ke-17 dengan penemuan mikroskop oleh Antonie van Leeuwenhoek dan Robert Hooke, yang mengungkapkan keberadaan mikroorganisme dan memperkenalkan konsep sel sebagai unit dasar kehidupan. Observasi mikroskopis ini memungkinkan pemahaman yang lebih rinci tentang struktur dan fungsi organisme yang sebelumnya tidak terlihat, mengubah cara manusia memahami kehidupan pada level mikro.

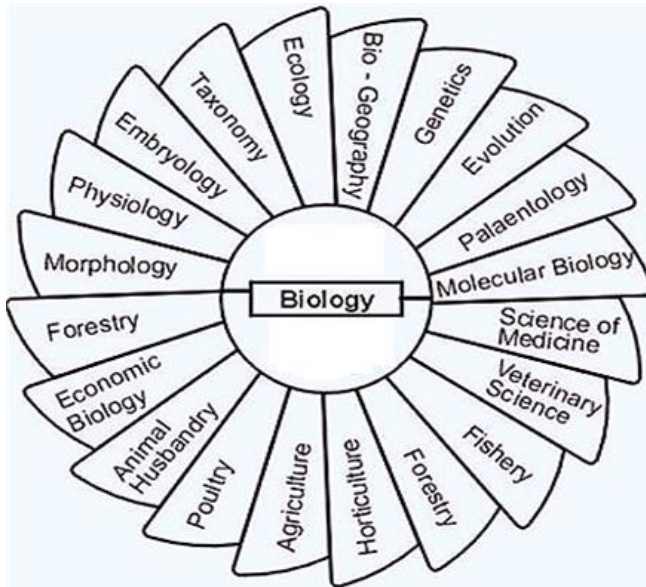
Memasuki abad ke-19, biologi mengalami revolusi dengan munculnya teori evolusi oleh Charles Darwin dan hukum pewarisan genetik oleh Gregor Mendel. Darwin, dengan bukunya "*On the Origin of Species*," memperkenalkan konsep seleksi alam sebagai mekanisme utama evolusi, menjelaskan bagaimana spesies beradaptasi dan berkembang seiring waktu. Sementara itu, Mendel melalui percobaannya dengan tanaman kacang polong, menjelaskan dasar-dasar pewarisan genetik yang menunjukkan bagaimana sifat-sifat diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Teori-teori ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk memahami variasi dan adaptasi dalam organisme hidup, membentuk landasan dalam ilmu genetika modern.

Abad ke-20 kemudian ditandai dengan penemuan struktur DNA oleh James Watson dan Francis Crick, yang mengungkap kode genetik yang mendasari kehidupan. Penemuan ini, didukung oleh penelitian Rosalind Franklin, mengubah pemahaman ilmiah tentang mekanisme pewarisan genetik dan ekspresi gen. Selain itu, perkembangan teknik-teknik biokimia memungkinkan studi mendalam tentang proses kehidupan pada tingkat molekuler. Teknologi seperti spektroskopi massa dan kromatografi gas mempercepat pemahaman tentang metabolisme sel dan interaksi biomolekul yang penting untuk biologi molekuler dan biokimia.

Di era modern yaitu pada akhir Abad ke-20 hingga awal abad ke-21, biologi telah memasuki fase genomika dan bioteknologi. Penyelesaian Proyek Genom Manusia pada tahun 2003 membuka pintu bagi aplikasi luas dalam kedokteran, pertanian, industri hingga ilmu forensik. Hal ini ditandai dengan munculnya beragam aplikasi bioteknologi dalam bidang medis, pertanian, dan industri, termasuk pengembangan organisme transgenik dan terapi gen untuk pengobatan. Pada era modern, biologi terus berkembang sejalan dengan penemuan teknologi, alat dan metode baru yang memungkinkan penelusuran mendalam terhadap kompleksitas kehidupan di tingkat molekuler hingga ekosistem. Teknologi CRISPR-Cas9 memungkinkan editasi gen dengan presisi yang belum pernah terjadi sebelumnya dan membuka peluang untuk terapi gen dan rekayasa genetika dalam dunia kedokteran. Selain itu, biologi komputasional dan sistem kini memungkinkan ilmuwan untuk

memodelkan proses biologis kompleks dan mengembangkan solusi berbasis data besar (*Big Data*), membawa biologi ke era baru yang penuh potensi inovasi dan aplikasi yang lebih praktis. Sebagai contoh pengembangan gen sintetis yang dirancang dengan fungsi spesifik dan simulasi komputasional untuk memodelkan proses biologis kompleks dan pengembangan obat.

Biologi merupakan ilmu yang sangat luas dan merupakan induk dari banyak ilmu alam lainnya. Biologi terdiri dari banyak cabang yang masing-masing fokus pada aspek tertentu dari kehidupan dan organisme hidup. Berikut adalah beberapa cabang utama dalam biologi yaitu : a) Mikrobiologi adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari mikroorganisme seperti bakteri, virus, fungi, dan protozoa. Studi ini mencakup berbagai aspek, mulai dari karakterisasi mikroorganisme hingga peran mikroorganisme dalam ekosistem dan dampaknya terhadap kesehatan manusia. Contoh penelitian dalam mikrobiologi meliputi identifikasi patogen penyebab penyakit, pengembangan antibiotik, serta aplikasi bioteknologi mikroba untuk produksi bahan-bahan berharga seperti insulin atau enzim industri. b) Zoologi adalah ilmu yang fokus pada studi hewan, termasuk struktur, fisiologi, perilaku, dan evolusinya. Zoologis mempelajari berbagai aspek kehidupan hewan dari tingkat seluler hingga tingkat populasi, serta interaksi hewan dengan lingkungannya. Contoh penelitian dalam zoologi meliputi perilaku hewan, ekologi populasi, klasifikasi hewan, dan adaptasi spesies terhadap perubahan lingkungan. c) Botani adalah cabang ilmu biologi yang khusus mempelajari tumbuhan, mencakup struktur fisik, fisiologi metabolisme, ekologi, dan genetika tumbuhan. Penelitian dalam botani meliputi fotosintesis, adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan, reproduksi tumbuhan, serta peran tumbuhan dalam siklus nutrisi dan ekosistem. Para botanis juga mempelajari bagaimana tumbuhan dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian, obat-obatan, dan industri. d) Ekologi adalah ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik (interaksi) antara organisme dengan alam sekitar atau lingkungannya. e) Genetika yaitu ilmu mempelajari pewarisan sifat dari satu generasi ke generasi berikutnya. Ini mencakup studi tentang gen, variasi genetik, dan mekanisme hereditas. Selain



Gambar 4.1. Cabang Ilmu Biologi

(Sumber : <https://biozoomer.com/branches-of-biology/>)

Setiap cabang ilmu biologi yang telah disebutkan memiliki peran penting dalam memahami berbagai aspek kehidupan, dimulai dari ilmu biologi dasar maupun terapan (bioteknologi, Biomedis, Farmakogenomik dan lain-lain). Masing-masing mendalami karakteristik unik dari organisme dan lingkungannya, serta berkontribusi dalam pengembangan teknologi dan pengetahuan yang mendalam tentang dunia alam.

4.3 Sel Unit Dasar Kehidupan dan Karakteristiknya

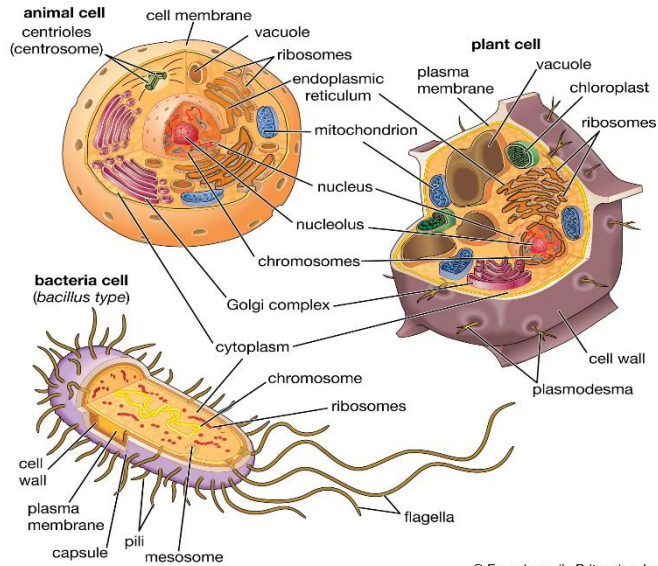
Sel merupakan unit struktural dan fungsional dasar dari semua makhluk hidup, yang mampu melakukan proses-proses kehidupan seperti metabolisme, pertumbuhan, dan reproduksi (Alberts dkk., 2002). Secara teori, sel adalah unit dasar dari kehidupan yang terdiri dari sel tunggal (uniselular) atau banyak sel(multiselular) menjadi bagian dari organisme. Sel disusun oleh organel sel yang mampu menjalankan fungsi tertentu. Organel sel ini tersusun atas struktur-struktur kompleks di dalam sel yang

memiliki fungsi khusus dalam menjalankan berbagai proses seluler yang mendukung kehidupan.

Inti sel (nukleus) adalah pusat pengendalian sel yang mengandung materi genetik dalam bentuk DNA. Inti sel mengatur aktivitas sel, menyimpan informasi genetik, dan mengontrol sintesis protein melalui transkripsi RNA. Mitokondria merupakan organel yang terlibat dalam respirasi seluler, yaitu proses pembentukan energi (ATP) dari molekul makanan seperti glukosa. Ribosom adalah struktur kecil di dalam sitoplasma yang bertanggung jawab untuk sintesis protein. Ribosom menerima instruksi dari mRNA (asam ribonukleat berbentuk urutan yang dapat diterjemahkan) dan menghasilkan rantai asam amino yang disebut polipeptida. Retikulum Endoplasma adalah sistem saluran membran yang berfungsi dalam proses produksi, pengepakan, dan transportasi protein dan lipida untuk memenuhi kebutuhan sel.

Organel dan struktur Sel tumbuhan dan sel hewan memiliki beberapa perbedaan. Sel tumbuhan memiliki dinding sel yang kuat dan kaku dari selulosa, kloroplas untuk fotosintesis, dan vakuola sentral besar untuk menyimpan air dan nutrisi serta mempertahankan tekanan turgor. Sebaliknya, sel hewan tidak memiliki dinding sel atau kloroplas, tetapi memiliki lisosom yang penting untuk pencernaan intraseluler. Sel hewan juga biasanya memiliki sentriol yang berperan dalam pembelahan sel. Kedua jenis sel memiliki peroksisom untuk perombakan asam lemak dan detoksifikasi, serta badan Golgi yang berfungsi dalam pemrosesan dan pengemasan protein, namun sel tumbuhan sering kali memiliki lebih banyak diktiom. Perbedaan ini mencerminkan adaptasi masing-masing sel terhadap fungsi dan lingkungan mereka yang berbeda.

Some typical cells



© Encyclopædia Britannica, Inc.

Gambar 4.2. Perbedaan sel prokariot (bakteri) dan eukariot (hewan,tumbuhan)(Sumber:<https://www.britannica.com/science/biology/Advances-to-the-20th-century>)

Berdasarkan struktur dan fungsi internalnya terdapat dua jenis sel yang membedakan organisme hidup yaitu sel prokariot dan sel eukariot. Sel prokariot dicirikan dengan tidak memiliki inti sejati dan organel bermembran, DNA terletak di daerah yang disebut nucleoid, ditemukan pada bakteri dan archaea. Sementara itu sel eukariot memiliki inti yang membungkus DNA dan berbagai organel bermembran, seperti mitokondria dan retikulum endoplasma, yang menjalankan fungsi spesifik, ditemukan pada hewan, tumbuhan, jamur, dan protista. Secara umum sel eukariot lebih kompleks dan biasanya lebih besar dibandingkan sel prokariot. Perbedaan mendasar ini memengaruhi cara organisme tumbuh, berkembang, dan berinteraksi dengan lingkungannya.

Sel disebut sebagai unit terkecil kehidupan karena merupakan unit dasar yang paling sederhana dari segi struktur dan fungsi yang dapat mempertahankan sifat-sifat kehidupan. Karakteristik makhluk hidup tercermin dalam berbagai aspek yang dapat diamati dalam struktur dan fungsi sel. Secara umum, ada

beberapa karakteristik utama makhluk hidup yang dapat dilihat dalam sebuah sel :

1. Organisasi dan Struktur Kompleks: Sel memiliki struktur internal yang terorganisir dengan baik, termasuk membran sel yang membatasi isi sel dari lingkungan eksternal. Di dalam sel terdapat organel-organel seperti inti sel, mitokondria, ribosom, dan lainnya, yang masing-masing memiliki fungsi khusus dalam menjalankan proses kehidupan.
2. Metabolisme: Sel memproses energi dan materi untuk mempertahankan kehidupan melalui proses metabolisme. Ini termasuk reaksi kimia yang mengubah nutrisi menjadi energi yang diperlukan untuk fungsi seluler, serta sintesis molekuler untuk pertumbuhan dan pemeliharaan sel.
3. Pertumbuhan dan Perkembangan: Sel memiliki kemampuan untuk tumbuh dan berkembang biak melalui pembelahan sel. Pertumbuhan seluler ini memungkinkan organisme untuk mengembangkan struktur tubuh yang lebih kompleks seiring waktu.
4. Respon terhadap Lingkungan: Sel dapat merespons stimulus dari lingkungan eksternal maupun internal, seperti perubahan suhu, tekanan, atau kehadiran zat kimia tertentu. Respon ini dapat berupa gerak, perubahan dalam aktivitas metabolisme, atau perubahan lain dalam fungsi sel.
5. Reproduksi: Sel memiliki kemampuan untuk melakukan reproduksi, baik melalui pembelahan sel (pembelahan mitosis atau meiosis) atau proses reproduksi seksual pada organisme multiseluler. Ini memungkinkan organisme untuk meneruskan informasi genetik mereka kepada keturunan mereka.
6. Pewarisan sifat/genetik: Sel mengandung materi genetik, seperti DNA atau RNA, yang membawa informasi genetik yang diwariskan dari generasi ke generasi. Materi genetik ini mengkodekan instruksi untuk sintesis protein dan mengatur proses-proses seluler lainnya.

