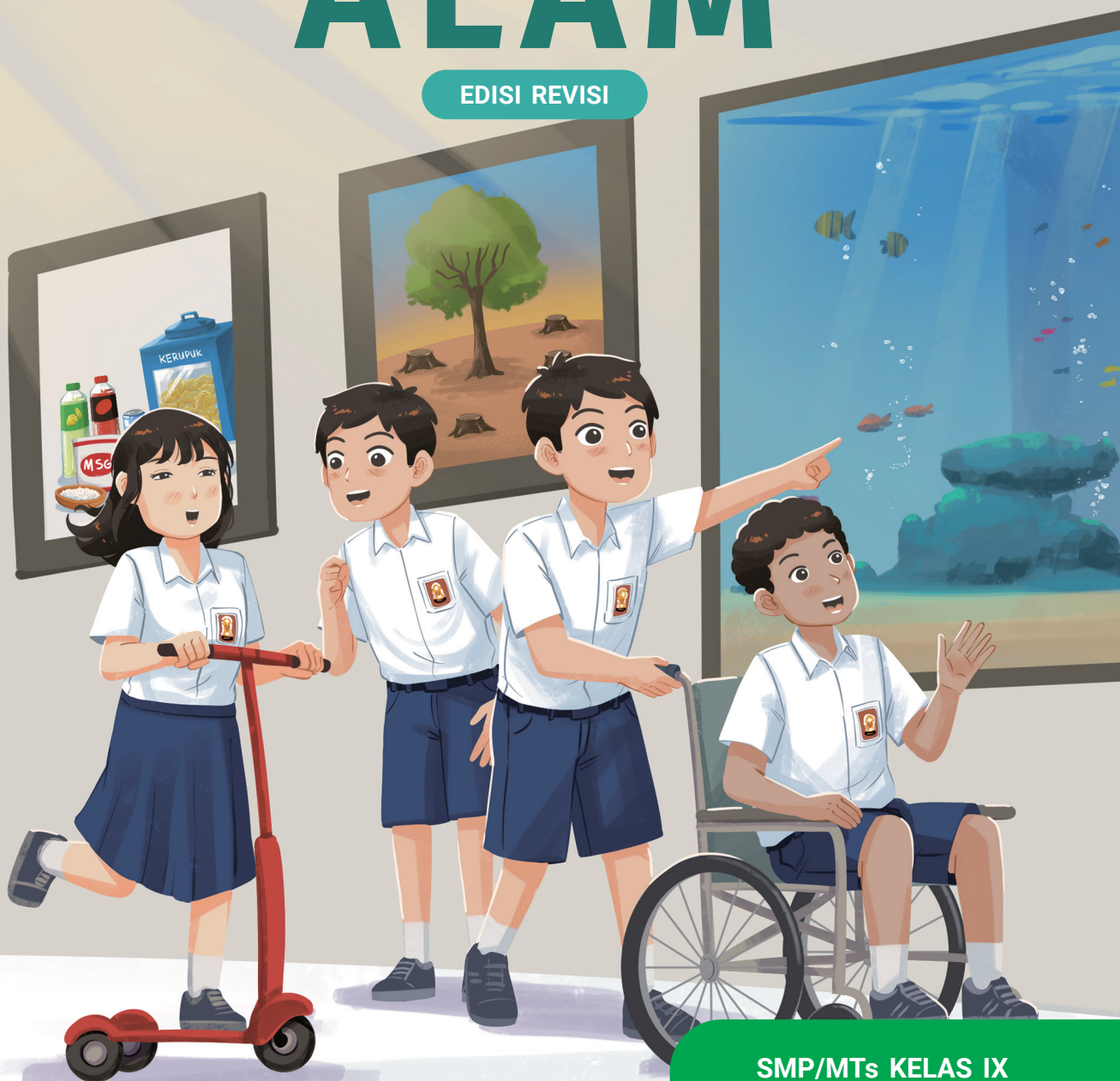




KEMENTERIAN
PENDIDIKAN DASAR
DAN MENENGAH
2025

ILMU PENGETAHUAN ALAM

EDISI REVISI



SMP/MTs KELAS IX



KEMENTERIAN
PENDIDIKAN DASAR
DAN MENENGAH
2025

ILMU PENGETAHUAN ALAM

EDISI REVISI

Cece Sutia
Victoriani Inabuy
Okky Fajar Tri Maryana
Budiyanti Dwi Hardanie
Sri Handayani Lestari

SMP/MTs KELAS IX

Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah

Dilindungi Undang-Undang

Penafian: Buku ini disiapkan oleh Pemerintah dalam rangka pemenuhan kebutuhan buku pendidikan yang bermutu, murah, dan merata sesuai dengan amanat dalam UU No. 3 Tahun 2017. Buku ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah. Buku ini merupakan dokumen hidup yang senantiasa diperbaiki, diperbarui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan yang dialamatkan kepada penulis atau melalui alamat surel buku@kemendikdasmen.go.id diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMP/MTs Kelas IX (Edisi Revisi)

Penulis

Cece Sutia
Victoriani Inabuy
Okky Fajar Tri Maryana
Budiyanti Dwi Hardanie
Sri Handayani Lestari

Penelaah

Anna Permanasari
Wahyu Srigutomo
Ade Suryanda

Penyelia/Penyelarass

Supriyatno
Maharani Prananingrum
Eko Budiono
Frandy Yuanda

Kontributor

Kharisma Prawesti Sri Utami
Kintan Novia

Ilustrator

Aghni Ghofarun Auliya
Aryodhimar Khairu Trihasmoro
Bari Ardoko

Editor

Anggraeni Dian Permatasari

Editor Visual

M Rizal Abdi

Desainer

Marna Sumarna

Penerbit

Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah

Dikeluarkan oleh

Pusat Perbukuan
Komplek Kemendikdasmen Jalan RS. Fatmawati, Cipete, Jakarta Selatan
<https://buku.kemendikdasmen.go.id>

Edisi Revisi, 2025

ISBN 978-623-118-456-6 (no.jil.lengkap PDF)
ISBN 978-634-00-2430-2 (jil.3 PDF)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 10 pt, SIL Open Font License. xviii, 238 hlm.: 17,6 X 25 cm



Kata Pengantar

Pusat Perbukuan; Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan; Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah memiliki tugas dan fungsi mengembangkan buku pendidikan pada satuan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah, termasuk Pendidikan Khusus. Sebagai sumber belajar utama dalam pembelajaran, buku senantiasa menyesuaikan diri dengan arah kebijakan pendidikan dan perkembangan kurikulum dari waktu ke waktu.

Sejalan dengan dinamika tersebut, pemerintah melakukan penyesuaian terhadap buku teks utama agar tetap relevan dan mendukung proses pembelajaran yang bermutu. Buku teks utama yang terdiri atas buku siswa dan panduan guru, disiapkan sebagai sumber belajar utama bagi peserta didik dan menjadi salah satu referensi atau inspirasi bagi guru dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran sesuai karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik. Keberadaan buku teks utama ini diharapkan, dapat membentuk generasi yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan yang Maha Esa, dan berakhlak mulia; berpengetahuan luas; mandiri; kritis; kreatif; mampu bekerja sama; serta berdaya saing di tingkat nasional maupun global.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkolaborasi dalam upaya menghadirkan buku teks utama ini. Semoga buku teks utama ini dapat menjadi tonggak perubahan yang menginspirasi, membimbing, dan mengangkat kualitas pendidikan kita ke puncak keunggulan.

Jakarta, Oktober 2025
Kepala Pusat Perbukuan,

Supriyatno, S.Pd., M.A.



Prakata

Selamat datang di kelas IX! Selamat bergabung di kelas terakhir jenjang SMP! Berbagai pengalaman telah kamu dapatkan di jenjang ini, sekarang saatnya kamu bersiap untuk petualangan yang lebih menantang di jenjang selanjutnya. Pada buku teks ini, kamu akan dipandu untuk mengenali sains lebih jauh lagi. Kamu juga akan diberikan pemahaman yang kuat dan mendalam tentang konsep-konsep sains yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari dan tentunya juga penting bagi pendidikanmu di SMA kelak.

Buku ini disusun secara sistematis, mengikuti kurikulum nasional yang berlaku, serta menerapkan pendekatan Pembelajaran Mendalam. Setiap bab terdiri atas pertanyaan pemantik, tujuan pembelajaran, kata kunci, peta konsep, materi inti, dan aktivitas-aktivitas menantang untuk menguji kemampuanmu. Buku ini juga dilengkapi dengan pengayaan yang tidak hanya mampu mendorongmu untuk mencapai kompetensi, tetapi juga membuatmu tertarik untuk mempelajari sains lebih dalam. Buku ini ditulis dengan bahasa yang mudah dipahami serta dilengkapi dengan ilustrasi dan contoh yang relevan dalam kehidupan sehari-hari.

Penulis berharap buku ini tidak hanya menjadi sumber pengetahuan, tetapi juga memupuk rasa ingin tahu dan semangat eksplorasi ilmiah pada dirimu. Selain itu, buku ini diharapkan dapat memotivasi dan menginspirasi kamu untuk menjadi seorang saintis yang dapat membanggakan negara kita tercinta, Indonesia. Semoga buku ini dapat menjadi teman setia dalam perjalananmu mengejar impian di dunia sains. Selamat membaca dan selamat mengeksplorasi dunia sains.

Jakarta, Oktober 2025

Tim Penulis



Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Prakata	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xiv
Penjelasan Fitur Buku	xv

Bab 1 Sistem Koordinasi dan Homeostasis Tubuh Manusia..... 1

A. Sistem Koordinasi Manusia	4
1. Sistem Saraf Manusia.....	5
2. Alat Indra Manusia.....	10
3. Hormon Manusia.....	19
Ayo Uji Kemampuan	22
B. Homeostasis	23
1. Mengapa Homeostasis Penting?.....	24
2. Pengaturan Suhu Tubuh	24
3. Pengaturan Kadar Cairan Tubuh	27
4. Pengaturan Kadar Gula Tubuh.....	30
Ayo Uji Kemampuan	31
Projek Akhir Bab.....	32
Uji Kompetensi	34
Pengayaan	35
Refleksi Akhir Bab	36

Bab 2 Zat Aditif dan Zat Adiktif..... 37

A. Zat Aditif	39
1. Jenis-Jenis Zat Aditif	43
Ayo Uji Kemampuan	55
B. Zat Adiktif	57
1. Jenis-Jenis Zat Adiktif.....	58
2. Hukuman bagi Penyalahgunaan Narkoba di Indonesia....	65
3. Upaya Menghindarkan Diri dari Pengaruh Zat Adiktif.....	67
Ayo Uji Kemampuan	67
Projek Akhir Bab.....	68
Uji Kompetensi	68
Pengayaan	69
Refleksi Akhir Bab	70



Bab 3	Sistem Reproduksi Manusia	71
A.	Sistem Reproduksi Laki-Laki dan Perempuan.....	73
1.	Sistem Reproduksi Laki-laki.....	73
2.	Sistem Reproduksi Perempuan.....	75
	Ayo Uji Kemampuan	76
B.	Siklus Menstruasi	76
	Ayo Uji Kemampuan	77
C.	Siklus Hidup Manusia.....	78
1.	Kehamilan dan Bayi	78
2.	Anak-anak	83
3.	Remaja dan Pubertas	84
4.	Dewasa	85
	Ayo Uji Kemampuan	86
D.	Keluarga Berencana	87
1.	Kontrasepsi dan Kesehatan Reproduksi.....	87
	Ayo Uji Kemampuan	89
	Projek Akhir Bab.....	90
	Uji Kompetensi	91
	Pengayaan	92
	Refleksi Akhir Bab	92
Bab 4	Pewarisan Sifat dan Bioteknologi.....	93
A.	Kromosom, DNA, dan Gen	95
1.	Perbedaan Kromosom, DNA, dan Gen	96
2.	Ekspresi Gen	99
	Ayo Uji Kemampuan	100
B.	Persilangan Monohibrid dan Dihibrid	101
1.	Percobaan Mendel.....	101
2.	Persilangan Monohibrid.....	102
3.	Persilangan Dihibrid.....	105
	Ayo Uji Kemampuan	108
C.	Bioteknologi	109
1.	Bioteknologi Konvensional	110
2.	Bioteknologi Modern	111
	Ayo Uji Kemampuan	113
	Projek Akhir Bab.....	114
	Uji Kompetensi	114
	Pengayaan	115
	Refleksi Akhir Bab	116



Bab 5	Listrik, Magnet, dan Energi Alternatif	117
A.	Listrik.....	120
1.	Listrik Statis	120
2.	Gaya Listrik	125
3.	Medan Listrik.....	130
4.	Potensial Listrik	132
5.	Listrik Dinamis.....	135
6.	Arus Listrik.....	137
7.	Hukum Ohm dan Rangkaian Listrik.....	138
8.	Sumber Arus Listrik	143
9.	Daya Listrik	145
	Ayo Uji Kemampuan	147
B.	Magnet.....	148
1.	Sejarah Magnet.....	148
2.	Perkembangan Elektromagnet	155
3.	Gaya Magnet/Gaya Lorentz	156
4.	Menentukan Arah Gaya Lorentz	157
5.	Induksi Elektromagnetik.....	158
6.	Generator	159
	Ayo Uji Kemampuan	162
C.	Energi Alternatif/Terbarukan	162
1.	Sumber Listrik Tenaga Angin.....	163
2.	Sel Surya.....	165
3.	Tenaga Nuklir	166
	Ayo Uji Kemampuan	170
	Projek Akhir Bab.....	170
	Uji Kompetensi	172
	Pengayaan	173
	Refleksi Akhir Bab	174
 Bab 6	 Isu-Isu Lingkungan.....	 175
A.	Melestarikan dan Menjaga Kesehatan Lingkungan.....	180
1.	Penyebaran Penyakit.....	181
2.	Ketersediaan Air Bersih	182
3.	Pembuangan Sampah.....	185
4.	Sampah Tekstil dan <i>Fast Fashion</i>	186
	Ayo Uji Kemampuan	190
B.	Mengatasi Dampak Perubahan Iklim	190
1.	Penyebab dan Dampak Pemanasan Global	190
2.	Penggunaan Gawai dan Jejak Karbon Digital.....	194
3.	Usaha Mencegah Pemanasan Global	196
	Ayo Uji Kemampuan	197



C. Mengatasi Krisis Energi.....	197
1. Penyebab Krisis Energi.....	198
2. Energi Alternatif.....	199
Ayo Uji Kemampuan	205
D. Meningkatkan Ketersediaan Pangan	206
1. Tantangan Ketersediaan Pangan.....	206
2. Upaya Meningkatkan Ketersediaan Pangan	207
3. Fenomena Makanan Sisa (<i>Food Waste</i>).....	210
Ayo Uji Kemampuan	211
Projek Akhir Bab.....	211
Uji Kompetensi	213
Pengayaan	214
Refleksi Akhir Bab	215
Glosarium	216
Daftar Pustaka	218
Daftar Sumber Gambar	222
Indeks	225
Profil Pelaku Perbukuan	227



Daftar Gambar

Gambar 1.1	<i>Brain Rot</i>	4
Gambar 1.2	Struktur Neuron.....	5
Gambar 1.3	Bentuk Sel Saraf.....	6
Gambar 1.4	Struktur Otak	7
Gambar 1.5	Struktur bola mata.....	11
Gambar 1.6	Struktur Telinga	13
Gambar 1.7	Sel Olfaktorius pada Hidung.....	14
Gambar 1.8	Area pada lidah lebih sensitif pada rasa tertentu.	16
Gambar 1.9	Struktur kulit.....	17
Gambar 1.10	Kelenjar Endokrin	19
Gambar 1.11	Kenali warna urinemu.....	23
Gambar 1.12	Homeostasis Suhu Tubuh.....	25
Gambar 1.13	Homeostasis Cairan Tubuh.....	28
Gambar 1.14	Homeostasis Gula Darah	30
Gambar 1.15	Homeostasis Kalsium	31
Gambar 2.1	Contoh-Contoh Zat Aditif Alami	40
Gambar 2.2	Beberapa Contoh Zat Aditif Buatan.....	40
Gambar 2.3	Dua contoh Makanan yang Menggunakan Zat Aditif, yaitu Sayur Bayam dan Tempe Orak-Arik.	41
Gambar 2.4	Makanan khas Indonesia yang Menggunakan Pewarna Alami.	44
Gambar 2.5	Contoh-Contoh Produk Makanan yang Mengandung MSG Tambahan.....	47
Gambar 2.6	Produk Pangan Hasil Pengawetan Alami dan Buatan: (a) Pengawetan dalam Bentuk Asinan Buah (b) Pengawetan Makanan Olahan Kalengan (c) Pengawetan Ikan Asin (d) Pengawetan Minuman Bersoda dan Minuman dalam Kemasan (e) Pengawetan Daging Sapi dengan Pengasapan (f) Pengawetan Kacang Kedelai Menjadi Tempe	49



Gambar 2.7	Contoh Bahan Alami yang Mengandung Antioksidan.....	51
Gambar 2.8	Contoh Bahan Pengental Alami dan Buatan dalam Masakan	52
Gambar 2.10	Peradangan Usus yang Disebabkan oleh Zat Pengemulsi Buatan	53
Gambar 2.9	Cara Kerja Pengemulsi Makanan	53
Gambar 2.11	Produk Makanan yang Biasanya Menggunakan Pengemulsi	54
Gambar 2.12	Infografik Bahaya Narkoba	62
Gambar 2.13	Tanaman-Tanaman Penghasil Zat Adiktif: (a) Ganja dari <i>Cannabis sativa</i> (b) Opium dari <i>Papaver somniferum</i> (c) Kokain dari <i>Erythroxylum coca</i>	63
Gambar 3.1	Sistem Reproduksi Laki-Laki	74
Gambar 3.2	Sistem Reproduksi Perempuan	75
Gambar 3.3	Siklus Menstruasi.....	77
Gambar 3.4	Janin Berusia 38 Minggu	80
Gambar 3.5	Perkembangan dari Fertilisasi Menjadi Blastosis	81
Gambar 3.6	Pertumbuhan dan Perkembangan dari Zigot Sampai Menjadi Bayi.....	81
Gambar 3.7	Diagram Perkembangan Bayi	82
Gambar 3.8	Perkembangan Motorik Kasar Anak Usia 3-5 Tahun	83
Gambar 3.9	Perkembangan Seksual Sekunder pada Remaja Laki-Laki dan Perempuan	84
Gambar 3.10	Upacara Metatah merupakan salah satu adat di Bali yang merayakan proses ketika seorang beranjak remaja atau dewasa.....	85
Gambar 3. 11	Alat Kontrasepsi Pil KB	87
Gambar 4.1	Kromosom, DNA, dan Gen.....	97
Gambar 4.2	Tahapan Sintesis Protein.....	99
Gambar 4.3	Ilustrasi Baling-Baling Genetika.....	107
Gambar 4.4	Produk Bioteknologi Konvensional	110



Gambar 5.1	Seorang anak sedang menyisir rambut sehingga helai-helai rambutnya berdiri.	121
Gambar 5.2	Listrik yang bermuatan negatif (kelebihan elektron) menarik potongan kertas kecil.	122
Gambar 5.3	Elektroskop Sederhana untuk Menentukan Muatan Listrik Benda.....	123
Gambar 5.4	Charles-Augustin de Coulomb	125
Gambar 5.5	Eksperimen Percobaan Coulomb untuk Menentukan Muatan Listrik	126
Gambar 5.6	Gaya Listrik pada Dua Balon yang Bermuatan.....	127
Gambar 5.7	Ilustrasi Gaya Coulomb pada Muatan Listrik	129
Gambar 5.8	Garis Medan Listrik Dua Muatan.....	130
Gambar 5.9	Muatan Q Didekati Muatan Tes q_0	131
Gambar 5.10	Ilustrasi Pengukuran Muatan Listrik pada Sel Saraf Tidak Bermyelin dengan Menggunakan Alat Ukur Potensial Listrik Voltmeter	133
Gambar 5.11	Ilustrasi Perambatan Muatan Listrik (Na^+) pada Sel-Sel Saraf di Dalam Tubuh Manusia.....	134
Gambar 5.12	(a) Transistor, (b) Dioda, (c) Papan Sirkuit Scanner.....	135
Gambar 5.13	(a) Rangkaian Seri pada Senter dan (b) Rangkaian Paralel pada Stop Kontak.....	139
Gambar 5.14	Rangkaian Hambatan Listrik Seri.....	140
Gambar 5.15	Rangkaian Hambatan Listrik Paralel	141
Gambar 5.16	Alat, Bahan, dan Diagram Aktivitas Percobaan Rangkaian Listrik.....	142
Gambar 5.17	Baterai pada Mobil Listrik	147
Gambar 5.19	Interaksi antara Dua Kutub Magnet (a) Beda Jenis dan (b) Sejenis.....	149
Gambar 5.18	Contoh Magnet U dan Magnet Batang.....	149
Gambar 5.20	(a) Atom Tersusun Secara Acak; (b) Atom Tersusun Secara Teratur.....	150



Gambar 5.21	Pola Serbuk Besi yang Ditebarkan di Sekitar Magnet Batang	151
Gambar 5.22	Tumpukan Barang Elektronik Bekas	152
Gambar 5.23	Aktivitas Percobaan Mendekatkan Magnet pada Klip Kertas yang Terbuat dari Logam	154
Gambar 5.24	Hans Christian Oersted	155
Gambar 5.26	Michael Faraday	156
Gambar 5.27	Arah Gaya Lorentz Menggunakan Kaidah Tangan Kanan	157
Gambar 5.28	Induksi Elektromagnetik oleh Magnet.....	158
Gambar 5.29	Generator Listrik Bolak-Balik (<i>Alternating Current</i>) Sederhana	160
Gambar 5.30	Cara Kerja Generator.....	161
Gambar 5.31	Pembangkit Listrik Tenaga Bayu	163
Gambar 5.32	Skema Pembangkit Listrik Kincir Angin.....	164
Gambar 5.33	Sel Surya.....	165
Gambar 5.34	Struktur Dasar dan Simbol Sel Surya.....	166
Gambar 5.35	Skema Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) .	167
Gambar 5.36	Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir	167
Gambar 5.37	Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Uni Emirat Arab	168
Gambar 6.1	Pemakaian Sedotan Plastik di Indonesia.....	177
Gambar 6.2	Tumpukan sampah dapat menyebabkan timbulnya berbagai penyakit.	180
Gambar 6.3	Penularan penyakit dapat terjadi dengan berbagai cara.	181
Gambar 6.4	Infografik Kondisi Akses Air Bersih di Indonesia	183
Gambar 6.5	Infografik Indonesia Darurat Sampah Plastik.....	186
Gambar 6.6	Berbagai Jenis Limbah yang Berasal dari Industri Pakaian.....	187
Gambar 6.7	Grafik Rata-Rata Suhu Bumi	191
Gambar 6.8	Dampak Pemanasan Global.....	192
Gambar 6.9	Dua Gelas Ukur untuk Mengamati Terjadinya Efek Rumah Kaca	193

Gambar 6.10	Aktivitas menjelajah media sosial berdampak pada peningkatan emisi karbon digital.....	195
Gambar 6.11	Produksi dan Konsumsi Minyak di Indonesia	198
Gambar 6.12	Alur Konversi Energi dari Panel Surya.....	199
Gambar 6.13	Alur Konversi Energi dari Turbin Angin.....	200
Gambar 6.14	PLTPB memanfaatkan panas bumi.....	201
Gambar 6.15	Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir	201
Gambar 6.16	Pembuatan Biogas dari Kotoran Hewan.....	202
Gambar 6.17	Proses Pembuatan Bioetanol.....	203
Gambar 6.18	Diagram Proses PLTSa.....	204
Gambar 6.19	Nilai Indeks Kelaparan Indonesia	206
Gambar 6.20	Perbandingan Pertumbuhan Penduduk dan Produksi Pangan di Dunia	207
Gambar 6.21	Upaya Pemerintah dalam Memperkuat Ketahanan Pangan Nasional.....	209
Gambar 6.22	Mengelola Bahan Pangan dengan Baik sebagai Upaya Mengurangi Risiko Krisis Pangan.....	210



Daftar Tabel

Tabel 2.1 Contoh-contoh Pemanis Sintetis dan Tingkat Kemanisan
(Dibandingkan dengan Gula Pasir dengan Tingkat Kemanisan 1)
serta Batas Konsumsi 44

Tabel 2.2 Contoh-Contoh Zat Pewarna Buatan yang Diperbolehkan
Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 033 Tahun
2012. 45

Tabel 2.3 Zat-Zat Aditif Antioksidan Sintetis..... 51

Tabel 2.4 Gejala Pecandu Narkotika dan Psikotropika..... 59

Tabel 2.5 Perbedaan Narkotika dan Psikotropika 60

Tabel 2.6 Perbandingan antara Kafein, Nikotin, dan Alkohol
sebagai Zat Adiktif..... 61

Tabel 2.7 Penggolongan Narkotika Berdasarkan UU No. 35
Tahun 2009 65

Tabel 2.8 Penggolongan Psikotropika Berdasarkan UU No. 5
Tahun 1997 66

Tabel 5.1 Hambatan Jenis Bahan..... 136

Tabel 5.2 Jenis Sumber Arus Listrik 144

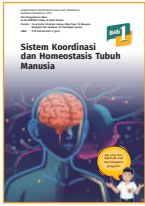
Tabel 5.3 Jumlah Klip Kertas yang Berhasil Dipindahkan
Tiap Magnet..... 154

Tabel 6.1 Standar Air Minum Berdasarkan Permenkes
Nomor 2 Tahun 2023..... 184

Penjelasan Fitur Buku

Buku ini dirancang dengan berbagai kegiatan belajar yang mengasah cara berpikir kreatif, mengembangkan keterampilan bekerja sama dan berkomunikasi, serta kemampuan berpikir kritis untuk menjawab berbagai tantangan lokal maupun global. Untuk itu, buku ini dilengkapi dengan berbagai fitur sebagai berikut.

1



Kover Bab

Di dalam kover bab, kamu akan melihat:

- gambar yang berhubungan dengan konsep bab yang akan dipelajari dan
- pertanyaan pemantik yang bertujuan untuk meningkatkan rasa ingin tahu.

2



Pendahuluan

Sebagai gambaran materi apa saja yang akan dipelajari dalam setiap bab, pendahuluan berisi hal-hal berikut.

- Tujuan pembelajaran
- Kata kunci yang menjadi fokus bab tersebut
- Peta konsep yang memberikan gambaran umum materi yang akan dibahas

3

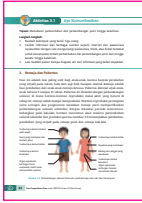


Siap-Siap Belajar

Mengawali setiap bab, bagian apersepsi ini berisi penjelasan/uraian yang menghubungkan materi yang akan dipelajari dengan hal-hal di kehidupan nyata dan sering kamu temui. Bagian ini juga berisi berbagai kegiatan yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari atau hal yang telah kamu pelajari atau lakukan sebelumnya. Lakukan kegiatan di bagian ini sebelum mulai mempelajari materi dalam bab.



Aktivitas Pembelajaran



IPA itu menyenangkan dan seru karena ada aktivitas percobaan. Di dalam buku ini terdapat berbagai aktivitas pembelajaran, baik percobaan, pengamatan di lapangan, maupun diskusi kelompok. Ayo lakukan semua aktivitas pembelajaran untuk memperkaya keterampilanmu. Berikut ini adalah aktivitas-aktivitas yang ada di Buku Siswa.



- **Ayo Amati:** Bagian ini mengajak kamu untuk mengamati fenomena, gambar, data, atau percobaan sederhana. Tujuannya melatih rasa ingin tahu, keterampilan observasi, dan kejelian melihat fakta.



- **Ayo Selidiki:** Pada kegiatan ini, kamu akan melakukan penyelidikan atau percobaan untuk membuktikan prediksi. Aktivitas dapat berupa praktik laboratorium, demonstrasi, simulasi, atau studi pustaka. Keterampilan proses sainsmu akan dilatih di sini: merancang, mengukur, mencatat, dan membandingkan data.



- **Ayo Analisis:** Pada aktivitas ini, kamu diajak menganalisis hasil pengamatan/penyelidikan. Kegiatan belajar ini fokus pada melatih berpikir kritis: menemukan pola, mencari hubungan sebab-akibat, dan membandingkan teori dengan fakta.



- **Ayo Evaluasi:** Aktivitas ini melatihmu menilai kembali hasil kerja atau pemahaman, yang dapat dilakukan dengan menjawab soal, diskusi, atau perbandingan dengan teori ilmiah. Tujuannya untuk mengukur sejauh mana pemahaman yang sudah dicapai.



- **Ayo Refleksi:** Refleksi membantumu melihat kembali proses belajar: apa yang sudah dipahami, apa yang masih bingung, dan bagaimana pengetahuan itu berguna bagi kehidupan sehari-hari.



- **Ayo Komunikasikan:** Aktivitas ini memberi ruang untukmu menyampaikan hasil belajar, baik secara lisan, tulisan, poster, atau presentasi. Tujuannya melatih keterampilan komunikasi ilmiahmu dan berbagi pengetahuan dengan orang lain.

5



Ayo Uji Kemampuan

Berbeda dengan buku sebelumnya, pertanyaan-pertanyaan pada akhir subbab di buku ini bukan merupakan pengulangan pengetahuan yang sudah ada di dalam isi subbab, melainkan kesempatan untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi.

6



Fakta Sains

Di bagian ini, kamu dapat menemukan banyak informasi menarik dan unik yang mungkin tidak pernah kamu bayangkan atau ketahui sebelumnya. Pengetahuan baru akan kamu peroleh berkaitan dengan topik sains yang sedang dipelajari.

7



Projek Akhir Bab

Ini bagian yang paling seru, puncak dari bab yang dipelajari. Kamu akan membuat rancangan percobaan sendiri, kampanye, poster, penyuluhan, maupun proyek kreatif lainnya. Tanpa disadari, kamu akan menggunakan konsep yang telah dipelajari dalam bab tersebut dan membuka kesempatan bagimu untuk berkontribusi bagi lingkungan sebagai bagian dari warga dunia. Dengan demikian, kamu dapat bertindak secara lokal, tetapi memiliki dampak global.

8



Uji Kompetensi

Setelah mempelajari keseluruhan isi bab, selain menunjukkan pemahaman melalui proyek akhir bab, kamu juga perlu menunjukkannya melalui uji pemahaman secara tertulis. Dengan dua bentuk penilaian ini, kamu diharapkan dapat membuktikan keberhasilan belajar sebaik-baiknya.



9

Pengayaan



Bagian pengayaan adalah bagian untuk kamu yang ingin mempelajari topik-topik lain yang terkait dengan bab tersebut, agar pemahamanmu dapat lebih kuat lagi. Dalam buku ini, pengayaan disajikan dalam bentuk kegiatan lanjutan, penjelasan terkait topik tertentu, atau kode QR yang dapat kamu pindai untuk mengaksesnya.

10

Refleksi Akhir Bab



Pada bagian refleksi akhir bab, kamu akan diminta berpikir sejenak untuk mengukur secara mandiri keberhasilan belajarmu selama mempelajari bab tersebut. Selain itu, kamu juga akan memikirkan sejauh apa materi dalam bab tersebut berdampak pada kehidupan nyata.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMP/MTs Kelas IX (Edisi Revisi)

Penulis : Cece Sutia, Victoriani Inabuy, Okky Fajar Tri Maryana
Budiyanti Dwi Hardanie, Sri Handayani Lestari

ISBN : 978-634-00-2430-2 (jil.3)



Sistem Koordinasi dan Homeostasis Tubuh Manusia



Apa yang akan
terjadi jika otak
kita mengalami
gangguan?





Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini, kamu akan mempelajari tentang sistem koordinasi dan homeostasis tubuh manusia. Melalui berbagai aktivitas, kamu akan berlatih untuk mengembangkan dimensi profil lulusan seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan kesehatan. Pada akhir bab, kamu diharapkan mampu menganalisis dan mengevaluasi kasus-kasus yang berkaitan dengan sistem koordinasi dan homeostasis tubuh manusia, serta menerapkan pemahaman tersebut untuk membangun kesadaran hidup sehat di lingkungan sekitar.

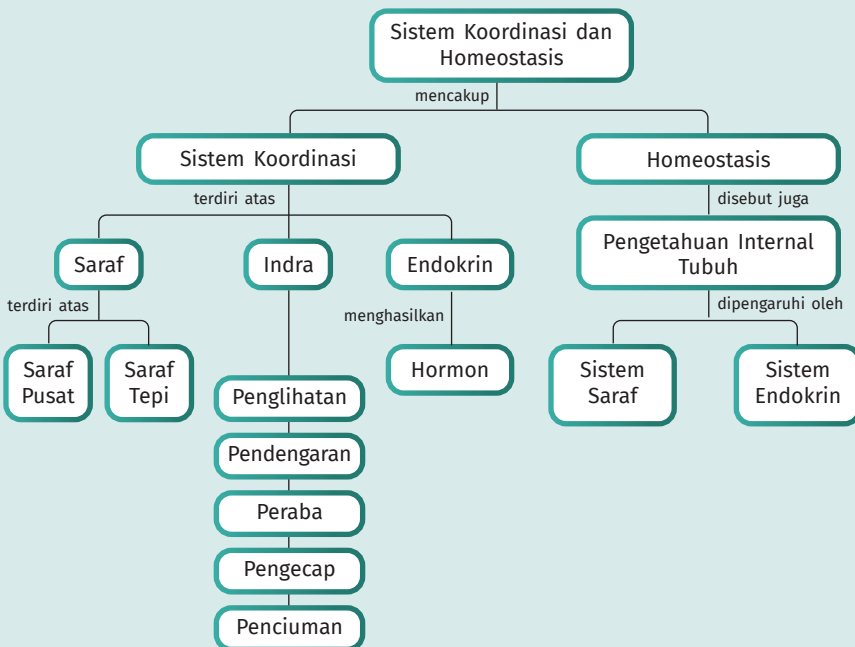


Kata Kunci

- ✓ homeostasis
- ✓ gangguan sistem koordinasi
- ✓ indra manusia
- ✓ sistem saraf



Peta Konsep





Di tengah teriknya matahari, tubuh kita akan berkeringat. Saat malam tiba dan udara menjadi dingin, tubuh mulai menggigil. Ketika melihat makanan lezat, air liur pun keluar secara otomatis. Semua respons ini terjadi tanpa kita sadari. Namun, semuanya adalah bentuk kerja sistem tubuh yang luar biasa, yang disebut sistem koordinasi dan homeostasis. Tanpa adanya sistem ini, tubuh tidak mampu menjaga kestabilan suhu, tekanan darah, kadar gula, bahkan keseimbangan emosi. Fenomena sederhana ini sebenarnya menyimpan proses biologis yang kompleks dan terkoordinasi rapi antara otak, saraf, hormon, dan organ tubuh lainnya.

Mengapa jantung kita berdetak lebih cepat saat berlari? Bagaimana tubuh bisa tahu kapan harus berkeringat atau menggigil? Apa yang terjadi jika suhu tubuh kita tidak bisa dijaga tetap stabil? Pertanyaan-pertanyaan ini akan menjadi pintu masuk untuk memahami bagaimana tubuh menjaga keseimbangan (homeostasis) dan bagaimana sistem koordinasi bekerja mengatur berbagai fungsi penting agar kita bisa bertahan hidup dan beraktivitas dengan baik. Yuk, kita telusuri bersama bagaimana keajaiban ini terjadi di dalam tubuh kita!

Sebelum membahas lebih lanjut bab ini, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini.

1. Apa yang biasanya kamu rasakan saat berolahraga berat atau kepanasan? Bagaimana tubuhmu meresponsnya?
2. Pernahkah kamu merasa tiba-tiba gugup sebelum tampil di depan umum? Apa yang terjadi pada tubuhmu saat itu?
3. Mengapa saat kita lapar atau haus, tubuh bisa memberi “tanda” meskipun tidak ada yang memberi tahu?
4. Bagaimana kamu dapat menjaga keseimbangan tubuh saat berdiri dengan satu kaki?
5. Apa yang terjadi jika suhu tubuhmu terus-menerus terlalu tinggi atau terlalu rendah?
6. Bagaimana sistem saraf dan indra membantu tubuh kita merespons lingkungan sekitar?
7. Apa yang terjadi pada tubuh kita jika sistem koordinasi dan homeostasis tidak berfungsi dengan baik?
8. Bagaimana caranya menjaga kesehatan sistem koordinasi dan homeostasis tubuh kita?

Dari pertanyaan di atas, mana yang menurutmu perlu dibahas lebih detail dengan guru?



A. Sistem Koordinasi Manusia

Pernahkah kamu merasa susah fokus saat belajar, mudah lupa, atau cepat pusing padahal tidak sedang sakit? Coba ingat kembali, berapa lama waktu yang kamu habiskan di depan layar ponsel hari ini untuk menonton video pendek atau bermain media sosial? Nah, infografik di bawah ini (Gambar 1.1) menjelaskan bahwa kebiasaan terlalu sering mengakses konten digital yang pasif dan berulang, seperti *doom scrolling* atau video pendek tanpa henti, dapat menyebabkan *brain rot* atau dalam bahasa ilmiahnya disebut dengan neuroplastisitas negatif.

Neuroplastisitas negatif adalah kondisi ketika kemampuan otak kita menurun, termasuk konsentrasi, emosi, dan motivasi. Neuroplastisitas adalah kemampuan otak untuk berubah secara fisik, membentuk dan mengatur kembali koneksi sinaptik. Makna plastisitas yang dimaksud adalah apa yang kamu masukkan ke otak menentukan cara kamu berpikir, mengubah *mindset*, respons fisik, dan menyelesaikan masalah. Asupan neuroplastisitas yang tidak berimbang mampu memengaruhi *mindset*-mu, misalnya lingkunganmu buruk (Fuchs & Flügge, 2014).