Karakteristik-karakteristik ini memberikan dasar untuk fungsi dan keberlanjutan makhluk hidup secara keseluruhan, dengan setiap sel berperan penting dalam menjaga kehidupan dan beradaptasi terhadap perubahan lingkungan.

4.4 Keanekaragaman Alam

Secara mendasar keanekaragaman alam yaitu mencakup segala variasi dan perbedaan dalam komponen-komponen alam. Keanekaragaman alam terdiri dari semua aspek alam yang dapat berinteraksi dan membentuk lingkungan hidup yang kompleks. Ini melingkupi tidak hanya keanekaragaman hayati tetapi juga elemen-elemen fisik dan kimia dari lingkungan alam. Keanekaragaman alam merupakan istilah yang lebih luas yang mencakup segala variasi dan perbedaan dalam komponen-komponen alam seperti variasi dalam bentuk dan struktur geologi, kondisi iklim, serta berbagai ekosistem.

Keanekaragaman geologis adalah salah satu aspek dari keanekaragaman alam yang mencakup variasi dalam bentuk dan struktur geologi seperti gunung, sungai, lautan, dan tanah. Selain itu, keanekaragaman alam juga mencakup perbedaan dalam kondisi iklim dan cuaca yang mencakup berbagai zona iklim di bumi. Faktor-faktor ini menciptakan lingkungan yang beragam, yang pada gilirannya mendukung kehidupan berbagai makhluk hidup dengan cara yang berbeda. Dengan demikian, keanekaragaman alam adalah fondasi dari keanekaragaman hayati dan berbagai ekosistem.

Keanekaragaman alam dengan keanekaragaman hayati saling berkaitan namun mempunyai perbedaan. Keduanya merupakan konsep yang sering digunakan dalam ilmu ekologi dan konservasi lingkungan. Secara konsep keduanya mempunyai fokus dan cakupan yang berbeda. Perbedaan utama antara keanekaragaman alam dan keanekaragaman hayati terletak pada ruang lingkup dan fokusnya. Keanekaragaman alam mencakup semua aspek fisik dan biologis dari lingkungan alam, termasuk elemen-elemen tidak hidup seperti tanah, air, dan udara. Sementara itu, keanekaragaman hayati khusus membahas variasi kehidupan biologis, termasuk variasi tingkat spesies, gen, dan ekosistem. Dengan demikian, keanekaragaman hayati fokus pada makhluk

hidup dan interaksi mereka serta peran penting mereka dalam mendukung fungsi ekosistem. Keduanya penting untuk memahami dan melestarikan lingkungan serta memberikan perspektif yang berbeda tentang kompleksitas dan keindahan alam. Memahami perbedaan ini dapat membantu dalam upaya konservasi dan pengelolaan lingkungan yang lebih efektif.

4.4.1 Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati, atau dikenal dengan istilah biodiversitas (bio: organisme, diveristy: variasi), merupakan konsep penting dalam biologi yang mencakup variasi dari semua bentuk kehidupan di bumi, termasuk variasi genetik di dalam spesies, keanekaragaman spesies di dalam ekosistem, dan berbagai ekosistem di wilayah geografis tertentu. Edward O. Wilson, mendefinisikan keanekaragaman hayati sebagai "*variasi dari semua organisme hidup dari semua sumber, termasuk antar dan dalam spesies, ekosistem, dan proses ekologis yang mereka bentuk*". Definisi ini menyatakan betapa luas dan mendalamnya konsep keanekaragaman hayati, mencakup seluruh aspek kehidupan dari tingkat molekuler hingga ekosistem kompleks.

Menurut *Convention on Biological Diversity* (CBD), keanekaragaman hayati adalah "*variabilitas di antara organisme hidup dari semua sumber termasuk antara lain ekosistem daratan, laut, dan akuatik lainnya serta kompleks ekologi yang merupakan bagian darinya; ini mencakup keragaman di dalam spesies, antar spesies, dan ekosistem*". Gittleman dkk., (2001) mendefenisikan bahwa "*Keanekaragaman hayati mencakup semua tingkat variasi biologis, dari gen hingga ekosistem, dan semua proses biologis, ekologis, dan evolusioner yang mendukung kehidupan*."

Keanekaragaman hayati terdiri dari tiga tingkat utama yaitu keanekaragaman genetik, keanekaragaman spesies, dan keanekaragaman ekosistem. ketiga tingkatkan tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Keanekaragaman Gen

Keanekaragaman ini merujuk pada variasi genetik yang ditemukan di dalam populasi suatu spesies, dari organisme bersel tunggal seperti bakteri hingga organisme multiseluler

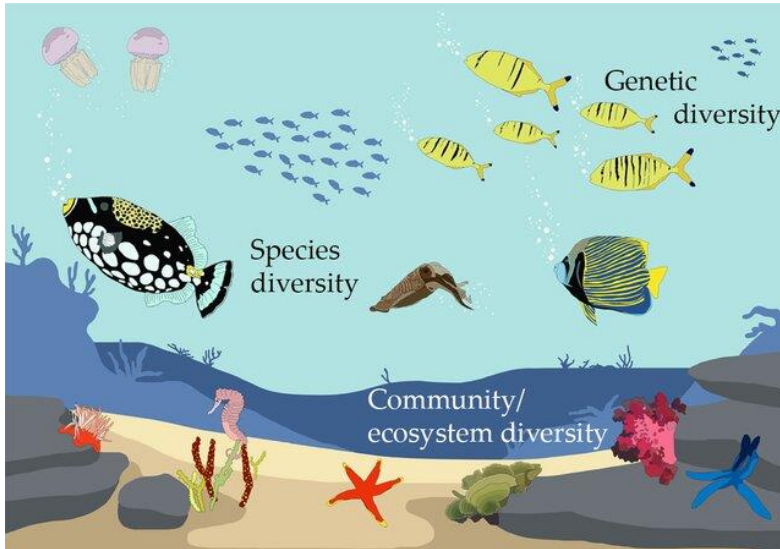
yang lebih besar seperti hewan dan organisme diantaranya(John & Richard, 2019). Variasi ini memungkinkan spesies untuk beradaptasi dengan lingkungan yang berubah dan bertahan dari ancaman seperti penyakit dan perubahan iklim. Sebagai contoh, dalam populasi padi, variasi genetik memungkinkan beberapa varietas untuk lebih tahan terhadap serangan hama atau kondisi kekeringan.

2. Keanekaragaman Spesies

Keanekaragaman spesies mencakup jumlah dan jenis spesies yang berbeda dalam suatu ekosistem atau di seluruh dunia. Setiap spesies memainkan peran unik dalam ekosistemnya, seperti pemangsa atau mangsa, pengurai, penyerbuk dan lain-lain. Misalnya, hutan hujan Amazon dikenal dengan keanekaragaman spesies yang sangat tinggi, termasuk ribuan spesies tumbuhan, serangga, burung, dan mamalia. Keanekaragaman spesies ini penting untuk menjaga keseimbangan dan ketahanan ekosistem terhadap perubahan lingkungan(Wilson, 1992).

3. Keanekaragaman Ekosistem

Keanekaragaman ini merujuk pada berbagai jenis ekosistem yang ada di Bumi, seperti hutan, padang rumput, gurun, dan ekosistem perairan. Setiap ekosistem memiliki komunitas organisme yang unik dan interaksi dengan lingkungan fisiknya. Misalnya, ekosistem terumbu karang di laut menyediakan habitat bagi berbagai spesies ikan, invertebrata, dan alga. Keanekaragaman ekosistem mendukung berbagai layanan ekosistem penting, termasuk penyediaan makanan, air bersih, dan perlindungan terhadap bencana alam (Meffe & C. Ronald, 1994).



Gambar 4.3. Keanekaragaman genetik (seluruh variasi genetik yang ditemukan dalam setiap spesies), keanekaragaman spesies (semua variasi spesies di suatu habitat), dan keanekaragaman ekosistem (seluruh jenis ekosistem yang terdapat dalam suatu wilayah)
(Sumber: John & Richard, 2019)

4.4.2 Keanekaragaman Hayati di Indonesia

Indonesia adalah salah satu negara dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia, sering disebut sebagai *megadiverse country*. Sebagai negara kepulauan dengan garis pantai yang panjang Indonesia terdiri dari lebih dari 17.000 pulau yang terletak di zona tropis, menciptakan beragam habitat mulai dari hutan hujan tropis hingga terumbu karang yang kaya. Keanekaragaman hayati Indonesia mencakup ribuan spesies tumbuhan dan hewan yang unik dan endemik. Keanekaragaman spesies Indonesia khususnya fauna-vertebrata diprediksi terdiri dari spesies mamalia lebih dari 13% dari 5.416 spesies mamalia di dunia, sekitar 16% dari total 10.140 spesies burung di dunia, sekitar 6% dari 6.433 spesies amfibi di dunia, 8% dari sekitar 9.084 spesies reptil di dunia dan 8,9% dari sekitar 14.000 spesies ikan air tawar(Elizabeth A. Widjaja dkk., 2014).

Indonesia juga dikenal dengan kekayaan ekosistemnya yang luar biasa, di antaranya hutan hujan tropis, terumbu karang, dan hutan mangrove. Setiap ekosistem ini memiliki keunikan dan fungsi ekologis yang vital, tidak hanya bagi keanekaragaman hayati tetapi juga bagi kesejahteraan manusia. Hutan hujan tropis Indonesia, yang tersebar di pulau-pulau besar seperti Sumatra, Kalimantan, dan Papua, adalah salah satu yang paling beragam di dunia. Hutan-hutan ini merupakan habitat bagi spesies-spesies langka dan endemik seperti orangutan, harimau Sumatra, dan burung cenderawasih. Selain sebagai rumah bagi banyak spesies, hutan hujan tropis juga berfungsi sebagai penyimpan karbon yang signifikan, membantu mengatur iklim global, dan menjaga keseimbangan air di wilayah tersebut.

Hutan hujan tropis Indonesia, seperti yang terdapat di pulau Kalimantan dan Sumatra, adalah contoh utama keanekaragaman hayati yang luar biasa. Hutan-hutan ini adalah habitat bagi sejumlah besar spesies yang tidak ditemukan di tempat lain, termasuk orangutan, harimau Sumatra, dan badak Jawa. Selain itu, hutan-hutan ini berperan penting dalam mengatur iklim global melalui penyimpanan karbon dan menjaga siklus air. Usaha konservasi di kawasan ini sangat penting untuk melindungi keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistemnya.

Ekosistem laut Indonesia juga sangat kaya dan beragam, dengan terumbu karang yang merupakan salah satu yang terbesar di dunia. Terumbu karang Indonesia, seperti yang terdapat di Segitiga Terumbu Karang (*Coral Triangle*), adalah rumah bagi sekitar 76% dari semua spesies karang yang dikenal, serta ribuan spesies ikan dan invertebrata laut. Ekosistem ini tidak hanya mendukung kehidupan laut yang beragam, tetapi juga menyediakan sumber daya penting bagi masyarakat pesisir. Terumbu karang sangat penting untuk perikanan dan pariwisata, yang menjadi sumber mata pencaharian bagi jutaan orang di wilayah pesisir. Selain itu, terumbu karang juga berfungsi sebagai pelindung alami terhadap erosi pantai dan badai, serta berkontribusi terhadap kesehatan ekosistem laut secara keseluruhan.

Hutan mangrove di Indonesia juga memiliki peran yang sangat penting dalam ekologi dan ekonomi. Mangrove menyediakan

habitat bagi berbagai spesies ikan, burung, dan invertebrata, serta berfungsi sebagai tempat pembibitan bagi banyak spesies ikan komersial. Selain itu, mangrove berperan dalam melindungi garis pantai dari erosi, mengurangi dampak badai, dan menyimpan karbon dalam jumlah besar, yang membantu mengurangi perubahan iklim. Sayangnya, seperti ekosistem lainnya, mangrove menghadapi ancaman dari deforestasi, konversi lahan untuk akuakultur, dan pembangunan pesisir. Upaya konservasi mangrove, termasuk reforestasi dan perlindungan habitat, sangat penting untuk menjaga fungsi ekosistem ini dan manfaat yang diberikannya bagi masyarakat lokal dan lingkungan global.

4.4.3 Spesies Endemik dan Langka Indonesia

Sebagai salah satu negara dengan Mega-biodiversitas yang tinggi, Indonesia mempunyai spesies yang endemik dan langka. Spesies langka yang dimaksud adalah spesies dengan populasi kecil dan jangkauan terbatas, sering disebabkan oleh kebutuhan ekologi khusus atau ancaman seperti kehilangan habitat dan predasi (Primack, 2014). Sementara itu, spesies endemik hanya ditemukan di lokasi geografis tertentu dan tidak ada di tempat lain, biasanya memiliki adaptasi khusus terhadap habitat lokal mereka (Myers, 1988).

Mamalia endemik yang cukup terkenal di Indonesia diantaranya orangutan Sumatra (*Pongo abelii*) dan orangutan Kalimantan (*Pongo pygmaeus*), Harimau Sumatra (*Panthera tigris sumatrae*), badak Jawa (*Rhinoceros sondaicus*), dan badak Sumatra (*Dicerorhinus sumatrensis*). Burung endemik seperti burung cenderawasih (Paradisaeidae), jalak Bali (*Leucopsar rothschildi*), dan kakatua jambul kuning (*Cacatua sulphurea*) menunjukkan keanekaragaman burung yang mengagumkan di Indonesia. Selain itu, reptil seperti komodo (*Varanus komodoensis*) dan kura-kura leher ular Rote (*Chelodina mccordi*) juga merupakan spesies unik yang hanya dapat ditemukan di Indonesia. Bunga *Rafflesia arnoldii* dan bunga bangkai (*Amorphophallus titanum*), merupakan tumbuhan khas indonesia yang terkenal karena ukuran dan keunikan bunganya.