63%

Gen Z lebih memilih *scrolling* media sosial saat waktu senggang



Penyebab Brain Rot

Penggunaan teknologi yang berlebihan



Dampak Brain Rot

- Kesehatan mental & emosional terganggu
- Sulit bersosialisasi
- Sulit berkonsentrasi
- Kesehatan fisik terganggu

Cara Mengatasi Brain Rot



Terapkan *screen time*



Bijak mengonsumsi konten



Hindari penggunaan gawai sebelum tidur



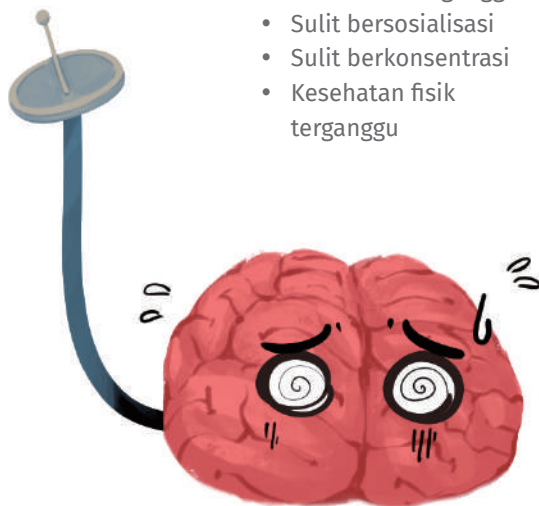
Perbanyak aktivitas fisik



Tekuni hobi



Bersosialisasi



Gambar 1.1 Brain Rot

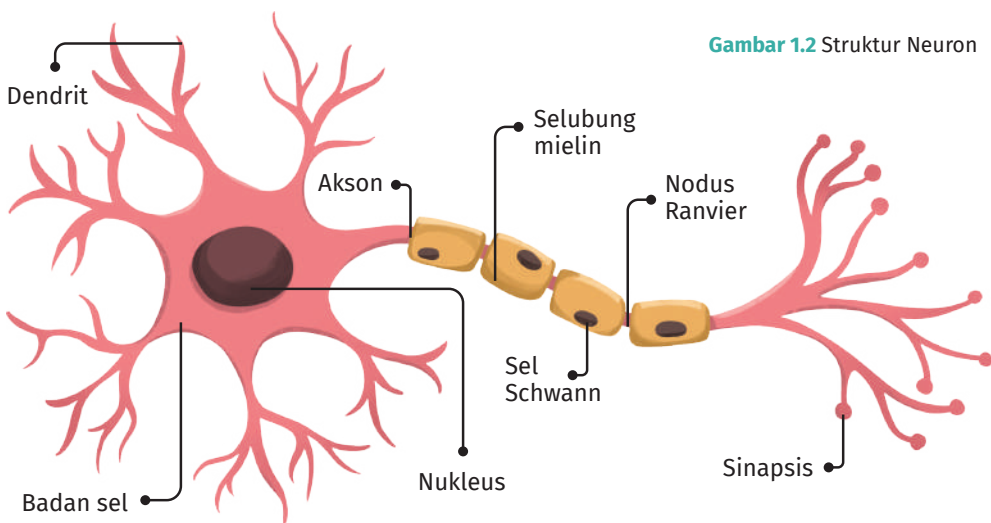
Sumber: Dimodifikasi dari karier.bisnisindonesia.id (2025)

Penggunaan teknologi yang berlebihan dapat membebani otak serta mengganggu kerja indra penglihatan dan pendengaran. Selain itu, penggunaan teknologi yang berlebihan juga membuat hormon dopamin, yang seharusnya mengatur rasa senang dan semangat, menjadi tidak seimbang. Akibatnya, sistem koordinasi tubuh kita yang mengatur semua respons terhadap lingkungan dapat ikut terganggu. Bagaimanakah sebenarnya sistem koordinasi tubuh bekerja? Apa yang terjadi jika sistem ini terganggu? Mari kita pelajari lebih lanjut di subbab ini!

1. Sistem Saraf Manusia

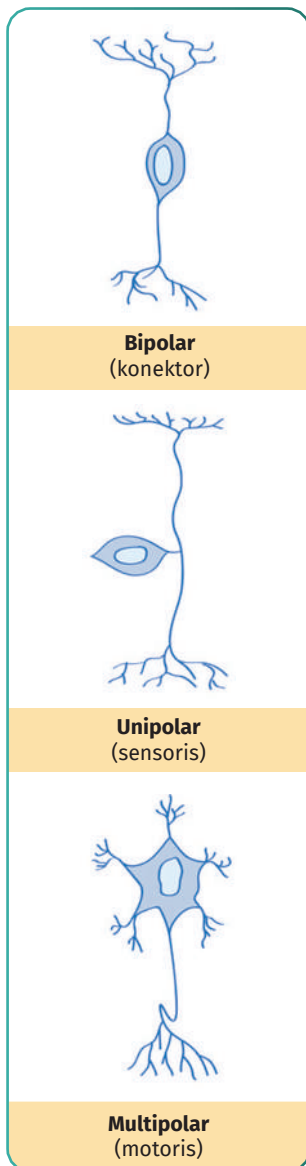
Coba kamu cubit perlahan salah satu lenganmu menggunakan tangan yang sebelahnya. Apa yang kamu rasakan? Apakah terasa sakit? Atau merasa geli? Coba pikirkan, mengapa kamu bisa merasakan cubitan itu? Ya, karena tubuh kita memiliki sistem saraf yang luar biasa. Sistem ini memungkinkan kita merasakan sentuhan, nyeri, panas, dingin, bahkan tekanan sekecil apa pun. Sistem saraf ini bekerja sangat cepat untuk mengirimkan sinyal dari kulit ke otak kita, lalu otak akan “memberi tahu” apa yang sedang terjadi.

Sistem saraf bertanggung jawab untuk mengontrol dan mengkoordinasi semua bagian pada tubuh kita. Sistem saraf berfungsi untuk menerima, saraf mengolah, dan merespons rangsang baik dari dalam maupun luar tubuh kita. Sistem saraf tersusun atas jutaan sel saraf (neuron). Struktur neuron tersusun atas dendrit, badan sel, akson, selubung mielin, nodus Ranvier, sel Schwann, dan sinapsis seperti ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Struktur Neuron





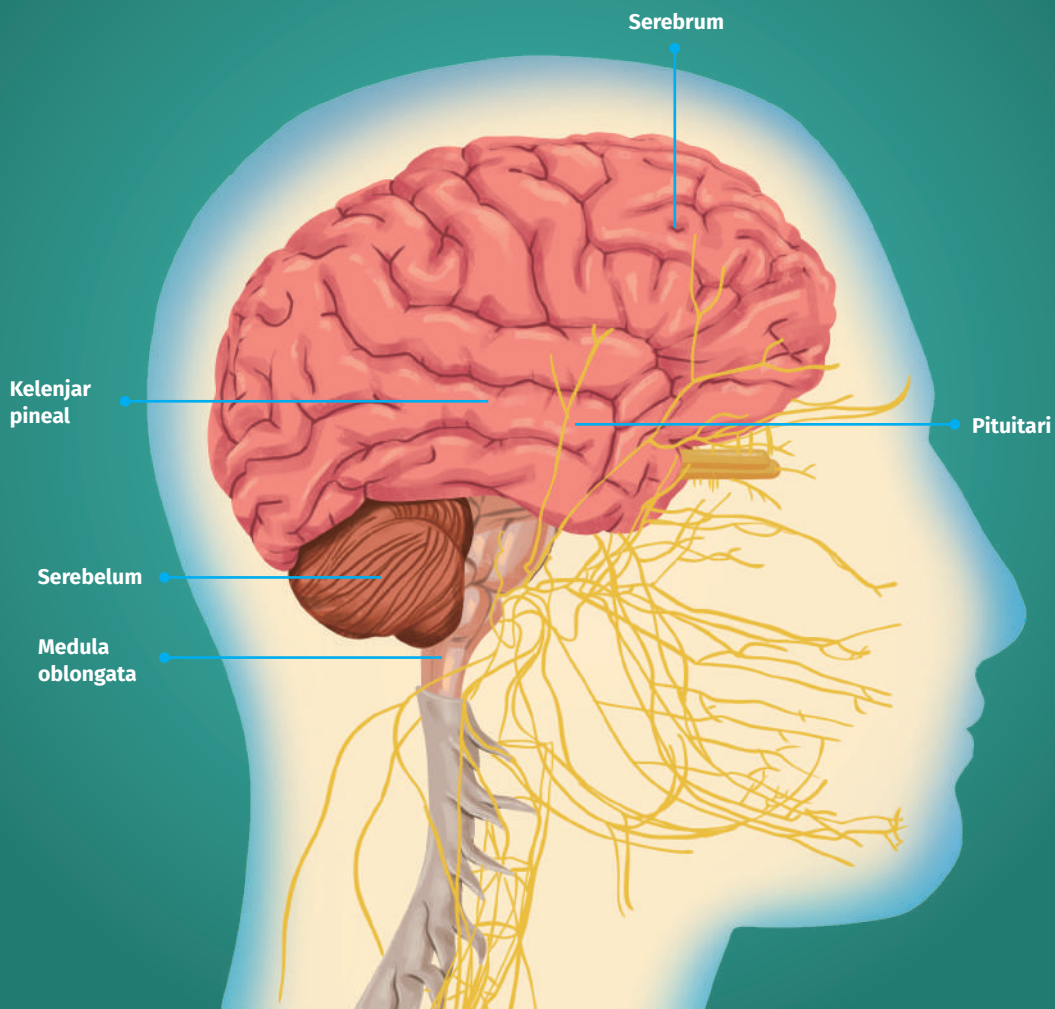
Gambar 1.3 Bentuk Sel Saraf

Setiap struktur pada neuron memiliki fungsi yang berbeda. Inti sel berfungsi sebagai pusat pengaturan semua aktivitas sel saraf. Badan sel menerima sinyal dari dendrit dan mengintegrasikan sinyal sebelum meneruskannya ke akson. Dendrit berfungsi untuk menerima impuls (sinyal) dari sel lain dan dikirimkan ke badan sel. Akson berfungsi meneruskan impuls dari badan sel ke sel lainnya. Sel Schwann berfungsi membentuk selubung mielin. Selubung mielin berfungsi untuk mempercepat jalannya impuls dan melindungi akson. Bagian akson yang tidak dilindungi selubung mielin disebut dengan nodus Ranvier. Nodus Ranvier berfungsi sebagai tempat masuknya ion. Ujung akson disebut dengan sinapsis. Sinapsis berfungsi untuk menghubungkan antara sel saraf dan sel lainnya.

Berdasarkan fungsinya, neuron dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu neuron sensoris, neuron motoris, dan neuron konektor dengan bentuk seperti pada Gambar 1.3. Neuron sensoris berfungsi menghantarkan impuls dari organ sensor ke pusat saraf. Neuron motoris berfungsi menghantarkan impuls dari pusat saraf ke organ motor (efektor) seperti otot atau kelenjar. Sedangkan neuron konektor menghubungkan satu neuron dengan neuron lainnya.

Sistem saraf pusat manusia meliputi otak dan medula spinalis. Keduanya dilindungi oleh lapisan pelindung yang disebut meninges. Selaput meninges tersusun atas tiga lapisan dari luar ke dalam yaitu durameter, araknoid, dan piameter.

Gerakan sadar yang dilakukan tubuh kita merupakan tanggung jawab otak. Sedangkan gerak refleks dikendalikan oleh medula spinalis. Struktur otak pada manusia sangat kompleks. Beberapa di antaranya adalah otak besar (serebrum), otak kecil (serebelum), kelenjar pineal, pituitari, dan medula oblongata seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Struktur Otak

Otak besar berfungsi sebagai pusat gerakan sadar dan mengolah berbagai impuls dari berbagai macam indra. Otak kecil berfungsi sebagai pusat keseimbangan gerakan, kontrol gerakan mata, dan koordinasi gerakan sadar yang terkait keterampilan misalnya mengetik dan main piano. Kelenjar pituitari berfungsi sebagai kelenjar yang menghasilkan berbagai macam hormon. Kelenjar pineal berperan dalam pengaturan jam biologis misalnya waktu bangun tidur dan kebiasaan lainnya.

Selanjutnya, untuk memperdalam pengetahuan kalian tentang sistem saraf, ayo lakukan Aktivitas 1.1, Aktivitas 1.2, dan Aktivitas 1.3 berikut.





Aktivitas 1.1

Ayo Amati

Simulasi Jalur Impuls

Tujuan: Memahami perbedaan antara gerak refleks dan gerak sadar.

Langkah-langkah:

1. Bagilah kelas menjadi beberapa kelompok.
2. Buatlah dua skenario, yaitu:
 - a. gerak refleks: misalnya tangan menyentuh benda panas (langsung menarik tangan).
 - b. gerak sadar: misalnya mengambil gelas air dari meja.
3. Setiap kelompok memilih salah satu skenario di atas.
4. Buatlah alur jalan impuls saraf menggunakan kertas atau tali yang menghubungkan bagian-bagian sistem saraf (reseptor, neuron sensorik, sumsum tulang belakang/otak, neuron motorik, efektor), sesuai skenario yang dipilih.
5. Setiap anggota kelompok memerankan salah satu bagian tubuh, neuron, atau organ.
6. Simulasikan jalur impuls tersebut dengan metode bermain peran.



Aktivitas 1.2

Ayo Selidiki

Menangkap Penggaris

Tujuan: Mengukur kecepatan respons tubuh terhadap rangsangan.

Alat: Penggaris 30 cm

Langkah-langkah:

1. Siapkan penggaris 30 cm.
2. Minta seorang teman memegang penggaris secara tegak lurus dengan angka 0 berada di bawah.
3. Letakkan jari telunjuk dan ibu jarimu di sekitar angka 0 tanpa menyentuh penggaris.
4. Minta temanmu menjatuhkan penggaris secara tiba-tiba tanpa memberi aba-aba.
5. Tangkap penggaris secepat mungkin menggunakan ibu jari dan telunjukmu.
6. Catat angka tempat jarimu menangkap penggaris.

7. Ulangi percobaan sebanyak tiga kali dan hitung rata-ratanya.
8. Bandingkan waktu reaksi saat fokus dan saat terganggu (misalnya sambil berbicara).



Aktivitas 1.3

Ayo Analisis

Ayo Berbisik dengan Cepat

Tujuan: Menjelaskan fungsi neuron dan pentingnya kecepatan serta ketepatan penyaluran impuls.

Langkah-langkah:

1. Bentuklah barisan bersama teman-temanmu dan setiap orang berperan sebagai salah satu jenis neuron (neuron sensorik, interneuron, atau motorik).
2. Tugaskan anggota pertama untuk membisikkan sebuah pesan (rangsangan) ke orang berikutnya secara cepat.
3. Teruskan pesan tersebut dari satu anggota ke anggota berikutnya hingga mencapai anggota terakhir.
4. Mintalah anggota terakhir menyampaikan pesan yang ia terima dengan lantang.
5. Diskusikan bersama apakah terjadi perubahan informasi selama penyampaian pesan.
6. Gunakan hasil diskusi untuk menjelaskan pentingnya koordinasi dan kecepatan dalam sistem saraf.



Fakta

Sains

Fakta Otak Kiri dan Otak Kanan

Banyak orang masih percaya bahwa otak kiri dan otak kanan bekerja secara terpisah dan menentukan bakat seseorang hanya dalam satu bidang. Padahal faktanya otak bekerja secara terpadu. Ketika kita melihat rambu lalu lintas, misalnya, otak kanan memproses warna dan perasaan seperti kewaspadaan. Sementara otak kiri mengaitkan gambar dan warna tersebut dengan pengalaman atau memori yang kita miliki. Proses ini menunjukkan bahwa kedua belahan otak saling bekerja sama untuk memahami dan merespons informasi secara utuh. Oleh karena itu, tidak tepat jika seseorang dianggap tidak bisa unggul di bidang logika hanya karena ia pandai menggambar, atau sebaliknya.



Untuk menjaga dan meningkatkan fungsi kerja otak, ada berbagai cara yang bisa dilakukan. Permainan *puzzle* atau permainan berbasis adu strategi dapat melatih otak agar tetap aktif dan terasah. Mencoba aktivitas baru memaksa otak berpikir di luar kebiasaan dan menemukan solusi yang berbeda. Selain itu, penting juga menjaga asupan nutrisi dengan mengonsumsi makanan bergizi seperti ikan berlemak, sayuran berwarna, dan kacang-kacangan yang kaya omega-3 dan antioksidan. Mengurangi paparan layar gawai juga membantu menjaga kesehatan otak. Dengan cara ini, kita tidak hanya menghargai karunia luar biasa dari Tuhan, tetapi juga membuka peluang untuk terus berkembang dan menggali potensi diri yang tak terbatas.

Sumber: Shafira Nur Shaumu/ayosehat.kemkes.go.id (2025)

2. Alat Indra Manusia

Manusia memiliki lima alat indra utama yang berperan penting dalam mengenali dan merespons lingkungan sekitar. Indra penglihat (mata) berfungsi untuk menangkap rangsangan cahaya sehingga memungkinkan kita melihat. Indra pembau (hidung) mendeteksi zat kimia di udara sebagai bau. Indra pengecap (lidah) memungkinkan kita merasakan berbagai rasa seperti manis, asam, pahit, asin, dan umami melalui papila pengecap. Indra pendengar (telinga) menangkap gelombang suara dan membantu menjaga keseimbangan tubuh. Sedangkan indra peraba (kulit) merespons rangsangan sentuhan, tekanan, suhu, dan rasa sakit. Kelima indra ini bekerja sama dengan sistem saraf untuk memberikan gambaran lengkap tentang keadaan di sekitar kita.

Struktur mata memungkinkan untuk membatasi atau memaksimalkan jumlah cahaya yang masuk, memfokuskan cahaya, dan membentuk gambar. Gambar ini kemudian dikirimkan ke otak. Struktur bola mata tersusun atas tiga lapisan yaitu sklera, koroid, dan retina yang ditunjukkan pada Gambar 1.5 berikut.

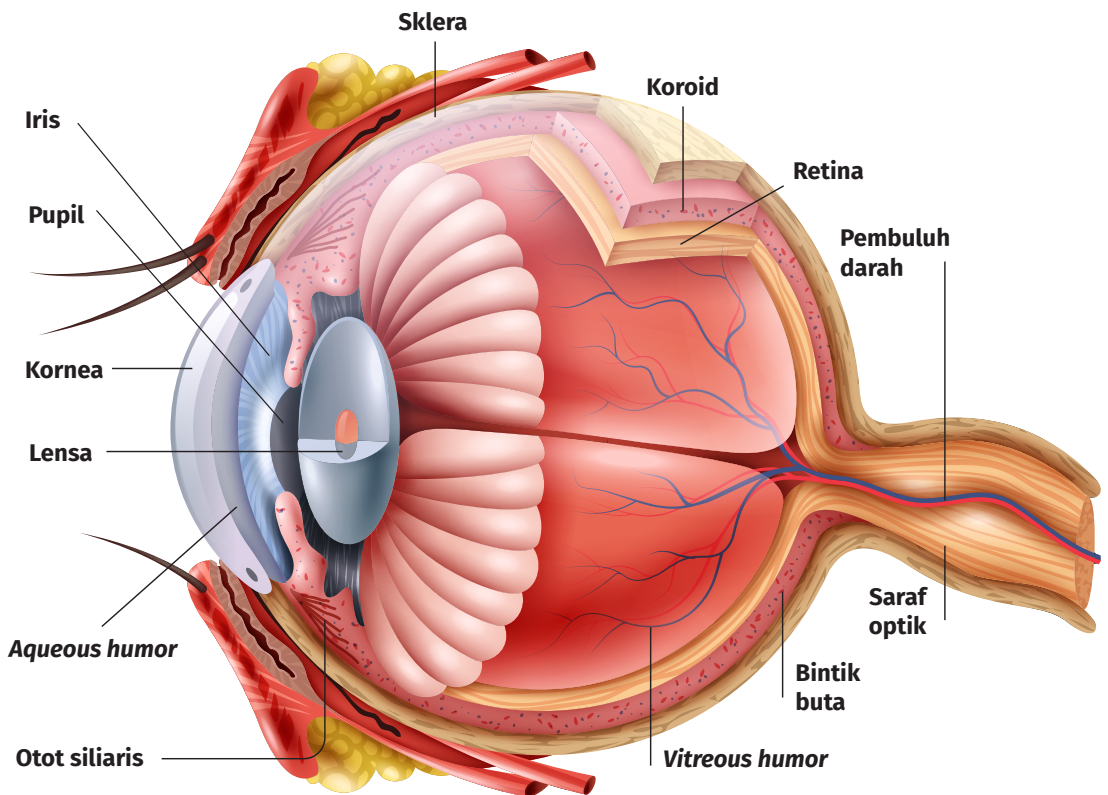


Sklera merupakan lapisan terluar dari bola mata dan sebagai tempat perlekatan otot ekstrinsik.

Koroid banyak mengandung pembuluh darah untuk memberikan nutrisi pada mata.

Bagian tembus pandang dari sklera dan terletak di depan disebut **kornea** yang berfungsi untuk mentransmisi cahaya dan perlindungan mata.

Retina sebagai lapisan terdalam bola mata untuk menangkap bayangan benda. Di lapisan retina terdapat sel batang dan sel kerucut. Sel batang mengandung pigmen rodopsin, tidak sensitif terhadap warna, dan bekerja saat intensitas cahaya rendah. Sel kerucut mengandung pigmen iodopsin yang sensitif terhadap warna dan bekerja saat intensitas cahaya tinggi.



Gambar 1.5 Struktur bola mata
Sumber: www.freepik.com/Macrovector (2025)

Bagian mata lainnya ada pupil dan iris. **Iris** memberikan warna khas pada mata setiap orang. Iris dan pupil berfungsi mengatur kadar intensitas cahaya yang masuk.

Lensa mata berfungsi untuk memfokuskan cahaya agar bayangan jatuh tepat di retina.

Selain itu, mata mengandung cairan *aqueous humor* dan *vitreous humor*. **Aqueous humor** mengandung nutrisi untuk lensa dan kornea sedangkan **vitreous humor** berfungsi mempertahankan posisi bentuk bola mata.



Selanjutnya untuk memperdalam pemahamanmu tentang koordinasi antara otak dan mata, lakukanlah Aktivitas 1.4 berikut.



Aktivitas 1.4

Ayo Analisis

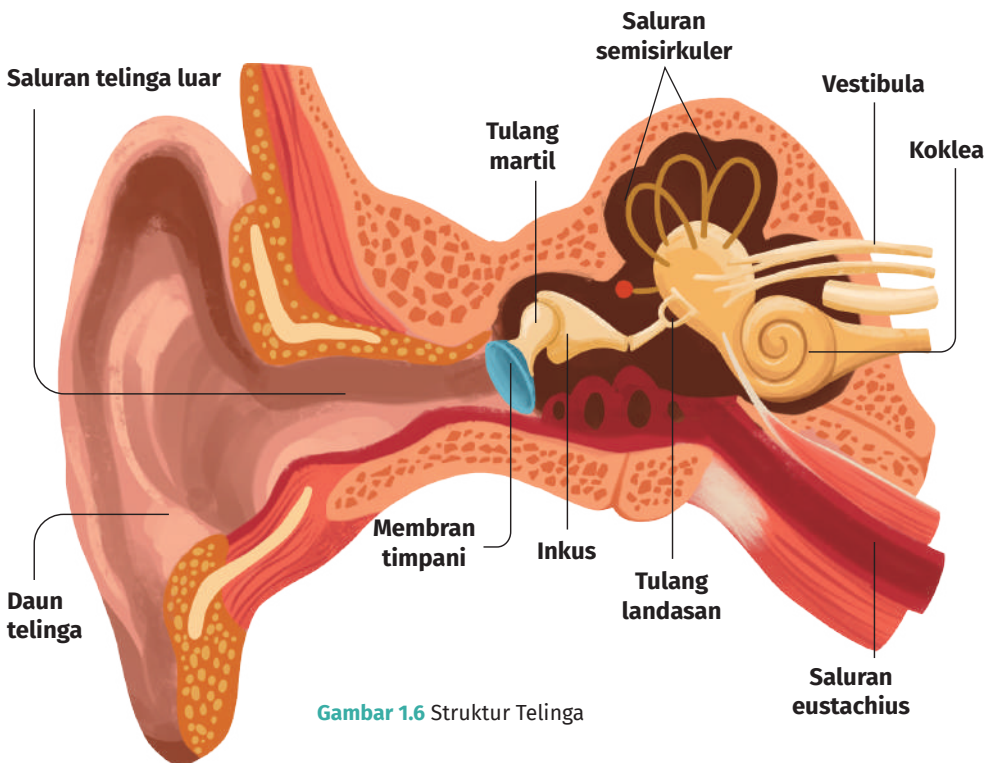
Koordinasi Mata dengan Mulut

Aktivitas ini akan membantumu mampu menganalisis koordinasi antara mata dengan mulut melalui uji kecepatan berbicara terhadap sesuatu yang dilihat. Uji ini sering disebut uji efek Stroop. Ikuti langkah-langkah berikut ini ya!

1. Bekerjalah secara berpasangan. Satu orang menjadi pembaca. Satu orang lainnya berperan sebagai pencatat waktu dan skor.
2. Tukarlah peran setelah aktivitas pertama selesai.
3. Amatilah gambar atau teks efek Stroop (misalnya, kata “Merah” ditulis dengan tinta biru).
4. Sebutkan warna tintanya dengan lantang, bukan membaca kata yang tertulis.
5. Bacalah warna tinta dari atas ke bawah secepat mungkin.
6. Jika terjadi kesalahan, lanjutkan membaca tanpa mengulang dari awal.
7. Pencatat waktu akan mencatat durasi dan jumlah kesalahan yang dilakukan pasanganmu.
8. Setelah selesai, diskusikan bersama pasanganmu: mengapa kesalahan bisa terjadi? Apa yang kalian rasakan saat otak memproses dua informasi yang berbeda?
9. Diskusikan pertanyaan berikut ini.
 - a. Mengapa lebih sulit menyebutkan warna tinta daripada membaca kata?
 - b. Apa bagian otak yang terlibat dalam mengoordinasi informasi visual dan bahasa?
 - c. Apa yang kalian peroleh dari kegiatan ini jika dikaitkan dengan pentingnya koordinasi antara indra dan sistem saraf?

Telinga bekerja dengan mendeteksi gelombang suara. Telinga dapat merasakan posisi kepalamu dan membantumu dalam menjaga keseimbangan. Telinga berjumlah dua buah tetapi dapat bekerja dalam satu indra. Mengapa telinga berjumlah dua? Dua telinga membantu menentukan arah suara. Jika sebuah suara mencapai kedua telinga, secara bersamaan otak akan menempatkan sumber terdengar tepat di depan, di belakang, atau di atasmu. Jika suara mencapai telinga kiri sebelum telinga kanan maka otak menempatkan sumber suara di sebelah kirimu.

Telinga tersusun atas bagian luar, tengah, dan dalam. Bagian luar dan tengah berisi udara sedangkan bagian dalam berisi cairan. Setiap bagian telinga tersusun atas bagian-bagian yang lebih detail seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.6 berikut.



Gambar 1.6 Struktur Telinga

Telinga luar terdiri atas daun telinga dan membran timpani. **Daun telinga** berfungsi menangkap gelombang bunyi sedangkan membran timpani berfungsi untuk memperkuat getaran gelombang bunyi secara mekanis.

Telinga tengah terdiri atas saluran Eustachius dan tulang pendengaran (osikel auditori). **Saluran Eustachius** berperan dalam menyeimbangkan tekanan udara pada kedua sisi membran timpani. Sedangkan **tulang pendengaran** berperan dalam meneruskan getaran gelombang bunyi. Tulang pendengaran ada tiga macam yaitu maleus (martil), inkus (landasan), dan stapes (sanggurdi). Telinga dalam

terdiri atas tiga saluran setengah lingkaran dan koklea. Telinga dalam diisi oleh cairan yang berfungsi untuk meneruskan getaran bunyi sehingga menggetarkan rambut pada reseptor pendengaran di organ corti. Rangsang yang diterima oleh reseptor inilah yang akan dibawa ke otak untuk diinterpretasikan.



Selanjutnya untuk memperdalam pemahamanmu tentang proses pendengaran, lakukanlah Aktivitas 1.5 berikut.



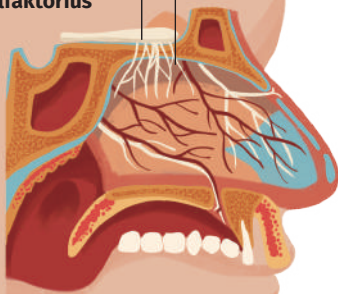
Aktivitas 1.5 Ayo Selidiki

Aktivitas ini akan membantumu mampu menganalisis pengaruh jarak dan arah suara terhadap kekuatan pendengaran. Ikuti langkah-langkah berikut ini.

1. Lakukan aktivitas ini secara berkelompok.
2. Mintalah salah satu dari kelompok kalian untuk duduk dan menutup mata mereka.
3. Pastikan mereka menghadap lurus ke depan.
4. Rancang eksperimen kalian sendiri untuk menguji orang tersebut dapat mendeteksi suara yang datang dari berbagai arah.
5. Uji efek perubahan jarak dan pemblokiran salah satu telinga kalian.
6. Diskusikan dan jawablah pertanyaan berikut:
 - a. Jelaskan bagaimana jarak sumber suara memengaruhi terhadap hasil percobaan?
 - b. Apa yang akan terjadi jika seseorang memiliki satu telinga?

Sel-sel
olfaktorius

Saraf
olfaktorius



Kalian dapat mendeteksi bau karena beberapa partikel kimiawi kecil masuk ke hidung dan larut dalam lapisan lembab di hidung. Hidung manusia biasa dapat mendeteksi sekitar 2.000 aroma dan dapat dilatih untuk mendeteksi hingga 10.000 aroma. Beberapa bau tidak enak yang kamu deteksi erat kaitannya dengan perasaan yang tidak menyenangkan. Oleh karena itu, bau tertentu akan dideteksi tidak enak oleh sebagian orang dan sisanya akan mendeteksi bahwa bau tersebut adalah hal yang biasa bahkan menyenangkan. Sel saraf yang berfungsi untuk mendeteksi bau adalah sel olfaktorius yang terletak di bagian atas rongga hidung seperti pada Gambar 1.7.

Gambar 1.7 Sel Olfaktorius pada Hidung

Selanjutnya untuk memperdalam pemahamanmu terkait indra pembau, lakukanlah Aktivitas 1.6 berikut.



Aktivitas 1.6 Ayo Selidiki

Mengenal Respons Indra Pembau

Tujuan:

1. Mengidentifikasi kemampuan indra pembau dalam mendeteksi berbagai jenis bau.
2. Menjelaskan bagaimana rangsangan bau diterima dan diproses oleh sistem saraf.

Alat dan bahan:

1. 5–7 bahan berbau khas (misalnya: kopi, jahe, cuka, bawang putih, sabun, minyak kayu putih, vanili)
2. Kapas atau tisu kecil
3. Wadah kecil atau plastik klip
4. Penutup mata (kain atau masker mata)
5. Daftar tebakan dan lembar pengamatan

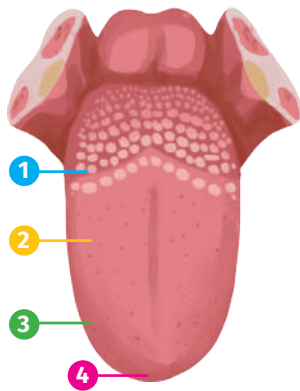
Langkah-langkah:

1. Bekerjalah dalam kelompok yang berisi 4–5 orang.
2. Tentukan satu orang sebagai penebak dan minta ia menutup mata.
3. Sodorkan satu bahan berbau ke dekat hidung penebak, tanpa menyentuh wajahnya.
4. Minta penebak menebak bau yang dicium dan mencatat jawabannya.
5. Ulangi proses untuk semua bahan yang telah disiapkan.
6. Setelah semua bahan dicium, minta penebak membuka mata dan mencocokkan jawabannya dengan kunci jawaban yang benar.
7. Diskusikan bersama pertanyaan-pertanyaan di bawah ini.

Pertanyaan:

1. Bau mana yang paling mudah atau sulit dikenali? Mengapa?
2. Apakah semua orang di kelompokmu mengenali bau yang sama dengan mudah?
3. Apa yang terjadi jika kita menutup hidung saat makan?
4. Bagaimana hubungan antara indra pembau dan otak dalam proses mengenali bau?





- | | |
|---------|---------|
| 1 Pahit | 3 Asin |
| 2 Asam | 4 Manis |

Gambar 1.8 Area pada lidah lebih sensitif pada rasa tertentu.

Permukaan lidah tertutup ribuan benjolan yang disebut papila. Lebih dari 10.000 reseptor pengecap tertanam di antara papila. Manusia dapat mendeteksi lima sensasi rasa utama: manis, asam, asin, pahit, dan umami. (Umami adalah rasa gurih dari glutamat yang ditemukan di daging olahan, keju, dan monosodium glutamat yang dikenal sebagai MSG). Setiap sensasi rasa primer memiliki jenis selera sendiri yang mendeteksinya. Air liur di mulut harus melarutkan sampel makanan terlebih dahulu sehingga indra perasa dapat mendeteksi dan mengirimnya ke otak untuk diinterpretasikan. Beberapa rasa akan diinterpretasikan menyenangkan atau tidak menyenangkan tergantung dari pengalaman setiap orang. Beberapa area pada lidah dapat mendeteksi semua rasa, tetapi area tertentu lebih sensitif terhadap rasa tertentu seperti pada Gambar 1.8.

Selanjutnya untuk memperdalam pemahamanmu tentang fungsi lidah, lakukanlah Aktivitas 1.7 berikut.



Aktivitas 1.7 Ayo Selidiki

Mengenal Letak dan Fungsi Reseptor Rasa pada Lidah

Tujuan:

1. Mengidentifikasi berbagai jenis rasa dasar (manis, asin, asam, pahit, umami).
2. Menjelaskan bagian-bagian lidah yang sensitif terhadap rasa tertentu.
3. Menganalisis bagaimana sistem pengecap bekerja bersama sistem saraf.

Alat dan bahan:

1. Larutan atau bahan dengan rasa:
 - a. Manis: air gula
 - b. Asin: air garam
 - c. Asam: air jeruk nipis
 - d. Pahit: air pare atau air kopi pahit
 - e. Umami (jika memungkinkan): larutan MSG encer atau kaldu

2. *Cotton bud* bersih atau sendok kecil
3. Cangkir/wadah kecil
4. Air putih untuk membilas
5. Lembar pengamatan

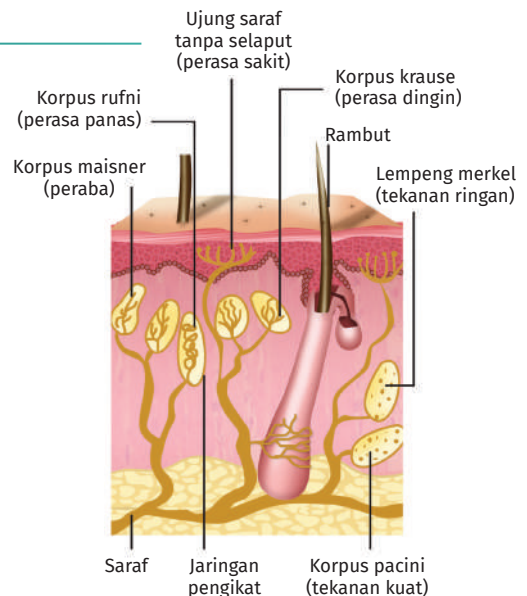
Langkah-langkah:

1. Bekerjalah secara berpasangan atau dalam kelompok kecil.
2. Salah satu anggota kelompok membuka mulut dan menjulurkan lidah.
3. Anggota lain mencelupkan *cotton bud* ke salah satu larutan rasa.
4. Sentuhkan *cotton bud* tersebut ke bagian lidah tertentu (ujung, samping, belakang, atau tengah).
5. Mintalah temanmu menyebutkan rasa yang dirasakan dan catat bagian lidah yang paling peka terhadap rasa tersebut.
6. Bilas mulut dengan air sebelum mencoba larutan rasa berikutnya.
7. Ulangi langkah-langkah di atas untuk semua jenis larutan rasa yang tersedia.
8. Diskusikan pertanyaan-pertanyaan berikut ini.

Pertanyaan:

1. Bagian lidah mana yang paling peka terhadap rasa tertentu?
2. Apakah semua anggota kelompok merasakan hal yang sama?
3. Mengapa penting bagi kita untuk bisa membedakan rasa makanan?
4. Bagaimana kerja sama antara indra pengecap dan sistem saraf dalam mengenali rasa?

Kulit mungkin tidak terlihat sevitral organ lainnya seperti jantung atau ginjal. Namun, kulit berisi jutaan ujung saraf yang mengirim informasi tentang sentuhan, nyeri, tekanan, dan suhu ke otak. Pada manusia, reseptor sentuhan lebih banyak terkonsentrasi di wajah, lidah, bibir, ujung jari, dan jari kaki. Rambut tubuh juga berperan penting dalam kehidupan kita untuk merasakan sentuhan. Sejumlah besar reseptor ditemukan di kulit di dasar folikel rambut seperti pada Gambar 1.9.



Gambar 1.9 Struktur kulit



Lapisan kulit terluar tersusun atas sel mati. Kulit memiliki reseptor saraf yang berbeda yang terletak di kedalaman yang bervariasi. Kelenjar sebacea menghasilkan minyak yang membantu menjaga kulit lembut dan retak. Produksi kelenjar keringat menghasilkan keringat dan membuang panas dari tubuh saat air menguap dari permukaan kulit.

Selanjutnya untuk memperdalam pemahaman tentang kulit, lakukanlah aktivitas 1.8 berikut.



Aktivitas 1.8

Ayo Selidiki

Mengenal Fungsi Kulit sebagai Indra Peraba

Tujuan: Mengidentifikasi jenis rangsangan yang dapat diterima oleh kulit (sentuhan, suhu, tekanan, dan nyeri).

A. Uji Kepekaan Sentuhan

Alat dan bahan:

1. Dua tusuk gigi (atau lidi bersih)
2. Penggaris
3. Penutup mata

Langkah-langkah:

1. Bekerjalah secara berpasangan.
2. Minta salah satu anak menutup mata untuk menghindari pengaruh visual.
3. Pasang dua tusuk gigi sejajar dengan jarak tertentu (misalnya 2 cm).
4. Sentuhkan perlahan kedua ujung tusuk gigi ke bagian tubuh pasangan (misalnya jari, punggung tangan, lengan atas, atau punggung).
5. Tanyakan kepada pasangan apakah ia merasakan satu atau dua titik sentuhan.
6. Ubah jarak antar tusuk gigi secara bertahap dan ulangi pada berbagai bagian tubuh.
7. Catat bagian tubuh yang paling peka terhadap sentuhan berdasarkan kemampuan membedakan dua titik.

B. Uji Rangsangan Suhu

Alat dan Bahan:

1. Air hangat, air dingin, dan air suhu ruang (masing-masing dalam wadah kecil)
2. Tisu untuk mengeringkan tangan

Langkah-langkah:

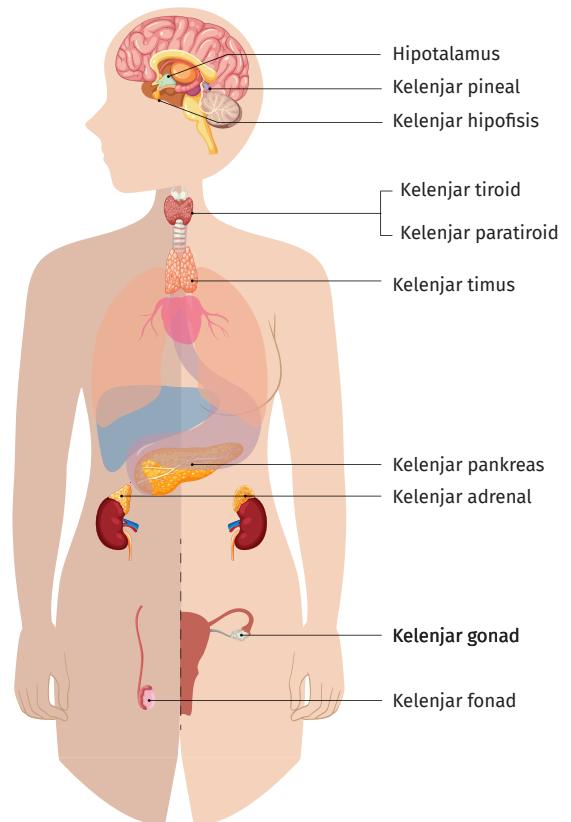
1. Celupkan salah satu tangan ke air hangat selama 30 detik, lalu pindahkan ke air suhu ruang.
2. Bandingkan sensasi yang dirasakan dengan tangan satunya yang langsung dicelup ke air suhu ruang.
3. Diskusikan bagaimana kulit merespons perubahan suhu.

Pertanyaan:

1. Bagian tubuh mana yang paling peka terhadap sentuhan? Mengapa?
2. Apa yang terjadi jika kulit tidak bisa merespons suhu atau tekanan dengan baik?
3. Mengapa penting bagi kulit untuk bisa mendeteksi rangsangan?
4. Bagaimana informasi dari kulit dikirim ke otak?

3. Hormon Manusia

Hormon diproduksi oleh kelenjar endokrin yang tersebar di seluruh tubuh manusia seperti pada Gambar 1.10. Kelenjar endokrin adalah kelenjar yang tidak memiliki saluran sehingga produknya (hormon) diangkut oleh darah. Meskipun kelenjar endokrin bekerja sama, mereka tidak dikontrol dari satu lokasi pusat seperti sistem saraf. Hormon bekerja lebih lambat dibandingkan dengan saraf. Responsnya tidak langsung, pengaturan dalam jangka panjang. Namun, distribusi lebih luas dibandingkan sistem saraf. Hormon mengatur fungsi seperti pertumbuhan dan perkembangan, keseimbangan air, seksual reproduksi, dan laju reaksi kimia dalam sel.



Gambar 1.10 Kelenjar Endokrin

Sumber: www.freepik.com/Macrovector (2025)



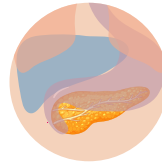
Kelenjar hipofisis (pituitari) menghasilkan banyak hormon di antaranya:

- Growth Hormone* (GH) yang merupakan hormon pertumbuhan,
- Thyroid Stimulating Hormone* (TSH) yang berfungsi merangsang kerja tiroid,
- Adrenocorticotrophic Hormone* (ACTH) yang berfungsi merangsang kerja adrenal,
- Follicle Stimulating Hormone* (FSH) yang berperan dalam pematangan ovum,
- Luteinizing Hormone* (LH) yang berperan dalam ovulasi sel telur,
- Antidiuretic Hormone* (ADH) yang berfungsi dalam reabsorpsi air di ginjal), dan
- oksitosin yang berperan dalam kontraksi otot saat melahirkan.



Kelenjar pineal

menghasilkan hormon melatonin yang berperan dalam jam biologis.



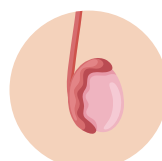
Kelenjar pankreas

menghasilkan insulin yang berfungsi mengatur kadar gula darah.



Kelenjar tiroid

menghasilkan hormon tiroksin yang berperan dalam metabolisme tubuh.



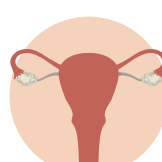
Kelenjar testis

menghasilkan testosteron yang berfungsi mengatur perkembangan seksual pria.



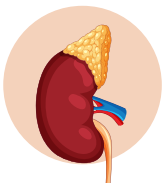
Kelenjar paratiroid

menghasilkan parathormon yang berfungsi mengubah kalsium tulang menjadi kalsium darah.



Kelenjar ovarium

menghasilkan estrogen (perkembangan seks sekunder wanita) dan progesteron (menjaga ketebalan rahim).



Kelenjar adrenal

menghasilkan adrenalin yang berfungsi dalam mempercepat denyut jantung.

Selanjutnya untuk memperdalam pemahaman tentang kulit, lakukanlah Aktivitas 1.9 berikut.



Aktivitas 1.9

Ayo Analisis

Tubuh yang Tidak Seimbang

Tujuan: Menganalisis akibat ketidakseimbangan hormon.

Langkah-langkah:

1. Bentuklah kelompok bersama teman-temanmu.
2. Carilah dan pilihlah beberapa kasus ketidakseimbangan hormon pada manusia, seperti gigantisme, kretinisme, diabetes insipidus, atau lainnya.
3. Identifikasikan hormon yang terlibat pada tiap kasus.
4. Analisis kelenjar endokrin yang mengalami gangguan dan jelaskan fungsinya.
5. Jelaskan akibat dari gangguan hormon tersebut terhadap tubuh manusia.
6. Susunlah hasil analisis kalian dalam format presentasi.
7. Presentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas.
8. Ikutilah sesi diskusi dan tanggapilah pertanyaan dari kelompok lain.



Aktivitas 1.10

Ayo Refleksi

Pertanyaan ini dirancang untuk mengembangkan kesadaran diri, pemahaman konsep, dan penerapan dalam kehidupan sehari-hari.

A. Refleksi Pemahaman Konsep

1. Apa hal paling mengejutkan atau menarik yang kamu pelajari tentang sistem saraf, indra, atau hormon?
2. Bagaimana sistem saraf, alat indra, dan hormon saling bekerja sama dalam menjaga tubuh kita tetap seimbang?
3. Jika kamu diminta menjelaskan perbedaan kerja sistem saraf dan hormon kepada temanmu, bagaimana kamu menjelaskannya secara sederhana?

B. Refleksi Kritis dan Aplikatif

1. Pernahkah kamu mengalami situasi saat tubuhmu merespons secara otomatis, misalnya menarik tangan dari benda panas? Apa yang terjadi dalam tubuhmu saat itu?



2. Bagaimana pemahaman tentang alat indra membantumu lebih peduli terhadap kesehatan tubuh, terutama di lingkungan yang penuh polusi atau suara bising?
3. Setelah mempelajari sistem hormon, apa yang bisa kamu lakukan untuk membantu menjaga keseimbangan hormon tubuh secara alami?

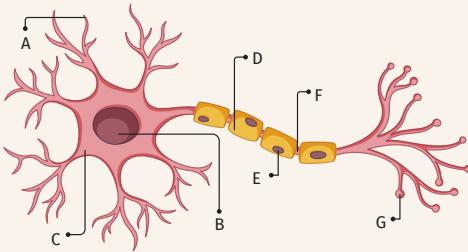
C. Refleksi Personal dan Etika

1. Bagaimana perasaanmu saat mengetahui bahwa tubuh manusia bekerja sangat kompleks dan teratur melalui sistem saraf, indra, dan hormon?
2. Mengapa penting bagi kita untuk menghargai dan merawat sistem tubuh yang telah bekerja secara otomatis tanpa kita sadari?
3. Sebutkan satu kebiasaan sehat yang akan kamu lakukan mulai minggu ini untuk menjaga sistem saraf, alat indra, atau keseimbangan hormonmu?



Ayo Uji Kemampuan

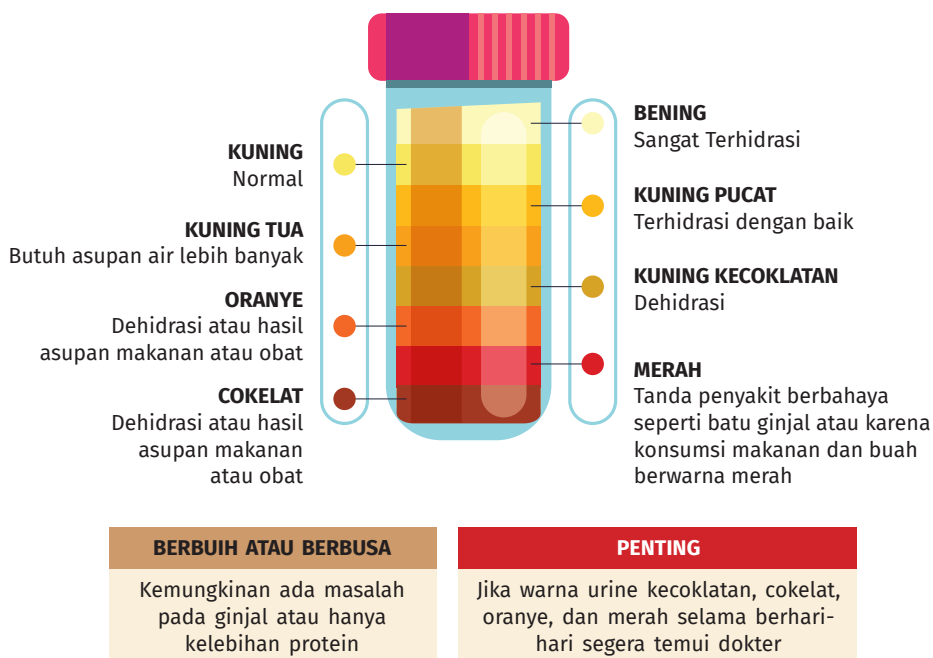
1. Apa nama bagian dan fungsi dari setiap struktur sel saraf yang diberi label A-G?



2. Bagaimana urutan jalannya rangsang sampai dengan diinterpretasikan pada organ mata, hidung, telinga, lidah, dan kulit?
3. Seorang pria dapat mengemudi dengan aman tanpa kacamata, tetapi mengalami kesulitan membaca petunjuk jalan tanpa kacamata. Identifikasi kondisi mata pria tersebut dan jenis lensa apa yang paling cocok digunakan!
4. Seorang atlet panjat tebing tergelincir dan secara spontan langsung mencengkeram batu terdekat tanpa berpikir. Setelah berhasil bertahan, ia baru menyadari bahwa tangannya terluka. Jelaskan bagaimana sistem saraf memungkinkan tindakan spontan tersebut terjadi tanpa melibatkan kesadaran terlebih dahulu! Menurutmu, mengapa mekanisme ini penting bagi keselamatan manusia?

B. Homeostasis

Pernahkah kamu memperhatikan warna urine setelah minum banyak air? Bagaimana jika kamu tidak minum cukup air? Ya, tubuh kita memiliki kemampuan untuk mengatur jumlah dan warna urine sesuai dengan kebutuhan cairan. Jika kita minum banyak, urine akan lebih jernih dan jumlahnya lebih banyak. Sebaliknya, jika tubuh kekurangan cairan, urine akan berwarna lebih gelap dan berbau lebih pekat. Pada infografik di bawah (Gambar 1.11), kamu dapat melihat berbagai warna urine dan artinya bagi kondisi tubuhmu.



Gambar 1.11 Kenali warna urinemu.

Mengetahui kebutuhan cairan tubuh adalah langkah awal untuk menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh. Namun, menjaga keseimbangan cairan bukan hanya tentang minum air. Tubuh kita juga memiliki mekanisme yang sangat canggih untuk mengatur cairan, suhu, dan zat-zat penting lainnya agar selalu berada dalam kondisi optimal. Proses ini dikenal sebagai homeostasis. Yuk, pelajari lebih lanjut bagaimana tubuh kita bekerja keras untuk menjaga keseimbangan tersebut dan apa yang bisa kita lakukan agar tubuh tetap sehat dan berfungsi optimal!



1. Mengapa Homeostasis Penting?

Homeostasis adalah proses otomatis/mengatur diri sendiri yang dilakukan oleh tubuh untuk mempertahankan kondisi stabil agar proses di dalam tubuh makhluk hidup berjalan normal, meskipun terjadi perubahan internal dan eksternal. Jika homeostasis berhasil, maka hidup akan berlanjut dengan normal. Jika tidak berhasil, organisme akan mengalami kelainan bahkan kematian. Pengaturan suhu tubuh oleh hipotalamus, pengaturan kadar air di dalam tubuh oleh ginjal, dan mekanisme pengaturan produksi hormon adalah beberapa contoh peristiwa homeostasis di dalam tubuh manusia.

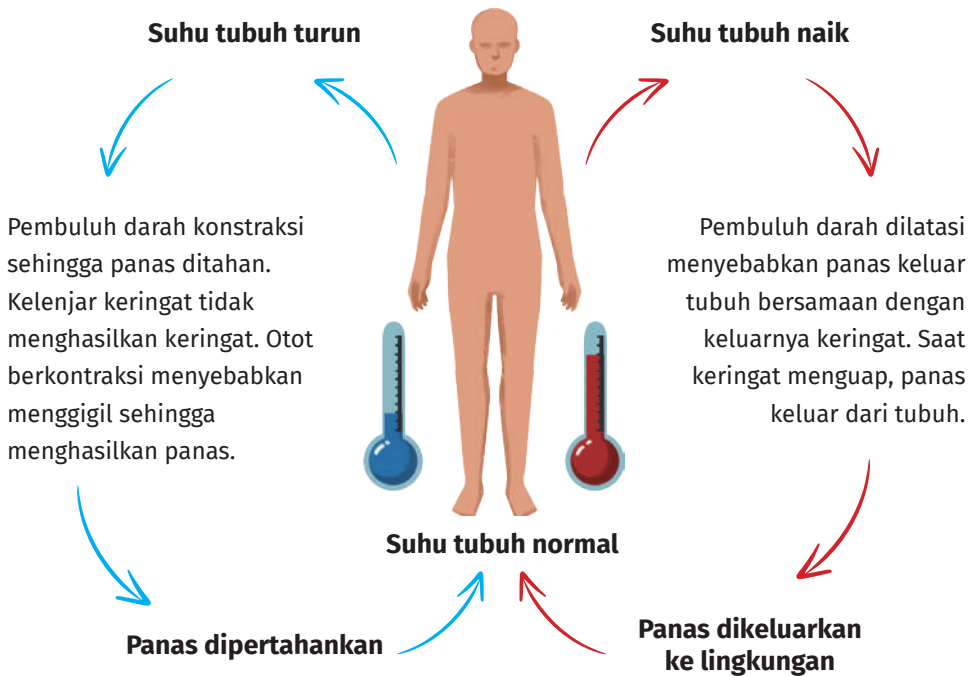
2. Pengaturan Suhu Tubuh

Kamu tentu merasa tidak nyaman saat berkeringat. Keringat mendapatkan reputasi buruk, padahal keringat berperan penting dalam mendinginkan tubuh saat kepanasan. Akan tetapi, bagaimana tepatnya tubuhmu tahu kapan harus mulai berkeringat? Ia tahu karena bagian otak, yang disebut hipotalamus, memerintahkannya. Semua manusia dan banyak hewan memiliki hipotalamus.

Hipotalamus melakukan banyak hal, tetapi dua tugas terpentingnya adalah mempertahankan homeostasis dan mengontrol hormon tertentu. Homeostasis sangat penting bagi semua hewan, termasuk manusia. Jika kita melihat kata tersebut, kita melihat bahwa homeo berarti “sama”, dan stasis berarti “tidak bergerak”, atau “menahan”. Jadi homeostasis berarti sesuatu yang dipertahankan di tempat yang sama/keadaan yang sama.

Lalu, bagaimana kaitannya homeostasis dengan suhu tubuh. Kebanyakan hewan mempertahankan, atau menahan, suhu mereka pada tingkat tertentu. Manusia mempertahankan suhu tubuh pada sekitar 37°C. Saat hipotalamus merasakan bahwa tubuh terlalu panas, hipotalamus mengirimkan sinyal ke kelenjar keringat untuk membuatmu berkeringat dan mendinginkan tubuh. Saat hipotalamus merasakan bahwa tubuh terlalu dingin, hipotalamus mengirimkan sinyal ke otot sehingga otot akan menggigil dan menciptakan kehangatan. Dengan mekanisme ini suhu tubuh diharapkan tetap konstan. Hipotalamus juga mempertahankan homeostasis suhu tubuh dengan banyak cara lain, seperti dengan mengatur diameter pembuluh darah. Perhatikan Gambar 1.12 berikut tentang pengaturan suhu tubuh manusia.





Gambar 1.12 Homeostasis Suhu Tubuh

Selanjutnya untuk memperdalam pemahaman tentang mekanisme berkeringat, lakukanlah Aktivitas 1.11 berikut.



Aktivitas 1.11 Ayo Selidiki

Mengukur Produksi Keringat

Tujuan:

1. Mengidentifikasi pengaruh suhu lingkungan terhadap produksi keringat.
2. Menjelaskan fungsi keringat dalam menjaga suhu tubuh (termoregulasi).

Alat dan bahan:

1. *Stopwatch* atau jam tangan
2. Handuk kecil
3. Air minum (250 ml per anak)
4. Termometer ruangan
5. Timbangan badan (opsional)
6. Ruang dengan dua kondisi suhu:



- a. Ruang sejuk (ber-AC atau kipas angin)
 - b. Ruang panas (di bawah sinar matahari atau ruangan tertutup tanpa kipas)
7. Kertas dan pensil

Bentuk aktivitas fisik:

Agar lebih efektif dalam mengeluarkan keringat, pilih aktivitas fisik yang melibatkan gerakan seluruh tubuh. Beberapa opsi aktivitas:

1. Lompat tali: 10 menit (anak yang tidak memiliki tali dapat melakukan lompat di tempat).
2. *Push up* dan *sit up*: 2 set (10 kali/set).
3. *Jogging* di tempat: 5 menit dengan intensitas sedang hingga tinggi.
4. *Burpees* atau *squat jump*: 2 set (10 kali/set).

Langkah-langkah:

1. Persiapan:

- a. Anak berada di ruang sejuk selama 10 menit untuk menormalkan suhu tubuh.
- b. Catat suhu ruang dan berat badan awal (opsional).
- c. Minum 100 ml air sebelum aktivitas untuk menghindari dehidrasi.

2. Eksperimen di ruang sejuk:

- a. Lakukan aktivitas fisik selama 10 menit (pilih dari daftar aktivitas di atas).
- b. Seka keringat menggunakan handuk kecil.
- c. Catat jumlah keringat (sedikit/sedang/banyak).
- d. Catat suhu ruang.
- e. Timbang berat badan setelah aktivitas (jika memungkinkan).

3. Istirahat dan pindah ruang:

- a. Anak istirahat selama 10–15 menit sambil minum air 100 ml.
- b. Pindah ke ruang panas dan biarkan anak beradaptasi selama 5 menit.

4. Eksperimen di ruang panas:

- a. Ulangi aktivitas fisik yang sama selama 10 menit.
- b. Seka keringat menggunakan handuk kecil.
- c. Catat jumlah keringat (sedikit/sedang/banyak).
- d. Catat suhu ruang.
- e. Timbang berat badan setelah aktivitas (jika memungkinkan).

Data pengamatan:

Kondisi Ruang	Suhu Ruang (°C)	Waktu Aktivitas (menit)	Jenis Aktivitas	Jumlah Keringat (sedikit/sedang/banyak)	Berat Badan Sebelum (kg)	Berat Badan Setelah (kg)
Sejuk		10				
Panas		10				

Kesimpulan dan diskusi:

1. Apakah keringat lebih banyak keluar di ruangan sejuk atau panas?
2. Apa fungsi keringat dalam mengatur suhu tubuh?
3. Bagaimana tubuh mempertahankan suhu normal saat beraktivitas di lingkungan panas?
4. Apa dampaknya jika cairan tubuh tidak segera digantikan setelah aktivitas fisik?

Refleksi:

1. Apa yang kamu rasakan setelah beraktivitas di ruangan panas?
2. Bagaimana cara menggantikan cairan tubuh yang hilang akibat keringat?
3. Apa saja tanda-tanda dehidrasi yang harus diwaspadai?

Catatan penting:

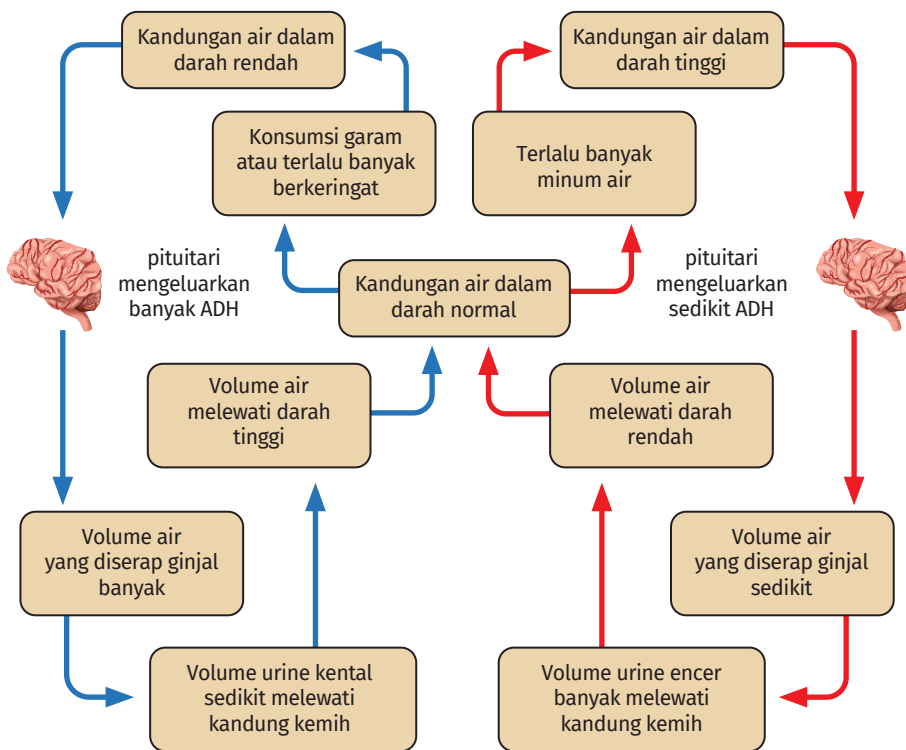
1. Pastikan kamu mendapatkan asupan air yang cukup sebelum dan setelah aktivitas.
2. Hindari aktivitas berat di ruangan panas untuk mencegah dehidrasi berlebihan.
3. Jika kamu merasa lemas, pusing, atau mual, segera hentikan aktivitas dan berikan air minum.

3. Pengaturan Kadar Cairan Tubuh

Pernahkah kamu mengamati pola minum diri sendiri? Apakah jika minum banyak maka jumlah urine yang diproduksi juga banyak? Ya, pengaturan kadar cairan di dalam tubuh merupakan salah satu contoh homeostasis.

Jika kita terlalu banyak minum, maka jumlah air di dalam darah menjadi tinggi. Keadaan ini akan merangsang pituitari mengurangi produksi hormon ADH sehingga reabsorpsi air di ginjal menurun. Akibatnya, jumlah air yang masuk ke kandung kemih meningkat dan air yang diserap ke dalam pembuluh sedikit. Dengan demikian, jumlah air di dalam darah akan menjadi normal kembali. Hal yang sebaliknya terjadi jika kita sedikit minum seperti yang ditunjukkan Gambar 1.13.





Gambar 1.13 Homeostasis Cairan Tubuh

Selanjutnya untuk memperdalam pemahaman tentang mekanisme produksi urine, lakukanlah Aktivitas 1.12 berikut.



Aktivitas 1.12 Ayo Amati

Mengukur Produksi Urine

Tujuan:

1. Menghitung kebutuhan cairan harian berdasarkan berat badan.
2. Mengamati perubahan warna urine sepanjang hari terkait asupan cairan.

Alat dan bahan:

1. Timbangan badan
2. Kalkulator
3. Gelas ukur (250 ml)
4. Air minum (minimal 1,5 liter per anak)
5. Infografik warna urine
6. Kertas catatan pemantauan
7. Jam atau *stopwatch*

Langkah-langkah:

1. Hitung kebutuhan cairan harian:

- Timbang berat badan masing-masing.
- Hitung kebutuhan cairan harian menggunakan rumus:

$$\text{Kebutuhan cairan (ml)} = 40 \text{ ml} \times \text{Berat Badan (kg)}$$

- Catat hasil perhitungan di lembar pengamatan.

2. Pemantauan asupan cairan dan warna urine (selama 1 hari):

- Pantau dan catat jumlah air yang diminum setiap kali minum.
- Setiap kali buang air kecil, lakukan hal-hal berikut:
 - catat waktu buang air kecil.
 - catat jumlah urine (sedikit/sedang/banyak).
 - amati dan catat warna urine berdasarkan infografik.

3. Interval pengamatan:

- Pengamatan dilakukan pada waktu-waktu berikut:
 - Pagi hari (setelah bangun tidur)
 - Setelah minum air (250 ml)
 - Setelah makan siang
 - Sore hari (setelah aktivitas fisik atau olahraga)
 - Malam hari (sebelum tidur)

Data pengamatan:

Waktu	Jumlah Air yang Diminum (ml)	Warna Urine (1-8)	Jumlah Urine (sedikit/sedang/banyak)	Keterangan
Pagi				
Setelah minum				
Setelah makan				
Sore				
Malam				

Kesimpulan dan diskusi:

- Apakah jumlah air yang diminum sudah sesuai dengan kebutuhan cairan harian?
- Bagaimana warna urine berubah sepanjang hari?
- Kapan urine cenderung lebih pekat atau lebih jernih? Mengapa?
- Apa yang terjadi jika kamu tidak minum air sesuai kebutuhan cairan harian?
- Apakah warna urine juga dipengaruhi oleh faktor lain selain dari jumlah cairan yang diminum? Jelaskan dengan memberikan argumentasi ilmiah!



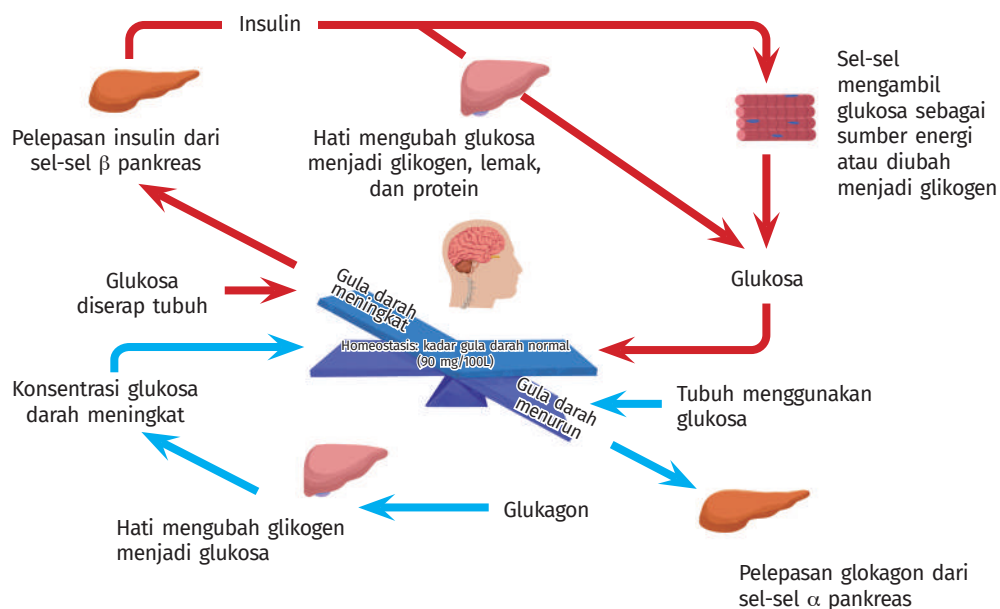
Refleksi:

1. Apakah kamu merasa lebih sering buang air kecil setelah minum lebih banyak air?
2. Apa dampaknya jika tubuh tidak mendapatkan cairan yang cukup?
3. Apa saja tanda-tanda dehidrasi yang dapat dikenali dari warna urine?

4. Pengaturan Kadar Gula Tubuh

Ketika kita banyak mengonsumsi makanan yang mengandung karbohidrat maka kadar glukosa di dalam darah meningkat. Kadar gula tinggi akan merangsang pelepasan hormon insulin dari pankreas. Insulin akan meningkatkan permeabilitas membran sel (kemampuan membran sel mengatur keluar masuknya zat) di sel sehingga glukosa dapat masuk ke dalam sel. Sel-sel menggunakan glukosa sebagai sumber energi dan khusus sel otot maka glukosa diubah menjadi glikogen. Selain itu, sel hati akan mengubah glukosa menjadi glikogen.

Sebaliknya, penurunan kadar gula di dalam darah akan merangsang pengeluaran hormon glukagon yang akan mengonversi glikogen menjadi glukosa. Perubahan glikogen menjadi glukosa akan meningkatkan konsentrasi kadar gula di dalam darah. Dengan mekanisme seperti ini, keseimbangan gula darah terjaga. Penjelasan lebih detail disajikan pada Gambar 1.14.

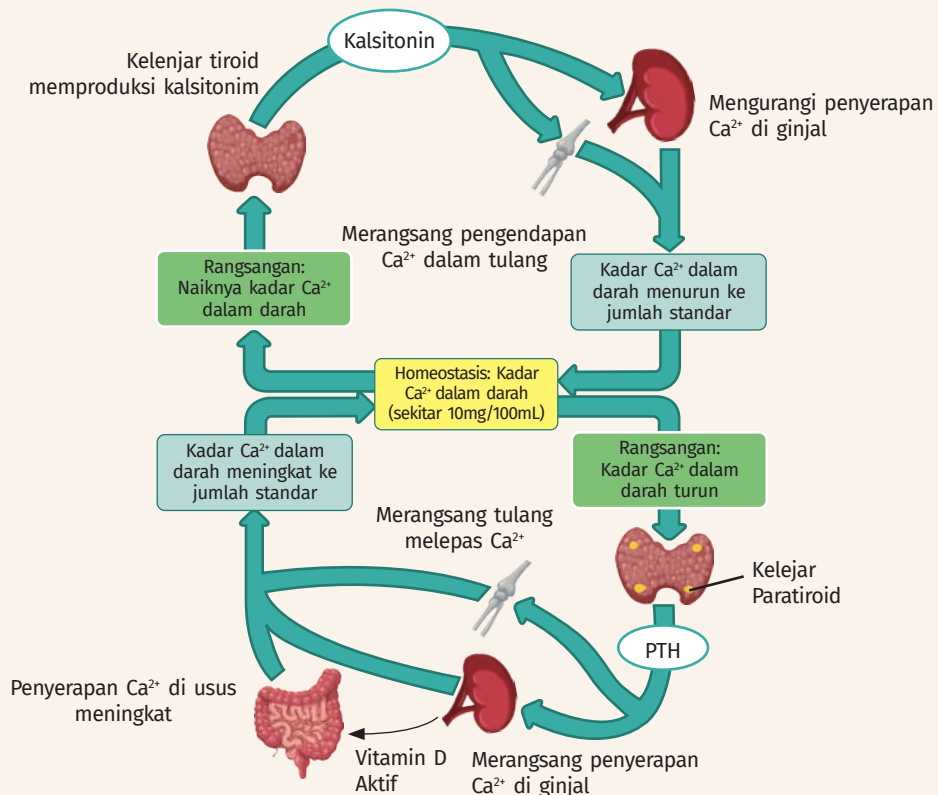


Gambar 1.14 Homeostasis Gula Darah



Ayo Uji Kemampuan

1. Apa akibatnya jika homeostasis dalam tubuh manusia terganggu?
2. Jelaskan mekanisme fisiologis (kerja tubuh) terkait dengan homeostasis cairan tubuh jika seseorang hanya mengonsumsi sedikit cairan!
3. Beberapa pendaki gunung sering kali mengalami hipotermia (kondisi ketika suhu tubuh turun terlalu rendah, di bawah 35°C , sehingga tubuh tidak bisa bekerja dengan normal bahkan berakibat pada kematian). Gejala yang sering terjadi adalah menggigil, berbicara cadel, bergumam, gagap, bibir berwarna kebiruan, serta denyut jantung lemah dan tidak teratur. Gunakan informasi tersebut untuk menjelaskan bioproses yang terjadi terkait homeostasis suhu tubuh. Apa yang dapat kamu lakukan untuk menolong nyawa orang yang mengalami hipotermia?
4. Perhatikan diagram pengaturan kalsium berikut.



Gambar 1.15 Homeostasis Kalsium

Berdasarkan Gambar 1.15, uraikan mekanisme bioproses yang akan terjadi jika kadar kalsium dalam darah tubuh manusia turun secara drastis!



Mengenal Penyakit Sistem Koordinasi Tubuh dan Cara Pencegahannya

Tujuan projek:

1. Mengidentifikasi berbagai penyakit yang terkait dengan sistem koordinasi tubuh manusia.
2. Menganalisis faktor penyebab penyakit tersebut.
3. Mengetahui langkah-langkah pencegahan untuk menjaga kesehatan sistem koordinasi tubuh.

Langkah-langkah projek:

1. Persiapan:

- a. Membagi peserta didik menjadi beberapa kelompok (3–4 orang per kelompok).
- b. Menentukan topik spesifik yang akan disurvei, misalnya:
 - 1) gangguan saraf (stroke, epilepsi, neuropati),
 - 2) gangguan indra (katarak, gangguan pendengaran),
 - 3) gangguan hormonal (diabetes, hipotiroidisme).

2. Menyusun instrumen survei:

Membuat daftar pertanyaan seperti contoh berikut.

- a. Apa saja penyakit terkait sistem saraf, indra, dan hormon yang paling sering ditemui di Puskesmas?
- b. Apa penyebab utama penyakit tersebut?
- c. Bagaimana gejala awal penyakit tersebut?
- d. Apa saja langkah pencegahan yang disarankan oleh petugas kesehatan?
- e. Apa yang dapat dilakukan masyarakat untuk menjaga kesehatan sistem koordinasi tubuh?
- f. Tambahan pertanyaan lain jika ada.

3. Pelaksanaan survei di Puskesmas:

- a. Mengajukan izin kepada pihak Puskesmas untuk melakukan survei.
- b. Mewawancara tenaga kesehatan (dokter, perawat, petugas kesehatan).
- c. Mencatat informasi penting berdasarkan jawaban narasumber.

4. Analisis data:

- a. Mengelompokkan data berdasarkan jenis penyakit, penyebab, dan langkah pencegahan.
- b. Membandingkan data dari beberapa kelompok untuk mendapatkan kesimpulan umum.

5. Struktur penyusunan laporan:

- a. Pendahuluan
- b. Tujuan survei
- c. Metode survei (wawancara)
- d. Hasil survei (jenis penyakit, penyebab, pencegahan)
- e. Kesimpulan
- f. Saran untuk masyarakat terkait pencegahan penyakit sistem koordinasi

6. Presentasi hasil:

- a. Tiap kelompok mempresentasikan hasil survei di depan kelas.
- b. Menggunakan media presentasi (poster, PowerPoint, atau video pendek).

7. Alternatif pusat data jika tidak ada Puskesmas:

- a. Menggunakan sumber data *online*, seperti situs kesehatan, artikel, atau wawancara virtual dengan tenaga kesehatan.
- b. Melakukan survei kecil di lingkungan sekitar (keluarga atau tetangga) untuk mengetahui pengalaman mereka terkait penyakit saraf, indra, atau hormon.





Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan di bawah ini secara singkat dan jelas!