Indonesia juga memiliki banyak spesies laut endemik dan langka yang menarik perhatian para peneliti dalam dan luar negeri. Sebagai contoh ikan Coelacanth Indonesia (*Latimeria menadoensis*) ditemukan di perairan Sulawesi Utara merupakan spesies purba langka yang dilindungi, ikan badut Ambon (*Amphiprion perideraion*) yang hanya ditemukan di sekitar Pulau Ambon dengan warna yang khas, Kuda laut pygmy (*Hippocampus bargibanti*) hidup di terumbu karang Indonesia dengan kamuflase alami dan Hiu karang berjalan (*Hemiscyllium halmahera*) dari Halmahera yang menggunakan siripnya untuk bergerak di dasar laut. Udang mantis harlequin (*Hymenocera picta*) dengan warna mencolok, serta ikan cardinal Banggai (*Pterapogon kauderni*) dari Kepulauan Banggai, juga merupakan contoh spesies langka dan endemik yang penting untuk konservasi di Indonesia. Walaupun demikian, upaya masif untuk eksplorasi keanekaragaman spesies yang endemik dan langka masih perlu dilakukan, karena masih banyak spesies dari laut Indonesia yang belum teridentifikasi baik karena beragam keterbatasan dalam riset dasar (Siallagan dkk., 2023).

4.4.4 Ancaman Terhadap Keanekaragaman Hayati

Hilangnya keanekaragaman hayati dapat terjadi secara alami melalui berbagai mekanisme. Perubahan iklim alami, seperti siklus glasial dan interglasial, dapat mengubah ekosistem dan distribusi spesies secara drastis. Bencana alam seperti letusan gunung berapi, tsunami, kebakaran hutan, gempa bumi dan badai besar dapat menghancurkan habitat dan menyebabkan kematian massal spesies. Proses evolusi dan seleksi alam juga memainkan peran penting di mana spesies yang tidak mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan atau persaingan dengan spesies lain dapat punah. Selain itu, perubahan geologi seperti pergerakan lempeng tektonik dan pembentukan pegunungan dapat mengubah lanskap dan mempengaruhi habitat serta distribusi spesies.

Faktor-faktor alami lainnya termasuk penyebaran penyakit dan epidemi yang dapat menyebabkan kematian massal pada populasi spesies tertentu. Perubahan atau anomali didalam lautan, seperti perubahan arus, tingkat salinitas, dan suhu air, dapat mempengaruhi kehidupan laut dan mengancam spesies yang tidak

dapat beradaptasi. Fluktuasi alami dalam populasi spesies, yang disebabkan oleh ketersediaan makanan, predasi, dan kondisi cuaca, juga dapat menyebabkan penurunan atau punahnya spesies tertentu. Meskipun faktor-faktor alami ini selalu berperan dalam dinamika keanekaragaman hayati, aktivitas manusia sering kali mempercepat dan memperparah proses tersebut.

Aktivitas manusia sering sekali menjadi faktor penyebab terganggunya keseimbangan ekosistem yang pada akhirnya berdampak pada menurun atau hilangnya biodiversitas. Skala dan kecepatan perubahan pada lingkungan sering kali melampaui kemampuan ekosistem untuk beradaptasi. Beragam aktivitas manusia dengan berbagai alasan yang terkait dengan kebutuhan dan perilaku manusia serta dampak teknologi dan perkembangan ekonomi menyebabkan penurunan biodiversitas secara drastis.

Beberapa faktor yang menjadi penyebab utama menurunnya biodiversitas diantaranya adalah alih fungsi lahan, perubahan iklim, eksploitasi berlebihan (*overexploitation*), polusi, dan introduksi spesies invasif (WWF, 2020).

1. Alih Fungsi Lahan

Konversi lahan untuk pembangunan infrastruktur, urbanisasi, pertanian intensif, telah menyebabkan hilangnya habitat alami. Menurut data dari Global Forest Watch, Indonesia kehilangan lebih dari 9,6 juta hektar hutan primer antara tahun 2001 dan 2020, terutama disebabkan oleh perluasan perkebunan kelapa sawit, pembalakan liar, dan pembakaran lahan. Deforestasi hutan di Indonesia telah mencapai tingkat yang mengkhawatirkan dan menjadikan Indonesia menjadi salah satu negara dengan laju deforestasi tercepat di dunia. Selain hilangnya habitat karena deforestasi, alih fungsi lahan dalam proses pembangunan Infrastruktur seperti jalan raya, rel kereta, dan pemukiman memecah habitat menjadi bagian-bagian kecil yang terisolasi. Habitat yang terfragmentasi ini kemudian menghambat pergerakan atau migrasi spesies sehingga mengurangi akses mereka ke sumber daya penting dan meningkatkan risiko kepunahan lokal.

2. Perubahan iklim

Peningkatan suhu global, perubahan pola curah hujan, dan peningkatan kejadian cuaca ekstrem merupakan ciri dari perubahan iklim. Fenomena global ini membawa dampak signifikan terhadap ekosistem dan spesies yang menghuni biosfer. Salah satu dampak paling jelas adalah perubahan distribusi geografis spesies. Seiring dengan peningkatan suhu bumi, banyak spesies terpaksa bermigrasi ke wilayah tertentu sebagai bentuk adaptasi untuk mencari kondisi yang sesuai dengan kebutuhan habitat mereka. Namun, tidak semua spesies memiliki kemampuan untuk bermigrasi, sehingga menyebabkan peningkatan risiko kepunahan bagi banyak spesies, terutama yang memiliki habitat terbatas atau spesifik. Selain itu, perubahan iklim juga mempengaruhi siklus hidup dan fenologi spesies. Perubahan dalam waktu berbunga, berbuah, dan migrasi hewan dapat mengganggu hubungan ekologi yang telah terjalin lama. Misalnya, jika suatu tanaman berbunga lebih awal akibat kenaikan suhu, namun penyerbuk alami seperti lebah atau kupu-kupu tidak mengalami perubahan yang sama, maka reproduksi tanaman tersebut dapat terganggu. Hal ini dapat menyebabkan penurunan populasi tanaman, yang pada gilirannya akan berdampak pada hewan yang bergantung pada tanaman tersebut sebagai sumber makanan.

Perubahan iklim juga berdampak pada ekosistem akuatik, termasuk terumbu karang dan ekosistem air tawar. Peningkatan suhu laut akibat perubahan iklim global menjadi penyebab utama pemutihan karang (*coral bleaching*), di mana karang mengeluarkan alga simbiotik yang memberi mereka warna dan energi. Pemutihan karang yang parah dapat menyebabkan kematian karang dan hilangnya habitat bagi banyak spesies laut. Selain itu, peningkatan keasaman laut akibat penyerapan CO₂ yang berlebih (asidifikasi) juga mengganggu kehidupan organisme laut yang menggunakan kalsium karbonat untuk membentuk cangkang dan kerangka mereka, seperti moluska dan beberapa spesies plankton. Dampak ini pada akhirnya akan mengganggu rantai makanan laut dan keseimbangan ekosistem secara keseluruhan.

3. Polusi

Polusi berdampak besar terhadap menurunnya keanekaragaman hayati. Hal ini karena tingkat paparan polusi yang terjadi pada ekosistem darat, air, maupun udara terus-menerus meningkat seiring dengan perkembangan zaman. Polusi udara, seperti emisi gas rumah kaca dan polutan berbahaya lainnya, dapat menyebabkan masalah kesehatan bagi hewan dan tumbuhan serta mengganggu proses fotosintesis. Polusi air, yang disebabkan oleh limbah industri, pertanian, dan rumah tangga, mencemari sungai, danau, dan laut, mengakibatkan kematian massal organisme akuatik, serta mengganggu rantai makanan dan keseimbangan ekosistem air.

Selain itu, polusi tanah akibat penggunaan pestisida dan bahan kimia berbahaya dapat mengurangi kesuburan tanah dan mematikan mikroorganisme penting, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan produktivitas pertanian dan keanekaragaman hayati tanah. Polusi udara juga berkontribusi terhadap fenomena hujan asam, yang dapat merusak vegetasi, mengasamkan tanah, dan mencemari perairan, sehingga mengancam kehidupan tumbuhan dan hewan yang bergantung pada ekosistem tersebut. Selain itu, plastik dan mikroplastik yang mencemari laut menyebabkan kerusakan besar pada ekosistem laut, dengan banyak hewan laut terperangkap atau menelan plastik, yang menyebabkan kematian. Akumulasi polutan ini tidak hanya mempengaruhi spesies individu tetapi juga dapat merusak habitat dan mengurangi kemampuan ekosistem untuk mendukung kehidupan.

4. *Overexploitation* atau eksploitasi berlebihan

Eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan merupakan salah satu ancaman terbesar bagi keanekaragaman hayati di seluruh dunia. Eksploitasi berlebihan terjadi ketika sumber daya alam atau hayati digunakan pada tingkat yang melebihi kemampuan mereka untuk pulih, yang mengakibatkan penurunan populasi yang signifikan dan bahkan menimbulkan kepunahan spesies. Contoh nyata dari *overexploitation* adalah penangkapan ikan secara berlebihan yang telah mengakibatkan penurunan drastis populasi ikan tertentu, seperti tuna dan hiu,

yang tidak hanya mengancam kelangsungan spesies tersebut tetapi juga mengganggu ekosistem laut secara keseluruhan. Di daratan, *overexploitation* terjadi dalam bentuk perburuan liar dan perdagangan satwa liar ilegal yang mengancam spesies langka dan endemik. Harimau, gajah, dan badak adalah beberapa spesies yang populasinya menurun tajam akibat perburuan untuk diambil bagian tubuhnya, seperti gading dan cula, yang sangat bernilai di pasar gelap. Selain itu, penggundulan hutan untuk diambil kayunya dan penambangan yang tidak terkendali juga merupakan bentuk *overexploitation* yang merusak habitat alami dan mengancam keanekaragaman hayati hutan. *Overexploitation* tidak hanya berdampak pada spesies individu tetapi juga merusak struktur dan fungsi ekosistem. Ketika spesies kunci yang berperan penting dalam ekosistem dieksploitasi secara berlebihan keseimbangan ekosistem akan terganggu. Hal ini dapat menyebabkan keruntuhan rantai makanan, perubahan drastis dalam populasi spesies lain, dan penurunan fungsi ekosistem yang penting seperti penyerbukan, pengendalian hama alami, dan siklus nutrisi.

5. Introduksi Spesies Invasif

Mobilitas manusia dan perdagangan internasional sering kali memperkenalkan spesies asing ke ekosistem baru. Spesies invasif ini dapat bersaing dengan spesies lokal untuk sumber daya, membawa penyakit baru yang akan menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem. Spesies lokal yang tidak mampu berkompetisi atau beradaptasi dengan kehadiran spesies invasif sering kali mengalami penurunan populasi.

Semakin menurunnya keanekaragaman hayati mempunyai dampak yang luas dan signifikan terhadap ekosistem, perekonomian, dan kesejahteraan manusia. Secara ekologis, kepunahan atau penurunan drastis spesies dan habitat mengganggu struktur dan fungsi ekosistem. Jika suatu spesies hilang atau punah akan berdampak pada rantai makanan dan mengurangi kemampuan ekosistem untuk menyediakan peran ekologis penting seperti penyerbukan, pengendalian hama, dan siklus nutrisi. Misalnya, penurunan populasi lebah dan serangga

penyerbuk lainnya mengancam produksi pangan global karena banyak tanaman bergantung pada penyerbukan serangga.

Secara ekonomi, dampak hilangnya keanekaragaman hayati juga sangat besar. Sumber daya alam yang berkurang atau hilang mengurangi potensi ekonomi beragam sektor seperti pertanian, perikanan, industri dan pariwisata. Menurunnya populasi ikan akibat penangkapan ikan yang berlebihan (*overfishing*) dan degradasi habitat akan membahayakan ketahanan pangan dan penghidupan jutaan orang yang bergantung pada perikanan. Degradasi ekosistem pesisir, seperti hutan mangrove/bakau dan terumbu karang, meningkatkan kerentanan terhadap dampak perubahan iklim dan bencana alam yang pada akhirnya menambah biaya ekonomi untuk upaya mitigasi dan pemulihan.

Selain dampak ekologi dan ekonomi, hilangnya keanekaragaman hayati juga mempunyai konsekuensi sosial dan kesehatan. Keanekaragaman hayati yang kaya mendukung kesehatan manusia melalui penyediaan obat-obatan alami dan pengaturan kualitas udara dan air. Banyak obat-obatan modern berasal dari sumber alami, dan hilangnya spesies tumbuhan dan hewan dapat mengurangi potensi penemuan obat-obatan baru. Selain itu, ekosistem yang sehat memainkan peran penting dalam pengendalian penyakit. Degradasi ekosistem seringkali dikaitkan dengan peningkatan risiko penyebaran penyakit zoonosis, dimana patogen berpindah dari hewan ke manusia. Hilangnya habitat dan kerusakan ekosistem dapat mendekatkan satwa liar ke pemukiman manusia, sehingga meningkatkan risiko kontak dan penyakit.

Penurunan keanekaragaman hayati juga dapat memicu hilangnya Nilai Budaya dan Spiritual. Banyaknya budaya atau kearifan lokal di Indonesia mempunyai hubungan yang sangat erat dengan pemanfaatan keanekaragaman hayati (Utama, 2016). Spesies tumbuhan dan hewan seringkali dimanfaatkan dalam suatu tradisi budaya lokal baik dalam suatu ritual, peribadatan tertentu mempunyai nilai budaya, spiritual, dan tradisional yang penting. Hilangnya spesies lokal tertentu dapat menyebabkan hilangnya identitas budaya dan pengetahuan

tradisional yang berharga, yang diwariskan dari generasi ke generasi.

4.4.5 Konservasi Keanekaragaman Hayati

Sebagai upaya menjaga kekayaan keanekaragaman hayati ini, Indonesia telah mengadopsi berbagai strategi konservasi, termasuk pembentukan taman nasional dan kawasan lindung. Namun, upaya ini seringkali terhalang oleh tantangan ekonomi dan sosial, seperti kemiskinan dan kebutuhan pembangunan. Program-program konservasi telah dijalankan pemerintah untuk mengintegrasikan pendekatan berbasis komunitas untuk memastikan bahwa manfaat dari konservasi dapat dirasakan oleh masyarakat. Secara umum konservasi keanekaragaman hayati melibatkan berbagai strategi untuk melindungi spesies-spesies dan ekosistem mereka, baik di habitat alami (*in-situ*) maupun di luar habitat alami (*ex-situ*).