1. Seorang pengendara motor tiba-tiba menginjak rem ketika seekor kucing melintas di depannya. Ia berhenti hanya beberapa sentimeter dari kucing tersebut. Detak jantungnya langsung meningkat dan tubuhnya gemetar. Jelaskan bagaimana sistem saraf bekerja dalam situasi tersebut, mulai dari saat melihat kucing hingga melakukan pengereman! Sebutkan jalur impuls saraf yang terlibat!
2. Seorang remaja putri, mengalami menstruasi yang tidak teratur. Ia juga sering merasa mudah marah, lelah, dan muncul jerawat berlebihan. Berdasarkan gejala tersebut, analisis kemungkinan gangguan hormonal yang terjadi pada remaja tersebut! Sebutkan hormon yang mungkin terlibat dan bagaimana hormon tersebut memengaruhi sistem tubuhnya!
3. Saat cuaca sangat panas, Budi menghabiskan waktu bermain bola di lapangan selama dua jam. Ia merasa sangat haus, berkeringat deras, dan lemas setelahnya. Jelaskan cara mekanisme tubuh Budi mempertahankan keseimbangan cairan dan suhu tubuh selama dan setelah aktivitas fisik tersebut!
4. Seorang pasien didiagnosis mengalami diabetes insipidus. Ia sering buang air kecil dalam jumlah banyak, cepat haus, dan merasa lelah. Bagaimana hubungan antara gangguan hormon dan berbagai gejala yang dialami oleh pasien tersebut? Hormon dan organ apa yang berperan?
5. Dalam situasi ujian akhir semester, banyak anak merasa cemas, sulit tidur, kehilangan nafsu makan, dan daya tahan tubuhnya menurun. Evaluasilah cara sistem saraf, hormon, dan mekanisme homeostasis berinteraksi dalam kondisi stres akademik tersebut!



Pengayaan

Tubuh manusia memiliki sistem koordinasi yang sangat canggih. Sistem saraf dan sistem hormon yang bekerja sama untuk menjaga keseimbangan tubuh disebut homeostasis. Keseimbangan ini membuat tubuh dapat beradaptasi terhadap perubahan, seperti saat cuaca panas, tubuh berkeringat untuk menurunkan suhu, atau saat kita takut, jantung berdetak lebih cepat. Namun, apa yang terjadi jika sistem tersebut terganggu? Bayangkan seseorang yang tubuhnya bergetar tanpa bisa dikendalikan, atau seseorang yang pingsan di tempat umum karena tubuhnya gagal menyesuaikan suhu. Gangguan pada sistem koordinasi seperti Parkinson, epilepsi, atau kelainan hormon seperti hipertiroid dapat memengaruhi aktivitas harian bahkan membahayakan keselamatan. Oleh karena itu, penting bagi kita memahami cara sistem ini bekerja dan mengenali dampak ketika terjadi gangguan, agar kita bisa lebih sadar menjaga kesehatan tubuh secara keseluruhan.

Untuk mengembangkan pemikiran kritis mengenai faktor-faktor penyebab gangguan sistem koordinasi dan homeostasis dalam kehidupan modern, lakukanlah kegiatan pengayaan berikut dalam bentuk debat mini. Peserta didik dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok pro dan kontra. Kelompok pro menyampaikan argumen bahwa penggunaan gawai yang berlebihan dapat memengaruhi sistem koordinasi, seperti menyebabkan kelelahan mata, gangguan tidur, dan kurangnya aktivitas fisik yang berdampak pada sistem saraf. Sementara itu, kelompok kontra berpendapat bahwa gawai tidak secara langsung menyebabkan gangguan dan justru bisa digunakan untuk edukasi kesehatan dan kontrol kebiasaan. Sebelum debat berlangsung, kedua kelompok diberi waktu untuk mencari data dari berbagai sumber digital maupun cetak. Setelah debat, lakukan diskusi reflektif untuk menyimpulkan bahwa penggunaan teknologi bisa berdampak baik atau buruk tergantung cara dan durasinya. Dengan demikian, kalian dapat mengambil keputusan bijak dalam kehidupan sehari-hari.





Refleksi

Akhir Bab

Setelah mempelajari bab ini, refleksikan kegiatan yang telah kamu lakukan dengan menjawab pertanyaan berikut ini.

1. Bagaimana perasaanmu setelah mengetahui bahwa tubuh memiliki sistem koordinasi dan pengatur keseimbangan yang bekerja terus-menerus tanpa kamu sadari?
2. Menurutmu, seberapa penting menjaga kesehatan sistem saraf dan hormon dalam kehidupan sehari-hari?
3. Setelah mempelajari bab ini, apa satu hal yang ingin kamu ubah dalam gaya hidupmu untuk membantu tubuh tetap seimbang dan sehat?
4. Bagaimana kamu akan menghargai kerja tubuhmu setelah memahami betapa kompleksnya sistem koordinasi dan homeostasis?
5. Apakah kamu pernah mengalami stres atau kelelahan yang memengaruhi tubuhmu? Setelah memahami materi ini, apa yang akan kamu lakukan secara berbeda ke depannya?
6. Apakah profil lulusan seperti bernalar kritis, kreativitas, kolaborasi, dan kemandirianmu sudah berkembang sesuai harapan?

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMP/MTs Kelas IX (Edisi Revisi)

Penulis : Cece Sutia, Victoriani Inabuy, Okky Fajar Tri Maryana
Budiyantri Dwi Hardanie, Sri Handayani Lestari

ISBN : 978-634-00-2430-2 (jil.3)



Zat Aditif dan Zat Adiktif



Bagaimana
pengaruh zat aditif
dan zat adiktif dalam
kehidupan kita
dan kesejahteraan
masyarakat?



Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini, kamu akan menggali perbedaan antara zat aditif dan zat adiktif, contoh-contoh, dan pengaruh terhadap kesehatan kita secara fisik maupun psikologis, serta manfaat dan bahayanya dalam kehidupan sosial masyarakat. Pada akhir bab ini, kamu diharapkan memiliki keteguhan untuk mengambil keputusan yang tepat untuk memilih zat aditif dan menghindari zat adiktif yang membahayakan diri dan lingkungan.

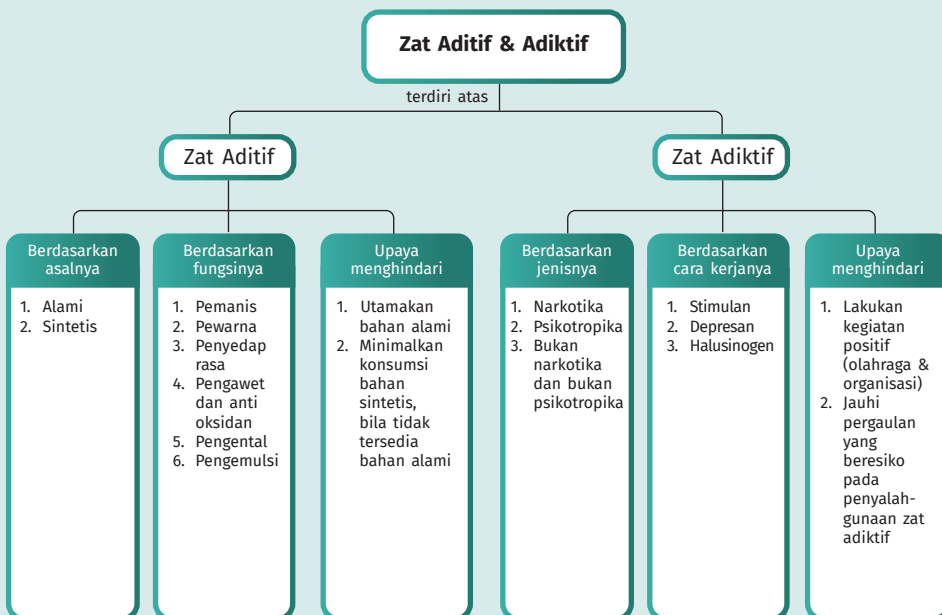


Kata Kunci

- ✓ zat aditif
- ✓ zat adiktif
- ✓ adiksi
- ✓ narkotika
- ✓ psikotropika



Peta Konsep





Di kelas VIII, kamu sudah belajar tentang nutrisi dalam makanan untuk mendukung kesehatan manusia. Masih ingatkah kamu dengan ungkapan “kamu adalah apa yang kamu makan?” Bayangkan pada saat kamu pulang sekolah, ada es teh di dalam gelas yang sangat menggiurkan, apalagi saat hari terasa sangat panas. Kamu langsung meminumnya. Namun, pada tegukan pertama kamu langsung berhenti karena merasakan pahitnya es teh yang rupanya belum ditambahkan gula. Gula membuat es teh kita terasa lebih manis sehingga lebih enak, bukan?

Bahan-bahan tertentu ditambahkan pada makanan kita dalam jumlah sedikit untuk membuat makanan lebih enak, mempercantik tampilan makanan, atau membuat makanan bertahan lebih lama? Bahan-bahan inilah yang dikenal sebagai zat aditif. Namun, apakah bahan-bahan tersebut bermanfaat bagi tubuh kita? Sebelum mulai belajar tentang zat aditif, bagaimana kalau kamu menyebutkan bahan-bahan tambahan yang terdapat dalam makanan dan minuman yang kamu konsumsi dari tadi pagi sampai saat ini?

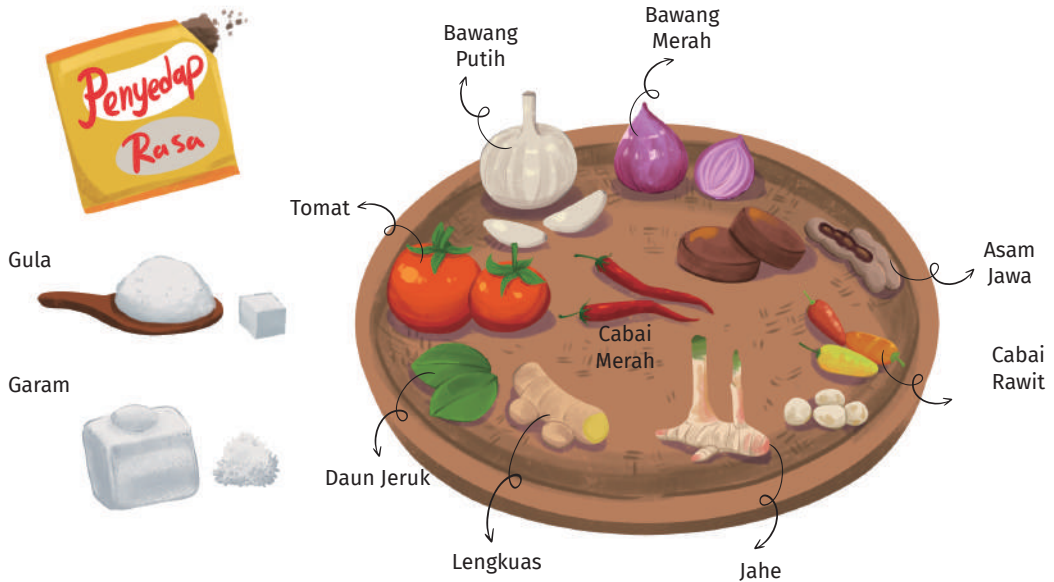
Lalu apa itu zat adiktif? Coba kamu tanyakan pada orang-orang dewasa di sekitarmu ya! Kamu juga dapat mencari informasi dari berbagai sumber yang terpercaya. Kamu juga dapat memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan *artificial intelligence* untuk mendapatkan informasi. Namun, hasil yang disajikan oleh kecerdasan buatan tidak selalu 100% tepat sehingga kamu perlu mengonfirmasi dengan sumber yang lebih terpercaya ya, seperti buku teks, ensiklopedia, kamus, dan lain sebagainya! Tulis apa yang kamu temukan di buku catatanmu untuk kita diskusikan di kelas.

A. Zat Aditif

Kita sering menambahkan bahan-bahan yang terdapat pada Gambar 2.1 dalam makanan kita sehari-hari. Pasti kamu juga telah menyebutkan sebagian bahan tersebut dalam buku catatanmu, bukan? Tanpa bahan-bahan tersebut, makanan kita akan terasa hambar dan terlihat kurang menarik. Bahan-bahan inilah contoh dari zat aditif. Zat aditif adalah bahan yang ditambahkan ke dalam makanan atau minuman untuk membuat lebih menarik, segar, enak, bertekstur, atau memperpanjang waktu simpan.



Penyedap Rasa



Gambar 2.1 Contoh-Contoh Zat Aditif Alami

Berdasarkan sumber atau asalnya, zat aditif dibedakan menjadi alami dan buatan. Zat aditif alami artinya diambil dari alam, biasanya berupa tanaman maupun produk dari hewan. Karena berasal dari alam, zat aditif alami cenderung aman dikonsumsi. Keterbatasan zat aditif alami membuat manusia memilih menggunakan zat aditif buatan. Gambar 2.2 berikut menunjukkan beberapa contoh zat aditif buatan. Zat aditif buatan disebut juga zat aditif sintetis atau artifisial.



Gambar 2.2 Beberapa Contoh Zat Aditif Buatan



Mengonsumsi zat aditif sintetis secara berlebihan dapat mengganggu kesehatan kita, misalnya timbulnya rasa mual, pusing, gangguan pada sistem pencernaan, seperti diare dan iritasi usus besar, kesemutan, diabetes melitus, tumor, bahkan kanker. Oleh karena itu, pemerintah telah mengatur penggunaan zat aditif sintetis atau disebut juga Bahan Tambahan Pangan (BTP) di dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 Tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan. Di Indonesia pengawasan penggunaan zat aditif buatan dilakukan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM).

Zat aditif dapat ditambahkan pada saat pembuatan, pengolahan, persiapan, perawatan, maupun pengepakan dan pengemasan makanan. Namun, zat aditif bukanlah bahan baku utama suatu makanan atau tidak dikonsumsi langsung. Ia hanya ditambahkan dalam jumlah yang relatif sedikit. Misalnya ketika kamu merebus sayur bayam, bahan baku utama adalah sayur bayam dan air, sedangkan garam yang kamu tambahkan adalah zat aditifnya. Demikian juga saat memasak tempe orak-arik yang biasanya menggunakan zat aditif berupa bawang merah, bawang putih, cabe, dan kecap.



Gambar 2.3 Dua Contoh Makanan yang Menggunakan Zat Aditif yaitu Sayur Bayam dan Tempe Orak-Arik

Penggunaan zat aditif dalam makanan tidak dapat dihindari karena telah menjadi bagian dari kebutuhan manusia, misalnya membuat warna makanan atau minuman menjadi menarik, cita rasa yang gurih, penggunaan yang praktis dan cepat ataupun penyimpanan dalam jangka waktu yang lama. Beberapa produsen makanan memilih menggunakan zat aditif buatan agar



memperoleh keuntungan yang lebih besar dari harga bahan yang lebih murah tetapi tidak memperhatikan bahayanya bagi kesehatan. Zat aditif sesungguhnya tidak memiliki nilai gizi. Namun, ada juga zat aditif alami yang bermanfaat karena mengandung vitamin C dan E serta dapat mencegah kanker. Dengan mempelajari zat aditif ini, kita dapat memilih untuk mengonsumsi makanan atau minuman yang aman bagi kesehatan.

Mari kita lakukan aktivitas berikut untuk mengidentifikasi zat-zat aditif yang kita masukkan ke dalam tubuh kita.



Aktivitas 2.1

Ayo Amati

Buatlah jurnal makanan dan minuman yang kamu konsumsi selama tiga hari, baik makanan yang dimasak sendiri maupun makanan kemasan. Dengan membuat jurnal ini kamu dapat mengidentifikasi zat-zat aditif yang kita masukkan ke dalam tubuh kita. Jurnalmu dapat dibuat dalam bentuk tabel maupun bentuk lain yang memuat informasi berikut ini.

1. Waktu makan (pukul berapa?)
2. Nama makanan/minuman
3. Bahan baku utama
4. Zat-zat aditif yang terdapat dalam makanan itu, asalnya (alami atau buatan), dan kegunaan masing-masing.

Apabila kamu belum mengetahui kegunaan suatu zat aditif, kamu dapat mencari tahu dari berbagai sumber belajar, seperti buku, ensiklopedia, laman internet maupun wawancara dengan tenaga kesehatan, seperti perawat atau dokter.

Berdasarkan Aktivitas 2.1, kamu telah mengetahui berbagai manfaat zat aditif. Berdasarkan jenisnya, zat aditif dapat dibedakan menjadi pemanis, pewarna, penyedap atau penguat rasa, pengawet, pengental, dan pengemulsi. Sebenarnya ada lebih banyak lagi zat aditif, tetapi untuk pembelajaran di kelas IX, kita batasi pada enam jenis zat aditif ini. Yuk kita dalami tiap zat aditif melalui Aktivitas 2.2 berikut ini.





Aktivitas 2.2

Ayo Komunikasikan

Aktivitas ini bertujuan memperdalam pemahamanmu terhadap jenis-jenis, contoh, manfaat, dan dampak zat aditif. Aktivitas ini dilakukan dalam kelompok kecil. Carilah informasi dari berbagai sumber mengenai satu jenis zat aditif yang ditugaskan pada kelompokmu. Setelah itu, persiapkan bahan presentasi dari informasi yang telah kalian kumpulkan. Pastikan kalian menulis informasi contoh-contoh bahan alami dan buatan dari zat aditif tersebut serta manfaat dan dampak bagi kesehatan maupun secara sosial (jika ada). Jangan lupa tuliskan semua sumber yang kalian gunakan dalam bentuk daftar pustaka. Kalian dapat menggunakan uraian berikut ini sebagai salah satu sumber.

1. Jenis-Jenis Zat Aditif

a. Pemanis

Pemanis adalah senyawa kimia untuk menambah rasa manis. Kita sering menambahkan gula pasir dalam minuman teh maupun kopi. Gula pasir yang berasal dari tebu disebut juga dengan sukrosa. Bahan tambahan ini merupakan salah satu contoh zat pemanis alami. Madu, gula jagung, dan gula aren juga termasuk zat pemanis alami. Konsumsi sukrosa bagi manusia dianjurkan untuk tidak melebihi dua sendok makan per hari atau setara dengan 30 gram. Jika berlebihan, sukrosa dapat menyebabkan penyakit diabetes mellitus, obesitas, ataupun gangguan pada jantung dan pembuluh darah atau kardiovaskular. Oleh karena itu, beberapa produk makanan dan minuman menggunakan pemanis lain sebagai pengganti sukrosa.

Pemanis buatan yang sering digunakan sebagai alternatif gula adalah sorbitol. Selain itu, contoh pemanis buatan yang dikenal luas antara lain sakarin, aspartam, sukralosa, asesulfam K, dan siklamat. Sakarin dan sukralosa dianggap aman untuk dikonsumsi sampai dengan batas tertentu. Aspartam dapat menimbulkan beberapa efek kontroversial, di antaranya efek buruk pada bayi selama kehamilan. Asesulfam K telah terbukti menyebabkan alergi pada manusia bila melebihi dosis 15 mg asesulfam/kg berat badan. Contoh-contoh makanan yang biasanya menggunakan zat pemanis buatan adalah arum manis, minuman bersoda, permen karet, permen, makanan kaleng, dan sebagainya. Tabel 2.1 berikut ini menunjukkan tingkat kemanisan beberapa pemanis buatan dan batas konsumsinya. Sukrosa atau gula pasir memiliki tingkat kemanisan 100% atau bernilai 1. Oleh karena itu, sukrosa menjadi standar pembandingan tingkat kemanisan berbagai pemanis buatan.



Tabel 2.1 Contoh-contoh Pemanis Sintetis dan Tingkat Kemanisan
(Dibandingkan dengan Gula Pasir dengan Tingkat Kemanisan 1) serta Batas Konsumsi

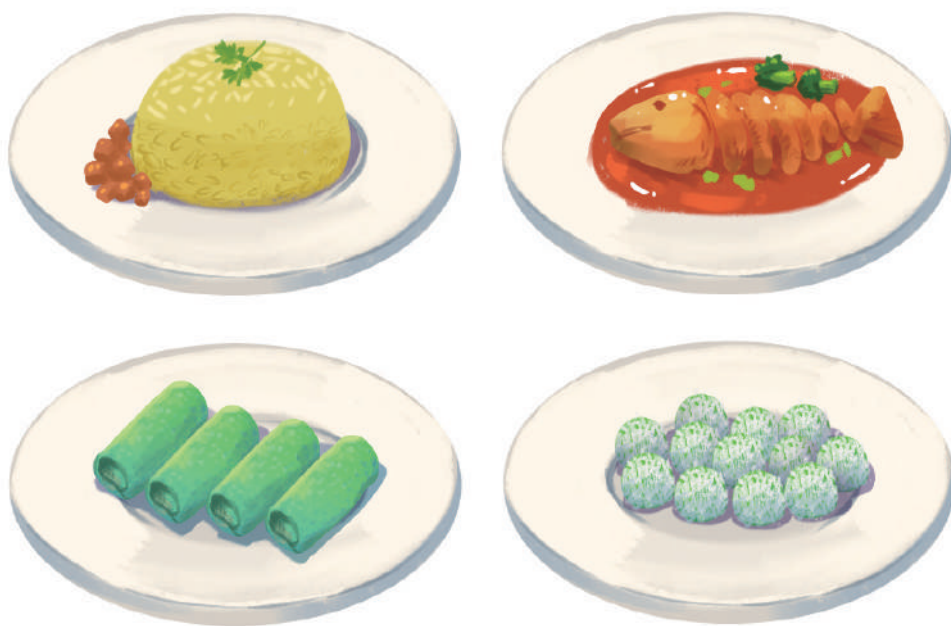
Jenis gula sintetis	Tingkat kemanisan	Batas konsumsi per hari
Sorbitol	0,5–0,6	23 g/kg berat badan
Aspartam	120–220	50 mg/kg berat badan
Siklamat	20–40	11 mg/kg berat badan
Sakarin	200–700	5 mg/kg berat badan
Asesulfam-K	130–200	15 mg/kg berat badan
Sukralosa	400–800	5 mg/kg berat badan

Sumber: Lo (n.d.)

b. Pewarna

Penggunaan pewarna makanan dapat membuat makanan terlihat lebih menarik sehingga menggugah selera makan. Pewarna juga dapat mengembalikan warna asli bahan makanan yang hilang saat pengolahan atau masa simpan.

Coba perhatikan makanan-makanan khas Indonesia berikut ini. Kemudian identifikasilah zat aditif pewarna yang digunakan.



Gambar 2.4 Makanan khas Indonesia yang Menggunakan Pewarna Alami.

Pewarna buatan sering dipilih karena penggunaannya lebih mudah diperoleh dan lebih praktis. Misalnya apabila tidak memiliki tanaman daun pandan, kita dapat menggunakan pewarna makanan hijau untuk membuat dadar gulung. Demikian pula untuk mendapatkan kunyit yang siap digunakan sebagai pewarna perlu proses yang cukup panjang, mulai dari mengupas kulitnya kemudian digerus. Sementara jika menggunakan pewarna sintetis bewarna kuning, kita cukup membeli dan mencampurkannya dengan bahan makanan, praktis bukan? Selain itu, penggunaan pewarna sintesis juga membuat warna lebih tajam, terang, lebih banyak pilihan warna, dan warna tetap bertahan dalam proses pengolahan makanan. Contoh-contoh makanan yang menggunakan pewarna buatan adalah gulali atau arum manis, saus, permen, minuman berkarbonat, es krim, kue, biskuit, dan sebagainya. Namun, efek samping dari penggunaan pewarna makanan perlu diperhatikan. Misalnya pewarna tartrazin dapat menyebabkan kita jadi cepat marah, gelisah, dan juga gangguan tidur pada anak-anak. Berikut ini contoh-contoh pewarna makanan buatan yang diperbolehkan dalam jumlah tertentu (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Contoh-Contoh Zat Pewarna Buatan yang Diperbolehkan Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 033 Tahun 2012

Nama zat pewarna	Warna yang dihasilkan
Tartrazin	Kuning
Kuning Kuinolin	Kuning
Sunset Yellow FCF atau Kuning FCF	Oranye
Allura red	Merah kekuningan
Ponceau 4R	Merah
Eritrosin	Merah
Karmoisin	Merah
Amaranth	Merah kebiruan
Indigotin	Biru kemerahan
Biru berlian	Biru
Briliant black BN	Ungu
Brown HT	Coklat
Fast green FCF	Hijau



Zat pewarna sintesis yang membahayakan manusia sehingga telah dilarang penggunaannya oleh pemerintah antara lain Rhodamin B (warna merah kebiruan), *Ponceau 3R* (warna merah), dan *Methanyl yellow* (warna kuning). Bahan-bahan tersebut sebenarnya adalah pewarna bahan pakaian/tekstil, cat, dan kertas. Ketiga zat pewarna ini dapat menyebabkan kerusakan pada hati dan menyebabkan kanker atau karsinogenik terutama dalam konsumsi yang berulang dan dalam jangka waktu panjang.



Aktivitas 2.3

Ayo Analisis



Pindai di Sini



Pindai di Sini

Aktivitas ini bertujuan agar kamu dapat menganalisis zat aditif terhadap tubuh sehingga kamu mampu lebih selektif dalam memilih makanan. Kamu akan mencermati dua zat pewarna melalui video mengenai zat pewarna pada tautan berikut ini. Tonton dan catat informasi-informasi penting dari kedua video ini. Kemudian tuliskan langkah-langkah yang perlu kamu lakukan untuk melindungi diri dari bahaya zat aditif yang terdapat dalam kedua video tersebut.

Tabalong Hari Ini: BPOM HSU Jelaskan Ciri Zat Pewarna Sintetis Rhodamin B
<https://buku.kemdikbud.go.id/s/ppfbg8>

MetroTV: Makanan dengan Pewarna Berbahaya Bagi Kesehatan
<https://buku.kemdikbud.go.id/s/ilzvq0>

c. Penyedap atau penguat rasa

Penguat rasa ditambahkan pada makanan untuk memperkuat dan memodifikasi rasa dan/atau aroma yang telah ada dalam bahan pangan agar tidak hambar tanpa memberikan rasa dan/atau aroma tambahan. Penyedap rasa alami yang umum digunakan adalah garam, lada, gula, bawang, air jeruk, dan kaldu ayam atau sapi. Sedangkan penyedap rasa buatan yang sangat terkenal yaitu monosodium glutamat atau MSG yang memberikan rasa gurih pada makanan. Kita mungkin lebih mengenal MSG dengan istilah "vetsin" atau "micin". Sebenarnya ada beberapa makanan yang secara alamiah telah memiliki kandungan MSG di dalamnya, seperti daging, ikan, susu, dan jamur. Namun, bahan tersebut tidak selalu tersedia sehingga untuk lebih memudahkan dalam mengolah masakan, diproduksi MSG buatan yang dapat digunakan secara lebih praktis dan murah.



Fakta Sains

Monosodium glutamat (MSG) pertama kali dibuat di Jepang oleh Profesor dari Universitas Tokyo bernama Kikunae Ikeda pada tahun 1908. Ilmuwan tersebut mengekstrak dan mengkristalkan glutamat dari kaldu rumput laut kombu. Ia menemukan bahwa rasa gurih khas dalam kaldu kombu berasal dari asam glutamat. Ikeda memperkenalkan rasa umami yang berarti “lezat” atau “gurih” dalam bahasa Jepang. Untuk menjadikan asam glutamat stabil dan bisa digunakan dalam masakan, Ikeda menciptakan bentuk garamnya yaitu kemudian disebut MSG. Ini adalah bentuk sintetis dari zat alami.

Setelah penemuan tersebut, MSG mulai diproduksi dan dijual secara komersial pada tahun 1909 oleh perusahaan Jepang bernama Ajinomoto, yang berarti “inti rasa” dalam bahasa Jepang. Pada tahun 1920-an, MSG mulai digunakan di restoran-restoran Jepang di Amerika Serikat. Popularitasnya terus meningkat, terutama setelah Perang Dunia II, ketika banyak tentara Amerika yang terpapar masakan Asia mulai kembali ke rumah dengan selera baru. MSG menjadi bahan populer di kalangan juru masak karena kemampuannya untuk meningkatkan rasa tanpa menambah kalori.

Sumber: disarikan dari *Tempo.co* (2023) dan *ncsaindonesia.com* (2024)



Gambar 2.5 Contoh-Contoh Produk Makanan yang Mengandung MSG Tambahan



Makanan-makanan yang mengandung MSG biasanya memiliki rasa gurih yang kuat, yang berbeda dari rasa asin dari garam atau rasa manis dari penambahan gula. Rasa ini disebut juga dengan umami seperti yang dihasilkan oleh daging atau kaldu ayam. MSG mampu memperkuat rasa pada makanan sehingga sering ditambahkan untuk meningkatkan rasa pada makanan olahan dan makanan cepat saji.

Penggunaan MSG masih aman selama tidak dikonsumsi terlalu banyak. Efek samping akibat dari MSG yang ditemukan, yaitu *Chinese Restaurant Syndrome* (CSR), serangan asma, serta alergi. CSR adalah rasa mual, berdebar-debar, kesemutan, serta lemah di tengkuk, dada, muka dan lengan atas setelah mengonsumsi makanan yang dimasak dengan MSG. Namun, menurut Federation of American Societies for Experimental Biology (FASEB), efek samping seperti ini hanya terjadi pada 1,5–2% dari populasi dan apabila mengonsumsi lebih dari 3 gram. Sedangkan biasanya dalam masakan terdapat kurang dari 0,5 gram MSG. Oleh karena itu, kita perlu memonitor makanan yang kita konsumsi agar tidak melebihi batas konsumsi MSG sebesar 3 gram dalam 1 hari.

d. Pengawet dan antioksidan

Zat aditif pengawet sangat dibutuhkan untuk memperpanjang waktu simpan makanan maupun minuman. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menghambat pertumbuhan bakteri, jamur, maupun mikroorganisme lainnya yang dapat menyebabkan makanan cepat rusak atau basi. Ikan dari laut sering diberi garam untuk membuatnya lebih tahan lama. Demikian juga daging ayam yang diberi cuka atau air jeruk. Pengawetan dengan cara penambahan zat lain ini disebut dengan pengawetan kimiawi. Pengawetan dengan cara fisika dapat dilakukan dengan cara pembekuan (dimasukkan ke dalam lemari pendingin/pembeku), pengeringan (seperti ikan kering), dan pengasapan (seperti daging asap).

Sedangkan pengawetan dengan cara fermentasi atau melibatkan penambahan mikroorganisme adalah contoh pengawetan secara biologis. Gambar berikut ini menunjukkan contoh-contoh makanan yang diawetkan secara alami dan buatan. Dapatkan kamu menyebutkan nama-nama makanan dan apakah jenis pengawetan termasuk alami atau buatan? Sebutkan pula jenis pengawetan yang digunakan apakah termasuk pengawetan biologi, fisika, atau kimia?





(a) Pengawetan dalam Bentuk Asinan Buah



(b) Pengawetan Makanan Olahan Kalengan



(c) Pengawetan Ikan Asin



(d) Pengawetan Minuman Bersoda dan Minuman dalam Kemasan



(e) Pengawetan Daging Sapi dengan Pengasapan



(f) Pengawetan Kacang Kedelai Menjadi Tempe

Gambar 2.6 Produk Pangan Hasil Pengawetan Alami dan Buatan

Jika demikian mengapa masih dibutuhkan zat pengawet buatan? Apakah kamu suka makan sosis atau nuget yang berasal dari daging olahan? Daging sangat mudah membusuk, sedangkan industri makanan ingin makanan yang diproduksi bisa bertahan sangat lama agar dapat dikirim ke berbagai tempat.

Pada industri daging olahan, garam natrium dan kalium dari nitrit dan nitrat sering digunakan untuk pengawetan. Nitrit telah terbukti memiliki efek karsinogenik (dapat menyebabkan kanker), terutama apabila bereaksi dengan protein dan menghasilkan senyawa nitrosamin.



Pembuatan keju dan yoghurt menggunakan bahan pengawet berupa natrium benzoat dan sorbat untuk menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur yang tidak diinginkan. Natrium benzoat dan asam sitrat juga sering ditambahkan pada minuman kemasan, jus, saus tomat, jeli, dan kecap. Sementara itu, senyawa sulfit sering digunakan dalam makanan seperti anggur, buah-buahan kering, biskuit kering dan ikan. Zat ini memiliki efek racun dan karsinogenik pada manusia.

Beberapa pengawet juga dapat menyebabkan gangguan perilaku, misalnya hiperaktif dan *Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder* (ADHD) pada anak. Apa itu ADHD? Coba telusuri informasi dari buku-buku di perpustakaan atau berbagai laman tepercaya yang dapat memperkaya pengetahuanmu.



Aktivitas 2.4

Ayo Komunikasikan



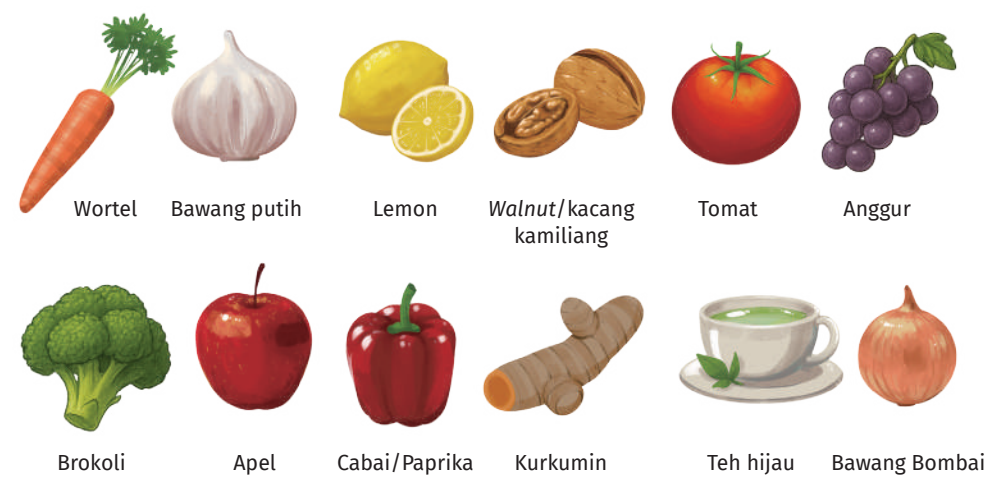
Pernahkah kamu mendengar ditemukannya boraks dan formalin dalam makanan yang beredar di masyarakat? Mengapa boraks dan formalin berbahaya jika dikonsumsi? Bagaimana kamu dapat mengetahui suatu makanan mengandung boraks dan formalin? Bacalah artikel "BPOM Ungkap Ciri-Ciri serta Bahaya Penggunaan Boraks dan Formalin dalam Makanan" untuk memahami ciri-ciri makanan yang menggunakan boraks dan formalin sebagai pengawet serta bahaya yang dapat ditimbulkannya. Kamu dapat membacanya dengan memindai kode QR di samping. Setelah membaca, kamu dapat membuat ringkasannya. Kemudian jelaskan pada orang tua atau orang yang biasanya berbelanja untuk kebutuhan makananmu agar bahaya yang ditimbulkan dapat dihindari.

(<https://buku.kemendikdasmen.go.id/s/cfky6l>)

Antioksidan memiliki fungsi yang hampir sama dengan pengawet makanan. Antioksidan adalah zat yang ditambahkan pada zat lain untuk menghambat/memperlambat reaksi oksidasi (Firdiyani, dkk., 2015). Oksidasi adalah reaksi antara oksigen dan zat yang di sekitarnya, termasuk makanan sehingga akan membusuk. Pada makanan, antioksidan ditambahkan untuk memperlambat proses pembusukan. Antioksidan juga ditambahkan pada industri penghasil bahan bakar, kosmetik, pembuatan karet, dan plastik.



Gambar 2.7 berikut menunjukkan contoh-contoh bahan makanan yang mengandung antioksidan.



Gambar 2.7 Contoh Bahan Alami yang Mengandung Antioksidan

Seperti zat aditif lainnya, antioksidan sintetis diproduksi karena memiliki beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh antioksidan alami. Kelebihan tersebut di antaranya lebih stabil secara struktur dan tahan pada berbagai cuaca, lebih mampu memperlambat proses oksidasi, harga murah, penggunaan praktis, dan memiliki sifat antimikroba. Contoh-contoh antioksidan buatan disajikan pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Zat-Zat Aditif Antioksidan Sintetis

Zat aditif	Produk makanan yang menggunakan
Asam askorbat, natrium askorbat, kalsium askorbat	Minuman bersoda, selai, susu kental manis
Askorbil palmitat	Sosis, kaldu ayam buatan
Tokoferol	Minyak sayur
Propil galat, oktil galat	Minyak goreng, sup instan, permen karet
Butil Hidroksi Anisol (BHA), Butil Hidroksi Toluene (BHT)	Mentega, kismis, keju, selai kacang, margarin, permen

Sumber: *eufic.org* (2004)



Penggunaan antioksidan buatan dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan kesehatan (seperti alergi), gangguan pada saluran pencernaan, dan pada beberapa kasus dapat meningkatkan kemungkinan kanker. BHA dan BHT adalah senyawa yang dapat menyebabkan kerusakan hati dan karsinogen pada penelitian terhadap hewan.

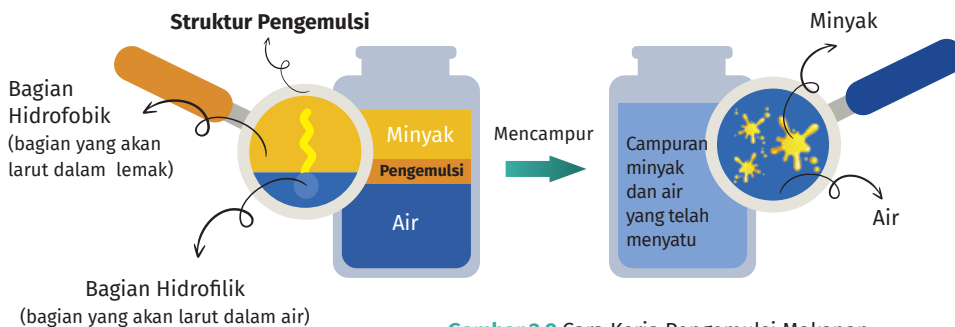
e. Pengental dan Pengemulsi

Zat pengental digunakan secara luas dalam makanan-makanan yang sering kita santap, misalnya, puding, susu cair instan, olahan daging, dan sup. Sup atau capcai yang bertekstur kental, sering kali ditambahkan pati jagung atau maizena. Pati jagung adalah contoh zat pengental alami. Contoh lain zat pengental alami ialah pektin pada pembuatan selai dan jeli, serta tepung tapioka dalam pembuatan bakso dan siomai. Sementara itu, zat pengental buatan digunakan apabila ingin menghasilkan kekentalan yang lebih stabil dan bertahan lama, misalnya dengan menggunakan CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) dan *Xanthan Gum* dalam produk es krim, selai, dan saus.



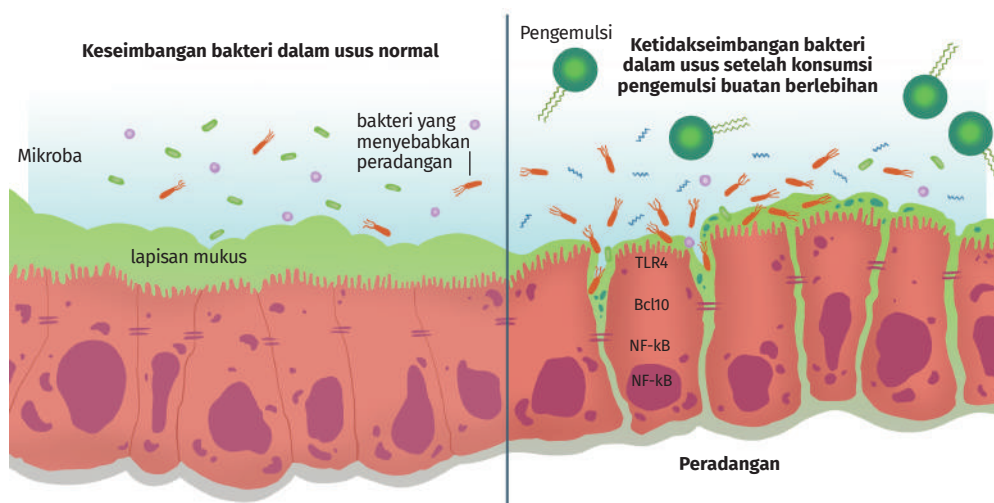
Gambar 2.8 Contoh Bahan Pengental Alami dan Buatan dalam Masakan

Pengemulsi adalah bahan tambahan makanan untuk membantu terbentuknya campuran yang homogen dari dua atau lebih fase yang tidak tercampur. Sebagai contoh, pengemulsi digunakan untuk membantu pencampuran air dengan susu yang mengandung minyak pada es krim. Zat pengemulsi digunakan juga dalam krim, mayones, saus, dan produk olahan susu, misalnya mentega dan keju. Beberapa contoh pengemulsi ialah lesitin dan monogliserida asam lemak dan digliserida asam lemak.



Gambar 2.9 Cara Kerja Pengemulsi Makanan

Bahan pengental dan pengemulsi buatan dapat menimbulkan risiko penyakit kardiovaskular, memicu peradangan usus, dan meningkatkan kadar gula dalam darah sehingga memicu diabetes. Karagenan, polisorbat, maupun CMC adalah contoh pengemulsi buatan yang dapat berakibat negatif pada keseimbangan bakteri di usus. Di dalam usus kita terdapat bakteri baik dan bakteri patogen. Patogen artinya dapat menyebabkan penyakit. Konsumsi pengemulsi buatan yang berlebihan mengakibatkan jumlah bakteri patogen meningkat. Hal tersebut dapat menimbulkan peradangan usus, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10 berikut ini.



Gambar 2.10 Peradangan Usus yang Disebabkan oleh Zat Pengemulsi Buatan



Gambar 2.11 Produk Makanan yang Biasanya Menggunakan Pengemulsi





Aktivitas 2.5

Ayo Komunikasikan

Setelah menyimak presentasi dari kelompok lain mengenai jenis-jenis zat aditif, buatlah peta pikiran sebagai ringkasan dari pembelajaran mengenai bahan tambahan pangan.



Aktivitas 2.6

Ayo Refleksi

1. Setelah mendalami mengenai zat aditif, berilah penilaian pada kualitas konsumsi makanan dan minumanmu selama tiga hari kemarin ditinjau dari penambahan zat aditif. Beri tanda centang pada pilihan yang paling sesuai. Kategori sesuai dengan zat aditif yang terkandung dalam makanan. Kategori sangat sehat apabila tidak ada zat aditif buatan atau zat aditif alami yang dapat membahayakan kesehatan. Sedangkan sehat berarti mengandung zat aditif alami saja. Cukup sehat memiliki satu jenis zat aditif buatan. Kurang sehat ada dua jenis zat aditif buatan sedangkan belum sehat ada lebih dari dua jenis zat aditif buatan.

Jenis makanan/ minuman	Belum sehat	Kurang sehat	Cukup sehat	Sehat	Sangat sehat

2. Apakah ada zat-zat aditif yang selama ini sering kamu konsumsi? Identifikasilah sumber-sumbernya!
3. Apakah kamu merasa perlu lebih memperhatikan jenis makanan dan minuman yang kamu konsumsi?
4. Untuk menjadi lebih sehat, bagaimana langkah yang akan kamu lakukan untuk mengurangi konsumsi zat aditif dalam makanan dan minuman yang kamu konsumsi? Kapan kamu akan memulainya?



5. Dalam kelompok kecil, rencanakan pembuatan makanan/minuman tradisional yang berasal dari daerahmu dengan menggunakan satu atau lebih zat aditif. Pikirkan modifikasi dari jenis yang biasa digunakan oleh masyarakat setempat dan beri alasan modifikasi tersebut. Modifikasi dapat berupa sumber zat aditif yang digunakan, misalnya biasanya digunakan zat aditif buatan, dimodifikasi menjadi zat aditif alami agar lebih sehat. Modifikasi lain dapat berupa warna dari makanan atau minuman tersebut. Berikan rancangan tersebut pada gurumu. Setelah memperoleh persetujuan gurumu, kalian dapat membuat makanan/minuman tersebut.



Ayo Uji Kemampuan

1. Apakah fungsi penambahan zat aditif pada makanan?
2. Pilihlah contoh untuk zat aditif di bawah ini dengan menuliskan pilihan nomor (a–e) yang sesuai pada kotak di sebelah kanan.

Zat aditif
a Pemanis
b Penyedap
c Pewarna
d Pengawet
e Pengemulsi

Contoh
_____ Lesitin
_____ Siklamat
_____ Tartrazin
_____ Natrium klorida
_____ Asam benzoat

3.
 - a. Sebutkan dua contoh bahan pewarna alami dan warna yang dihasilkan!
 - b. Apakah kelebihan dari penggunaan bahan pewarna sintetis dan apa pula dampak negatif yang dapat timbul dari pemakaian bahan pewarna buatan?
4. Sebutkan dua contoh pemanis buatan, kemudian berikan alasan kelebihan dari pemanis buatan sehingga sering digunakan dalam masyarakat!
5. Berdasarkan kondisi tempat tinggalmu, jenis bahan pengawet apa yang cocok digunakan? Jelaskan pilihanmu!
6. Berdasarkan jenis zat aditif, garam memiliki keunikan karena dapat berfungsi sebagai beberapa jenis zat aditif. Sebutkan! Kemudian evaluasi penggunaan garam bagi kesehatan dan kesejahteraan masyarakat!



7. Ivan memperhatikan bahwa setiap kali ia minum minuman energi berwarna cerah saat bermain futsal, ia merasa lebih cepat lelah dan kadang mengalami sakit kepala. Setelah membaca label kemasan, ia menemukan bahwa minuman tersebut mengandung pemanis buatan aspartam dan pewarna sintetis. Guru IPA menjelaskan bahwa zat aditif tertentu dapat menimbulkan efek samping pada sebagian orang. Label produk, komposisi, dan nilai gizi minuman tersebut terdapat di bawah ini. Analisislah kandungan dalam minuman tersebut yang menyebabkan Ivan lebih cepat lelah dan sakit kepala!

Nama produk: Coolberry, Sparkle

Jenis produk: Minuman berkarbonasi rasa buah berry

Isi bersih: 250 ml

Diproduksi oleh: PT. Segar Selalu, Jakarta-Indonesia

Komposisi:

1. Air karbonasi
2. Perisa sintetis *berry*
3. Pemanis buatan: Aspartam (E951), Acesulfame-K (E950)
4. Pewarna makanan: Allura Red (E129)
5. Pengatur keasaman: Asam sitrat (E330)

Label Gizi per Sajian (250 ml):

1. Energi total: 10 kkal
 2. Gula: 0 g
 3. Lemak total: 0 g
 4. Natrium: 20 mg
 5. Pemanis buatan: Ada
6. Salah satu temanmu gemar membeli jajanan jalanan berwarna mencolok setiap hari. Setelah beberapa waktu, ia mulai mengalami ruam pada kulit dan sering merasa mual. Dokter mengatakan kemungkinan ia mengalami reaksi terhadap zat aditif buatan yang berlebihan.
- a. Menurutmu, zat aditif apa yang dapat menyebabkan reaksi tersebut?
 - b. Mengapa zat aditif buatan dapat menimbulkan efek samping pada tubuh?
 - c. Apa saranmu kepada temanmu agar tetap dapat menikmati makanan tanpa membahayakan kesehatan?



B. Zat Adiktif

Bacalah artikel berikut ini untuk memulai perjalananmu memahami zat adiktif.

Buwas: Pengedar Incar Murid TK dan SD dengan Narkoba Bentuk Permen

Kartika S Tarigan - detikNews

Kamis, 22 Des 2016 16:58 WIB

Jakarta - Kepala Badan Narkotika Nasional (BNN) Komjen Budi Waseso (Buwas) menyebut pengedaran dan penyalahgunaan narkoba mulai menyasar lingkungan sekolah. Bahkan, narkoba itu ada yang berbentuk permen untuk dipasarkan ke anak-anak.

“Peredaran narkotika di kalangan anak-anak cukup besar, kemarin kita sempat musnahkan, baru datang dari Tiongkok, sebagian dari Thailand itu (narkoba) sudah berupa permen, itu sasarannya pada anak-anak,” kata Buwas di Gedung BNN, Cawang, Jakarta Timur, Kamis (22/12/2016).

“Jaringan ini bekerja dalam rangka regenerasi pangsa pasar,” sambungnya.

Buwas mengatakan, modus pengedaran yang digunakan sengaja dibuat untuk menarik perhatian anak-anak. Barang haram itu pun dikemas dalam bentuk permen dan bentuk-bentuk menarik lainnya.

“Bagaimana anak-anak SD sampai TK dijadikan sasaran regenerasi, bentuknya baru tapi itu ekstasi. Diharapkan jadi pangsa pasar berikutnya, setelah pengguna yang sekarang habis, karena dia mati. Ini modus operandi. Ini kejahatan luar biasa,” ujar Buwas.

Dia mengimbau para orang tua dan guru agar lebih mengetatkan pengawasan terhadap apa yang dikonsumsi anak. Narkoba, kata Buwas, juga bisa diedarkan dengan cara dicampurkan ke dalam makanan dan minuman anak.

“Kasusnya banyak kita tangani, di beberapa tempat di Indonesia. Jenis-jenis narkotika selalu berkembang, pasti masih banyak lagi yang akan masuk. Dengan hancurnya kekuatan jaringan narkotika di Filipina, maka mereka akan berlindung dan lari ke Indonesia salah satunya,” tutur Buwas. (kst/idh)

Sumber: Kartika S.Tarigan/news.detik.com (2016).



Berdasarkan artikel di atas, kita dapat menemukan kata narkoba dan juga kata narkotika. Kamu pasti sudah sering mendengar kata-kata ini. Menurut pendapatmu, apa sajakah bahaya narkotika bagi manusia? Jika narkotika dijual dalam bentuk permen, bagaimana pengaruhnya bagi anak-anak SD yang mengonsumsi permen tersebut? Apakah ada dampak jangka panjang bagi mereka? Diskusikanlah hal ini dengan teman-teman sekelompokmu atau dengan gurumu. Narkoba merupakan akronim dari narkotika, psikotropika, dan bahan adiktif berbahaya lainnya. Kata lain bermakna sama yang sering digunakan adalah NAPZA, yaitu narkotika, psikotropika, dan zat adiktif lain. Zat adiktif adalah suatu zat atau obat yang dapat mengakibatkan ketergantungan atau kecanduan pada penggunaanya.

Ketergantungan dan kecanduan memiliki makna yang berbeda. Ketergantungan berpusat pada kebutuhan fisik tubuh. Sementara kecanduan berpusat pada perilaku dan keinginan yang kuat atau secara psikologis. Ketika sudah ketergantungan suatu zat, maka kita akan merasa ingin terus mengonsumsinya. Apabila seseorang mengalami ketergantungan, ia biasanya masih dapat mengendalikan penggunaan zat, walaupun tidak selalu. Sedangkan bila seseorang sudah kecanduan atau adiksi, maka orang tersebut kehilangan kemampuan untuk mengendalikan penggunaan zat. Apabila penggunaan zat tersebut dihentikan, ketergantungan dapat menimbulkan gejala fisik seperti putus zat, misalnya mual atau pusing. Sedangkan kecanduan menyebabkan masalah yang lebih luas dalam kehidupan, seperti keuangan, kesehatan, hubungan sosial, dan pekerjaan. Jika kamu menjumpai ada orang yang tidak bisa berhenti merokok, minum kopi, atau mengonsumsi narkotika, maka sesungguhnya ini merupakan pertanda zat adiktif telah bekerja.

1. Jenis-Jenis Zat Adiktif

Berdasarkan jenisnya, zat adiktif dibagi menjadi tiga.

- a. Narkotika, contohnya: heroin, kokain, morfin, dan opium. Narkotika bekerja pada saraf pusat. Narkotika dapat menyebabkan penurunan dan perubahan kesadaran, hilangnya rasa, menghilangkan atau mengurangi rasa nyeri, dan menimbulkan ketergantungan yang parah. Pengguna narkotika akan membutuhkan dosis yang lebih tinggi setiap kali pemakaian untuk memperoleh efek yang diinginkan, atau disebut juga dengan toleransi. Efek yang ditimbulkan narkotika adalah euforia atau gembira



yang berlebihan, kehilangan kesadaran atau disorientasi, dan stimulasi ekstrem. Tabel 2.4 berikut ini menunjukkan gejala pecandu narkotika dibandingkan dengan pecandu psikotropika.

Tabel 2.4 Gejala Pecandu Narkotika dan Psikotropika

Kategori gejala	Narkotika	Psikotropika
Fisik	- Berat badan turun drastis - Mata merah/pupil tidak normal - Bekas suntikan - Sakit perut/muntah	- Pusing dan mual - Gangguan tidur - Tremor - Koordinasi tubuh terganggu
Psikologis	- Halusinasi - Depresi berat - Cemas berlebihan - Ketergantungan berat	- Halusinasi - Bingung - Paranoid - Perubahan suasana hati yang drastis
Perilaku	- Sering berbohong - Menarik diri dari lingkungan - Perilaku agresif - Prestasi menurun	- Menghindari tanggung jawab - Sering menyendiri - Ketergantungan pada obat tertentu tanpa resep

- b. Psikotropika bekerja melalui pengaruh selektif pada susunan saraf pusat. Efek dari psikotropika adalah mengubah perilaku dan mental penggunanya. Seperti narkotika, psikotropika juga dapat menimbulkan ketergantungan atau ketagihan, baik secara ringan maupun berat. Perbandingan antara narkotika dan psikotropika ditunjukkan pada infografik pada Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 Perbandingan antara Narkotika dan Psikotropika

PERBANDINGAN	
Narkotika	Psikotropika
Definisi	
Zat atau obat yang berasal dari tanaman atau bukan tanaman yang dapat menyebabkan penurunan atau perubahan kesadaran, hilangnya rasa, dan mengurangi/menghilangkan rasa nyeri	Zat atau obat yang memengaruhi susunan saraf pusat dan menyebabkan perubahan mental, perilaku, perasaan, dan kesadaran.



PERBANDINGAN	
Narkotika	Psikotropika
Efek Utama	
• Menekan sistem saraf pusat • Mengurangi rasa sakit (analgesik) • Menimbulkan euforia atau “fly”	• Mengubah suasana hati dan persepsi • Menenangkan (depresan) atau merangsang (stimulan) • Menyebabkan halusinasi
Efek Jangka Pendek	
• Mengantuk, pusing, muntah • Halusinasi • Gangguan koordinasi • Risiko overdosis tinggi	• Pusing, tremor • Perubahan emosi cepat • Gangguan tidur • Halusinasi
Efek Jangka Panjang	
• Ketergantungan fisik dan psikologis kuat • Kerusakan otak, hati, jantung • Kematian akibat overdosis	• Gangguan mental kronis (psikosis, depresi) • Kerusakan fungsi otak • Ketergantungan emosional dan psikologis
Legalitas Penggunaan	
Sangat terbatas, hanya untuk medis tertentu (misal: morfin di RS)	Beberapa legal dengan resep dokter (misal: obat penenang dan antidepresan)
Contoh Zat	
Heroin, morfin, ganja, shabu, kokain	Diazepam, Alprazolam, LSD, ekstasi (MDMA)

- c. Bukan narkotika dan psikotropika, contohnya: kafein, nikotin, dan alkohol. Zat adiktif jenis ini menghasilkan suatu reaksi biologis pada tubuh, tetapi tidak menghilangkan kesadaran penggunaanya. Zat-zat ini dapat memengaruhi kerja tubuh seperti meningkatkan kewaspadaan, melemaskan otot, atau sebagai antidepresan ringan. Tabel 2.6 berikut ini menunjukkan perbandingan kafein, nikotin, dan alkohol.



Tabel 2.6 Perbandingan antara Kafein, Nikotin, dan Alkohol sebagai Zat Adiktif

Aspek	Kafein	Nikotin	Alkohol (Etanol)
Sumber	Kopi, teh, cokelat, minuman energi, soda	Tembakau: rokok, vape, cerutu	Minuman keras: bir, anggur, vodka, arak, tuak
Golongan Zat	Stimulan ringan	Stimulan kuat	Depresan (menekan sistem saraf pusat)
Efek Jangka Pendek	• Lebih waspada • Detak jantung meningkat • Gangguan tidur	• Rileks sesaat • Denyut jantung naik • Menurunkan nafsu makan	• Pusing, mabuk • Penurunan kesadaran • Bicara tidak jelas
Efek Jangka Panjang	• Gangguan lambung • Gangguan tidur kronis • Kecanduan ringan	• Ketergantungan kuat • Penyakit jantung & paru-paru	• Kerusakan hati (sirosis) • Gangguan otak • Ketergantungan berat
Tingkat Adiktif	Rendah sampai sedang	Tinggi	Sedang sampai tinggi

Mungkin kamu bertanya-tanya mengapa bisa ada narkoba padahal membawa bahaya bagi manusia? Sesungguhnya narkotika dan psikotropika digunakan di dunia kedokteran untuk pengobatan pasien dengan kondisi tertentu. Misalnya heroin digunakan untuk meredakan penderitaan yang dialami pasien kanker; ganja untuk gejala kanker, AIDS, *multiple sclerosis*, glukoma dan epilepsi; amfetamin untuk mengobati *narcolepsy* dan ADHD; barbiturat atau obat penenang digunakan untuk membantu mengurangi insomnia, kedutan otot, kejang, dan gangguan kecemasan. Nah, penggunaan di luar tujuan-tujuan pengobatan di atas dan di luar pengawasan tenaga medis disebut sebagai penyalahgunaan.

Perhatikan Gambar 2.12 berikut yang menunjukkan bahaya narkoba pada kesehatan tubuh menurut laman Kemenkes (2025).



Bahaya Narkoba

Dampak buruk narkoba pada kesehatan tubuh berbeda, tergantung jenis narkoba yang dikonsumsi. Secara umum, pemakai narkoba dapat mempengaruhi kesehatan fisik maupun kesehatan mental.

Kesehatan Fisik

Kerusakan Otak

Penggunaan narkoba yang berlebihan mengakibatkan gangguan tidur, serta peningkatan detak jantung dan tekanan darah

Kerusakan Hati

Narkoba yang disuntikkan dapat memicu terjadinya infeksi Hepatitis B, Hepatitis C, bahkan gagal hati akibat jarum suntik yang tidak steril

Kerusakan Paru-paru

Ganja dan kokain dapat menyebabkan iritasi paru-paru serta meningkatkan resiko infeksi saluran pernapasan dan bronkitis kronis.

Penyakit Kardiovaskular

Penggunaan narkoba dapat menghambat aliran darah ke otot jantung dan meningkatkan resiko terkena serangan jantung.

Melemahkan Kekebalan Tubuh

Penggunaan narkoba dapat menurunkan sistem kekebalan tubuh dan menghambat kemampuan tubuh melawan infeksi dan penyakit

Hilangnya Keseimbangan Tubuh

Narkoba dapat memengaruhi sel-sel otak yang mengendalikan koordinasi gerakan tubuh serta organ keseimbangan di telinga, sehingga pecandu narkoba mudah kehilangan keseimbangan tubuh

Kesehatan Mental

Gangguan Kecemasan dan Depresi

Penggunaan narkoba dalam waktu lama dapat memperburuk gangguan kecemasan dan depresi yang sudah dialami, bahkan memicu serangan panik

Meningkatkan Resiko Psikosis

Dapat menimbulkan gejala-gejala psikotik, seperti halusinasi, delusi, dan gangguan realitas lainnya yang menyebabkan penderitanya bisa melihat, mendengar, mencium, atau merasakan hal-hal yang sebenarnya tidak ada. Narkoba juga dapat meningkatkan resiko gangguan kejiwaan lainnya seperti bipolar dan skizofrenia.

Merusak Kemampuan Berpikir dan Fungsi Kognitif

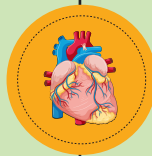
Penggunaan narkoba dalam jangka panjang menyebabkan daya ingat dan konsentrasi akan menurun sehingga penderitanya mengalami kesulitan dalam berpikir dan mengambil keputusan yang tepat.

Ketergantungan Emosional dan Perubahan Suasana Hati

Penggunaan narkoba secara terus-menerus menyebabkan ketergantungan emosional pada narkoba untuk dapat merasa tenang dan bahagia. Setelah bahagia hilang, langsung berubah ekstim menjadi cemas dan depresi

Perubahan Perilaku

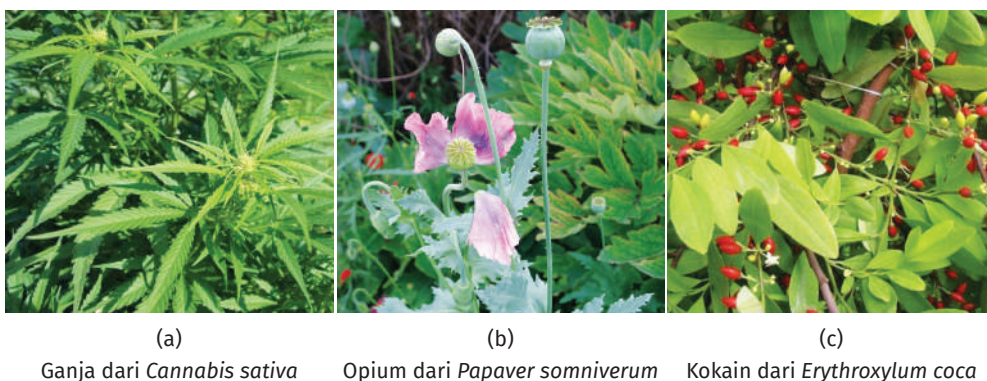
Pengguna narkoba cenderung tidak bisa mengendalikan perilakunya, sehingga mudah menjadi agresif atau melakukan kekerasan. Narkoba juga bisa memunculkan pikiran untuk menyakiti diri atau bunuh diri, terutama pada remaja dan anak-anak yang mentalnya lemah.



Gambar 2.12 Infografik Bahaya Narkoba

Setelah mengetahui dampak-dampak penggunaan narkoba dari infografik tersebut, apakah kamu dapat membayangkan akibat yang akan dialami oleh adik-adik di SD yang mengonsumsi permen mengandung narkoba tersebut, terutama jika mereka terus-terusan dalam jangka waktu yang lama mengonsumsinya?

Peredaran narkoba semakin meningkat dari hari ke hari, baik di Indonesia maupun di dunia. Seperti yang diungkapkan artikel yang telah kamu baca di awal subbab ini, narkoba sudah beredar sampai ke daerah pedesaan; bukan saja pada orang dewasa, melainkan juga pada remaja dan anak-anak. Penyalahgunaan narkoba adalah penyebab kematian di dunia pada peringkat 20. Menurut United Nation Office on Drugs and Crime (UNODC) sebanyak 200 juta orang di dunia telah menyalahgunakan narkoba dan sebagian besar direnggut nyawanya akibat zat ini (Morgan, et al, 2013). UNODC memperkirakan narkoba masuk ke Indonesia melalui pengedar narkoba jaringan internasional, seperti Eropa, Afrika Barat, India, Iran, dan Tiongkok. Jenis narkoba yang paling banyak beredar di Indonesia adalah jenis sabu atau metafetamin dan amfetamin yang berasal dari negara-negara Eropa, seperti Polandia, Jerman, dan Belanda. Kokain, yang berasal dari tanaman koka, berasal dari Kolumbia. Heroin, berasal dari opium yang diolah, masuk ke Indonesia berasal dari Afganistan dan Myanmar. Sedangkan jenis narkoba lain, seperti ganja (dari tanaman *Cannabis sativa*) ada yang ditanam oleh petani Indonesia sendiri dan ada juga yang masuk dari Afganistan, Jamaika, dan Kolombia (Hatta, 2022).



Gambar 2.13 Tanaman-Tanaman Penghasil Zat Adiktif

Sumber: (a) Chmee2/commons.wikimedia.org (2010); (b) Dinkum/commons.wikimedia.org (2013); (c) Dbotany/commons.wikimedia.org (2009)



Berikut ini pengelompokan narkoba berdasarkan cara kerja.

- Stimulan: zat yang merangsang sistem saraf pusat untuk mempercepat proses dalam tubuh. Contoh: kafein, nikotin, kokain, dan amfetamin.
- Depresan: zat yang memperlambat proses tubuh dan otak sehingga memberikan efek menidurkan. Contoh: alkohol, diazepam & barbiturat.
- Halusinogen: zat yang dapat mempengaruhi sistem saraf dan menyebabkan halusinasi seperti mendengar/melihat sesuatu yang tidak nyata. Contoh: ganja, *Lysergic acid diethylamide* (LSD), dan *Lysergic acid amide* (LSA).

Untuk mengetahui lebih jauh mengenai setiap zat-zat adiktif, lakukan Aktivitas 2.7 berikut ini.



Aktivitas 2.7

Ayo Selidiki

Salinlah tabel berikut ini ke dalam bukumu. Kemudian cari informasi tentang zat adiktif yang tertera untuk melengkapi tabel tersebut. Sertakan pula jenis, kandungan zat aktif, cara kerja, dan dampak penyalahgunaan zat adiktif di dalam tabel.

Zat adiktif	Jenis zat adiktif	Cara kerja (stimulan, depresan, atau halusinogen)	Dampak jangka pendek dan panjang
Morfin			
Heroin			
Kokain			
Amfetamin			
Ekstasi			
Sabu-sabu			
Barbiturat			
Ganja			
Kafein			
Nikotin			
Alkohol			



2. Hukuman bagi Penyalahgunaan Narkoba di Indonesia

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 35 Tahun 2009 tentang Narkotika, terdapat tiga golongan narkotika, yakni golongan I, II, dan III seperti ditunjukkan pada Tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7 Penggolongan Narkotika Berdasarkan UU No. 35 Tahun 2009

Golongan	Karakteristik utama	Contoh zat
I	• Potensi sangat tinggi menyebabkan ketergantungan • Tidak digunakan untuk medis • Hanya untuk penelitian terbatas	Heroin, Ganja (<i>Cannabis</i>), Kokain, LSD, Ekstasi (MDMA), Sabu (<i>Methamphetamine</i>)
II	• Potensi tinggi menyebabkan ketergantungan • Dapat digunakan secara terbatas untuk medis • Hanya di bawah pengawasan ketat dokter	Morfin, Petidin, Fentanil, Metadon, Amfetamin
III	• Potensi ringan menyebabkan ketergantungan • Banyak digunakan untuk medis dan terapi	Kodein, Buprenorfin, Etilmorfina

UU No. 35 Tahun 2009 tentang Narkotika menentukan bahwa narkotika hanya dapat digunakan untuk kepentingan pelayanan medis dan/atau penelitian untuk mengembangkan ilmu dan teknologi kedokteran. Undang-undang ini memiliki 38 pasal yang mengatur secara pidana, baik produsen narkoba, pengguna, maupun pengedar. Sebagai contoh dalam Pasal 111 menentukan bahwa:

- (1) Setiap orang yang tanpa hak atau melawan hukum menanam, memelihara, memiliki, menyimpan, menguasai, atau menyediakan narkotika golongan I dalam bentuk tanaman, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 4 tahun dan paling lama 12 tahun dan pidana denda paling sedikit Rp800.000.000 dan paling banyak Rp8.000.000.000.
- (2) Dalam hal perbuatan menanam, memelihara, memiliki, menyimpan, menguasai, atau menyediakan narkotika golongan I dalam bentuk



tanaman sebagaimana dimaksud pada ayat (1) beratnya melebihi 1 kg atau melebihi 5 pohon, pelaku dipidana dengan pidana penjara seumur hidup atau pidana penjara paling singkat 5 tahun dan paling lama 20 tahun dan pidana denda maksimum sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditambah $\frac{1}{3}$.

Sementara itu, Pasal 127 menentukan bahwa setiap penyalahgunaan narkotika golongan I bagi diri sendiri dipidana penjara paling lama 4 tahun, untuk golongan II selama 2 tahun, dan narkotika golongan II paling lama 1 tahun. Lebih lanjut apabila terbukti sebagai korban penyalahgunaan narkotika, maka orang tersebut wajib menjalani rehabilitasi medis dan rehabilitasi sosial.

Berbeda dengan Nomor 35 Tahun 2009 tentang Narkotika, peraturan yang mengikat warga negara Indonesia mengenai psikotropika diatur dalam Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1997 tentang Psikotropika. Peraturan tersebut mengatur pengelompokan psikotropika menjadi 4 golongan seperti tercantum pada Tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.8 Penggolongan Psikotropika Berdasarkan UU No. 5 Tahun 1997

Golongan	Karakteristik utama	Contoh psikotropika
I	• Sangat kuat memengaruhi susunan saraf pusat • Potensi sangat tinggi menyebabkan ketergantungan • Tidak digunakan untuk medis	LSD, MDMA (ekstasi), STP, DOM, <i>Mescaline</i>
II	• Kuat memengaruhi sistem saraf pusat • Potensi tinggi menyebabkan ketergantungan • Digunakan terbatas dalam pengobatan	Amfetamin, Metilfenidat, Deksamfetamin
III	• Potensi sedang menyebabkan ketergantungan • Masih digunakan secara medis	Pentobarbital, Buprenorsina, Flunitrazepam
IV	• Potensi rendah menyebabkan ketergantungan • Umum digunakan dalam pengobatan	Diazepam (Valium), Alprazolam (Xanax), Nitrazepam, Clonazepam



Pasal 59 ayat (2) Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1997 antara lain menyatakan bahwa barangsiapa secara tanpa hak memiliki, menyimpan dan/atau membawa psikotropika golongan I dipidana penjara paling singkat 4 tahun, paling lama 15 tahun dan pidana denda paling sedikit Rp150.000.000 dan paling banyak Rp750.000.000.



Ayo Uji Kemampuan

1. Pilihlah contoh yang sesuai untuk jenis dan cara kerja zat adiktif di bawah ini dengan menghubungkan sisi kanan dan kiri dengan garis!

Jenis Zat Adiktif		Contoh
Narkotika	☐ ☐	· Nikotin
Psikotropika	☐ ☐	· Morfin
Bukan narkotika dan psikotropika	☐ ☐	· Amfetamin
Cara Kerja Zat Adiktif		Contoh
Stimulan	☐ ☐	· Alkohol
Depresan	☐ ☐	· LSD
Halusinogen	☐ ☐	· Kafein

2. Uraikan perbedaan cara kerja benzodiazepin dan morfin! Sebutkan pula efek yang ditimbulkan dari penyalahgunaan kedua zat adiktif tersebut!
3. Narkotika dibedakan menjadi tiga golongan berdasarkan Undang-Undang Nomor 35 Tahun 2009. Sebutkan dan jelaskan perbedaan ketiganya!

3. Upaya Menghindarkan Diri dari Pengaruh Zat Adiktif

Setelah menyadari bahaya penyalahgunaan zat adiktif, termasuk konsekuensi hukum untuk narkotika dan psikotropika, temukanlah berbagai cara untuk menghindarkan diri dari pengaruh zat adiktif dengan cara membuat proyek akhir sebagai berikut.



Projek Akhir Bab

Ayo buat produk kreatif poster/video kampanye antinarkoba untuk melindungi lebih banyak remaja Indonesia dari pengaruh narkoba. Sebagai alternatif, kamu juga dapat membuat kampanye agar orang tidak merokok/berhenti merokok. Setelah mendapat persetujuan dari gurumu, unggah video atau postermu tersebut ke platform media sosialmu. Pantau terus unggahanmu tersebut. Dengan video/poster tersebut, kamu mungkin dapat menyelamatkan seseorang dari bahaya penyalahgunaan zat adiktif.



Uji Kompetensi

A. Jawablah pertanyaan di bawah ini secara singkat dan jelas!

1. Deskripsikan perbedaan antara zat aditif dan zat adiktif, kemudian uraikan pengelompokannya masing-masing!
2. Mengapa zat aditif buatan perlu diproduksi, padahal sudah terdapat zat aditif alami? Jelaskan!
3. Apabila kamu hendak membuat suatu masakan kesukaan bagi keluargamu, apakah kamu lebih memilih menggunakan zat aditif alami atau buatan? Jelaskan pilihanmu!
4. Apa saja gejala fisik dan psikologis orang yang menggunakan narkoba dan psikotropika?
5. Jelaskan mengapa zat adiktif berbahaya bagi kesehatan remaja, meskipun beberapa di antaranya bersifat legal seperti kafein!
6. Mengapa teh, kopi, dan rokok dikelompokkan ke dalam zat adiktif? Zat apakah yang terkandung dalam tiap bahan tersebut? Uraikan dampaknya!
7. Sebutkan usaha-usaha yang harus kita lakukan agar terhindar dari konsumsi rokok, minuman keras, narkoba, dan psikotropika!

B. Selesaikan contoh-contoh kasus berikut ini.

1. Esai Pendek
Riko, anak kelas VIII, sering merasa mengantuk saat belajar. Untuk tetap terjaga, ia mulai rutin minum kopi tiga kali sehari dan juga mencoba minuman energi setiap pagi. Setelah beberapa minggu, ia sulit tidur dan merasa gelisah jika tidak minum kopi.



Pertanyaan:

- a. Apa jenis zat adiktif yang dikonsumsi Riko?
- b. Mengapa kebiasaan Riko dapat membahayakan kesehatannya?

2. Analisis Kasus

Dina melihat kakaknya sering merokok dan menggunakan vape. Ia mencium bau asap, lalu bertanya kepada orang tuanya. Orang tuanya mengatakan bahwa rokok dan vape mengandung zat adiktif yang berbahaya.

Pertanyaan:

- a. Zat adiktif apa yang kemungkinan terdapat dalam rokok dan vape?
- b. Jelaskan dua dampak jangka panjang dari zat tersebut terhadap kesehatan!



Pengayaan

Seperti telah kita bahas sebelumnya, sebagian zat adiktif memiliki manfaat di dalam dunia medis. Bahkan, ganja medis sedang menjadi fokus para peneliti biomedis karena potensinya untuk mengatasi sakit kronis. Tidak hanya itu, ganja juga memiliki banyak manfaat dalam dunia pengobatan. Carilah manfaat medis dari ganja, heroin, barbiturat, amfetamin, dan ekstasi disertai batas aman masing-masing sehingga kamu memiliki perspektif yang seimbang dan dapat memahami pentingnya zat-zat tersebut dalam kehidupan dengan pengawasan dokter.





Sebagai refleksi akhir bab, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini.

1. Apakah kamu merasa perlu lebih memperhatikan jenis makanan dan minuman yang kamu konsumsi?
2. Untuk menjadi lebih sehat, bagaimanakah langkahmu untuk mengurangi konsumsi zat aditif dalam makanan dan minuman yang kamu konsumsi? Kapan kamu akan memulainya?
3. Bagaimana sikapmu jika ada teman yang mengajak mencoba zat adiktif?
4. Apa yang dapat kamu lakukan untuk menjaga diri agar tidak terjerumus ke dalam penyalahgunaan zat adiktif?
5. Bagaimana peran keluarga dan lingkungan dalam membantu seseorang menghindari zat adiktif?
6. Setelah belajar bab ini, apa keputusan atau komitmen yang ingin kamu buat terkait zat adiktif?
7. Menurutmu, mengapa penting bagi remaja untuk memahami bahaya zat adiktif?