Strategi *in-situ* berfokus pada pelestarian langsung di lingkungan asli spesies. Upaya konservasi ini mencakup pembentukan dan pengelolaan kawasan konservasi seperti taman nasional, cagar alam, dan kawasan lindung lainnya. Melindungi habitat alami adalah prioritas utama untuk mempertahankan keanekaragaman hayati karena lingkungan yang utuh dapat mendukung seluruh siklus hidup suatu spesies. Contoh konservasi *in-situ* di Indonesia yaitu Taman Nasional Komodo untuk melindungi komodo, Taman Nasional Gunung Leuser untuk menjaga habitat orangutan, harimau, dan gajah Sumatera, serta Taman Nasional Ujung Kulon yang menjadi rumah terakhir bagi badak Jawa yang terancam punah. Taman Nasional Lore Lindu di Sulawesi Tengah dan Taman Nasional Tanjung Puting di Kalimantan Tengah juga berperan penting dalam melindungi spesies endemik seperti tarsius Sulawesi dan orangutan Kalimantan.

Sementara itu, strategi *ex-situ* melibatkan pelestarian spesies di luar habitat alami mereka. Ini termasuk pendirian kebun binatang, arboretum, kebun raya, dan fasilitas konservasi lainnya di mana spesies yang terancam punah dapat dipelihara dan direproduksi. Pendekatan ini membantu menjaga populasi spesies yang terancam punah ketika habitat alami mereka tidak lagi

memadai untuk mendukung kelangsungan hidup mereka. Program penangkaran, reintroduksi ke habitat alami setelah kondisi membaik, dan penelitian untuk meningkatkan pemahaman tentang biologi dan ekologi spesies adalah bagian dari upaya *ex-situ* yang penting. Contoh konservasi *ex-situ* di Indonesia adalah Taman Safari Indonesia di Bogor, yang memiliki program untuk melindungi spesies seperti harimau, gajah, dan orangutan. Kebun binatang Ragunan merupakan rumah bagi berbagai spesies asli Indonesia, termasuk harimau Sumatera dan orangutan, yang dipelihara dalam kondisi yang menyerupai habitat asli. Kebun Raya Bogor yang berperan dalam konservasi dengan koleksi tanaman langka dan kegiatan pendidikan dan penelitian serta pemuliaan flora.

Selain konservasi secara *ex-situ* dan *in-situ*, langkah-langkah atau kebijakan yang diperlukan untuk mendukung konservasi biodiversitas diantaranya sebagai berikut :

1. Pengelolaan Sumber Daya yang berkelanjutan

Pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, seperti perikanan dan kehutanan, dianggap sangat efektif dalam menjaga keseimbangan ekosistem. FAO menyatakan bahwa *“praktik pengelolaan perikanan yang berkelanjutan dapat mengurangi tekanan pada populasi ikan dan memungkinkan ekosistem laut untuk pulih dan berkembang”* (FAO, 2018).

2. Kebijakan restorasi ekosistem

Restorasi ekosistem yang rusak atau terdegradasi dapat memulihkan fungsi ekosistem dan meningkatkan keanekaragaman hayati. UNEP melaporkan bahwa proyek restorasi ekosistem, seperti penanaman kembali hutan mangrove, telah berhasil meningkatkan populasi spesies lokal dan memberikan manfaat perlindungan terhadap bencana alam. Mangrove di wilayah tropis dan subtropis, berfungsi sebagai garis pertahanan pertama terhadap banjir dan erosi. Oleh karena itu, mangrove berperan penting sebagai pertahanan alami di ekosistem pesisir pada skala nasional atau lokal bahkan global, serta memberikan insentif bagi konservasi, pengurangan risiko bencana dan adaptasi iklim (Pelayo dkk, 2020).

3. Kebijakan Edukasi dan Partisipasi Masyarakat

Meningkatkan kesadaran dan keterlibatan masyarakat dalam upaya konservasi sangat penting untuk keberhasilan jangka panjang. UNESCO menekankan pendidikan lingkungan memainkan peran kunci dalam membentuk perilaku dan kebijakan yang mendukung konservasi keanekaragaman hayati. Pendidikan lingkungan bukanlah sekedar transfer informasi searah, tetapi suatu upaya untuk mengembangkan dan meningkatkan sikap, nilai, dan pengetahuan lingkungan, serta membangun keterampilan yang mempersiapkan individu dan komunitas. Pendidikan lingkungan juga berperan penting menjembatani antara temuan penelitian yang dapat ditindaklanjuti dan praktik di lapangan, sehingga menciptakan ruang sinergis antara pemangku kepentingan dan berkolaborasi mengatasi permasalahan lingkungan yang dinamis (Ardoyn dkk., 2020).

4. Penegakan Hukum dan Kebijakan Konservasi

Penegakan hukum yang kuat terhadap perburuan liar dan perdagangan satwa ilegal serta kebijakan konservasi yang efektif sangat penting dalam melindungi spesies dan habitat. Meningkatnya masalah kegiatan jual beli satwa langka yang tidak terkendali menjadi perhatian yang serius bagi IUCN. IUCN menganjurkan pembatasan perdagangan satwa langka. Dari gagasan ini maka ditandatangani *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* (CITES). CITES berfungsi untuk melindungi spesies dari perdagangan yang tidak berkelanjutan melalui regulasi internasional (CITES Secretariat, 2022). IUCN juga bekerja membangun kawasan lindung, mendorong kebijakan dan tata kelola yang efektif, serta mempromosikan solusi berbasis alam, memberdayakan individu dan meningkatkan kesadaran publik tentang masalah konservasi, dan juga mengambil langkah proaktif untuk melawan perdagangan satwa liar serta melindungi keanekaragaman hayati yang terancam punah.

Indonesia merupakan salah satu negara yang ikut menandatangani CITES di Washington pada Maret 1973. Hal ini

ditindaklanjuti dengan dikeluarkannya Keputusan Presiden No. 43 tahun 1978 tentang Pengesahan CITES. Selain itu Undang-Undang No. 5 Tahun 1990 ditetapkan sebagai peraturan yang menampung dan mengatur secara menyeluruh mengenai konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya. Dengan detail dijelaskan pada Bab V Pengawetan Jenis Tumbuhan dan Satwa, pasal 21 ayat (2) a menyebutkan bahwa *"setiap orang dilarang untuk menangkap, melukai, membunuh, menyimpan, memiliki, memelihara, mengangkut, dan memperniagakan satwa yang dilindungi dalam keadaan hidup"*. Undang-Undang ini juga menjadi dasar pertimbangan dibentuknya suatu Badan Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) melalui Peraturan Menteri Kehutanan No. P.02/Menhut-II/2007. Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) di setiap daerah diberikan tanggung jawab oleh Direktur Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam sebagai pelaksana untuk penyidikan melakukan dibidang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati. Peraturan lain yang juga berhubungan dengan perlindungan sumber daya alam yaitu Peraturan Pemerintah No.7 Tahun 1999 tentang Pengawetan Jenis Tumbuhan dan Satwa, Peraturan Pemerintah No. 8 Tahun 1999 tentang Pemanfaatan Jenis Tumbuhan dan Satwa Liar.

Melestarikan keanekaragaman hayati sangat penting tidak hanya untuk menjaga keseimbangan ekologi tetapi juga untuk mempertahankan perekonomian, menjaga kesehatan manusia, dan meningkatkan ketahanan terhadap tantangan lingkungan. Melindungi keanekaragaman hayati adalah kunci untuk memastikan keberlanjutan dan kesejahteraan manusia serta seluruh kehidupan di Bumi. Ekosistem yang sehat dan beragam berperan penting sebagai penyangga alami terhadap bencana alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. 2002. *Molecular Biology of the Cell (4th Edition)*. Garland Science: New York.
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W. and Gaillard, E. 2020. Environmental education outcomes for conservation : A systematic review. *Biological Conservation*, 241(August 2019), p. 108224. doi: 10.1016/j.biocon.2019.108224.
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. 2008. *Biology (8th ed.)*. Pearson Benjamin Cummings.
- CITES Secretariat .2022. World Wildlife Trade Report 2022. Geneva, Switzerland.
- Convention on Biological Diversity. 1992. *Text of the Convention on Biological Diversity*. United Nations.
- Doudna, J. A., & Charpentier, E. 2014. *The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9*. Science, 346(6213), 1258096.
- Elizabeth A. Widjaja, Yayuk Rahayuningsih, Joeni Setijo Rahajoe, Rosichon Ubaidillah, Ibnu Maryanto, E. B. W. dan G. S. 2014. *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia*. Jakarta: LIPI Press.
- Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species*. John Murray.
- Franklin, R., & Gosling, R. G. 1953. *Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate*. Nature, 171(4356), 740-741.
- FAO. 2018. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals*. Rome.
- Gest, H. 2004. *The Discovery Of Microorganisms By Robert Hooke And Antoni Van Leeuwenhoek, Fellows Of The Royal Society*. Notes and Records of the Royal Society of London, 58(2), 187-201.
- Gittleman, J. L., dkk. 2001. *Biodiversity: Bridging the Gap Between Science and Society*. Science, 293(5537), 1023-1024.
- John W. Wilson and Richard B. Primack, Conservation Biology in Sub-Saharan Africa. Cambridge, UK: Open Book Publishers, 2019, <https://doi.org/10.11647/OBP.0177>
- Kitano, H. 2002. *Systems Biology: A Brief Overview*. Science, 295(5560), 1662-1664.
- Lander, E. S., dkk. 2001. *Initial Sequencing And Analysis Of The*

- Human Genome*. Nature, 409(6822), 860-921.
- Meffe, G. K., & Carroll, C. R. (Eds.). 1994. *Principles of Conservation Biology*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Mendel, G. 1865. Versuche über Pflanzen-Hybriden. Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn.
- Pelayo, M. et al. 2020. 'The Global Flood Protection Benefits of Mangroves', pp. 1–11. doi: 10.1038/s41598-020-61136-6.
- Siallagan, Z. L. et al. (2023) 'Why many Indonesian marine species remain undescribed : a case study using polychaete species discovery', *Raffles Bulletin of Zoology*, 71(May), pp. 337–365. doi: 10.26107/RBZ-2023-0026.
- Utama, I. M. S.2016. Konservasi Keanekaragaman Hayati dengan Kearifan Lokal. (December 2011).
- Watson, J. D., & Crick, F. H. 1953. *Molecular Structure Of Nucleic Acids: A Structure For Deoxyribose Nucleic Acid*. Nature, 171(4356), 737-738.
- Wilson, E. O. 1988. *Biodiversity*. National Academy Press.
- Wilson, E. O. 1992. *The Diversity of Life*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- WWF .2020. *Living Planet Report 2020-Bending The Curve Of Biodiversity Loss*. Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Switzerland

BAB 5

MENELUSURI SEJARAH BUMI DAN DINAMIKA ALAM

Oleh Aisyah Indah Irmaya

5.1 Pendahuluan

Geologi adalah ilmu yang mempelajari bumi, termasuk komposisi, struktur, proses, dan sejarahnya. Disiplin ini mencakup studi tentang material yang membentuk bumi, proses yang bekerja pada material tersebut, serta sejarah perkembangan planet dan bentuk kehidupannya (Lutgens & Tarbuck, 2018).

Konsep-konsep dasar dalam geologi seperti pembentukan batuan, tektonik lempeng, dan perubahan iklim merupakan fondasi untuk memahami dinamika bumi. Pembentukan batuan mengkaji bagaimana batuan beku, sedimen, dan metamorf terbentuk melalui berbagai proses geologis. Tektonik lempeng, yang menjelaskan pergerakan lempeng-lempeng besar di permukaan bumi, merupakan kunci untuk memahami banyak fenomena geologi seperti gempa bumi dan pembentukan pegunungan. Selain itu, perubahan iklim yang dilihat dari perspektif geologis memberikan wawasan penting tentang bagaimana iklim bumi telah berubah sepanjang waktu dan bagaimana hal ini mempengaruhi kehidupan di planet ini.

Geologi juga memainkan peran penting dalam mengungkap sejarah bumi melalui studi tentang lapisan batuan dan fosil yang terkandung di dalamnya. Ilmu stratigrafi dan paleontologi membantu kita menguraikan kronologi kejadian-kejadian besar dalam sejarah bumi dan evolusi kehidupan. Selain itu, fenomena alam seperti gempa bumi dan letusan gunung berapi dijelaskan melalui proses-proses geologis yang mendasari aktivitas tersebut. Pemahaman tentang proses-proses ini tidak hanya penting dari segi ilmiah, tetapi juga krusial untuk mitigasi bencana dan keselamatan manusia.

Geologi memiliki implikasi langsung terhadap pemahaman kita tentang sumber daya alam dan pengelolaan lingkungan. Pengetahuan tentang formasi batuan dan struktur geologi digunakan dalam eksplorasi dan ekstraksi mineral, batu bara, minyak, dan gas bumi. Selain itu, studi geologi lingkungan membantu dalam pengelolaan sumber daya air, mitigasi risiko bencana, dan pelestarian lingkungan. Dengan demikian, geologi tidak hanya memberikan wawasan tentang masa lalu bumi, tetapi juga memandu kita dalam memanfaatkan sumber daya secara berkelanjutan dan melindungi lingkungan untuk masa depan.

5.2 Konsep-konsep Geologi

Geologi, sebagai ilmu yang mempelajari bumi, membuka jendela bagi kita untuk memahami dinamika planet kita. Ilmu ini mengkaji berbagai aspek dari komposisi hingga struktur bumi, serta proses-proses yang membentuk dan mengubahnya sepanjang waktu. Di antara konsep-konsep dasar dalam geologi, pembentukan batuan, tektonik lempeng, dan perubahan iklim menonjol sebagai fondasi utama yang menjelaskan banyak fenomena geologis dan lingkungan yang kita amati.

5.2.1 Pembentukan Batuan

Pembentukan batuan adalah salah satu konsep dasar dalam geologi yang menjelaskan bagaimana batuan beku, sedimen, dan metamorf terbentuk melalui berbagai proses alamiah. Batuan beku terbentuk dari pendinginan magma atau lava, sementara batuan sedimen terbentuk melalui pengendapan material hasil erosi. Batuan metamorf, di sisi lain, adalah hasil transformasi dari batuan yang sudah ada melalui tekanan dan suhu tinggi tanpa mengalami pencairan. Studi tentang pembentukan batuan memberikan wawasan tentang sejarah geologi dan proses yang membentuk permukaan bumi.