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025

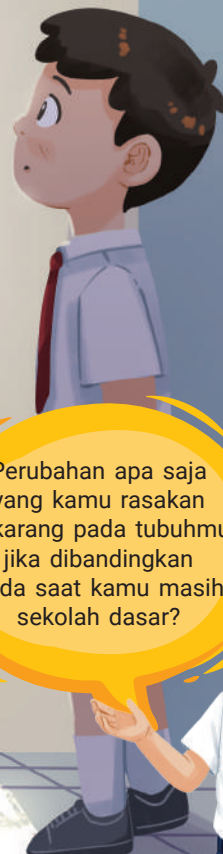
Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMP/MTs Kelas IX (Edisi Revisi)

Penulis : Cece Sutia, Victoriani Inabuy, Okky Fajar Tri Maryana
Budiyantri Dwi Hardanie, Sri Handayani Lestari

ISBN : 978-634-00-2430-2 (jil.3)



Sistem Reproduksi Manusia



Perubahan apa saja yang kamu rasakan sekarang pada tubuhmu jika dibandingkan pada saat kamu masih sekolah dasar?





Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini kamu akan mempelajari sistem reproduksi manusia, yang diawali dengan pertumbuhan dan perkembangan, struktur alat-alat reproduksi, keluarga berencana serta beberapa penyakit menular seksual. Melalui berbagai aktivitas, kamu akan berlatih untuk mengembangkan dimensi profil lulusan seperti berpikir kritis, kolaborasi, dan juga menjaga kesehatan organ reproduksi. Pada akhir bab, kamu diharapkan mampu menganalisis dan mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan anak, serta menerapkan pemahaman tersebut agar tercipta kesadaran untuk hidup sehat.

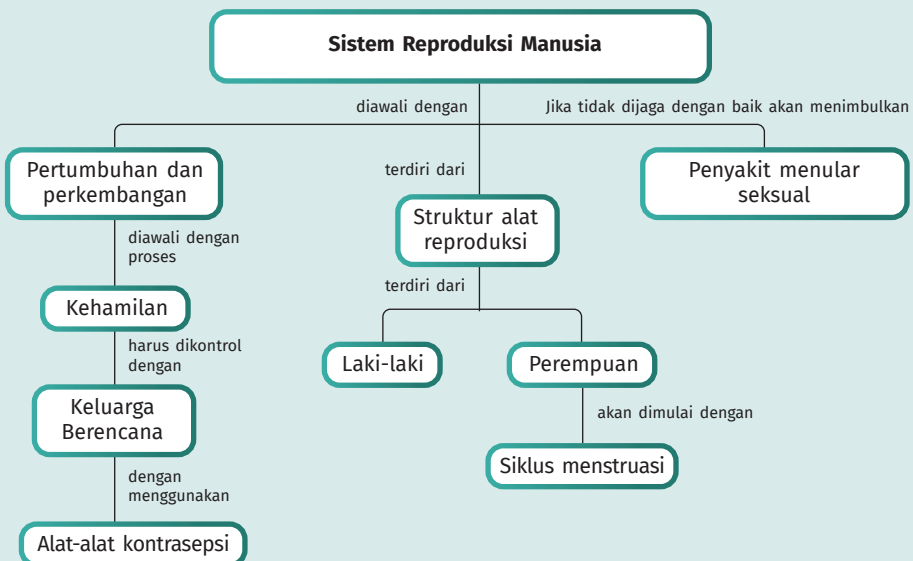


Kata Kunci

- ✓ hormon reproduksi
- ✓ sel kelamin
- ✓ pubertas
- ✓ sistem reproduksi



Peta Konsep





Remaja sepertimu pasti pernah bertanya-tanya, apa yang sedang terjadi pada tubuhku? Badanku bertambah tinggi, suara mulai berubah, wajah mulai berjerawat, dan perilaku juga mulai berubah. Kamu memasuki masa yang disebut pubertas. Remaja putri mengalami haid dan payudara yang membesar. Sementara itu, remaja putra mulai memiliki rambut-rambut di wajah, dada yang semakin bidang, dan otot yang semakin kuat dan besar. Ini merupakan hal yang wajar karena adanya hormon-hormon yang memengaruhi pertumbuhan dan sistem reproduksimu. Hal ini merupakan bagian dari reproduksi seksual dan menunjukkan perkembangan sistem reproduksi manusia.

Sebelum membahas bab ini lebih lanjut, diskusikanlah jawaban dari pertanyaan-pertanyaan berikut dengan teman-temanmu.

1. Apa yang kalian ketahui mengenai sistem reproduksi manusia?
2. Tahukah kalian mengenai perbedaan pertumbuhan dan perkembangan?
3. Apakah ada kaitan antara usia dengan sistem reproduksi manusia?
4. Apakah ada kaitan antara hormon dan sistem reproduksi manusia?
5. Bagaimana cara menjaga kesehatan sistem reproduksi kalian?

Dari pertanyaan di atas, mana yang menurutmu perlu dibahas lebih detail dengan guru?

A. Sistem Reproduksi Laki-Laki dan Perempuan

Tahukah kamu bahwa kamu dulu adalah satu sel yang kemudian berkembang menjadi manusia seperti sekarang? Sel tersebut merupakan penggabungan dari sel telur dan sel sperma dari kedua orang tuamu. Penggabungan sel tersebut disebut fertilisasi. Pada bab ini kita akan mempelajari sistem reproduksi laki-laki dan sistem reproduksi perempuan.

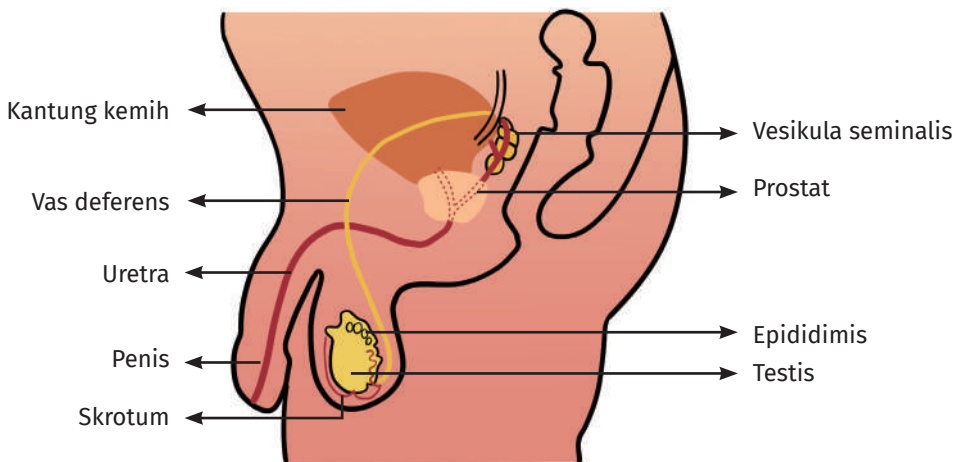
1. Sistem Reproduksi Laki-laki

Sel kelamin atau gamet jantan disebut sel sperma (spermatozoa). Sel sperma merupakan sel kelamin berukuran mikroskopis yang berarti tidak dapat dilihat langsung. Bentuk sel sperma agak mirip dengan bentuk kecebong. Sel sperma memiliki bagian kepala, leher, dan ekor. Ukuran kepala sebesar 5 mikrometer dan lebar 3 mikrometer. Sementara ekor berukuran 50 mikrometer.



Proses perkembangan sperma atau yang dikenal dengan nama *spermarche*, dialami pertama kali oleh seorang pria ketika mereka mengalami ejakulasi pertama kali. *Spermarche* biasanya terjadi sekitar usia 13–14 tahun. Sel sperma terbentuk di dua testis. Di dalam testis terdapat saluran tubulus seminiferus. Jutaan sperma terbentuk di tabung ini setiap hari setelah pubertas dan akan terus diproduksi sepanjang laki-laki hidup (jumlah sperma yang diproduksi, bagaimana pun, akan berkurang seiring bertambahnya usia). Sperma akan bergerak dengan menggunakan ekornya ke saluran melingkar di bagian atas setiap testis. Di sinilah, di epididimis, sperma mengalami pematangan dan disimpan beberapa minggu.

Pada saat seorang pria mengalami rangsangan seksual, sperma akan dikeluarkan dari epididimis ke penis melalui saluran sperma (vas deferens) dan uretra. Sepanjang saluran, sperma melewati kelenjar prostat, vesikula seminalis, dan kelenjar Cowper yang semuanya menambahkan cairan ke dalam sperma. Campuran cairan semen dan sperma inilah yang disebut air mani. Meskipun air mani maupun air seni melewati uretra, keduanya tidak mungkin lewat pada saat bersamaan. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Sistem Reproduksi Laki-Laki

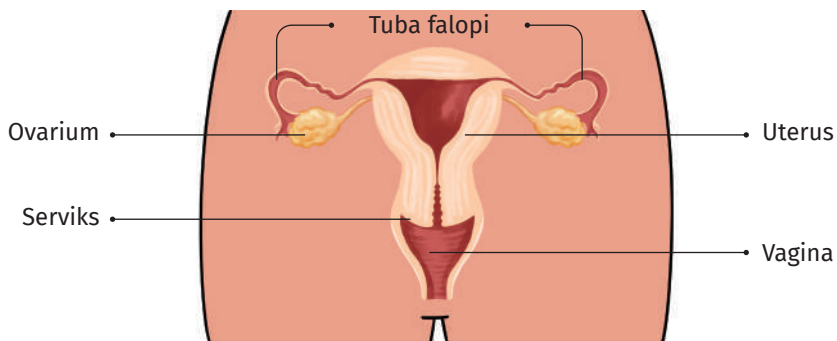
Testis (jamak testes) juga menghasilkan hormon seks yaitu testosteron. Hormon testosteron memengaruhi karakteristik seksual pada pria seperti tubuh menjadi lebih berotot, suara menjadi lebih berat saat pubertas, pertumbuhan rambut di tubuh dan wajah, serta kecenderungan menjadi botak.

2. Sistem Reproduksi Perempuan

Sel kelamin atau gamet betina adalah sel telur atau ovum. Meskipun ukurannya mikroskopis, ukuran sel telur manusia jauh lebih besar jika dibandingkan dengan ukuran satu sperma.

Setelah pubertas, telur dilepaskan setelah pubertas oleh dua ovarium secara bergantian. Ovarium sebenarnya tidak menghasilkan telur. Sebaliknya ovarium adalah 'gudang telur' yang belum matang yang telah ada sejak lahir. Setiap 28 hari atau lebih, telur akan matang di ovarium dan akan dilepaskan sebagai bagian dari siklus menstruasi. Proses lepasnya telur dari ovarium disebut dengan ovulasi. Seorang perempuan lahir dengan masing-masing sekitar 500.000 telur. Ratusan telur akan matang dan dilepaskan antara masa pubertas hingga menopause. Menopause adalah keadaan saat tidak ada lagi telur yang dilepaskan. Ini biasanya terjadi antara usia 40 dan 50 tahun.

Telur yang dilepaskan akan masuk ke tuba falopi (oviduk) dan digerakkan oleh silia yang terdapat di dalam saluran ini. Sel sperma akan membuahi telur di tuba falopi. Jika sudah dibuahi, zigot akan berkembang menjadi embrio dan menempel (implantasi) di uterus. Janin akan terus berkembang sampai dengan siap dilahirkan dan keluar melalui serviks dan vagina. Untuk lebih jelas memahami sistem reproduksi perempuan, perhatikan Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Sistem Reproduksi Perempuan

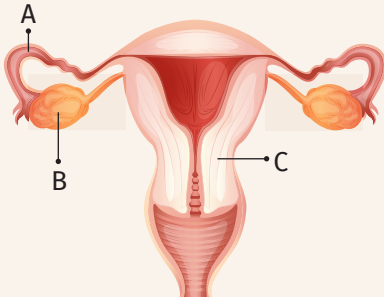
Sistem reproduksi pada manusia bekerja tidak hanya melalui organ-organ kelamin saja, tetapi juga dikendalikan oleh sistem hormon yang kompleks, seperti ovarium yang menghasilkan hormon seks perempuan yaitu estrogen dan progesteron. Hormon-hormon ini bertanggung jawab atas karakteristik seksual sekunder perempuan seperti perkembangan payudara, siklus menstruasi, serta pertumbuhan massa otot dan rambut tumbuh yang lebih sedikit dibandingkan laki-laki.





Ayo Uji Kemampuan

1. Apa nama bagian dan fungsi dari setiap struktur yang diberi label A, B, dan C?



A :

B :

C :

2. Sebutkan organ-organ utama dalam sistem reproduksi laki-laki!
3. Apakah fungsi dari ovarium?
4. Bandingkan dan bedakan fungsi dari testis dan ovarium!
5. Mengapa dinding uterus sangat penting dalam proses implantasi?

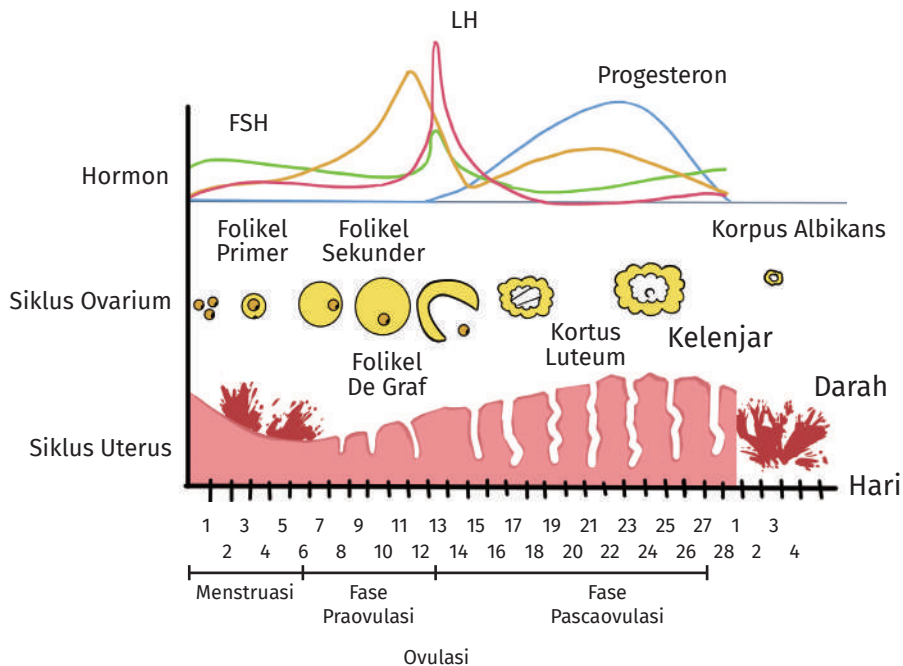
B. Siklus Menstruasi

Pubertas pada perempuan sangat mudah dikenali karena ditandai dengan menstruasi. Menstruasi adalah keluar darah dari alat kelamin perempuan pada waktu tertentu. Pelepasan sel telur pertama kali menstruasi yang merupakan penanda awal pubertas disebut menarche. Lalu, mengapa dapat terjadi menstruasi? Perhatikan Gambar 3.3.

Pada awal setiap siklus menstruasi (hari ke-1 menstruasi), telur yang belum matang mulai berkembang. Telur ada di dalam kantong kecil sel yang disebut folikel. Keduanya menjadi lebih besar dan semakin besar sampai telur menjadi dewasa (sekitar hari ke-14 siklus). Telur kemudian keluar (ovulasi) dari folikel. Cangkang folikel akan berubah menjadi korpus luteum yang akan menghasilkan progesteron. Dari sini, telur bergerak ke dalam tuba falopi atau saluran telur, digerakkan oleh silia dan kontraksi otot.

Saat telur berada di tuba falopi, telur siap dibuahi. Telur tetap di sini selama sekitar beberapa hari. Setelah itu, telur bergerak ke rahim, terlepas dari apakah sudah dibuahi atau tidak. Sejak awal setiap siklus menstruasi, lapisan rahim mempersiapkan dirinya untuk menerima sel telur yang telah dibuahi dengan menjadi lebih tebal dan banyak mengandung pembuluh darah.





Gambar 3.3 Siklus Menstruasi

Jika sel telur tidak dibuahi, korpus luteum berubah menjadi korpus albicans. Akibatnya, produksi progesteron menurun. Turunnya kadar progesteron menyebabkan dinding rahim akan meluruh. Meluruhnya dinding rahim inilah yang dikenal sebagai menstruasi.

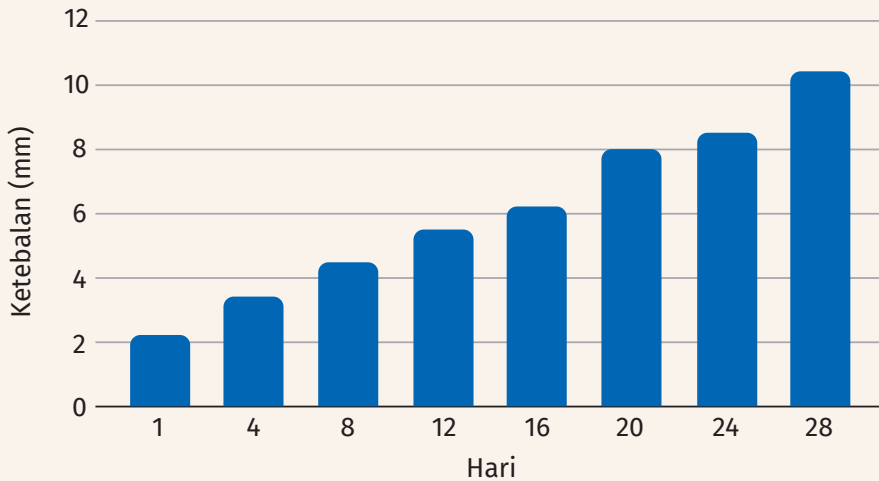


Ayo Uji Kemampuan

1. Jelaskan hormon-hormon apa saja yang terlibat dalam siklus menstruasi!
2. Jelaskan yang terjadi pada uterus (rahim) dan ovarium selama fase praovulasi dan fase pascaovulasi?
3. Berdasarkan grafik di bawah ini, analisislah hal-hal berikut ini.
 - a. Pola perubahan ketebalan endometrium (dinding rahim) dari hari ke-1 hingga hari ke-28.
 - b. Pada fase manakah endometrium mulai menebal secara signifikan?



Ketebalan Endometrium



4. Jelaskan apa yang terjadi jika proses fertilisasi tidak terjadi!
5. Bacalah kutipan pertanyaan yang dimodifikasi dari salah satu aplikasi konsultasi medis daring. Jawablah pertanyaan tersebut!

“Selamat pagi Dok, saya perempuan berusia 25 tahun. Saya akan menikah bulan depan, Dok. Sejak pertama kali haid siklus saya kurang dari 25 hari, yaitu hanya 21 hari. Apakah siklus haid saya termasuk normal, Dok? Karena teman saya siklusnya 25-30 hari, Dok. Terus apakah saya bisa hamil? Mohon penjelasannya. Terima kasih.”

C. Siklus Hidup Manusia

1. Kehamilan dan Bayi

Sepanjang hidupnya, organisme akan mengalami yang namanya pertumbuhan dan perkembangan. Banyak sekali faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan organisme, seperti lingkungan, makanan, gaya hidup, hormon, dan genetik.



Sekilas, kata pertumbuhan dan perkembangan tidak jauh berbeda. Bertumbuh berarti berkembang dan bertambah besar. Namun, untuk makhluk hidup, bertumbuh dan berkembang memiliki arti yang berbeda. Bertumbuh berarti suatu proses yang dapat diukur dengan sistem ukur, seperti tinggi badan yang bertambah, dapat terlihat jelas dari tinggi 100 cm menjadi 150 cm, bertambahnya berat badan, bertambahnya volume, dan sebagainya. Intinya, bertumbuh dapat diukur dan dapat dilihat jelas dengan mata. Sementara itu, perkembangan tidak dapat diukur dengan angka. Perkembangan adalah proses menuju tahapan berikutnya. Contoh dari perkembangan seorang bayi belum dapat berbicara lalu ketika sudah berusia empat tahun, anak tersebut sudah sangat lancar berbicara.

Setelah telur dibuahi oleh sperma di tuba falopi maka akan menjadi zigot. Proses pembuahan ini disebut dengan fertilisasi. Setelah pembuahan, zigot memulai perjalanan selama lima hari ke rahim. Sepanjang jalan, terjadi pembelahan beberapa kali, membentuk sel baru dan membesar hingga membentuk bola sel (tersusun atas 32 sel) berisi cairan yang dikenal sebagai blastokista. Hingga tahap ini, semua nutrisi yang dibutuhkan berasal dari sel telur.

Kemudian, blastokista mengubur dirinya sendiri di dalam lapisan rahim untuk menyerap nutrisi darinya. Proses ini disebut implantasi. Blastokista menghasilkan hormon yang menjaga selaput rahim menebal dan mencegah menstruasi. Perempuan tidak akan mengalami menstruasi lagi sampai setelah melahirkan. Sekarang perempuan tersebut dikatakan hamil.

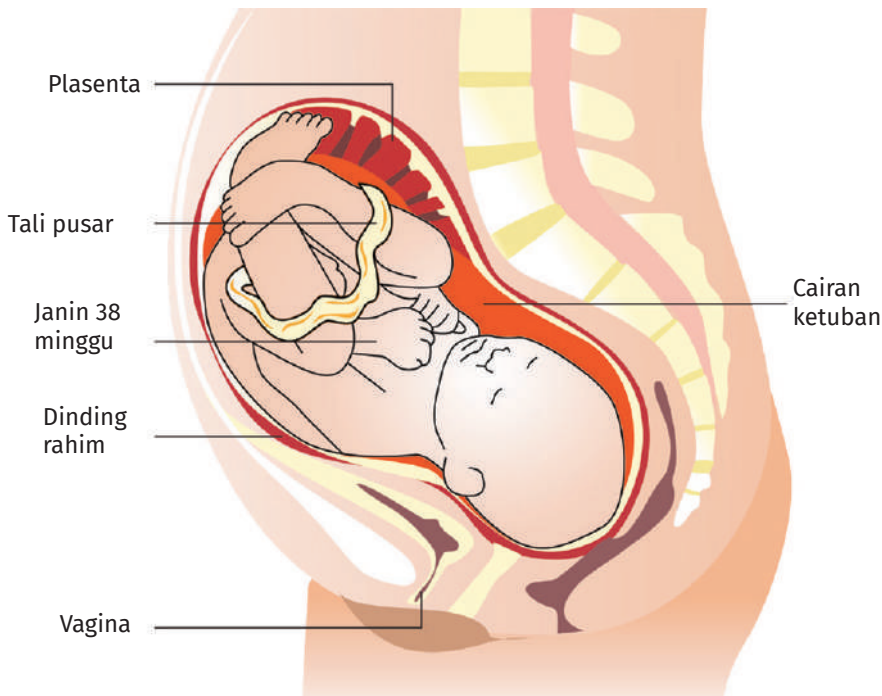
Bagaimana seorang perempuan mengetahui dirinya hamil? Haid yang terlewat dapat berarti kehamilan, tapi satu-satunya tanda pasti adalah adanya hormon khusus yang diproduksi oleh plasenta, yaitu *Human Chorionic Gonadotropin* (HCG). Hormon ini hadir di darah dan urine perempuan hamil. Hormon ini dapat dideteksi oleh alat tes kehamilan yang dijual bebas. HCG memiliki peranan penting selama kehamilan. Hormon ini dibentuk sekitar 11 hari setelah terjadi pembuahan dan jumlahnya terus meningkat sampai 12 minggu di waktu kehamilan. Hormon HCG beserta progesteron dan estrogen membantu penebalan lapisan rahim. Produksi hormon ini membantu mencegah terjadinya menstruasi selama kehamilan dan juga membantu implantasi/penempelan blastokista yang akan berkembang menjadi bayi.



Blastokista berkembang dengan cara membelah diri secara terus-menerus melalui proses yang disebut mitosis. Sel-selnya mulai bergerak dan berbeda. Artinya sel-sel dapat menjadi berbeda satu sama lain. Setelah sekitar delapan minggu, organ mulai terbentuk seperti jantung mulai berdetak. Perkembangan bayi dalam delapan minggu ini dikenal sebagai embrio. Embrio sangat rentan, terutama terhadap alkohol, nikotin, atau obat-obatan yang mungkin diminum ibu hamil. Ini salah satu alasan banyak kehamilan keguguran (dihentikan secara alami) dalam delapan minggu pertama.

Setelah delapan minggu, embrio menjadi janin. Janin dilindungi oleh genangan cairan ketuban, dikelilingi oleh selaput ketuban. Cairan ketuban disekresikan oleh amnion. Cairan ini berfungsi untuk melindungi dari guncangan, menjaga suhu tubuh janin tetap stabil, memberikan ruang janin untuk bergerak, dan juga mengandung antibodi untuk melindungi janin dari infeksi.

Oksigen dan nutrisi berasal dari plasenta melalui jalur kehidupan yang disebut tali pusar seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4.

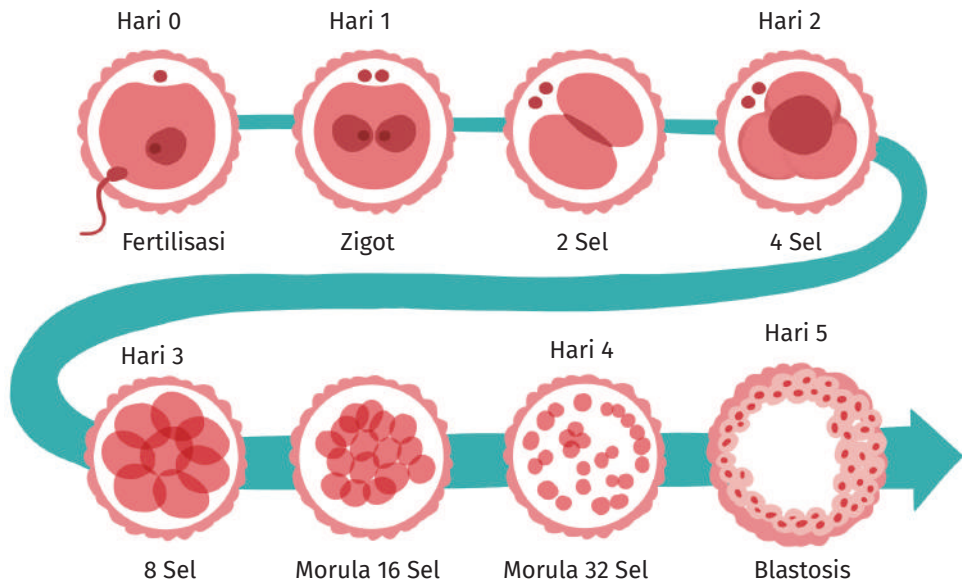


Gambar 3.4 Janin Berusia 38 Minggu

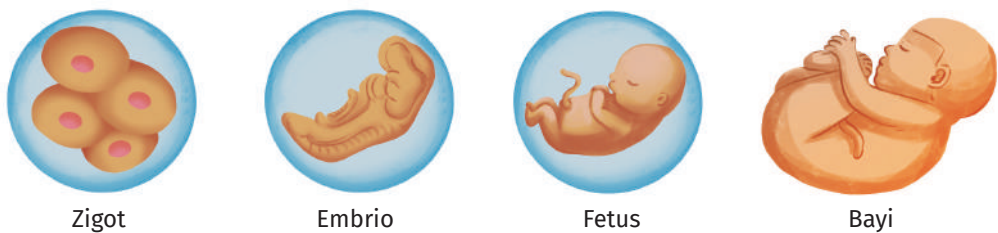
Sumber: Rickard et.al. (2020)



Janin terus berkembang, hingga akhirnya dilahirkan menjadi bayi. Perhatikan Gambar 3.5 dan 3.6 berikut ini.



Gambar 3.5 Perkembangan dari Fertilisasi Menjadi Blastosis



Gambar 3.6 Pertumbuhan dan Perkembangan dari Zigot Sampai Menjadi Bayi

Selama periode satu hingga dua tahun kehidupannya, bayi bertumbuh dan berkembang sangat pesat. Beratnya dapat berkembang berkali-kali lipat dibandingkan waktu mereka dilahirkan. Pada saat dilahirkan, kepala mereka berukuran seperempat dari panjang tubuh mereka. Lama kelamaan bagian tubuh lainnya pun akan berkembang dan menyesuaikan. Saat sistem saraf dan otot berkembang, bayi mulai bisa melakukan gerakan-gerakan seperti tengkurap, merangkak, dan kemudian berjalan. Mereka pun belajar untuk berbicara dan mengikuti perintah sederhana. Gambar 3.7 menunjukkan perkembangan bayi dari usia 1 sampai 15 bulan.



TAHAP PERKEMBANGAN BAYI 1-12 BULAN

TAHUKAH
KAMU?



1
BULAN

- Melakukan gerak refleks
- Jarak pandang fokus mata 18-45 cm
- Menangis tanpa air mata
- Berkomunikasi dengan menangis
- Bisa bedakan Bunda dan Ayah

2
BULAN

- Angkat kepala (belum kuat dan seimbang)
- Gerak refleks mulai berkurang
- mengoceh "aaa", "ooo"
- Tertawa



4
BULAN

- Pegang benda pakai satu tangan lalu pindahkan ke tangan lain
- Mengulang perilaku senang/tertarik dengan respons lingkungan



3
BULAN

- Genggam benda ukuran sedang
- Berguling-guling
- Meniru bunyi intonasi suara orang dewasa



5
BULAN

- Mengenal bunyi di sekitar
- Menyesuaikan gerakan tubuh dengan ukuran/ jarak benda



7-11
BULAN

- Merangkak
- Mengambil benda kecil -> koordinasi mata dan tangan mulai berkembang



6-8
BULAN

- Duduk tanpa bantuan
- Tertarik mengulang suatu aktivitas



6
BULAN

- Duduk dengan bantuan orang dewasa
- Mencoba merangkak



9
BULAN

- Meniru ekspresi wajah orang lain
- Pakai gerak tubuh untuk berkomunikasi



8-12
BULAN

- Lakukan sesuatu yang bertujuan *Object permanence* -> ada benda hilang, bayi mencari di tempat terakhir dia lihat benda tersebut



8
BULAN

- Berdiri dengan bantuan



10-15
BULAN

- Ucapkan kata pertama
- Berdiri sendiri tanpa bantuan



10-12
BULAN

- Ikuti gerak mata orang dewasa atau menunjuk ke arah yang sama dengan orang dewasa



Gambar 3.7 Diagram Perkembangan Bayi

Sumber: diilustrasikan ulang dari Kiagus/haibunda.com (2021)



2. Anak-anak

Masa anak-anak dimulai pada usia dua tahun. Mereka bertambah besar dan tinggi. Kemampuan motorik dan koordinasi juga sudah berkembang. Rasa ingin tahunya sangat tinggi dan kemampuan mentalnya sangat berkembang. Kemampuan berbahasa mereka juga meningkat drastis. Berikut gambaran dan ciri-ciri yang menunjukkan perkembangan gerakan fisik dan koordinasi anak-anak usia 3–5 tahun

TAHUKAH KAMU

Perkembangan

MOTORIK KASAR

Anak 3-5 Tahun

Motorik Kasar: gerakan fisik yang butuh keseimbangan plus koordinasi anggota tubuh dan memakai otot besar, sebagian, atau seluruh anggota tubuh.

3 Tahun



4 Tahun



5 Tahun



- Jaga keseimbangan saat berdiri satu kaki
- Berbalik/berhenti tiba-tiba atau cepat
- Lompat setinggi 37-60 cm
- Naik turun tangga tanpa dibantu
- Loncat dengan variasi
- Menendang bola
- Jalan maju-mundur di lintasan
- Jalan di titian

- Naik-turun tangga dengan langkah bergantian
- Memanjat tali atau gelantungan di palang
- Meniru, mengikuti, menikmati gerakan yang dicontohkan

- Lakukan gerakan konstan dengan waktu istirahat sebentar
- Ikuti permainan fisik yang sifatnya sosial. Misal: sepak bola
- Naik sepeda roda 2 dengan roda bantu
- Jalan di garis lurus, ke depan/belakang
- Lompat di tempat dengan 1 kaki
- Jalan di papan keseimbangan

Gambar 3.8 Perkembangan Motorik Kasar Anak Usia 3–5 Tahun

Sumber: diilustrasikan ulang dari Zaki Alfarabi/Haibunda.com (2017)





Aktivitas 3.1

Ayo Komunikasikan

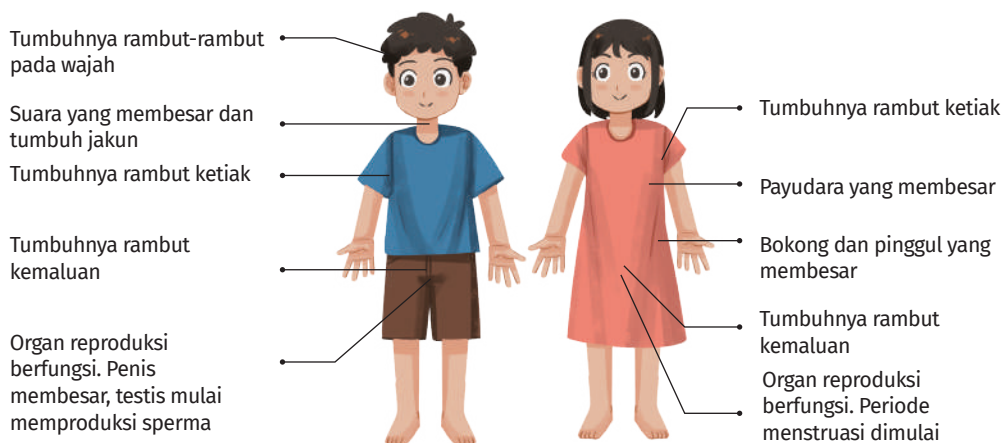
Tujuan: Memahami pertumbuhan dan perkembangan janin hingga kelahiran.

Langkah-langkah:

1. Buatlah kelompok yang berisi tiga orang.
2. Carilah informasi dari berbagai sumber seperti internet dan wawancara narasumber dengan cara mengunjungi puskesmas, klinik, atau bidan terdekat untuk menanyakan terkait pertumbuhan dan perkembangan janin dari minggu kesatu hingga kelahiran.
3. Lalu buatlah poster berupa diagram alir dari informasi yang kalian dapatkan.

3. Remaja dan Pubertas

Fase ini adalah fase paling sulit bagi anak-anak, karena banyak perubahan yang terjadi pada tubuh, baik dari segi fisik maupun mental. Remaja adalah fase perubahan dari anak-anak menuju dewasa. Pubertas dimulai sejak anak-anak berusia 9 sampai 15 tahun. Pubertas ini ditandai dengan perkembangan seksual, di mana hormon-hormon reproduksi mulai aktif, yang berarti di tahap ini, remaja sudah mampu bereproduksi. Hormon reproduksi perempuan yaitu estrogen dan progesteron membuat remaja putri memperlihatkan perkembangan seksual sekunder, dengan ditandai periode menstruasi. Sedangkan pada laki-laki, hormon testosteron akan memicu pertumbuhan seksual sekunder dan produksi sperma. Gambar 3.9 menunjukkan perubahan-perubahan yang terjadi pada remaja putri dan remaja laki-laki.



Gambar 3.9 Perkembangan Seksual Sekunder pada Remaja Laki-Laki dan Perempuan



4. Dewasa

Setelah pubertas, mental, emosi, dan fisik mulai stabil. Selanjutnya, manusia memasuki masa dewasa dan tidak mengalami pertumbuhan tinggi. Pertumbuhan seksual sekunder pun sudah berhenti. Pada usia 30 tahun, manusia akan mengalami tanda-tanda penuaan, seperti tumbuhnya rambut putih atau berkurangnya massa otot. Pada usia pertengahan 40–50 tahun, perempuan akan berhenti mengalami menstruasi. Periode ini dinamakan menopause. Sementara pada pria, produksi sperma akan berkurang. Namun, dengan menerapkan pola hidup sehat, laki-laki dan perempuan dewasa diharapkan dapat tetap aktif di sepanjang hidup mereka.



Aktivitas 3.2

Ayo Komunikasikan

Tujuan: Mengenali ragam budaya Indonesia yang berhubungan dengan pertumbuhan dan perkembangan.

Langkah-langkah:

1. Indonesia dengan beragam adat istiadat dan budaya memiliki banyak upacara atau tradisi untuk memperingati seorang anak yang beranjak remaja atau dewasa. Carilah upacara adat atau tradisi di Indonesia yang merayakan perubahan tersebut.
2. Buatlah poster atau video tentang tradisi tersebut dan presentasikan di depan kelas.



Gambar 3.10 Upacara Metatah merupakan salah satu adat di Bali yang merayakan proses ketika seorang beranjak remaja atau dewasa.

Sumber: Nasrudin/rri.co.id (2023)





Fakta Sains

Fase bayi adalah fase yang mengalami pertumbuhan dan perkembangan paling signifikan pada manusia. Berikut fakta-fakta mengenai pertumbuhan bayi.

1. Kepala bayi bertumbuh dengan pesat. Pada saat lahir, lingkaran kepala bayi sekitar 35 cm. Kemudian saat mereka berumur satu tahun, lingkaran kepala mereka sekitar 46 cm. Sementara rata-rata lingkaran kepala orang dewasa adalah sekitar 55–56 cm. Itu berarti perkembangan kepala terjadi sangat signifikan pada 12 bulan pertama.
2. Bayi sering bersin, bukan karena flu, melainkan untuk membersihkan hidung dan saluran napas mereka.
3. Bayi memiliki 270 sampai 300 tulang, sementara orang dewasa memiliki 206 tulang. Tulang-tulang tersebut menyatu selama proses pertumbuhan, menjadi tulang yang lebih besar, contohnya tulang-tulang tengkorak dan tulang belakang.
4. Bayi baru lahir tidak memiliki "tempurung lutut" karena masih berupa tulang rawan yang belum mengeras menjadi tulang sejati.
5. Warna pertama yang bayi lihat adalah warna merah. Sementara warna terakhir yang mereka bisa kenali adalah ungu dan biru.
6. Lambung bayi sebesar biji walnut atau sekitar 4 cm.