A. Batuan Beku (Igneous Rocks)

Batuan beku terbentuk dari pendinginan dan kristalisasi magma atau lava, yang dapat terjadi di bawah permukaan bumi sebagai batuan beku intrusif atau di permukaan bumi sebagai batuan beku ekstrusif (Encyclopaedia Britannica, n.d.). Proses

pembentukan batuan Beku diawali dengan magma yang terbentuk di dalam mantel atau kerak bumi akibat panas dan tekanan tinggi yang menyebabkan batuan mencair. Lava adalah magma yang mencapai permukaan bumi melalui letusan gunung berapi. Magma yang mendingin secara perlahan di dalam bumi menghasilkan kristal-kristal besar karena atom-atom memiliki cukup waktu untuk membentuk struktur kristal yang teratur. Lava yang mendingin cepat di permukaan bumi menghasilkan kristal-kristal kecil karena atom-atom tidak memiliki cukup waktu untuk membentuk struktur kristal yang besar.

Berdasarkan tempat dan cara pendinginannya, batuan beku dapat dibagi menjadi dua kategori utama:

a. Batuan Beku Intrusif (Plutonik)

Terbentuk di dalam kerak bumi dari magma yang mendingin secara perlahan. Batuan ini memiliki tekstur kasar dengan kristal-kristal besar yang terlihat jelas. Contoh: Granit dan Diorit

b. Batuan Beku Ekstrusif (Vulkanik)

Terbentuk di permukaan bumi dari lava yang mendingin cepat. Memiliki tekstur halus dengan kristal-kristal kecil atau bahkan tidak terlihat (amorf). Contoh: Basalt dan Andesit.

Tekstur batuan beku sangat dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan magma atau lava. Macam-macam tekstur batuan Beku:

a. Faneritik

Tekstur kasar dengan kristal besar, terjadi pada batuan intrusif.

b. Afanitik

Tekstur halus dengan kristal kecil, terjadi pada batuan ekstrusif.

c. Porfiritik

Kombinasi kristal besar yang tertanam dalam matriks kristal kecil, menunjukkan perubahan kecepatan pendinginan.

d. Glasial

Tidak berstruktur kristal (amorf), terjadi pada pendinginan sangat cepat, seperti kaca vulkanik (obsidian).

Batuan beku memainkan peran penting dalam geologi. Sebagian besar kerak samudra terdiri dari basalt, sedangkan kerak benua sebagian besar terdiri dari granit. Studi tentang batuan beku dapat mengungkap informasi tentang aktivitas vulkanik, formasi kerak, dan evolusi geologi regional. Batuan beku sering mengandung mineral berharga seperti emas, perak, tembaga, dan berlian.



Gambar 5.1. Batuan Beku (*Igneous Rocks*)
(Sumber : Zong-Xian Zhang, 2016)

B. Batuan Sedimen (Sedimentary Rocks)

Batuan sedimen terbentuk dari akumulasi dan litifikasi sedimen (partikel detritus dan bahan kimia terlarut), yang biasanya diendapkan dalam lapisan di badan air seperti danau, sungai, dan lautan (Lutgens & Tarbuck, 2018). Batuan ini memainkan peran penting dalam geologi karena mencatat banyak informasi tentang sejarah bumi, termasuk kondisi lingkungan masa lalu, iklim, dan aktivitas organisme. Proses pembentukan Batuan Sedimen diawali dengan batu-batu dan

mineral di permukaan bumi mengalami pelapukan fisik dan kimia yang memecahnya menjadi partikel-partikel kecil. Partikel-partikel hasil pelapukan kemudian diangkut oleh agen-agen erosi seperti air, angin, es, atau gravitasi. Ketika energi agen transportasi menurun, partikel-partikel tersebut diendapkan. Proses ini biasanya terjadi di dasar sungai, danau, laut, atau gurun. Partikel-partikel yang terendapkan mengalami kompaksi dan sementasi. Kompaksi terjadi karena tekanan dari lapisan-lapisan sedimen di atasnya, sementara sementasi terjadi ketika mineral-mineral terlarut mengendap di antara partikel-partikel sedimen dan mengikatnya menjadi batuan padat.

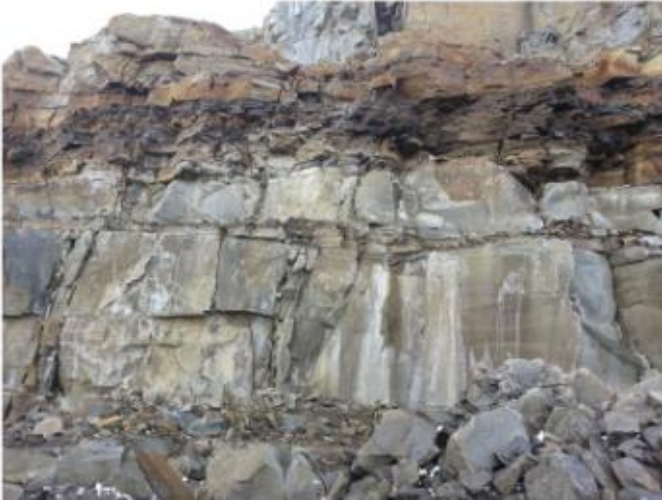
Batuan Sedimen diklasifikasikan menjadi beberapa jenis:

- a. Batuan Klastik: Terbentuk dari fragmen batuan atau mineral yang lebih tua. Contohnya adalah batu pasir (terbuat dari butir-butir pasir) dan konglomerat (terbuat dari kerikil yang disemenkan bersama).
- b. Batuan Kimia: Terbentuk dari pengendapan bahan-bahan terlarut. Contohnya adalah batu gamping (terbuat dari kalsium karbonat) dan batu garam (terbuat dari natrium klorida).
- c. Batuan Organik: Terbentuk dari sisa-sisa organisme. Contohnya adalah batu bara (terbuat dari bahan tumbuhan yang terkompresi) dan batu gamping organik (terbuat dari kerangka organisme laut seperti koral).

Ciri-Ciri Batuan Sedimen antara lain:

- a. Batuan sedimen sering kali terlihat berlapis-lapis karena proses pengendapan yang terjadi secara bertahap.
- b. Fosil sering ditemukan dalam batuan sedimen karena pengendapan biasanya terjadi di lingkungan yang mendukung pengawetan sisa-sisa organisme.
- c. Termasuk struktur butiran, laminasi, ripple marks, mud cracks, dan lain-lain yang memberikan petunjuk tentang lingkungan pengendapannya.

Contoh Batuan Sedimen: Batupasir, Konglomerat, Batu Gamping, Shale.



Gambar 5.2. Batuan Sedimen (*Sedimentary Rocks*)
(Sumber : Zong-Xian Zhang, 2016)

Batuan Sedimen mempunyai peranan penting, Batuan sedimen menyimpan rekaman sejarah geologi bumi, termasuk perubahan iklim, pergeseran benua, dan evolusi kehidupan. Batuan sedimen adalah sumber utama dari banyak sumber daya alam, termasuk minyak bumi, gas alam, batubara, dan berbagai mineral. Analisis batuan sedimen membantu ilmuwan memahami perubahan lingkungan masa lalu dan memprediksi perubahan lingkungan masa depan.

C. Batuan Metamorf (*Metamorphic Rocks*)

Batuan metamorf terbentuk melalui transformasi padat dari batuan-batuan sebelumnya sebagai hasil dari perubahan suhu dan tekanan (Yardley, 2010). Proses ini disebut metamorfisme, dan terjadi jauh di dalam kerak bumi atau di daerah yang mengalami aktivitas tektonik yang intens.

Proses pembentukan Batuan meliputi:

- a. Metamorf Kontak yaitu Metamorf yang terjadi ketika batuan asal bersentuhan langsung dengan magma panas,

menyebabkan perubahan akibat panas tinggi tanpa disertai tekanan yang signifikan. Contohnya adalah pembentukan marmer dari batu gamping.

- b. Metamorfisme Regional yaitu Metamorf yang terjadi pada area yang luas akibat tekanan dan suhu tinggi yang berkaitan dengan proses tektonik seperti tumbukan lempeng. Ini sering mengakibatkan pembentukan batuan dengan struktur dan tekstur berlapis seperti gneiss dan schist.
- c. Metamorfisme Dinamis yaitu metamorf yang terjadi terutama karena tekanan tinggi yang dihasilkan oleh aktivitas tektonik seperti gesekan di sepanjang patahan. Contohnya adalah pembentukan batu mylonite.

Jenis-Jenis Batuan Metamorf:

- a. Batuan Metamorf Foliasi: Memiliki struktur berlapis atau berpita akibat tekanan yang mengarah pada penjajaran mineral dalam arah tertentu. Contoh batuan ini termasuk schist dan gneiss.
- b. Batuan Metamorf Non-Foliasi: Tidak memiliki struktur berlapis atau berpita karena terbentuk di bawah tekanan yang lebih uniform atau dari batuan asal yang homogen. Contoh batuan ini termasuk marmer (terbentuk dari batu gamping) dan kuarsit (terbentuk dari batu pasir kuarsa).

Ciri-Ciri Batuan Metamorf antara lain:

- a. Terlihat adanya lapisan atau pita akibat penjajaran mineral yang terjadi selama metamorfisme.
- b. Proses metamorfisme dapat menghasilkan kristal yang lebih besar dibandingkan dengan batuan asal karena rekristalisasi mineral.
- c. Mineral dalam batuan asal sering kali berubah menjadi mineral baru yang lebih stabil di bawah kondisi tekanan dan suhu tinggi.

Contoh Batuan Metamorf: Marmer, Schist, Gneiss, Kuarsit

Batuan Metamorf mempunyai peranan penting. Batuan metamorf memberikan informasi penting tentang kondisi tekanan dan suhu di dalam bumi serta proses geologi seperti pembentukan gunung dan aktivitas tektonik. Beberapa batuan metamorf seperti marmer dan slate digunakan dalam industri konstruksi dan seni. Marmer, misalnya, dihargai sebagai batu hias. Batuan metamorf yang kuat dan tahan terhadap pelapukan menjadikannya bahan yang baik untuk konstruksi bangunan dan monumen.



Gambar 5.3. Batuan Metamorf (*Metamorphic Rocks*)
(Sumber : Zong-Xian Zhang, 2016)

5.2.2 Tektonik Lempeng

Tektonik lempeng adalah teori geologi yang menjelaskan pergerakan besar-besaran dan interaksi lempeng-lempeng bumi di atas lapisan mantel yang lebih kental. Menurut teori tektonik lempeng, kerak bumi terdiri dari beberapa lempeng besar dan kecil yang bergerak di atas lapisan mantel yang kental. Pergerakan ini dipicu oleh arus konveksi dalam mantel bumi, yang mengakibatkan fenomena geologis seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, dan pembentukan pegunungan (Press & Siever, 1986; Condie, 1997). Dalam sub-bagian ini, kita akan mengeksplorasi lebih lanjut mengenai komposisi lempeng-lempeng ini, perbedaan antara

litosfer dan astenosfer, serta berbagai tipe batas lempeng yang menentukan bagaimana lempeng-lempeng ini berinteraksi.

Pemahaman mengenai struktur dan komposisi lempeng tektonik sangat penting untuk mengerti bagaimana bumi terbentuk dan berkembang dari waktu ke waktu. Lempeng-lempeng tektonik adalah bagian dari litosfer, yaitu lapisan terluar bumi yang kaku, yang bergerak di atas lapisan yang lebih plastis yang dikenal sebagai astenosfer. Pergerakan dan interaksi antar lempeng ini mempengaruhi berbagai proses geologis, mulai dari pembentukan pegunungan hingga terjadinya gempa bumi dan aktivitas vulkanik.

1. Litosfer

Litosfer adalah lapisan terluar bumi yang terdiri dari kerak dan bagian atas mantel yang kaku. Ketebalan litosfer bervariasi, berkisar dari sekitar 100 km di bawah benua hingga sekitar 5-10 km di bawah samudra.

Litosfer dibagi menjadi dua jenis utama berdasarkan komposisi dan lokasinya:

- a. Litosfer Benua: Terdiri dari kerak benua yang kaya akan silika dan aluminium (sial), dengan batuan seperti granit. Ketebalannya sekitar 35-70 km. Kepadatannya lebih rendah dibandingkan litosfer samudra.
- b. Litosfer Samudra: Terdiri dari kerak samudra yang lebih kaya akan silika dan magnesium (sima), dengan batuan seperti basal. Ketebalannya lebih tipis, sekitar 5-10 km. Kepadatannya lebih tinggi dibandingkan litosfer benua

2. Astenosfer

Di bawah litosfer terdapat astenosfer, lapisan yang lebih panas dan lebih plastis yang memungkinkan lempeng-lempeng di atasnya bergerak.

Pergerakan dan interaksi antara lempeng-lempeng tektonik terjadi di sepanjang batas-batas lempeng, yang dikategorikan menjadi tiga jenis utama batas lempeng:

1. Batas Divergen (*Divergent Boundaries*)

Tempat di mana dua lempeng bergerak menjauh satu sama lain. Contoh: Punggungan tengah samudra (*Mid-Atlantic Ridge*), di mana lempeng samudra baru terbentuk dari

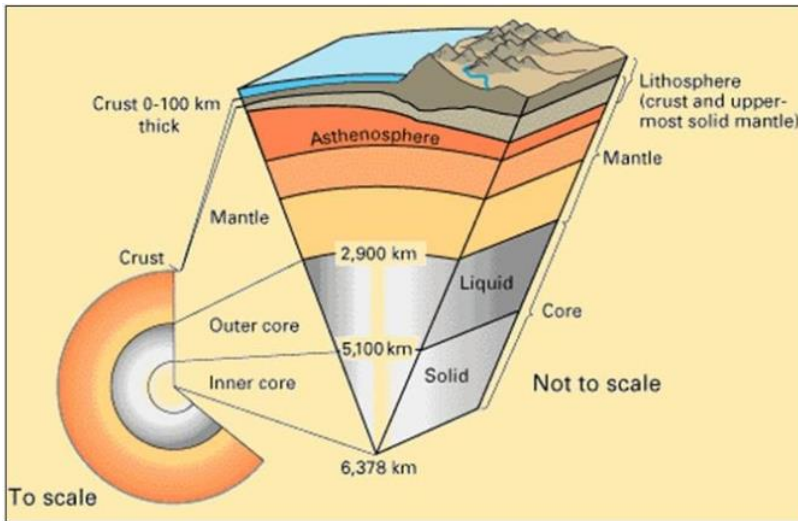
material mantel yang naik ke permukaan. Pembentukan kerak baru dari magma yang naik, yang mendingin dan mengeras membentuk kerak samudra baru.

2. Batas Konvergen (*Convergent Boundaries*):

Tempat di mana dua lempeng bergerak menuju satu sama lain. Contoh: Palung Mariana di Samudra Pasifik, di mana lempeng samudra menunjam ke bawah lempeng lain dalam proses yang dikenal sebagai subduksi. Penghancuran kerak di zona subduksi, pembentukan gunung dan aktivitas vulkanik.

3. Batas Transform (*Transform Boundaries*):

Tempat di mana dua lempeng bergerak saling berlawanan arah secara horizontal. Contoh: Sesar San Andreas di California. Pergerakan horizontal yang dapat menyebabkan gempa bumi.



Gambar 5.4. Bagian Bumi
(Sumber : USGS, 2015)

Pergerakan lempeng adalah salah satu aspek paling dinamis dari teori tektonik lempeng, yang menjelaskan bagaimana dan mengapa lempeng-lempeng besar yang membentuk kerak bumi bergerak di atas lapisan mantel yang lebih plastis. Teori ini tidak hanya menguraikan distribusi dan konfigurasi lempeng-lempeng

tektonik, tetapi juga menggambarkan mekanisme yang mendorong pergerakan mereka. Fenomena ini merupakan hasil dari proses konveksi mantel, tarikan lempeng, dan dorongan lempeng, yang semuanya berkontribusi pada pergerakan horizontal dan vertikal lempeng-lempeng tersebut. Pergerakan ini memiliki dampak signifikan terhadap berbagai peristiwa geologis di permukaan bumi, seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, dan pembentukan pegunungan. Dalam bagian ini, kita akan mengeksplorasi secara mendetail mekanisme yang menggerakkan lempeng-lempeng tektonik dan implikasi dari pergerakan ini terhadap geologi bumi.

1. Konveksi Mantel

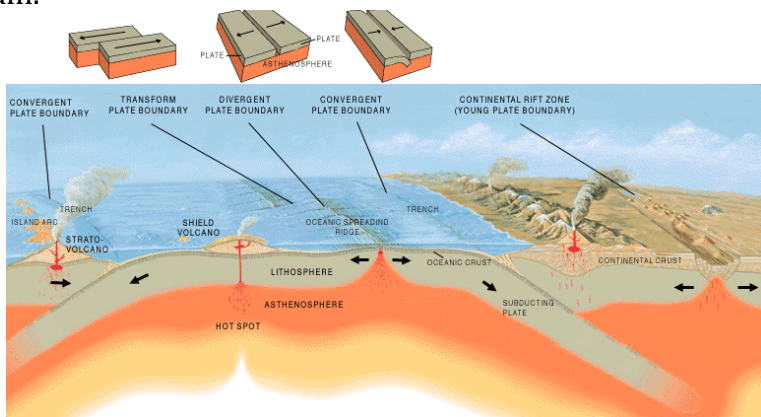
Pergerakan lempeng tektonik sebagian besar didorong oleh arus konveksi di mantel bumi. Panas dari inti bumi menyebabkan material mantel yang panas naik ke permukaan, sementara material yang lebih dingin tenggelam, menciptakan arus konveksi.

2. Tarikan Lempeng

Di batas konvergen, lempeng yang menunjam ke dalam mantel dapat menarik sisa lempeng di belakangnya, membantu menggerakkan lempeng tersebut.

3. Dorongan Lempeng

Di batas divergen, material baru yang naik dari mantel dapat mendorong lempeng-lempeng yang ada menjauh satu sama lain.



Gambar 5.5. Peta Pergerakan Lempeng Tektonik
(Sumber : Tektonik Lempeng, 2024)

Fenomena Geologis yang Diakibatkan oleh Tektonik Lempeng:

1. Gempa Bumi

Terjadi ketika stres yang dibangun di batas lempeng dilepaskan secara tiba-tiba. Kebanyakan gempa bumi terjadi di sepanjang batas lempeng.

2. Gunung Berapi

Sering ditemukan di batas konvergen, di mana subduksi lempeng menyebabkan peleburan sebagian mantel dan pembentukan magma yang naik ke permukaan. Contoh lain adalah gunung berapi di batas divergen.

3. Pembentukan Pegunungan

Terjadi di batas konvergen, terutama ketika dua lempeng benua bertabrakan, seperti yang terjadi pada pembentukan Pegunungan Himalaya.

5.2.3 Perubahan Iklim

Perubahan iklim merupakan fenomena yang tidak hanya relevan pada skala waktu modern, tetapi juga memainkan peran penting dalam sejarah geologi bumi. Sepanjang sejarah geologi, iklim bumi telah mengalami perubahan drastis yang dipengaruhi oleh berbagai faktor alamiah seperti pergerakan lempeng tektonik, aktivitas vulkanik, siklus Milankovitch, dan perubahan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Perubahan iklim ini telah menyebabkan berbagai peristiwa besar, termasuk zaman es, periode pemanasan global, dan perubahan tingkat laut, yang semuanya telah mempengaruhi evolusi kehidupan di bumi dan pembentukan lanskap geologi. Dalam bagian ini, kita akan mengeksplorasi bagaimana perubahan iklim telah terjadi sepanjang sejarah geologi, mekanisme yang menggerakkan perubahan tersebut, serta dampaknya terhadap ekosistem dan lingkungan geologis. Memahami perubahan iklim dari perspektif geologi memberikan wawasan yang penting tentang dinamika bumi dan membantu kita mengantisipasi perubahan iklim di masa depan.

Geologi memainkan peran penting dalam memahami perubahan iklim karena memberikan kerangka waktu yang panjang dan data empiris tentang bagaimana iklim bumi telah berubah

selama jutaan tahun. Berikut adalah beberapa cara di mana geologi berkontribusi terhadap pemahaman kita tentang perubahan iklim:

1. Rekaman Geologi

Catatan geologis menyediakan bukti penting untuk memahami perubahan iklim masa lalu. Deposit sedimen, inti es, dan catatan fosil adalah sumber utama yang digunakan untuk merekonstruksi iklim masa lalu (Press & Siever, 1986). Sistem iklim bumi telah mengalami perubahan signifikan selama skala waktu geologis, yang dipengaruhi oleh aktivitas tektonik, letusan gunung berapi, dan variasi radiasi matahari. Perubahan ini tercatat dalam bahan geologis seperti inti es, lapisan sedimen, dan catatan fosil (Ruddiman, 2001).

- a. Lapisan Sedimen: Sedimen yang terakumulasi di dasar lautan, danau, dan sungai mengandung fosil dan bahan kimia yang mencerminkan kondisi iklim pada saat sedimen tersebut terbentuk. Dengan menganalisis lapisan sedimen, ilmuwan dapat merekonstruksi iklim masa lalu.
- b. Es Inti (*Ice Cores*): Inti es yang diambil dari lapisan es di Antartika dan Greenland mengandung gelembung udara yang terperangkap yang memberikan data tentang komposisi atmosfer, suhu, dan konsentrasi gas rumah kaca selama ratusan ribu tahun.
- c. Lingkaran Pohon (*Dendrokronologi*): Cincin tahunan pada pohon dapat menunjukkan variasi iklim dari tahun ke tahun, termasuk curah hujan dan suhu.

2. Bukti Perubahan Iklim Masa Lalu

Geologi menyediakan bukti fisik dari zaman es yang terjadi selama jutaan tahun. Analisis morfologi tanah, gletser, dan deposit morain menunjukkan siklus glasial dan interglasial. Distribusi fosil flora dan fauna memberikan petunjuk tentang kondisi iklim masa lalu. Fosil tumbuhan tropis yang ditemukan di daerah kutub menunjukkan bahwa wilayah tersebut pernah memiliki iklim yang jauh lebih hangat. Analisis isotop oksigen dan karbon dalam fosil dan batuan karbonat dapat digunakan untuk memperkirakan suhu laut dan atmosfer masa lalu.

3. Mekanisme Perubahan Iklim

Pergeseran benua dan pembentukan pegunungan dapat mengubah pola sirkulasi atmosfer dan lautan, yang pada gilirannya mempengaruhi iklim global. Sebagai contoh, penutupan Selat Panama mengubah arus laut dan berkontribusi pada zaman es di Pleistosen. Letusan gunung berapi besar dapat melepaskan gas dan partikel ke atmosfer yang dapat mengurangi radiasi matahari dan menyebabkan pendinginan sementara (contohnya, letusan Gunung Tambora pada 1815 yang menyebabkan "tahun tanpa musim panas"). Perubahan periodik dalam orbit bumi, kemiringan sumbu, dan presesi dapat menyebabkan fluktuasi jangka panjang dalam iklim bumi, termasuk siklus glasial dan interglasial.

4. Dampak Perubahan Iklim

Data geologi menunjukkan bahwa perubahan iklim dapat menyebabkan naik atau turunnya permukaan laut secara signifikan, yang mempengaruhi ekosistem pesisir dan kehidupan manusia. Pembentukan dan distribusi batuan dan mineral tertentu juga dipengaruhi oleh kondisi iklim. Sebagai contoh, deposit batubara terbentuk di iklim tropis yang lembab, sementara evaporit terbentuk di lingkungan kering.

5.3 Sejarah Bumi dan Fenomena Alam

Sejarah Bumi adalah kisah yang luas dan kompleks, yang mencakup lebih dari 4,5 miliar tahun sejak pembentukannya hingga masa kini. Selama waktu tersebut, Bumi mengalami berbagai perubahan dramatis yang membentuk permukaan dan lingkungan di atasnya (Press, F., & Siever, R. (1986).

Proses-proses geologis dan fenomena alam seperti pergerakan lempeng tektonik, aktivitas vulkanik, dan perubahan iklim memainkan peran penting dalam mengarahkan evolusi planet ini. Peristiwa besar seperti zaman es, kepunahan massal, dan pembentukan benua telah meninggalkan jejak yang mendalam dalam catatan geologis, memberikan wawasan tentang dinamika Bumi yang selalu berubah. Dengan mempelajari sejarah geologi dan fenomena alam, kita tidak hanya memahami bagaimana Bumi

mencapai kondisi saat ini tetapi juga mendapatkan pandangan penting untuk memprediksi dan memitigasi tantangan lingkungan di masa depan. Bagian ini akan menjelajahi berbagai aspek penting dari sejarah geologi Bumi dan fenomena alam yang telah membentuk planet kita selama miliaran tahun.

5.3.1 Pembentukan Awal Bumi

Pembentukan awal Bumi dimulai sekitar 4,5 miliar tahun yang lalu ketika Tata Surya kita sedang dalam tahap pembentukannya. Bumi terbentuk dari runtuhnya gravitasi awan gas dan debu dalam nebula surya awal sekitar 4,6 miliar tahun yang lalu (Pierrehumbert, R. T, 2010).

Terbentuknya Tata Surya merupakan proses yang kompleks dan melibatkan evolusi dari sebuah nebula gas dan debu menjadi sistem planet yang kita kenal saat ini. Proses terbentuknya Tata Surya meliputi:

1. Nebula Awal

Sekitar 4,6 miliar tahun yang lalu, sebuah nebula raksasa terbentuk dari awan gas dan debu di Galaksi Bima Sakti. Nebula ini mungkin dipicu oleh gelombang kejut dari supernova atau pergerakan awan molekuler.

2. Kontraksi dan Pembentukan Matahari

Nebula mulai mengalami kontraksi gravitasi, yang menyebabkan peningkatan suhu dan tekanan di pusatnya. Bagian terpadat dari nebula ini akhirnya membentuk inti protobintang. Proses ini memicu reaksi termonuklir di inti, memulai fase hidrogen menjadi helium yang stabil, dan membentuk Matahari. Energi yang dilepaskan oleh reaksi termonuklir ini membantu membersihkan sisa-sisa gas dan debu dari sekitarnya.

3. Piringan Protoplanet

Sisa-sisa gas dan debu dari nebula membentuk piringan protoplanet di sekitar Matahari yang baru terbentuk. Piringan ini terdiri dari materi padat (partikel-partikel debu dan es) yang berputar mengelilingi Matahari.

4. Agregasi Materi

Partikel-partikel dalam piringan protoplanet saling bertabrakan dan bergabung untuk membentuk objek yang lebih besar, seperti planetesimal (benda-benda kecil yang menjadi bahan baku planet).

5. Pembentukan Planet

Planet-planet terbentuk melalui akresi, yaitu proses di mana planetesimal berpadu menjadi benda yang lebih besar. Proses ini terjadi dalam jangka waktu yang sangat panjang dan dipengaruhi oleh gravitasi dan tumbukan dalam piringan protoplanet.

6. Diferensiasi Planet

Setelah planet terbentuk, mereka mengalami diferensiasi, yaitu pemisahan bahan-bahan dalam planet berdasarkan kepadatan. Ini menghasilkan struktur internal seperti inti besi-nikel yang padat dan mantel luar yang lebih ringan.

7. Evolusi Tata Surya

Setelah terbentuknya planet-planet utama (Bumi, Mars, Venus, dll.), Tata Surya mengalami evolusi panjang yang meliputi pergerakan planet, peristiwa tabrakan yang besar, dan interaksi gravitasi yang membentuk orbit dan karakteristik sistem planet.

5.3.2 Era Hadean dan Archean (4,5 - 2,5 miliar tahun yang lalu)

Periode Hadean dan Arkean adalah dua fase awal dalam sejarah Bumi yang penting dalam pengembangan planet kita dari tahap pembentukan awalnya menuju kondisi yang mendukung kehidupan. Era Hadean dan Archean adalah periode kunci dalam sejarah Bumi karena mereka membentuk dasar bagi kondisi dan evolusi planet kita. Periode-periode ini tidak hanya menyediakan wadah bagi pembentukan Bumi secara fisik dan kimia, tetapi juga untuk munculnya kehidupan yang pertama kali. Studi tentang Hadean dan Archean memberikan wawasan yang berharga tentang kondisi awal Bumi yang sangat berbeda dari hari ini, serta proses-proses geologis dan biologis yang membentuk dasar bagi planet kita.