Sumber: Gonzalez (2014); www.inspq.qc.ca (2025); Kamel-ElSayed dkk (2025)

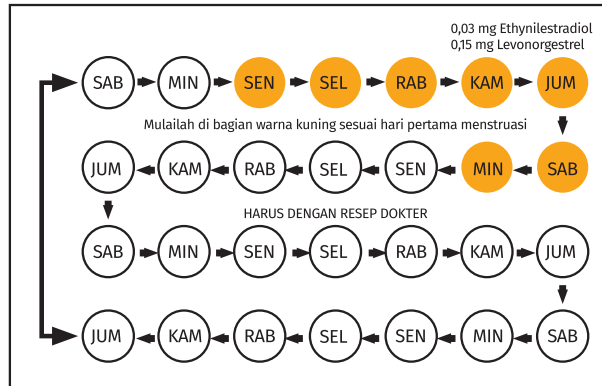


Ayo Uji Kemampuan

1. Jelaskan perkembangan zigot menjadi embrio!
2. Jelaskan fungsi dari cairan ketuban!
3. Apa yang akan terjadi jika janin tidak mendapatkan nutrisi yang cukup dari plasenta? Jelaskan jawabanmu!
4. Sebutkan tanda-tanda yang memperlihatkan seorang manusia sudah memasuki fase dewasa!
5. Buatlah lini masa yang menunjukkan tahapan pertumbuhan dan perkembangan manusia dari embrio sampai dewasa!



D. Keluarga Berencana



Gambar 3. 11 Alat Kontrasepsi Pil KB

Istilah Keluarga Berencana dikenal luas oleh masyarakat Indonesia pada akhir tahun 1960. Pada awalnya, program ini diinisiasi oleh para ahli kandungan yang bertujuan mengurangi angka kematian ibu dan bayi yang tinggi. Program ini kemudian berkembang untuk mengatur jumlah dan jarak kelahiran anak, serta meningkatkan kualitas hidup keluarga dengan memberikan kesempatan bagi pasangan suami istri untuk merencanakan kelahiran anak. Program ini memperkenalkan metode kontrasepsi (pengontrolan kehamilan) dengan metode ataupun alat-alat kontrasepsi. Salah satu contoh metode kontrasepsi yang digunakan masyarakat untuk mengontrol kelahiran adalah dengan mengonsumsi pil KB. Pil KB harus dikonsumsi sesuai dengan alur hari yang terdapat di belakang kemasan seperti pada Gambar 3.11. Apa zat aktif yang terdapat di dalam pil KB sehingga dapat digunakan untuk mengontrol kehamilan? Apakah kandungan setiap pil KB dalam satu kemasan adalah sama? Bagaimanakah hubungan antara mengonsumsi pil KB dan sistem reproduksi manusia?

1. Kontrasepsi dan Kesehatan Reproduksi

Kontrasepsi adalah metode atau cara mencegah kehamilan yang tidak diinginkan. Pria dapat menggunakan kondom yang juga melindungi laki-laki dan perempuan dari infeksi penyakit menular seksual. Metode permanen kontrasepsi pada pria adalah vasektomi, ketika saluran sperma seorang pria (vas deferens) dipotong/diikat secara permanen sehingga sperma tidak dapat keluar dari testis lagi. Semen akan masih keluar dari penis saat ejakulasi tapi tidak mengandung sperma.



Kontrasepsi permanen pada perempuan adalah dengan cara tubektomi, ketika tuba falopi dipotong atau diikat. Bentuk lainnya adalah menggunakan diafragma, semacam kondom pada perempuan. Metode lainnya adalah dengan terapi hormon estrogen dan progesteron dalam bentuk suntikan, pil, dan susuk. Namun, banyak perempuan juga menggunakan IUD (*intrauterine device*), yaitu memasukkan semacam alat yang dapat mencegah terjadinya implantasi.

Berbagai penyakit dan infeksi dapat dengan mudah ditularkan dari orang ke orang melalui kontak seksual. Proses ini dikenal sebagai Infeksi Menular Seksual (IMS) tetapi kadang-kadang disebut sebagai Penyakit Menular Seksual (PMS) atau penyakit kelamin. Contohnya virus HIV dan AIDS (gejala dan infeksi yang disebabkan oleh HIV) adalah yang paling ditakuti dan mengancam nyawa.

Infeksi menular seksual terdiri atas banyak jenis dan dapat menyebabkan penyakit serius seperti sifilis, gonore, dan herpes. Sebagian besar penyakit tersebut dapat diobati, tetapi dapat meninggalkan kerusakan permanen, terutama jika pengobatan dimulai terlambat. Obat terbaik adalah pencegahan. Satu-satunya cara agar benar-benar aman adalah dengan hindari semua kontak seksual yang tidak sehat (di luar pernikahan) dan tetap setia pada pasangan yang sah. Penggunaan kondom dapat mengurangi kemungkinan terjadinya infeksi tetapi tidak menjamin aman.

Untuk menjaga kesehatan reproduksi tentu saja pola hidup berpengaruh, terutama asupan nutrisi. Makanan bagi perempuan hamil akan berbeda dengan perempuan tidak hamil. Perempuan hamil perlu berkonsultasi dengan dokter kandungan karena kondisi setiap perempuan hamil berbeda sehingga nutrisi yang disarankan juga akan berbeda.

Beberapa orang ingin memiliki anak tetapi tidak bisa karena salah satu atau keduanya tidak subur. Infertilitas dapat disebabkan oleh infeksi atau radiasi, atau memiliki penyebab tidak diketahui. Beberapa orang menerima situasi ini atau memilih untuk mengadopsi. Beberapa menggunakan teknologi untuk membantu mereka memiliki anak sendiri. Cara yang dapat dilakukan adalah inseminasi buatan. Inseminasi buatan yang tercanggih adalah Fertilisasi in-vitro atau IVF, yang bertujuan mengatasi infertilitas. Pada IVF, telur dibuahi dalam wadah di dalam laboratorium dan bukan di dalam tubuh perempuan. Oleh karena itu, bayi IVF terkadang disebut bayi tabung. Sebelum IVF dimulai terlebih dahulu dilakukan metode ICSI atau injeksi sperma intrasitoplasma, yaitu sperma diinjeksikan ke sel telur.





Ayo Uji Kemampuan

1. Jelaskan macam-macam alat kontrasepsi yang dapat digunakan pada perempuan!
2. Jelaskan macam-macam alat kontrasepsi yang dapat digunakan pada laki-laki!
3. Buatlah perbandingan antara alat kontrasepsi pada perempuan dan pada laki-laki!
4. Merokok dapat menyempitkan pembuluh darah dan menyebabkan sistem sirkulasi bermasalah. Gunakan informasi ini untuk menjelaskan bagaimana hal ini dapat menyebabkan kematian pada janin!
5. Saat bayi pertama kali lahir, tulang tengkorak belum bersatu secara utuh. Analisis bagaimana hal ini berguna untuk proses melahirkan!



Aktivitas 3.3 Ayo Selidiki

Tujuan: memperdalam pengetahuan yang telah didapatkan dan mampu mengembangkan keterampilan survei.

Projek dilakukan secara berkelompok. Projek yang dilakukan adalah melakukan survei penggunaan jenis metode kontrasepsi pada pria dan perempuan di sekitar tempat tinggal kalian.

Langkah-langkah:

1. Datangi minimal 25 kepala rumah tangga.
2. Cari informasi tentang kondisi sosial ekonominya seperti jumlah anggota keluarga, pendidikan, dan pekerjaan.
3. Catatlah data informasi meliputi:
 - a. Apakah istri atau suami yang KB?
 - b. Jenis KB yang dipakai dan alasannya?
 - c. Adakah kekhawatiran menggunakan KB?
 - d. Adakah keluhan saat menggunakan KB?
 - e. Apakah ada manfaat menggunakan KB?
4. Buatlah laporan dalam bentuk poster dan presentasikan di depan rekan lainnya.



Setelah kita mempelajari mengenai pertumbuhan dan perkembangan serta sistem reproduksi pada manusia, kita mengetahui ternyata banyak faktor yang memengaruhi tumbuh kembang manusia. Pada bayi dan balita, terdapat istilah gangguan pertumbuhan perkembangan yang disebut dengan *stunting*. *Stunting* bukan hanya memengaruhi tinggi badan anak, melainkan juga perkembangan otak dan kesehatan dalam jangka panjang. Berdasarkan data yang dikutip dari Survei Status Gizi Indonesia tahun 2024, sebanyak 19,8% balita di Indonesia mengalami *stunting*. Salah satu faktor yang cukup berpengaruh pada *stunting* adalah pengetahuan ibu yang kurang memadai terhadap tumbuh kembang anak. Sebagai seorang pelajar yang telah mempelajari pertumbuhan dan perkembangan, buatlah suatu kampanye untuk mengedukasi ibu-ibu di sekitar kalian. Poster ataupun selebaran dapat ditempel atau dibagikan di posyandu-posyandu terdekat. Setelah produk dibuat dan disebar, kamu dapat mempresentasikan hasil kerjamu di depan kelas.

Apa yang harus ada di dalam poster atau selebaran yang akan kamu buat?

1. Pengertian *stunting* dan bahaya *stunting*
2. Faktor-faktor yang memengaruhi *stunting*
3. Data atau infografik tentang tumbuh kembang anak per bulan/per tahun (meliputi tinggi badan dan perkembangan motorik kasar anak)
4. Solusi yang akan diberikan (bisa berupa menyusun menu untuk anak, memberikan saran untuk sanitasi yang baik, dan lain sebagainya)

Adapun bagian yang akan dipresentasikan di dalam kelas antara lain.

- a. Diskusikan dan analisislah efek dari solusi yang kalian berikan berdasarkan faktor-faktor di bawah ini: budaya, lingkungan, ekonomi, dan faktor sosial (bisa dipilih salah satu) berdasarkan pertanyaan-pertanyaan pemandu berikut.
 - Apakah manfaat dan kekurangan dari solusi yang kalian tawarkan kepada ibu-ibu/keluarga dari anak yang menderita *stunting*?
 - Berdasarkan manfaat dan kekurangan yang kalian sebutkan, buatlah kesimpulan apakah solusi yang kalian tawarkan merupakan solusi terbaik dari gangguan tersebut!

Penjelasan dari faktor-faktor yang disebutkan di atas.

- b. Budaya: Berhubungan dengan pengetahuan, kepercayaan, tingkah laku, nilai-nilai budaya, tujuan hidup yang membentuk karakter pada sekelompok orang.

- c. Ekonomi: Berhubungan dengan produksi, distribusi, uang, kekayaan dan penghasilan.
- d. Lingkungan: Berhubungan dengan suatu objek, makhluk hidup ataupun keadaan di sekitar kita.
- e. Sosial: berhubungan dengan interaksi antarmanusia, kesejahteraan, kelas sosial, keadilan, dan keselamatan manusia.

Ingatlah:

1. Parafrasekan informasi yang kalian dapat baik dari buku, internet, ataupun dari tenaga ahli.
2. Cantumkan setidaknya tiga sumber yang terpercaya.
3. Lengkapi dengan daftar pustaka di akhir produk.

Refleksi

Setelah menyelesaikan aktivitas ini, refleksikan proses pengerjaan yang sudah dilakukan.

1. Keberhasilan apa yang sudah kalian capai?
2. Adakah hal yang menurut kalian perlu diperbaiki?
3. Hal baru apa yang kalian pelajari dari proses pengerjaan proyek ini?



Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan tepat dan jelas!

1. Pada tahapan apakah dalam siklus hidup manusia, organ reproduksi manusia berkembang pesat?
2. Jelaskan tiga tahapan dari perkembangan dari telur yang terfertilisasi hingga kelahiran bayi!
3. Sebutkan perubahan secara fisik yang terjadi pada remaja putri ketika mengalami pubertas!
4. Sebutkan lima perubahan secara fisik dan mental yang terjadi pada anak laki-laki berusia 8 tahun pada lima tahun ke depan!
5. Data di bawah ini menunjukkan tinggi badan seorang anak dari saat dilahirkan sampai dengan usia 5 tahun.

Usia (Tahun)	0	1	2	3	4	5
Rata-rata tinggi badan (cm)	50	75	87	95	103	110



- Buatlah grafik garis berdasarkan data di atas. Jangan lupa untuk memberi label untuk X axis dan Y axis berikut unit yang menyertai. Jangan lupa untuk memberikan judul untuk grafik tersebut.
- Di rentang usia berapa seorang anak mengalami pertumbuhan yang pesat?
- Di usia berapa anak tersebut mencapai tinggi rata-rata 80 cm? Gunakan grafik yang kalian buat untuk menjelaskan jawaban kalian!



Pengayaan

Sebagai pengayaan materi sistem reproduksi manusia serta pertumbuhan dan perkembangan, kita telah membahas IVF atau bayi tabung. Carilah informasi lebih mendalam mengenai IVF, langkah-langkah dan prosedur IVF, keberhasilan program ini, biaya, efek samping, dan kontroversinya. Kalian bisa mempresentasikannya di dalam kelompok kecil dengan dibantu guru sebagai pembimbing dalam berdiskusi. Melalui kegiatan ini, kalian akan mengerti pentingnya gaya hidup sehat dan juga mempelajari manajemen ekspektasi mengenai keberhasilan dan kegagalan. Dengan kegiatan ini, kalian juga berlatih untuk berpikir kritis dan berkomunikasi dengan baik.



Refleksi Akhir Bab

Setelah mempelajari bab ini, refleksikan kegiatan yang telah kamu lakukan dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini.

- Apa bagian dari materi ini yang paling menarik dan mampu kamu kuasai dengan baik? Berikan alasanmu!
- Bagian mana yang masih membutuhkan waktu untuk memahaminya?
- Strategi apa yang kamu punya untuk meningkatkan kemampuanmu dalam memahami materi yang menurutmu sulit tersebut?
- Apakah profil lulusan seperti kolaborasi, penalaran kritis, dan kreativitas sudah berkembang dalam dirimu?



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMP/MTs Kelas IX (Edisi Revisi)

Penulis : Cece Sutia, Victoriani Inabuy, Okky Fajar Tri Maryana
Budiyanti Dwi Hardanie, Sri Handayani Lestari

ISBN : 978-634-00-2430-2 (jil.3)

Bab 4

Pewarisan Sifat dan Bioteknologi





Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini, kamu akan mempelajari tentang materi pewarisan sifat dan bioteknologi. Melalui berbagai aktivitas di dalam bab, kamu akan berlatih mengembangkan dimensi profil lulusan bernalar kritis, kreativitas, kolaborasi, dan kemandirian. Dengan demikian, kamu dapat menerapkan konsep pewarisan sifat dan proyek bioteknologi untuk meningkatkan ketahanan pangan di daerah tempat tinggal masing-masing.

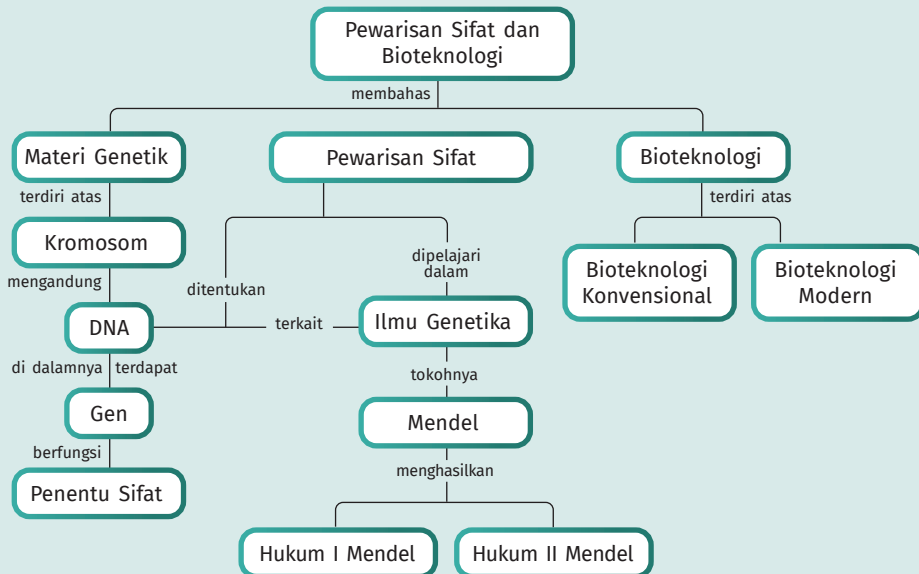


Kata Kunci

- ✓ Pewarisan sifat
- ✓ kromosom
- ✓ Hukum Mendel
- ✓ DNA
- ✓ Bioteknologi



Peta Konsep





Pernahkah kamu memperhatikan mengapa warna mata, bentuk rambut, atau tinggi badanmu mirip dengan orang tuamu? Atau mengapa tanaman hasil cangkok bisa tumbuh lebih cepat dan memiliki buah yang lebih banyak? Semua itu berkaitan dengan pewarisan sifat, proses alamiah ketika informasi genetik diturunkan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Di sisi lain, manusia juga belajar memanfaatkan pengetahuan ini melalui bioteknologi sederhana, seperti membuat tape dari singkong atau yogurt dari susu. Inilah bukti bahwa ilmu pengetahuan tidak hanya membantu kita memahami diri sendiri, tetapi juga memberi manfaat praktis dalam kehidupan sehari-hari.

Sebelum membahas lebih lanjut bab ini, diskusikan dengan teman-temanmu jawaban untuk pertanyaan-pertanyaan berikut ini.

1. Menurutmu, mengapa anak-anak bisa memiliki ciri-ciri yang mirip dengan orang tuanya?
2. Apakah kamu pernah melihat proses pembuatan tempe, tape, atau yogurt? Apa yang membuat makanan itu bisa berubah bentuk dan rasa?
3. Bagaimana pendapatmu jika manusia bisa memilih sifat-sifat tertentu pada keturunannya?
4. Jika kamu bisa membuat satu produk dari bioteknologi sederhana, apa yang ingin kamu buat dan mengapa?

Dari keempat pertanyaan tersebut, manakah yang menurutmu perlu dibahas lebih lanjut?

A. Kromosom, DNA, dan Gen

Perhatikan wajah teman-temanmu dengan saksama! Tidak ada satu pun temanmu yang memiliki wajah yang sama persis kecuali kembar identik. Bahkan tidak ada satu pun manusia yang sama atau individu yang sama persis di dunia ini. Apa yang menyebabkan hal ini dapat terjadi? Setiap makhluk hidup akan mewariskan sifat tertentu kepada keturunannya. Sifat yang diwariskan ini dalam bentuk materi genetik. Materi genetik yang terdapat pada manusia meliputi kromosom, DNA, dan gen.



1. Perbedaan Kromosom, DNA, dan Gen

Pada kelas VIII, kamu sudah belajar tentang struktur dan fungsi sel. Di dalam sel terdapat organel yang berfungsi mengatur semua aktivitas sel yaitu inti sel (nukleus). Di dalam inti sel terdapat struktur seperti benang yang disebut kromosom, yang terlihat dengan jelas saat sel membelah. Setiap kromosom tersusun atas dua kromatid, bergabung pada satu titik yang disebut dengan sentromer. Manusia memiliki 23 pasang/46 buah kromosom di setiap selnya, kecuali sel sperma dan ovum yang memiliki 23 buah kromosom. Untuk memperdalam wawasanmu tentang kromosom manusia, ayo kerjakan Aktivitas 4.1 berikut.



Aktivitas 4.1

Ayo Amati

Identifikasi Kromosom Manusia

Aktivitas ini diharapkan dapat membantumu memahami jumlah kromosom manusia, membedakan antara kromosom autosom dan kromosom seks, serta mengaitkannya dengan jenis kelamin dan pewarisan sifat. Sebelum aktivitas dilakukan, guru dapat menyiapkan gambar kromosom manusia (kariotipe).

Langkah-langkah:

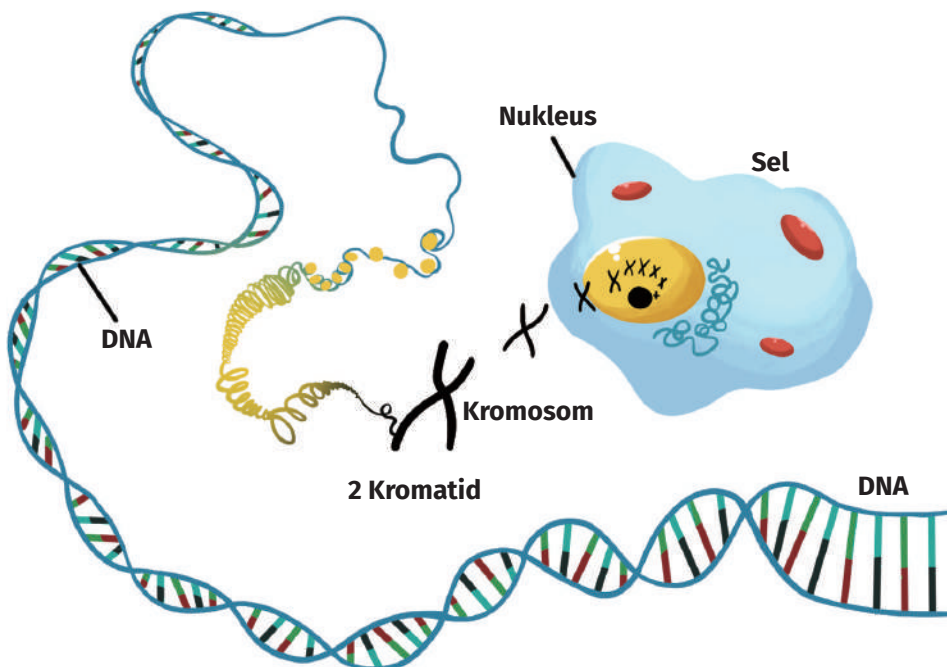
1. Amatilah gambar kariotipe manusia yang ditampilkan guru di papan atau buku.
2. Jawablah pertanyaan berikut secara berpasangan:
 - a. Berapa jumlah total kromosom yang terlihat?
 - b. Kromosom mana yang berbeda antara laki-laki dan perempuan?
3. Apa perbedaan antara kromosom seks XX dan XY?
4. Bentuklah kelompok berisi 3–4 orang.
5. Diskusikan bersama kelompokmu:
 - a. Mengapa kromosom penting dalam pewarisan sifat?
 - b. Apa dampaknya jika terjadi kelainan jumlah kromosom?
6. Tulislah hasil diskusi kelompok dalam tabel sederhana.
7. Ambillah satu kartu kromosom secara acak (XX, XY, autosom) dari yang telah disiapkan guru.
8. Simpulkan jenis kelamin dan prediksi ciri bawaan berdasarkan kombinasi kromosom yang kamu peroleh.

9. Tuliskan satu hal baru yang kamu pelajari hari ini dan satu pertanyaan yang masih kamu miliki.

Pertanyaan:

1. Apa yang akan terjadi jika seseorang memiliki kromosom XXY atau hanya satu kromosom X?
2. Mengapa penting memahami peran kromosom dalam keluarga atau dunia kesehatan?

Di dalam kromatid terdapat benang heliks ganda (*double helix*) yang disebut dengan DNA. DNA dikemas di dalam kromosom dengan cara melilit pada protein histon. Potongan DNA yang menentukan satu sifat atau mengode satu protein disebut dengan gen. Jadi, tidak semua bagian DNA adalah gen. Gen inilah yang berfungsi menentukan sifat individu melalui proses sintesis protein. Protein yang dikode oleh gen ini akan digunakan untuk menyusun struktur sel serta bahan baku enzim dan hormon.



Gambar 4.1 Kromosom, DNA, dan Gen





Fakta

Sains

Penemuan DNA

DNA pertama kali ditemukan pada 1869. Namun, pada awal tahun 1950-an, James Watson dan Francis Crick mulai mengembangkan penelitian tentang DNA menggunakan mikroskop elektron. Pada tahun 1953, mereka mengumumkan ke publik bahwa DNA berbentuk heliks ganda, spiral yang tersusun atas dua helai DNA. Setiap untai mengandung monomer nukleotida yang saling melilit.

Berkat penemuan ini, dokter dapat mendiagnosis penyakit berdasarkan analisis DNA, perawatan penyakit, dan mengidentifikasi identitas jenazah seseorang. Analisis DNA dapat digunakan juga sebagai bukti akurat dalam proses hukum. Karena penemuan ini, pada tahun 1962, Watson dan Crick mendapatkan penghargaan Nobel.

Sumber: Ahmad Naufal Dzulfaroh dan Rizal Setyo Nugroho/Kompas.com

Untuk memperdalam wawasanmu tentang bentuk DNA, ayo kerjakan Aktivitas 4.2 berikut.



Aktivitas 4.2

Ayo Komunikasikan

Membuat Model DNA

Setelah mengikuti kegiatan ini, kamu dapat memahami struktur dasar molekul DNA, mengidentifikasi pasangan basa nitrogen dalam DNA, serta mengembangkan keterampilan berpikir kreatif dan kolaboratif melalui pembuatan model DNA sederhana.

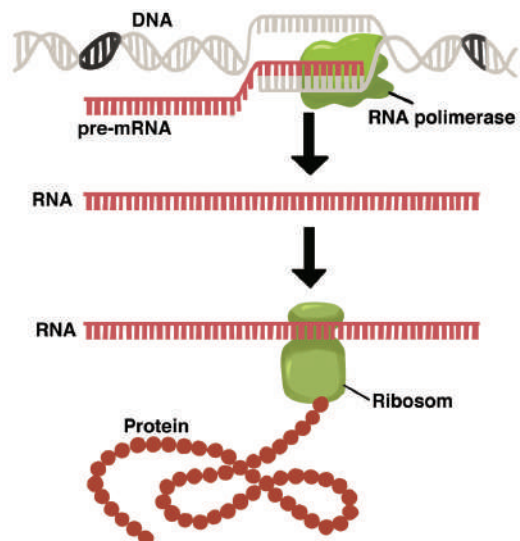
Langkah-langkah:

1. Simak penjelasan guru mengenai struktur DNA dan fungsinya dalam pewarisan sifat.
2. Tonton video atau amati gambar animasi heliks ganda DNA yang ditampilkan.
3. Bentuk kelompok dan siapkan alat serta bahan berikut:
 - a. sedotan warna, untuk untai gula-fosfat;
 - b. manik-manik atau kertas warna, untuk basa nitrogen: adenin (A), timin (T), sitosin (S), guanin (G);

- c. benang atau tali, untuk menyatukan pasangan basa;
- d. gunting dan lem atau selotip.
4. Potong sedotan dan rangkai menjadi dua untai utama DNA (*backbone*) secara sejajar.
5. Susunlah pasangan basa nitrogen di antara dua untai sedotan sesuai aturan: adenin berpasangan dengan timin (A-T), dan sitosin dengan guanin (C-G).
6. Gunakan benang atau tali untuk menyambungkan pasangan basa dan menyatukan struktur menjadi bentuk heliks ganda sederhana.
7. Tempelkan label pada setiap bagian: *backbone* (gula-fosfat), pasangan basa (A, T, C, G), dan heliks ganda.
8. Presentasikan model DNA yang telah dibuat di depan kelas dan jelaskan fungsinya.
9. Berikan masukan atau ajukan pertanyaan kepada kelompok lain setelah presentasi mereka.
10. Diskusikan dan jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.
 - a. Apa fungsi utama dari molekul DNA di dalam tubuh makhluk hidup?
 - b. Apa yang dimaksud dengan pasangan basa? Mengapa penting untuk pewarisan sifat?
 - c. Apa kesulitan yang kalian hadapi dalam membuat model ini?
 - d. Bagaimana kerja kelompok kalian dapat membantu memahami struktur DNA lebih baik?
 - e. Jika kalian diminta menjelaskan DNA kepada teman kelas lain, bagaimana kalian akan menjelaskannya?

2. Ekspresi Gen

Seperti yang sudah dijelaskan pada materi sebelumnya, gen berperan penting dalam menentukan sifat individu. Mekanisme penentuan sifat ini diekspresikan melalui proses sintesis protein. Sintesis protein terdiri atas dua tahapan yaitu transkripsi dan translasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tahapan Sintesis Protein



Di dalam inti sel eukariotik, kode genetik DNA disalin menjadi mRNA. Tahapan ini disebut dengan transkripsi. Selanjutnya mRNA yang sudah terbentuk akan ke luar inti sel dan menempel di ribosom. Kode genetik pada mRNA ini kemudian diterjemahkan menjadi asam amino yang akan dirangkai menjadi protein. Tahapan penerjemahan mRNA menjadi protein disebut translasi. Protein yang dihasilkan kemudian akan diproses di Retikulum Endoplasma (RE) dan badan Golgi sebagai bahan baku pembuatan enzim, hormon, atau struktur sel yang dapat memengaruhi sifat setiap individu. Jadi dapat disimpulkan bahwa proses sintesis protein yang terjadi pada setiap sel inilah yang menyebabkan sifat setiap individu berbeda.



Aktivitas 4.3

Ayo Refleksi

1. Apa hal paling menarik yang kamu pelajari hari ini? Mengapa menurutmu itu menarik?
2. Bagaimana pemahamanmu tentang pewarisan sifat dapat dikaitkan dengan ciri-ciri fisik yang kamu miliki?
3. Dari materi hari ini, bagian mana yang masih membuatmu bingung atau ingin kamu pelajari lebih dalam lagi?
4. Jika kamu menjadi ilmuwan di masa depan, eksperimen atau inovasi apa yang ingin kamu lakukan terkait pewarisan sifat?



Ayo Uji Kemampuan

1. Apa perbedaan antara kromosom, DNA, dan gen?
2. Bagaimana mekanisme ekspresi gen?
3. Manusia memiliki 46 kromosom yang tersusun dalam 23 pasang. Setiap sel tubuh manusia normalnya mengandung jumlah kromosom tersebut, kecuali sel kelamin (sperma dan sel telur) yang hanya memiliki separuhnya. Suatu hari, seorang anak membaca artikel tentang kelainan genetik yang disebabkan oleh jumlah kromosom yang tidak normal. Salah satu contoh kelainan tersebut adalah sindrom Down, yang terjadi jika seseorang memiliki tiga kromosom nomor 21.



- a. Jelaskan perbedaan jumlah kromosom antara sel tubuh dan sel kelamin pada manusia serta alasannya.
 - b. Mengapa seseorang dengan sindrom Down memiliki 47 kromosom, bukan 46? Jelaskan bagaimana hal tersebut bisa terjadi.
 - c. Menurut pendapatmu, apa dampak yang mungkin timbul jika terjadi kelainan jumlah kromosom dalam tubuh manusia? Jelaskan dengan contoh.
 - d. Berdasarkan kasus sindrom Down di atas, apa pentingnya memahami pewarisan sifat dan genetika sejak dini? Kaitkan dengan pengambilan keputusan dalam kehidupan sehari-hari (misalnya pernikahan, kesehatan, dll).
4. Apa yang akan terjadi jika terdapat kesalahan pada saat penyalinan kode genetik dari DNA menjadi RNA? Jelaskan dampaknya jika hal tersebut terjadi pada tubuh manusia disertai dengan kasus nyata dalam kehidupan sehari-hari!

B. Persilangan Monohibrid dan Dihibrid

Pernahkah kamu memperhatikan adik atau kakak kandungmu? Mengapa antara adik, kakak, dan kamu sendiri terdapat perbedaan sifat padahal berasal orang tua yang sama? Jika kita perhatikan penduduk antarnegara, dapat ditemukan perbedaan-perbedaan fisik di antaranya warna rambut, warna kulit, bentuk hidung, warna mata, dan ciri fisik lainnya. Perkawinan antarnegara akan menghasilkan keturunan dengan ciri fisik campuran keduanya. Nah, pada bab ini kamu akan mempelajari pewarisan sifat pada makhluk hidup.

1. Percobaan Mendel

Ilmu tentang pewarisan sifat dikenal dengan istilah genetika. Genetika mulai berkembang setelah percobaan yang dilakukan oleh Gregor Johann Mendel pada tahun 1856–1863. Mendel mencoba menyilangkan kacang ercis (*Pisum sativum* atau kacang kapri) dan mengamati karakteristik keturunannya. Kacang kapri dipilih karena beberapa alasan di antaranya kacang kapri memiliki banyak varietas, dapat melakukan penyerbukan sendiri, mudah dikawinsilangkan, berumur pendek (mudah menghasilkan biji), dan banyak



menghasilkan keturunan. Dari hasil persilangan kacang ercis tersebut, Mendel menemukan fakta bahwa generasi kedua selalu menghasilkan pola perbandingan tertentu.

Terdapat beberapa istilah yang harus kamu pahami dalam mempelajari pewarisan sifat.

1. Parental (P) adalah induk yang disilangkan.
2. Gamet (G) adalah sel kelamin jantan atau betina.
3. Filial (F) adalah keturunan. F1 berarti keturunan generasi pertama (anak) dan F2 berarti keturunan generasi kedua (cucu).
4. Gen adalah faktor keturunan atau pembawa sifat. Gen selalu berpasangan. Pasangan gen disebut dengan alel. Terdapat dua macam gen yaitu gen dominan (kuat) dan gen resesif (lemah). Gen dominan ditulis dengan huruf kapital dan diambil dari huruf pertama sifat suatu individu, misalnya gen manis dapat ditulis dengan huruf M dan sebaliknya gen resesif ditulis dengan huruf m.
5. Genotipe adalah susunan gen dari suatu individu. Terdapat tiga jenis genotipe yaitu homozigot dominan (contohnya, MM yang membawa sifat manis), heterozigot (contohnya, Mm yang membawa sifat manis), dan homozigot resesif (contohnya mm, yang membawa sifat asam).
6. Fenotipe adalah sifat yang muncul dari suatu organisme. Misalnya genotipe MM maka fenotipenya manis, genotipe Mm maka fenotipenya manis, dan genotipe mm maka fenotipenya asam.

2. Persilangan Monohibrid

Di dalam ilmu genetika dikenal dengan istilah hukum I Mendel atau hukum segregasi (pemisahan). Hukum I Mendel menyatakan bahwa pasangan alel berpisah secara bebas pada saat pembentukan gamet. Hukum I Mendel dapat dibuktikan pada persilangan monohibrid. Monohibrid adalah persilangan dengan satu sifat beda.

Mendel menyilangkan tanaman ercis berbunga ungu dengan ercis berbunga putih. Hasil persilangan menunjukkan bahwa pada generasi pertama (F1) semua keturunannya berbunga ungu. Jika generasi pertama (F1) disilangkan sesamanya, ternyata akan dihasilkan keturunan generasi kedua (F2) berupa bunga berwarna ungu sebanyak 75% dan tanaman ercis berbunga putih sebanyak 25%. Berikut contoh diagram persilangan monohibrid.



Gamet 1 : U × u



F1 : Uu

Gamet 2 : Uu × Uu

F2 :

Jantan/betina	U	u
U	UU	Uu
u	Uu	uu

F2 : UU, Uu, Uu, uu

Rasio genotip F2 = UU : Uu : uu

= 1 : 2 : 1

Rasio fenotip F2 = Ungu : Putih

= 3 : 1

= 75% : 25%

Selanjutnya untuk memperdalam pengetahuanmu tentang persilangan monohibrid, lakukan Aktivitas 4.4 berikut.



Aktivitas 4.4 Ayo Selidiki

Tujuan: Membuktikan perbandingan genotipe dan fenotipe hasil persilangan monohibrid.

Langkah-langkah:

1. Siapkan 100 kancing baju berwarna merah dan 100 kancing baju berwarna putih.
2. Kancing dapat kita anggap sebagai gamet. Warna merah dan putih diibaratkan sebagai gen. Gen merah bersifat dominan dan gen putih bersifat resesif.
3. Masukkan 50 kancing merah dan 50 kancing putih ke dalam toples A (induk jantan). Masukkan 50 kancing merah dan 50 kancing putih ke dalam toples B (induk betina).
4. Campur kancing di setiap toples hingga merata.
5. Secara acak, (tanpa melihat dengan mata langsung) ambil masing-masing satu buah kancing dari toples A dan toples B.



6. Catat data hasil pengambilan pada tabel dengan ketentuan sebagai berikut.
 - a. Jika yang terambil pasangan merah-merah artinya genotipenya adalah MM dan fenotipenya adalah merah.
 - b. Jika yang terambil pasangan merah-putih berarti genotipenya adalah Mm dan fenotipenya adalah merah.
 - c. Jika yang terambil pasangan putih-putih artinya genotipenya adalah mm fenotipenya adalah putih.
7. Jawablah pertanyaan berikut:
 - a. Warna apa yang bersifat dominan dan resesif?
 - b. Berapa perbandingan genotipe yang dihasilkan?
 - c. Berapa perbandingan fenotipe yang dihasilkan?
 - d. Apakah data yang dihasilkan mendekati persilangan yang dilakukan oleh Mendel yaitu perbandingan genotipe adalah 1:2:1 dan perbandingan fenotipe adalah 3:1?