1. Era Hadean (4,6 - 4 miliar tahun yang lalu)

Era Hadean, yang dimulai sekitar 4,6 miliar tahun yang lalu, ditandai oleh kondisi Bumi yang sangat panas dan

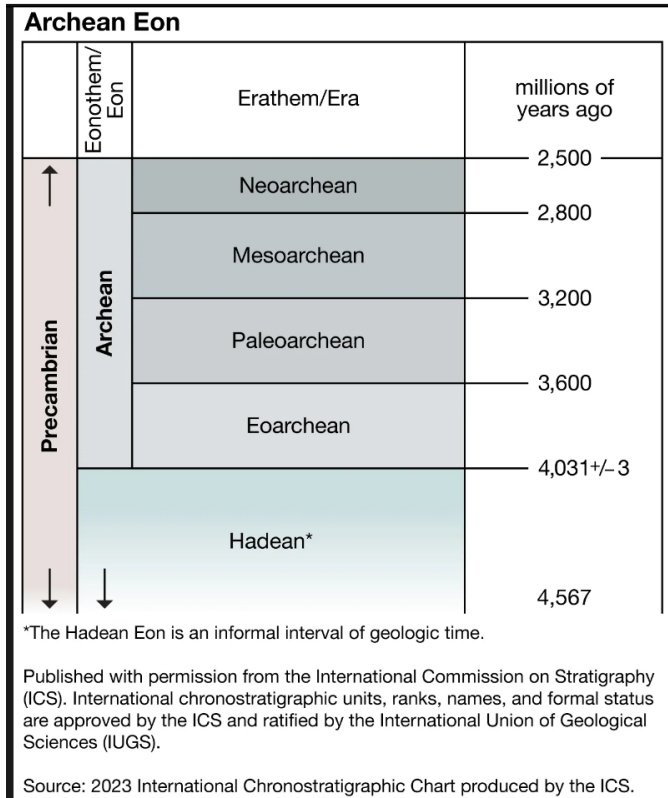
terbentuknya permukaan bumi awal dari proses pelapukan dan tabrakan meteor (International Commission on Stratigraphy, 2020).

Pada awalnya, Bumi adalah sebuah bola magma yang sangat panas dan intens. Proses akresi terus berlanjut, di mana planetesimal-planetesimal bertabrakan dan bergabung untuk membentuk protoplanet Bumi yang semakin besar. Selama Era Hadean, Bumi sering kali bertabrakan dengan planetesimal lain yang melayang di Tata Surya muda ini. Beberapa tumbukan ini sangat besar dan dapat menghasilkan energi yang cukup untuk mencairkan permukaan Bumi secara keseluruhan, menghasilkan atmosferan yang sangat panas dan beracun. Selama periode ini, atmosfer Bumi yang awalnya terbentuk dari degassing telah hilang sebagian besar karena berbagai alasan, seperti tabrakan besar yang menyebabkan gas-gas yang ringan, seperti hidrogen dan helium, terlepas ke ruang angkasa.

2. Era Archean (4 - 2,5 miliar tahun yang lalu)

Era Arkean, sekitar 4 miliar hingga 2,5 miliar tahun yang lalu, ditandai dengan munculnya atmosfer awal yang kaya akan gas-gas seperti karbon dioksida, metana, dan amonia, serta kemunculan kehidupan prokariota pertama di Bumi ((International Commission on Stratigraphy, 2020).

Era Archean adalah periode ketika kehidupan pertama kali muncul di Bumi. Meskipun bukti langsungnya jarang ditemukan, fosil mikroorganisme tertua yang dikenal berasal dari periode ini. Kehidupan awal ini umumnya terbatas pada bentuk-bentuk mikroba seperti bakteri dan arkea, yang hidup di lingkungan yang ekstrem dan mungkin menggunakan reaksi kimia untuk mendapatkan energi. Selama Era Archean, aktivitas vulkanik dan tektonik Bumi tetap sangat aktif. Gunung berapi memuntahkan gas-gas dan lava ke permukaan, mempengaruhi atmosfer dan hidrosfer, serta membentuk batuan-batuan baru di kerak Bumi yang terus berubah.



Gambar 5.6. Era Archean
(Sumber : International Chronostratigraphic Chart, 2023)

5.3.3 Era Paleozoikum (541 - 252 juta tahun yang lalu)

Era Paleozoikum merupakan salah satu dari empat era dalam sejarah geologis Bumi, berlangsung dari sekitar 541 juta hingga 252 juta tahun yang lalu. Era ini terdiri dari enam periode geologis: Kambrium, Ordovisium, Silur, Devon, Karbon, dan Perm. Paleozoikum adalah waktu perubahan dramatis dalam evolusi kehidupan, geologi, dan iklim Bumi (International Commission on Stratigraphy, 2020).

1. Periode Kambrium (541 - 485 juta tahun yang lalu)

Periode Kambrium, yang berlangsung sekitar 541 hingga 485 juta tahun yang lalu, ditandai dengan ledakan Kambrium atau 'Big Bang' biologis, di mana kehidupan kompleks pertama kali muncul dalam catatan fosil (Erwin, D. H., & Valentine, J.

W, 2013). Banyak kelompok hewan modern pertama kali muncul dalam catatan fosil pada periode ini, termasuk arthropoda, moluska, dan chordata. Sebagian besar kehidupan selama Kambrium adalah laut. Kehidupan di darat belum berkembang, dan ekosistem laut yang kaya dan kompleks mulai terbentuk.

2. Periode Ordovisium (485 - 444 juta tahun yang lalu)
Periode Ordovisium, yang berlangsung sekitar 485 hingga 444 juta tahun yang lalu, ditandai dengan perkembangan yang pesat dari kehidupan laut, termasuk diversifikasi besar-besaran moluska, trilobita, dan graptolit (Harper, D. A. T., & Servais, T, 2018). Akhir periode ini ditandai oleh glasiasi besar yang menyebabkan penurunan permukaan laut dan kepunahan massal pertama dalam sejarah Bumi.
3. Periode Silur (444 - 419 juta tahun yang lalu)
Periode Silur, yang berlangsung sekitar 444 hingga 419 juta tahun yang lalu, ditandai dengan dominasi kehidupan laut seperti moluska, trilobita, dan brakiopoda, serta perkembangan tumbuhan darat awal (Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D., & Ogg, G. M, 2012). Selama Silur, tanaman darat pertama yang sederhana seperti lumut hati dan lumut tanduk, muncul. Ini adalah langkah penting dalam kolonisasi darat oleh kehidupan. Ikan berahang pertama kali muncul, memberikan dorongan besar bagi diversifikasi kehidupan laut.
4. Periode Devon (419 - 359 juta tahun yang lalu)
Periode Devon, yang berlangsung sekitar 419 hingga 359 juta tahun yang lalu, ditandai dengan evolusi dan diversifikasi besar-besaran ikan bertulang dan tumbuhan darat, serta terbentuknya hewan-hewan seperti amfibi dan arthropoda (McGhee, G. R, 2018). Tumbuhan seperti pakis dan hewan seperti arthropoda dan tetrapoda (vertebrata darat awal), mulai berkembang.
5. Periode Karbon (359 - 299 juta tahun yang lalu)
Periode Karbon, yang berlangsung sekitar 359 hingga 299 juta tahun yang lalu, ditandai dengan hutan-hutan lebat yang membentuk lapisan batubara besar, serta perkembangan

signifikan dalam evolusi amfibi dan serangga, dan kemunculan reptil pertama (Falcon-Lang, H. J., & DiMichele, W. A, 2010).

6. Periode Perm (299 - 252 juta tahun yang lalu)

Periode Perm, yang berlangsung dari sekitar 299 hingga 252 juta tahun yang lalu, ditandai dengan dominasi reptil dan munculnya nenek moyang mamalia pertama, serta diakhiri dengan peristiwa kepunahan massal terbesar dalam sejarah Bumi (Erwin, D. H, 2006)



Gambar 5.7. Trilobita Kambrium Tengah, *Xystrotrile* Templetonensis, dari Australia (fauna Kambrium)
(Sumber : Hughes, N. C. and Heim, N. A. 2005)

5.3.4 Era Mesozoikum (252 - 66 juta tahun yang lalu)

Era Mesozoikum berlangsung sekitar 252 hingga 66 juta tahun yang lalu dan terbagi menjadi tiga periode utama: Trias, Jura, dan Kapur. Era ini sering disebut sebagai "Zaman Dinosaur" karena dominasi reptil besar selama periode ini. Periode Trias (252-201 juta tahun lalu) adalah waktu ketika dinosaur pertama kali

muncul. Periode ini juga melihat kebangkitan reptil dan munculnya mamalia awal serta burung pada akhir periode Jura (201-145 juta tahun lalu). Periode Kapur (145-66 juta tahun lalu) terkenal dengan berbagai jenis dinosaurus ikonik seperti Triceratops dan Pteranodon serta kemunculan tumbuhan berbunga yang mulai mendominasi lanskap

Era Mesozoikum juga dikenal dengan perubahan besar dalam vegetasi darat. Pada awal era ini, tanaman seperti pakis, sikas, dan ginkgo mendominasi, sementara pada pertengahan periode Kapur, tumbuhan berbunga mulai muncul dan berkembang pesat, menggantikan kelompok tumbuhan lainnya.

5.3.5 Era Kenozoikum (66 juta tahun yang lalu - sekarang)

Era Kenozoikum dimulai setelah kepunahan massal pada akhir periode Kapur, sekitar 66 juta tahun yang lalu, yang memusnahkan banyak spesies termasuk dinosaurus non-avian. Era ini ditandai dengan dominasi mamalia, burung, dan tanaman berbunga (Wikipedia). Era ini melihat perubahan iklim besar-besaran, termasuk pendinginan global yang mengarah ke zaman es dan kemudian pemanasan saat ini. Mamalia dan burung menjadi kelompok hewan dominan setelah kepunahan dinosaurus. Tumbuhan berbunga dan serangga juga berkembang pesat. Salah satu aspek yang paling penting dari Kenozoikum adalah evolusi dan perkembangan manusia serta peradaban mereka. Pembentukan pegunungan besar seperti Himalaya dan Alpen terjadi pada era ini, akibat pergerakan lempeng tektonik. Era Kenozoikum dengan perubahan ekologi dan evolusi yang dramatis, telah membentuk bumi menjadi planet yang kita kenal saat ini. Era ini dibagi menjadi tiga periode utama: Paleogen, Neogen, dan Kuartar.

1. Paleogen (66 - 23 juta tahun yang lalu)

2. Paleosen (66 - 56 juta tahun yang lalu)

Periode ini menyaksikan pemulihan ekosistem bumi setelah kepunahan massal dinosaurus. Mamalia mulai berkembang pesat, dan banyak kelompok baru muncul. Hutan tropis menutupi banyak wilayah bumi.

3. Eosen (56 - 33.9 juta tahun yang lalu)
Pada periode ini iklim global sangat hangat dan lembap. Mamalia menjadi lebih besar dan lebih beragam. Kemunculan primata awal, nenek moyang kuda, dan banyak hewan modern lainnya.
4. Oligosen (33.9 - 23 juta tahun yang lalu)
Penurunan suhu global menyebabkan pembentukan lapisan es di Antartika. Hutan tropis mulai digantikan oleh padang rumput di beberapa wilayah. Evolusi lebih lanjut dari mamalia besar seperti gajah dan kuda.
5. Neogen (23 - 2.6 juta tahun yang lalu)
6. Miosen (23 - 5.3 juta tahun yang lalu)
Pemekaran dan penyebaran padang rumput di seluruh dunia. Diversifikasi lebih lanjut dari mamalia darat. Perubahan iklim yang signifikan menyebabkan aridifikasi di beberapa daerah.
7. Pliosen (5.3 - 2.6 juta tahun yang lalu)
Pendinginan global yang berlanjut, yang menyebabkan perluasan lapisan es di Kutub Utara. Mamalia besar seperti mastodon dan kucing besar menjadi umum. Munculnya hominin awal yaitu nenek moyang manusia modern.
8. Kuartar (2.6 juta tahun yang lalu - sekarang)
9. Pleistosen (2.6 juta - 11.700 tahun yang lalu)
Ditandai oleh siklus glasial dan interglasial, atau zaman es. Evolusi dan penyebaran manusia purba, termasuk *Homo erectus* dan *Homo neanderthalensis*. Kepunahan megafauna seperti mammoth dan mastodon.
10. Holosen (11.700 tahun yang lalu - sekarang)
Masa interglasial yang sedang berlangsung dengan iklim yang relatif stabil. Perkembangan peradaban manusia, dari zaman batu hingga era modern. Pengaruh manusia terhadap lingkungan dan perubahan iklim global yang signifikan.



Gambar 5.8. Fosil Tengkorak Oreodont berumur Oligosen
(Sumber : Badlands National Park, South Dakota)

5.3.6 Stratigrafi

Stratigrafi adalah studi tentang lapisan batuan (strata) dan penataan lapisannya (stratifikasi). Ini digunakan utamanya dalam studi batuan sedimen dan batuan vulkanik yang berlapis-lapis (Boggs, 2014). Stratigrafi memberikan kerangka kerja untuk menafsirkan sejarah geologi, di mana suksesi lapisan batuan digunakan untuk menginferensikan perubahan temporal dan spasial dalam kerak Bumi (Miall, A. D, 2015).

Prinsip-prinsip dasar stratigrafi, yang pertama kali diuraikan oleh geolog Denmark, Nicolas Steno, pada abad ke-17, memberikan landasan metodologis untuk analisis dan interpretasi urutan lapisan batuan. Salah satu prinsip fundamental dalam stratigrafi adalah Hukum Superposisi. Prinsip ini menyatakan bahwa dalam urutan lapisan batuan sedimen yang belum mengalami deformasi, lapisan yang lebih tua berada di bawah lapisan yang lebih muda. Hukum Superposisi memungkinkan para geolog untuk menentukan umur relatif lapisan batuan dan membantu dalam rekonstruksi kronologi geologis suatu daerah. Selain Hukum Superposisi, terdapat beberapa prinsip lain yang menjadi dasar dalam stratigrafi, seperti Hukum Horizontalitas Asli, yang menyatakan bahwa lapisan batuan sedimen awalnya diendapkan secara horizontal; Hukum Lateral Continuity, yang menyatakan bahwa lapisan batuan sedimen diendapkan dalam semua arah secara kontinu sampai mereka

menipis atau bertemu dengan batas cekungan; dan Hukum Inklusi, yang menyatakan bahwa fragmen batuan yang terinklusi dalam batuan lain adalah lebih tua dari batuan yang mengandung fragmen tersebut.

Prinsip-prinsip ini, bersama dengan Hukum Serangkaian Faunal yang menggunakan fosil untuk menentukan umur relatif lapisan batuan, membentuk kerangka kerja yang esensial untuk studi stratigrafi. Dengan menggunakan prinsip-prinsip ini, geolog dapat mengidentifikasi dan mengkorelasikan lapisan batuan di berbagai lokasi geografis, merekonstruksi perubahan lingkungan dan peristiwa geologis masa lalu, serta mengembangkan model evolusi Bumi yang lebih akurat.

Stratigrafi sangat penting dalam mencari dan mengelola sumber daya seperti minyak, gas, dan mineral. Dengan memahami distribusi dan karakteristik lapisan batuan, perusahaan dapat menentukan lokasi yang paling potensial untuk pengeboran atau penambangan. Melalui stratigrafi, geolog dapat merekonstruksi sejarah perubahan iklim, aktivitas tektonik, dan perkembangan kehidupan di Bumi. Ini memberikan wawasan penting tentang bagaimana Bumi telah berevolusi. Stratigrafi juga membantu dalam pembuatan peta geologi yang mendetail, yang digunakan dalam berbagai aplikasi ilmiah dan industri. Analisis stratigrafi dapat memberikan informasi tentang perubahan lingkungan masa lalu, termasuk siklus iklim, perubahan permukaan laut, dan dampak peristiwa besar seperti letusan gunung berapi atau tumbukan meteorit.

5.3.7 Paleontologi

Paleontologi adalah cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari kehidupan prasejarah di Bumi melalui analisis fosil. Fosil adalah sisa-sisa atau jejak organisme masa lalu yang terawetkan dalam batuan. Paleontologi mencakup studi tentang morfologi, struktur, evolusi, dan hubungan organisme-organisme yang hidup di masa lalu, serta interaksi mereka dengan lingkungan dan satu sama lain. Disiplin ini memanfaatkan berbagai metode dan teknik untuk merekonstruksi sejarah kehidupan dan memahami proses evolusi yang telah terjadi selama miliaran tahun.

Paleontologi juga berhubungan erat dengan bidang-bidang seperti biologi, ekologi, dan geologi, dan membantu dalam mengungkap perubahan lingkungan dan iklim masa lalu (Encyclopedia Britannica).

Paleontologi tidak hanya berfokus pada deskripsi dan klasifikasi fosil, tetapi juga mengeksplorasi hubungan evolusioner antarorganisme dan interaksi mereka dengan lingkungan. Disiplin ini mencakup berbagai sub-bidang seperti paleobotani (studi tentang fosil tumbuhan), paleozoologi (studi tentang fosil hewan), micropaleontologi (studi tentang fosil mikroorganisme), dan ichnologi (studi tentang jejak fosil seperti jejak kaki dan liang). Metode penelitian dalam paleontologi melibatkan ekskavasi fosil, analisis morfologi, biostratigrafi, dan penggunaan teknologi canggih seperti pemindaian CT dan analisis isotop. Fosil tidak hanya memberikan wawasan tentang evolusi dan adaptasi organisme, tetapi juga membantu dalam rekonstruksi paleoekologi dan iklim masa lalu. Misalnya, fosil tumbuhan dan serbuk sari dapat memberikan petunjuk tentang iklim dan vegetasi yang pernah ada, sementara fosil hewan dapat mengungkap perubahan ekosistem dan dinamika predator-mangsa.

Selain nilai ilmiahnya, paleontologi memiliki aplikasi praktis yang signifikan, termasuk dalam eksplorasi sumber daya alam seperti minyak dan gas. Fosil mikroorganisme, misalnya, digunakan dalam biostratigrafi untuk menentukan umur dan korelasi lapisan batuan, yang penting dalam pencarian dan pengelolaan reservoir hidrokarbon.

5.3.8 Fenomena Alam

Fenomena alam merujuk pada peristiwa atau kejadian yang terjadi secara alami di alam semesta ini, sering kali melibatkan proses fisik, kimia, atau biologis yang kompleks. Fenomena alam dapat diamati di berbagai skala, mulai dari skala mikroskopis seperti reaksi kimia di dalam sel, hingga skala makroskopis seperti gerhana matahari atau tsunami yang melanda pantai. Jenis-Jenis Fenomena Alam Geologis antara lain:

1. Gempa Bumi: Getaran yang terjadi karena pelepasan energi di dalam kerak Bumi.

2. Gunung Meletus: Letusan magma, gas, dan abu dari gunung api.
3. Pegunungan dan Lembah: Pembentukan dan perubahan bentuk lahan akibat proses tektonik dan erosi.
4. Formasi Batuan: Pembentukan berbagai jenis batuan seperti batuan sedimen, metamorf, dan batuan beku.

5.4 Implikasi Geologi terhadap Sumber Daya Alam dan Lingkungan

Geologi memiliki peran yang sangat penting dalam pemahaman dan pengelolaan sumber daya alam serta dampaknya terhadap lingkungan. Disiplin ini tidak hanya mempelajari struktur, komposisi, dan sejarah bumi, tetapi juga memberikan kerangka kerja untuk memahami distribusi, karakteristik, dan potensi ekonomi dari berbagai sumber daya alam seperti minyak, gas, mineral, air tanah, dan tanah pertanian. Di samping itu, geologi juga memberikan wawasan tentang bagaimana kegiatan manusia dapat mempengaruhi lingkungan dan cara untuk mengelola dampak-dampak tersebut.

Geologi membantu dalam identifikasi, eksplorasi, dan eksploitasi reservoir minyak dan gas. Pengetahuan tentang struktur geologi seperti lipatan, sesar, dan formasi batuan penghasil minyak memandu kegiatan eksplorasi dan pengembangan. Sumber daya ini tidak hanya penting untuk energi, tetapi juga untuk industri dan transportasi. Geologi memainkan peran kunci dalam menentukan lokasi dan karakteristik deposit mineral seperti bijih besi, tembaga, emas, dan uranium. Pengetahuan tentang proses geologi seperti mineralisasi dan formasi pegunungan membantu dalam pemodelan deposit mineral serta estimasi cadangan yang tersedia. Geologi hidrologi mempelajari pergerakan air tanah di dalam akuifer dan cara mengelolanya secara berkelanjutan. Pengetahuan ini penting untuk memastikan pasokan air yang cukup dan berkualitas bagi kebutuhan manusia dan lingkungan. Geologi memahami pembentukan tanah dan karakteristiknya, yang sangat penting untuk pertanian dan pemilihan tanaman yang tepat. Studi geologi membantu dalam konservasi tanah dan meminimalkan erosi yang dapat merusak produktivitas lahan pertanian.

Kegiatan penambangan dan penggalian dapat menyebabkan degradasi lingkungan seperti deforestasi, kerusakan habitat, dan pencemaran air dan udara. Geologi memberikan pemahaman tentang potensi dampak ini serta teknik-teknik untuk meminimalkan kerusakan lingkungan selama proses penambangan. Geologi membantu dalam pemahaman dan mitigasi bencana alam seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, tanah longsor, dan tsunami. Pengetahuan tentang sejarah geologis suatu wilayah dan pemodelan geofisika memungkinkan untuk mengidentifikasi potensi risiko dan mengembangkan strategi mitigasi yang efektif. Studi geologi mengungkapkan catatan sejarah iklim bumi yang dapat membantu dalam memahami perubahan iklim saat ini. Pemahaman tentang siklus alam dan faktor-faktor geologis yang mempengaruhi iklim dapat memberikan panduan untuk kebijakan mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim global.

Kita dapat mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan dengan memanfaatkan pengetahuan geologi dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Pentingnya integrasi antara ilmu geologi dengan kebijakan pembangunan dan pelestarian lingkungan tidak hanya mendukung keberlanjutan ekonomi dan sosial, tetapi juga melestarikan keanekaragaman hayati bumi untuk generasi mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Boggs, S., Jr. (2014). Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Pearson Education.
- Bradley, R.S. (1999). Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary. Academic Press.
- Condie, K.C. (1997). Plate Tectonics and Crustal Evolution. Butterworth-Heinemann.
- Encyclopaedia Britannica. (n.d.). *Igneous rock. Dalam Encyclopaedia Britannica*. Diakses pada 22 Juni 2024 dari <https://www.britannica.com/science/igneous-rock>.
- Era Kenozoikum. (2024). Dalam Wikipedia, Ensiklopedia Bebas. Diakses pada 23 Juni 2024, dari https://id.wikipedia.org/wiki/Era_Kenozoikum
- Erwin, D. H. (2006). Extinction: How Life on Earth Nearly Ended 250 Million Years Ago. Princeton University Press.
- Erwin, D. H., & Valentine, J. W. (2013). The Cambrian Explosion: The Construction of Animal Biodiversity. Roberts and Company Publishers.
- Falcon-Lang, H. J., & DiMichele, W. A. (2010). What Happened to the Coal Forests during Pennsylvanian Glacial Phases? *Palaios*, 25(10), 611-617.
- Frederick K. Lutgens dan Edward J. Tarbuck. (2018). *Essentials of Geology (13th Edition)*.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D., & Ogg, G. M. (Eds.). (2012). The Geologic Time Scale 2012. Elsevier.
- Harper, D. A. T., & Servais, T. (2018). The Great Ordovician Biodiversification Event. Columbia University Press.
- International Commission on Stratigraphy. (2020). The Geologic Time Scale 2020. Cambridge University Press.
- Kearey, P., Klepeis, K.A., & Vine, F.J. (2009). Global Tectonics. Wiley-Blackwell.
- Lowe, J.J., & Walker, M.J.C. (1997). Reconstructing Quaternary Environments. Longman.
- McGhee, G. R. (2018). The Late Devonian Mass Extinction: The Frasnian/Famennian Crisis. Columbia University Press.

- Miall, A. D. (2015). Stratigraphy provides the framework for interpreting geological history, where the succession of rock layers is used to infer temporal and spatial changes in the Earth's crust. *Earth-Science Reviews*, 150, 103-118. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.07.005>
- Pierrehumbert, R. T. (2010). *Principles of Planetary Climate*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Press, F., & Siever, R. (1986). *Earth*. W.H. Freeman and Company.
- Ruddiman, W.F. (2001). *Earth's Climate: Past and Future*. W.H. Freeman and Company.
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2017). *Earth: An Introduction to Physical Geology (12th ed.)*.
- Tektonik Lempeng. (2024). Diakses tanggal 23 Juni 2024, dari https://id.wikipedia.org/wiki/Tektonik_lempeng
- USGS, United States Geological Survey, <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/> (diakses tanggal 7 Mei 2015).
- Yardley, B. W. D. (2010). *Metamorphic Petrology*.
- Zhang, Z.-X. (2016). *Rock fracture and rock strength*. Butterworth-Heinemann.

BIODATA PENULIS



Carolina Sri Athena Barus, S.Pd., M.Pd.

Dosen Program Studi Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan

Penulis lahir di Sumatra Utara tanggal 03 Oktober 1994. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan, Universitas Pattimura. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Pendidikan Fisika tahun 2017 di Universitas Negeri Medan serta melanjutkan S2 pada Jurusan Pendidikan Fisika di Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis menekuni bidang Menulis dari tahun 2022 hingga saat ini.

BIODATA PENULIS



Eka Sriwahyuni, S.Pd., M.Pd

Eka Sriwahyuni, S.Pd., M.Pd, Lahir di Rappang 28 Maret 1994 merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Muzakri dan Hasnah. Penulis mengawali pendidikan di SDN 4 Benteng selesai pada tahun 2006. Kemudian Melanjutkan pendidikan di MTs PPUW yang selesai pada tahun 2009, dan melanjutkan pendidikan di MA PPUW yang selesai pada tahun 2012.

Penulis menyelesaikan pendidikan Program Sarjana (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Alauddin Makassar Tahun 2016, kemudian menyelesaikan Program Megister (S2) Pendidikan Fisika UNM Makassar Tahun 2020. Pada tahun 2021 s.d. 2023 penulis menjadi dosen tetap di Institut Agama Islam Negeri Parepare Fakultas Tarbiyah Program Studi Tadris IPA IAIN Parepare. Terhitung sejak awal tahun 2024 penulis telah diterima sebagai dosen CPNS di Universitas Pattimura.

BIODATA PENULIS



Mutia Amyranti, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Islam Syekh-Yusuf

Penulis lahir di Tangerang tanggal 25 Januari 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Islam Syekh-Yusuf. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Kimia dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Kimia. Penulis menekuni bidang Teknik Kimia dengan fokus pada Rekayasa Teknologi Kimia dan Sistem Proses Kimia.

BIODATA PENULIS



Zen Ladestam Siallagan S.Si, M.Sc.

Peneliti, Pusat Riset Laut Dalam
Organisasi Riset Kebumian dan Maritim
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Penulis lahir di Sumatera utara tanggal 1 Januari 1990. Penulis adalah Peneliti di Pusat Riset Laut Dalam, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dari tahun 2021 sampai sekarang. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Biologi di Universitas Negeri Medan (2012) dan S2 pada Program Magister Biologi, Universitas Gadjah Mada (2016). Pada tahun 2015-2016 pernah berkarir sebagai seorang Tentor dan pada tahun 2017-2019 sebagai Guru Biologi di Jakarta. Pada tahun 2019 bergabung di Pusat Penelitian Laut Dalam-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, sebagai peneliti. Penulis menekuni bidang Menulis.

BIODATA PENULIS



Aisyah Indah Irmaya, S.T., M.T

Dosen Program Studi Teknik Perminyakan
Fakultas Teknik Universitas Proklamasi 45

Penulis lahir di Jayapura tanggal 16 Mei 1981. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Perminyakan Fakultas Teknik, Universitas Proklamasi 45. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Perminyakan, S2 pada Jurusan Teknik Geologi dan melanjutkan S3 pada jurusan Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Bidang penelitian: Geologi, Reservoir.