Penemuan Mendel Sempat Diabaikan

Mendel dilahirkan tahun 1822 dan meninggal pada tahun 1884. Semasa hidupnya, Mendel hanya dikenal sebagai seorang biarawan biasa, bukan seorang ahli genetika. Setelah 26 tahun kematiannya, barulah penemuannya mendapatkan pengakuan dari para ilmuwan lainnya. Mendel menghabiskan dua tahun percobaan untuk mengamati hasil persilangan kacang ercis (*Pisum sativum*). Dia menyilangkan dua varietas tanaman yang memiliki karakteristik kontras misalnya bunga ungu dengan bunga putih. Selama 8 musim, dia telah mengumpulkan data dari 10.000 tanaman, 40.000 bunga, dan 300.000 biji kacang ercis. Hasil pengamatan Mendel menunjukkan adanya pola pewarisan sifat dari induk ke anaknya. Hasil percobaan Mendel dipublikasikan dalam pertemuan ilmiah dan jurnal. Namun, respons dari para ilmuwan lainnya datar saja. Baru setelah ada penelitian serupa pada tahun 1900, hasil percobaan Mendel menjadi rujukan utama.

Sumber: Fadrik Aziz Firdausi/Tirto.id

3. Persilangan Dihibrid

Di dalam ilmu genetika juga dikenal dengan hukum II Mendel atau hukum asortasi (berpasangan secara bebas). Hukum II Mendel menyatakan bahwa setiap alel dapat berpasangan secara bebas dengan alel lainnya yang bukan pasangannya pada saat pembentukan gamet. Hukum II Mendel dapat dibuktikan melalui persilangan dihibrid. Dihibrid adalah persilangan dengan dua sifat beda, misalnya ungu atau putih dan tinggi atau pendek.

Pada persilangan tanaman ercis berbunga ungu batang tinggi dengan tanaman ercis berbunga putih batang pendek, dihasilkan keturunan pertama (F1) kacang ercis berbunga ungu batang tinggi. Warna bunga ungu dan batang tinggi bersifat dominan sedangkan warna bunga putih batang pendek bersifat resesif. Jika keturunan pertama (F1) disilangkan sesamanya, akan dihasilkan keturunan generasi kedua (F2), bunga ungu batang tinggi, bunga ungu batang pendek, bunga putih batang tinggi, dan bunga putih batang pendek dengan perbandingan 9:3:3:1. Contoh diagram persilangan dihibrid adalah sebagai berikut.

P2 : UuTt x UuTt

Gamet : UT,Ut,uT,ut

F2 :

Jantan/betina	UT	Ut	uT	ut
UT	UUTT	UUTt	UuTT	UuTt
Ut	UUTt	UUtt	UuTt	Uutt
uT	UuTT	UuTt	uuTT	uuTt
ut	UuTt	Uutt	uuTt	uutt

Selanjutnya untuk memperdalam pemahamanmu tentang persilangan dihibrid, lakukan Aktivitas 4.5 berikut.





Aktivitas 4.5

Ayo Selidiki

Tujuan: Membuktikan perbandingan fenotipe hasil persilangan dihibrid.

Alat dan bahan:

1. 100 kancing merah (menyatakan gen dominan sifat pertama: B = Bulat)
2. 100 kancing putih (menyatakan gen resesif sifat pertama: b = keriput)
3. 100 kancing kuning (gen dominan sifat kedua: K = kuning)
4. 100 kancing hijau (gen resesif sifat kedua: k = hijau)
5. 2 toples atau kantong (untuk Induk Jantan dan Betina)
6. Tabel pengamatan

Langkah-langkah:

1. Siapkan dua toples yang diberi label Toples A (Induk Jantan) dan Toples B (Induk Betina).
2. Masukkan ke dalam masing-masing toples: 25 kancing merah, 25 putih, 25 kuning, dan 25 hijau.
3. Kocok toples A dan B secara merata untuk mengacak 'gamet'.
4. Ambil dua kancing dari Toples A. Satu untuk sifat pertama (warna merah atau putih). Satu lagi untuk sifat kedua (kuning atau hijau)
5. Lakukan hal yang sama untuk Toples B.
6. Gabungkan hasil pengambilan dari Toples A dan B:
Contoh: kancing merah dari A + kancing putih dari B = Bb. Kancing kuning dari A + kancing hijau dari B = Kk. Hasil kombinasi: BbKk
7. Catat kombinasi genotipe dan fenotipe hasil penggabungan. Contoh: BbKk = biji bulat dan kuning (jika merah = B, putih = b; kuning = K, hijau = k).
8. Ulangi langkah 4–8 hingga kamu menyelesaikan minimal 64 percobaan.
9. Kelompokkan hasil kombinasi ke dalam tabel berikut dan hitung frekuensi kemunculannya.

No	Genotipe	Fenotipe
1	BBKK	Bulat Kuning
2	BbKk	Bulat Kuning
...		

Pertanyaan refleksi dan analisis:

1. Sifat apa saja yang dominan dan mana yang resesif?
2. Berapa kombinasi genotipe berbeda yang kamu temukan?
3. Bagaimana perbandingan fenotipe dari hasil percobaanmu?
4. Apakah hasil mendekati rasio teoritis 9:3:3:1? Jelaskan mengapa bisa berbeda!
5. Jika data berbeda dari teori, faktor apa yang mungkin memengaruhinya?

Pernahkah kamu mendengar tentang rasio 9:3:3:1 dalam genetika? Rasio ini muncul dari persilangan dua individu dengan dua sifat beda. Sekarang kamu akan memahaminya melalui aktivitas seru yaitu baling-baling genetika pada Aktivitas 4.6 berikut.



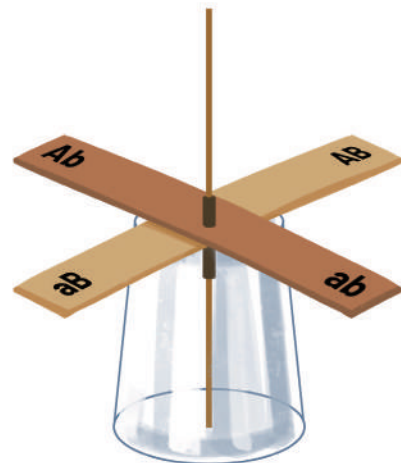
Aktivitas 4.6

Ayo Analisis

Tujuan: Membuktikan perbandingan fenotipe hasil persilangan dihibrid.

Langkah-langkah:

1. Buatlah kelompok dengan jumlah anggota sesuai kondisi kelas. Setiap kelompok akan memainkan peran sebagai ilmuwan muda yang sedang meneliti hasil persilangan dua tanaman (misalnya: warna biji dan bentuk biji kacang ercis).
2. Gunakan “Baling-Baling Genetika”.
Baling-baling ini berisi kemungkinan kombinasi alel dari dua induk (misalnya: $AaBb \times AaBb$). Gen A menentukan warna merah, gen b menentukan warna putih, gen B menentukan sifat biji bulat dan gen b menentukan sifat biji kisut. Setiap bilah baling-baling menunjukkan gamet yang terbentuk misal AB, Ab, aB dan ab. (Lihat Gambar 4.3).
Putar baling-baling untuk menentukan kombinasi genotipe anak secara acak. Amati pasangan genotipe yang muncul saat baling-baling berhenti berputar.



Gambar 4.3 Ilustrasi Baling-Baling Genetika



3. Catat kombinasi genotipe yang diperoleh (misal pada gambar muncul AAbb dan AaBB). Hitung perbandingan fenotipe yang muncul.
4. Ulangi sebanyak 32 kali lalu catat hasilnya.
5. Analisis rasio fenotipe yang muncul. Apakah hasilmu mendekati rasio 9:3:3:1? Mengapa bisa demikian?



Aktivitas 4.7

Ayo Refleksi

1. Apa hal paling menarik yang kamu pelajari hari ini? Mengapa menurutmu itu menarik?
2. Dari materi hari ini, bagian mana yang masih membuatmu bingung atau ingin kamu pelajari lebih dalam lagi?
3. Jika kamu menjadi ilmuwan di masa depan, eksperimen atau inovasi apa yang ingin kamu lakukan terkait hukum Mendel?



Ayo Uji Kemampuan

1. Jelaskan alasan ilmiah mengapa Gregor Mendel memilih tanaman kacang ercis (*Pisum sativum*) sebagai objek penelitiannya dalam memahami pewarisan sifat! Kaitkan jawabanmu dengan sifat biologis tanaman tersebut!
2. Seorang petani memiliki dua tanaman mawar berbeda warna bunga yaitu merah dan putih. Warna merah (M) dominan terhadap warna putih (m). Jika tanaman berbunga merah heterozigot (Mm) disilangkan dengan sesamanya maka berapa persen kemungkinan akan mendapatkan anakan yang berwarna putih?
3. Tanaman jagung memiliki dua sifat yang diamati: warna biji dan bentuk biji. Warna kuning (K) dominan terhadap warna putih (k) dan biji bulat (B) dominan terhadap biji keriput (b). Sepasang induk jagung heterozigot untuk kedua sifat (KkBb) disilangkan.
 - a. Buatlah diagram persilangan dihibrid antara dua jagung dengan genotipe $KkBb \times KkBb$!



- b. Tentukan perbandingan fenotipe keturunannya!
 - c. Jelaskan mengapa hasil persilangan tersebut menunjukkan hukum II Mendel (hukum segregasi bebas)!
4. Di sebuah desa, seorang bayi lahir dengan rambut lurus, padahal kedua orang tuanya memiliki rambut keriting. Rambut keriting diketahui bersifat dominan (R), sedangkan rambut lurus bersifat resesif (r). Kejadian ini menimbulkan kebingungan di masyarakat dan menimbulkan prasangka terhadap sang ibu. Sebagai ilmuwan muda, kamu diminta menjelaskan kemungkinan genetik dari kasus ini agar tidak terjadi kesalahpahaman.
- a. Jelaskan kemungkinan genotipe dari kedua orang tua berdasarkan informasi di atas!
 - b. Gunakan diagram Punnett untuk membuktikan kemungkinan kelahiran anak berambut lurus dari dua orang tua berambut keriting!
 - c. Berdasarkan analisis genetikmu, bagaimana kamu menjelaskan bahwa tidak ada yang aneh dari kelahiran anak tersebut secara ilmiah?
 - d. Nilai apa yang bisa kamu pelajari dari kasus ini dalam menyikapi perbedaan genetik dan prasangka sosial?
5. Sepasang suami istri berkulit normal (diduga homozigot atau heterozigot) terkejut karena memiliki anak yang mengalami albinisme (kulit sangat putih, mata merah muda, dan sensitif terhadap cahaya). Albinisme disebabkan oleh gen resesif (a). Kemukakan argumen ilmiah berdasarkan hukum pewarisan sifat Mendel untuk menjelaskan fenomena tersebut!

C. Bioteknologi

Pernahkah kamu mengonsumsi tempe, yogurt, cuka, atau keju? Bagaimana proses pembuatan makanan/minuman tersebut? Jika kita amati, proses pembuatan makanan tersebut memerlukan mikroba tertentu. Misalnya, saat membuat tempe, kita akan menambahkan ragi agar tempe bisa terbentuk. Ragi mengandung mikroorganisme berupa jamur yang dapat tumbuh pada media kacang yang kita siapkan. Serat putih pada tempe adalah jamur yang sudah berkembang. Nah, pada subbab ini kamu akan belajar tentang pemanfaatan agen biologis termasuk mikroba dalam menghasilkan produk.



1. Bioteknologi Konvensional

Pemanfaatan mikroorganisme dalam proses pembuatan makanan dan minuman telah dikenal ribuan tahun sebelum Masehi. Pemanfaatan agen biologis seperti mikroorganisme, enzim, sel, DNA, untuk menghasilkan produk/jasa dikenal dengan istilah bioteknologi. Pemanfaatan mikroba secara langsung untuk menghasilkan produk termasuk bioteknologi konvensional. Bioteknologi konvensional banyak digunakan dalam proses pembuatan makanan/minuman dan antibiotik. Peralatan dan metode yang digunakan dalam prosesnya sederhana serta tidak memerlukan sterilitas yang tinggi.

Bioteknologi konvensional menerapkan prinsip fermentasi. Fermentasi adalah proses pemecahan senyawa kompleks menjadi sederhana dalam keadaan anaerob. Mikroorganisme yang ditambahkan akan tumbuh dan berkembang biak pada substrat (bahan baku) yang disiapkan. Organisme tersebut menguraikan bahan baku (substrat) menjadi senyawa yang lebih sederhana dalam keadaan anaerob. Produk sampingan inilah yang kita manfaatkan sebagai minuman, makanan, atau antibiotik. Beberapa contoh produk bioteknologi konvensional misalnya tempe, roti, keju, kecap, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Produk Bioteknologi Konvensional

Sumber: [commons.wikimedia.org/Dmitry Makeev](https://commons.wikimedia.org/Dmitry_Makeev) (2012); [iStockphoto/HandmadePicture](https://iStockphoto.com/HandmadePicture) (2015); [commons.wikimedia/FotoosVanRobin](https://commons.wikimedia.org/FotoosVanRobin) (2007); Flickr.com/kattebelletje (2010)

Selanjutnya untuk memperdalam pengetahuanmu tentang bioteknologi konvensional, lakukan Aktivitas 4.8 berikut.



Aktivitas 4.8 Ayo Selidiki

Tujuan: Menganalisis proses fermentasi melalui kegiatan percobaan pembuatan produk bioteknologi.

Langkah-langkah:

Secara berkelompok buatlah produk fermentasi sesuai potensi lokal masing-masing sekolah.

1. Proses praktik yang dilakukan harus menerapkan adanya proses rekayasa variabel misalnya pengaruh jumlah ragi terhadap kualitas roti yang dihasilkan.
2. Hasil percobaan dipresentasikan dalam bentuk poster dengan sistematis meliputi judul, tujuan percobaan, alat bahan, cara kerja, hasil dan pembahasan.
3. Poster dapat disajikan di depan kelas dan ditempel di dinding kelas masing-masing.
4. Kelompok lain menuliskan mikroorganisme yang terlibat dan proses yang terjadi selama fermentasi ketika ada kelompok yang sedang presentasi.

Catatan:

Sebagai alternatif kegiatan untuk Aktivitas 4.8, kalian dapat berkunjung ke tempat pembuatan produk fermentasi di daerah masing-masing. Kalian dapat mengamati proses pembuatan produk fermentasi dan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkannya.

2. Bioteknologi Modern

Berbeda dengan bioteknologi konvensional yang memanfaatkan mikroorganisme secara langsung dalam prosesnya (misalnya fermentasi), bioteknologi modern melibatkan rekayasa genetik atau manipulasi materi genetik (DNA) organisme. Bioteknologi modern mulai berkembang pesat setelah ilmuwan menemukan struktur DNA dan memahami cara kerja gen dalam pewarisan sifat. Ciri khas bioteknologi modern sebagai berikut.

- a. Melibatkan teknik manipulasi genetik, seperti penyisipan, penghapusan, atau penggantian gen tertentu.



- b. Menggunakan alat dan teknologi canggih, seperti mikroskop elektron, *polymerase chain reaction* (PCR), dan enzim-enzim khusus.
- c. Memerlukan kondisi steril dan terkendali di laboratorium.
- d. Bertujuan menghasilkan organisme atau produk dengan sifat unggul yang tidak dapat diperoleh melalui cara konvensional.

Berikut beberapa contoh bioteknologi modern.

- a. Kultur jaringan: menumbuhkan bagian tanaman dalam medium khusus untuk mendapatkan bibit unggul.
- b. Rekayasa genetika (DNA rekombinan): menggabungkan gen dari dua organisme berbeda untuk menghasilkan organisme baru.
- c. Kloning: membuat salinan identik secara genetik dari suatu makhluk hidup.
- d. Bayi tabung (fertilisasi in vitro): proses pembuahan sel telur di luar tubuh.
- e. Teknologi hibridoma: menggabungkan dua jenis sel untuk memproduksi antibodi monoklonal.

Selain itu, di era sekarang, bioteknologi dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan warna yang mewakili bidang penerapannya.



Bioteknologi putih berfokus pada industri, seperti produksi enzim, bioetanol, dan bioplastik yang ramah lingkungan.



Bioteknologi merah berkaitan dengan bidang kesehatan, termasuk pembuatan vaksin, antibiotik, dan terapi gen untuk pengobatan penyakit.



Bioteknologi hijau diterapkan dalam pertanian, misalnya pada tanaman transgenik, biopestisida, dan kultur jaringan untuk meningkatkan hasil dan ketahanan pangan.



Bioteknologi biru berhubungan dengan sumber daya kelautan, seperti pemanfaatan mikroorganisme laut untuk produksi obat, bioremediasi, dan budidaya mikroalga.

Pendalaman terkait materi bioteknologi modern dan berbagai aplikasi bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari akan dibahas lebih lanjut di kelas X dan XII SMA. Oleh karena itu, pembahasan materi lebih lanjut tidak akan disajikan pada subbab ini. Namun demikian, jika kamu tertarik dengan materi secara detail, kamu boleh mempelajarinya secara mandiri.



Ayo Uji Kemampuan

1. Apa perbedaan antara bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern?
2. Tulislah sepuluh produk fermentasi dan mikroorganisme yang berperan dalam pembuatan produk tersebut!
3. Ibu Sinta membuat tape dari singkong dengan menambahkan ragi, kemudian membungkus dan menyimpannya di tempat tertutup selama beberapa hari. Setelah beberapa hari, singkong menjadi lunak dan memiliki rasa manis sedikit asam. Jelaskan proses bioteknologi konvensional yang terjadi pada pembuatan tape singkong tersebut! Mikroorganisme apa yang berperan dan bagaimana cara kerjanya dalam mengubah singkong menjadi tape?
4. Salah satu produk bioteknologi konvensional yang populer di Indonesia adalah tempe. Proses pembuatan tempe menggunakan kedelai yang difermentasi oleh jamur *Rhizopus oligosporus*. Namun, di suatu desa, masyarakat mengeluhkan bahwa pembuatan tempe sering gagal misalnya tempe berlendir, berbau menyengat, dan tidak padat. Analisislah kemungkinan penyebab kegagalan fermentasi tempe tersebut dengan menggunakan pengetahuanmu tentang prinsip kerja mikroorganisme dalam bioteknologi konvensional! Kemukakan juga solusi apa yang bisa dilakukan masyarakat agar fermentasi berhasil dan tempe yang dihasilkan berkualitas baik!



Projek **Akhir Bab**

Setelah mempelajari bab ini, kamu akan melakukan sebuah projek untuk memperdalam pengetahuan yang telah didapatkan. Projek dilakukan secara berkelompok dengan bimbingan guru. Projek yang dilakukan adalah membuat produk alternatif berbasis fermentasi untuk mendukung ketahanan pangan Indonesia. Langkah-langkah yang harus kalian lakukan adalah:

1. Identifikasi bahan pangan di sekitar sekolah atau rumah kalian yang dapat dijadikan sebagai bahan utama pembuatan produk fermentasi. Misalnya di lingkungan kalian banyak ditemukan kacang hijau atau jenis kacang lain selain kedelai. Analis potensinya sebagai bahan baku pembuatan tempe.
2. Buatlah laporan projek tentang potensi bahan pangan alternatif sebagai bahan baku pembuatan makanan berbasis fermentasi dalam bentuk poster.
3. Presentasikan di depan kelas dan mintalah masukan untuk memperbaiki proses pembuatan produk tersebut.
4. Poster yang sudah diperbaiki diunggah ke media sosial sebagai sumber informasi bagi masyarakat di lingkungan sekitar tempat tinggal kalian.



Uji Kompetensi

1. Setiap manusia memiliki DNA yang tersimpan dalam inti sel. DNA membawa informasi yang menentukan warna mata, bentuk rambut, hingga golongan darah. Mengapa DNA disebut sebagai bahan pewarisan sifat? Jelaskan peran DNA dalam menentukan ciri fisik seseorang!
2. Seorang pria dan istrinya memiliki rambut lurus. Anak pertama mereka memiliki rambut keriting. Jelaskan bagaimana mungkin anak dari dua orang tua berambut lurus bisa memiliki rambut keriting. Apa yang bisa kamu simpulkan dari kejadian ini tentang pewarisan sifat?
3. Seorang anak ingin memilih pasangan hewan peliharaan kucingnya agar anaknya nanti memiliki warna bulu tertentu yang unik dan lucu. Apa yang perlu diperhatikan dalam memilih pasangan induk agar warna bulu anak kucing bisa sesuai keinginan? Menurutmu, apakah manusia boleh mengatur sifat makhluk hidup hanya untuk kepentingan tampilan? Jelaskan alasanmu!
4. Tempe dan yogurt adalah contoh makanan hasil fermentasi yang menggunakan mikroorganisme. Keduanya banyak dikonsumsi karena bermanfaat untuk

pencernaan. Jelaskan bagaimana proses pembuatan makanan fermentasi tersebut sebagai contoh bioteknologi sederhana! Sebutkan mikroorganisme yang digunakan!

5. Di lingkungan sekitar, banyak orang membuat tape, tempe, dan yogurt dalam skala rumahan. Makanan tersebut dibuat melalui proses fermentasi menggunakan mikroorganisme alami dan sudah dikenal sejak lama. Menurut pendapatmu, apa manfaat penggunaan mikroorganisme dalam proses pembuatan makanan seperti tempe dan tape? Apakah ada risiko jika prosesnya tidak dilakukan dengan benar? Jelaskan alasanmu!



Pengayaan

Sebagai pengayaan materi pewarisan sifat, kamu bisa melakukan aktivitas pengamatan terhadap anggota keluargamu atau hewan peliharaan di rumah. Pilihlah minimal dua ciri fisik yang tampak jelas dan dapat diamati, misalnya bentuk rambut (lurus atau keriting), bentuk daun telinga (melekat atau bebas), atau warna kulit. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, gambarkan diagram silsilah sederhana (*pedigree*) yang mencakup tiga generasi. Catat siapa saja yang memiliki ciri tertentu. Lalu cobalah menduga bagaimana sifat tersebut diturunkan dari orang tua ke anak. Aktivitas ini akan membantumu memahami konsep pewarisan sifat secara lebih nyata dan dekat dengan kehidupan sehari-hari.

Setelah membuat diagram silsilah, kamu dapat mempresentasikan hasil pengamatanmu dalam kelompok kecil di kelas. Kamu bisa membandingkan pola pewarisan sifat dengan teman-temanmu, mendiskusikan kemungkinan adanya gen dominan dan resesif, serta merefleksikan mengapa pemahaman tentang pewarisan sifat penting, misalnya dalam dunia kesehatan, peternakan, atau pertanian. Guru akan membimbing jalannya diskusi dan membantu menjelaskan konsep-konsep ilmiah yang relevan. Melalui kegiatan ini, kamu tidak hanya belajar sains secara mendalam, tetapi juga melatih kemampuan berpikir kritis, berkomunikasi, dan bekerja sama dengan teman.





Refleksi Akhir Bab

Setelah mempelajari bab ini, refleksikan kegiatan yang telah kamu lakukan dengan menjawab pertanyaan berikut ini.

1. Apa hal paling menarik yang kamu pelajari tentang pewarisan sifat atau bioteknologi? Mengapa itu menarik bagimu?
2. Apakah masih terdapat materi yang perlu dipahami?
3. Bagaimana caramu meningkatkan pemahaman terkait materi yang belum kamu kuasai?
4. Apakah profil lulusan seperti kolaborasi, komunikasi, penalaran kritis, dan kreativitas sudah berkembang dalam dirimu?
5. Apa kontribusi yang dapat kamu berikan untuk Indonesia dalam meningkatkan ketahanan pangan? Kaitkan dengan materi pewarisan sifat dan bioteknologi!

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMP/MTs Kelas IX (Edisi Revisi)

Penulis : Cece Sutia, Victoriani Inabuy, Okky Fajar Tri Maryana
Budiyanti Dwi Hardanie, Sri Handayani Lestari

ISBN : 978-634-00-2430-2 (jil.3)



Listrik, Magnet, dan Energi Alternatif





Tujuan Pembelajaran

Pada akhir pembelajaran bab ini, kamu mampu menjelaskan konsep dasar listrik dan magnet beserta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Kamu juga dapat menyusun dan menguji rangkaian listrik sederhana secara mandiri maupun kolaboratif. Selain itu, kamu dapat memahami prinsip elektromagnetik dan penggunaannya dalam berbagai teknologi, serta mampu mengidentifikasi dan mengevaluasi berbagai sumber energi alternatif untuk mendukung masa depan yang berkelanjutan. Sebagai bentuk penerapan pengetahuan, kamu didorong untuk merancang purwarupa alat sederhana berbasis energi alternatif. Selama proses pembelajaran, kamu juga diharapkan menunjukkan sikap peduli terhadap lingkungan dan menerapkan perilaku hemat energi dalam kehidupan sehari-hari.

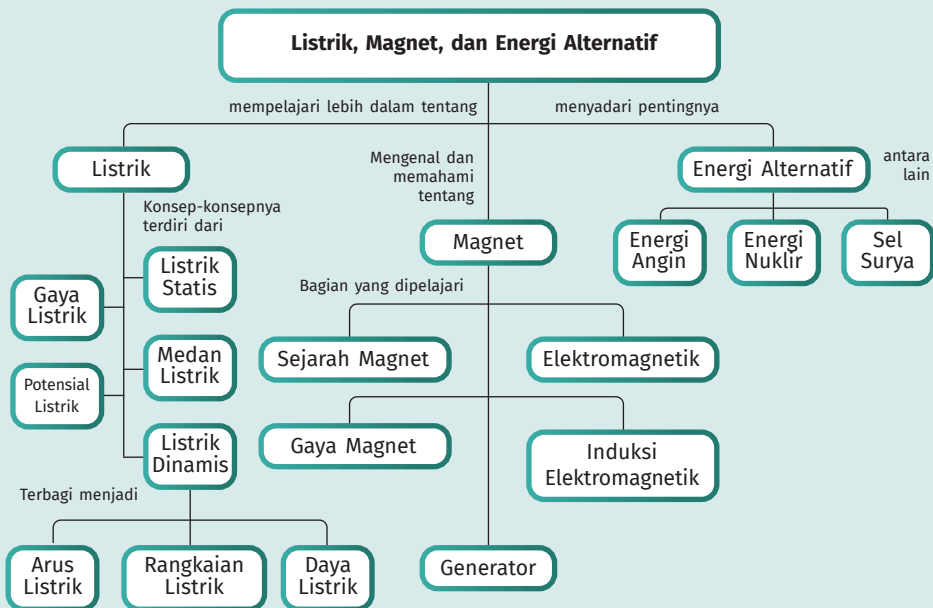


Kata Kunci

- ✓ Listrik
- ✓ Magnet
- ✓ Energi Alternatif
- ✓ Elektromagnetik
- ✓ Rangkaian Listrik



Peta Konsep





Coba kamu perhatikan lingkungan sekitarmu. Banyak aktivitas sehari-hari yang bergantung pada listrik, magnet, dan sumber energi tertentu. Di rumah, lampu menyala terang, televisi mengeluarkan suara dan gambar, dan kipas angin yang berputar perlahan.

Semuanya membutuhkan listrik untuk bekerja. Namun, tahukah kamu dari mana asal energi listrik tersebut? Mengapa listrik dapat menyetrum? Dan apakah semua benda dapat menghantarkan listrik?

Tak hanya listrik, magnet juga hadir dalam kehidupan kita tanpa kita sadari. Pintu kulkas yang menutup rapat, mainan tempel, hingga alat rumah tangga seperti tutup kotak bumbu, semuanya memanfaatkan magnet. Akan tetapi, sebenarnya, apa itu magnet? Apa saja sifatnya? Mungkinkah kita membuat magnet sendiri?

Belakangan ini, kamu mungkin melihat semakin banyak kendaraan listrik bermunculan, atau lampu jalan yang menggunakan tenaga surya. Mengapa masyarakat semakin mendorong penggunaan energi yang ramah lingkungan? Energi alternatif atau energi terbarukan menjadi harapan baru untuk masa depan yang berkelanjutan. Namun, sumber energi apa saja yang termasuk dalam kategori ini? Bagaimana cara kita menggunakannya?

Pertanyaan-pertanyaan ini akan menjadi awal petualanganmu dalam memahami konsep listrik, magnet, dan energi alternatif. Ayo kita mulai dengan merefleksikan pengetahuan dan pengalaman awalmu melalui pertanyaan-pertanyaan berikut. Ingat, tidak ada jawaban benar atau salah. Semua jawaban akan membantu guru dan teman-teman memahami lebih baik bagaimana kita memulai pembelajaran ini.

1. Apa saja alat di rumahmu yang tidak dapat berfungsi tanpa listrik?
2. Pernahkah kamu mengalami tersengat listrik? Jika ya, ceritakan bagaimana itu terjadi.
3. Menurutmu, dari mana asal energi listrik yang digunakan di rumah?
4. Apakah semua benda dapat menghantarkan listrik? Berikan contohnya.
5. Mengapa listrik bisa berbahaya jika tidak digunakan dengan hati-hati?
6. Sebutkan contoh benda atau alat di rumahmu yang menggunakan magnet!
7. Pernahkah kamu bermain dengan magnet? Apa yang terjadi saat dua kutub magnet didekatkan?



8. Menurutmu, apakah semua logam dapat ditarik oleh magnet? Jelaskan pendapatmu!
9. Apa yang terjadi jika magnet didekatkan ke TV, *handphone*, atau kompas?
10. Apa yang terlintas di pikiranmu saat mendengar kata “elektromagnet”?
11. Apa saja sumber energi yang kamu ketahui dan digunakan di rumah atau sekolah?
12. Apa dampaknya jika kita terus menggunakan energi dari minyak bumi atau batu bara?
13. Pernahkah kamu melihat atau menggunakan alat yang memanfaatkan energi matahari atau angin? Ceritakan!
14. Jika harus memilih satu energi alternatif untuk daerah tempat tinggalmu, apa yang akan kamu pilih? Mengapa?
15. Menurutmu, apa makna kata “terbarukan”? Apakah semua energi dapat diperbarui?

Dari pertanyaan di atas, manakah yang kamu merasa kesulitan dalam menjawabnya?

A. Listrik

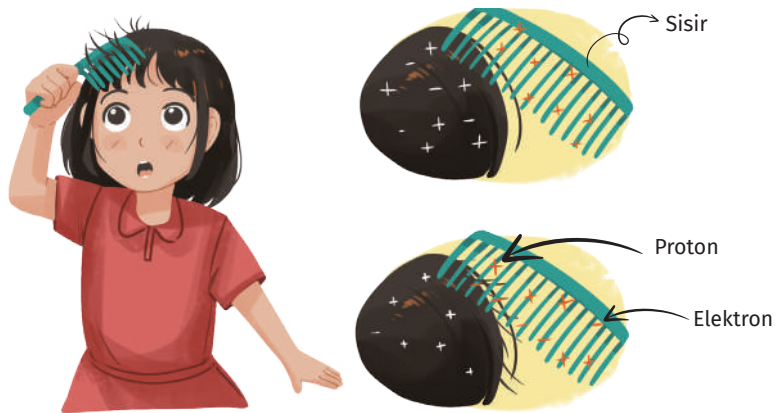
Coba kamu perhatikan sekeliling rumahmu. Lampu menyala terang, televisi menampilkan gambar dan suara, kipas angin berputar perlahan—semuanya membutuhkan listrik untuk bekerja. Akan tetapi, tahukah kamu dari mana listrik itu berasal?

Pernahkah kamu merasakan kesetrum saat mencolokkan kabel ke stop kontak? Apakah rasanya seperti tersengat? Mengapa hal itu bisa terjadi? Apakah semua benda bisa menghantarkan listrik? Apakah tubuh manusia juga termasuk? Melalui pertanyaan-pertanyaan ini, kita akan mulai mempelajari dunia listrik—mulai dari gejala sederhana seperti listrik statis hingga pemanfaatan listrik dalam kehidupan sehari-hari. Mari kita selami bersama cara listrik bekerja, cara kita menggunakannya dengan bijak, dan perannya dalam menciptakan masa depan yang berkelanjutan.

1. Listrik Statis

Perhatikan Gambar 5.1. Mengapa rambut bisa berdiri setelah digosok dengan sisir plastik? Apakah mungkin kita bisa menggerakkan benda tanpa menyentuhnya?





Gambar 5.1 Seorang anak sedang menyisir rambut sehingga helai-helai rambutnya berdiri.

Cobalah kamu lakukan percobaan sederhana ini: sisirlah rambut yang kering menggunakan sisir plastik secara berulang. Perhatikan beberapa helai rambut yang tertarik ke arah sisir dan berdiri tegak. Kamu juga dapat menggosokkan lembar plastik mika pada rambut, lalu mendekatkannya ke potongan kertas kecil. Potongan kertas tersebut tiba-tiba bergerak-gerak, seolah menari.

Fenomena ini bukan sihir, melainkan merupakan gejala listrik statis, yaitu kondisi ketika muatan listrik berpindah dari satu benda ke benda lainnya akibat gesekan. Berbeda dengan listrik yang mengalir melalui kabel di rumah, listrik statis tidak memerlukan sumber listrik seperti baterai atau stop kontak. Ia terjadi secara alami melalui gesekan antarbenda tertentu.

Akan tetapi, apakah semua benda dapat menunjukkan gejala listrik statis? Tidak. Benda-benda tertentu seperti plastik, kain wol, kaca, atau rambut kering lebih mudah menunjukkan fenomena ini karena sifat permukaannya yang memungkinkan terjadinya perpindahan muatan. Sifat ini dikenal sebagai kemampuan benda untuk menarik atau melepas elektron saat bergesekan dengan benda lain.

Untuk memahaminya lebih jauh, mari kita ingat kembali struktur dasar atom. Setiap atom memiliki inti yang terdiri dari proton (bermuatan positif) dan neutron (netral) serta dikelilingi oleh elektron (bermuatan negatif). Ketika dua benda digosokkan, elektron dapat berpindah dari satu benda ke benda lain, meninggalkan salah satu benda bermuatan positif (karena kehilangan elektron) dan satunya bermuatan negatif (karena kelebihan elektron). Jika dua benda yang bermuatan listrik didekatkan, ada dua keadaan yang dapat



terjadi. Pertama adalah benda dengan muatan yang berbeda akan saling tarik-menarik. Keadaan kedua adalah ketika benda dengan muatan yang sama akan saling tolak-menolak.

Interaksi ini adalah dasar dari fenomena listrik statis yang dapat kamu amati sendiri di rumah. Dengan memahami prinsip ini, kamu sedang memasuki dunia mikroskopis yang menjelaskan pengaruh muatan tersembunyi terhadap benda-benda di sekitar kita.



Gambar 5.2 Listrik yang bermuatan negatif (kelebihan elektron) menarik potongan kertas kecil.

Lihatlah Gambar 5.2. Gambar tersebut memperlihatkan dua benda yang saling tarik-menarik. Ini terjadi karena terdapat perbedaan muatan listrik pada kedua benda tersebut. Misalnya, ketika sisir yang telah digosok menjadi bermuatan negatif didekatkan ke potongan kertas, sebagian ujung kertas menjadi bermuatan positif, sehingga keduanya saling tertarik. Fenomena ini menggambarkan hukum dasar dalam kelistrikan: muatan berbeda tarik-menarik, muatan sejenis tolak-menolak.

Namun, muncul pertanyaan penting: Bagaimana kita dapat mengetahui apakah suatu benda bermuatan positif atau negatif? Untuk menjawabnya, kita perlu alat bantu yang dapat mendeteksi adanya muatan listrik pada suatu benda, sekaligus memberi petunjuk tentang jenis muatannya. Salah satu alat sederhana tetapi sangat berguna untuk keperluan ini adalah elektroskop.

Pernahkah kamu memperhatikan percikan kecil seperti kilatan api yang muncul dari aspal saat truk besar melintas? Atau percikan cahaya di sepanjang rel ketika kereta api melaju kencang? Fenomena ini bukan sekadar efek visual biasa, melainkan gejala listrik statis. Fenomena ini merupakan hasil dari akumulasi dan pelepasan muatan listrik yang berbeda antara dua permukaan yang bergesekan kuat, seperti ban dan jalanan atau roda logam dan rel.

Gejala listrik statis seperti ini, meski tampak sepele, dapat berbahaya dalam kondisi tertentu, misalnya di lingkungan yang mudah terbakar. Karena itulah para ilmuwan terdorong untuk merancang alat pendeteksi muatan listrik yang dikenal sebagai elektroskop. Alat ini membantu kita mengamati apakah suatu benda bermuatan listrik, sekaligus mengenali jenis muatannya (positif atau negatif) dengan cara yang aman dan sederhana.



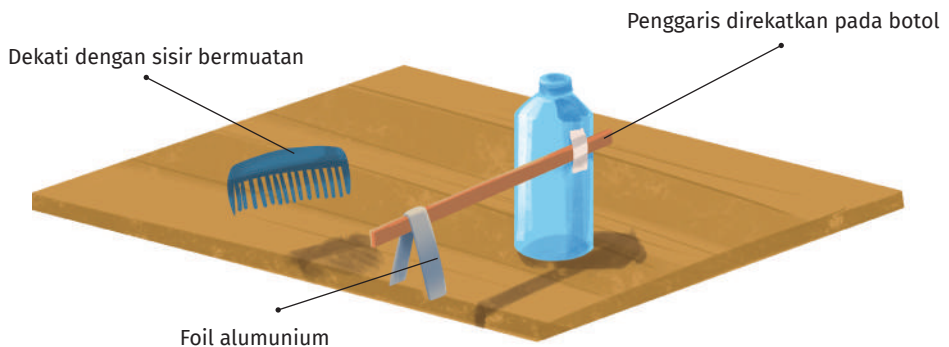
Aktivitas 5.1

Ayo Selidiki

Tujuan:

Setelah melakukan aktivitas ini, kamu dapat:

1. mengamati gejala listrik statis melalui percobaan elektroskop sederhana,
2. menjelaskan prinsip kerja elektroskop sebagai alat pendeteksi muatan listrik,
3. menentukan jenis muatan (positif atau negatif) pada benda berdasarkan interaksi dengan elektroskop, dan
4. melatih keterampilan observasi, penalaran ilmiah, dan kerja sama dalam kelompok eksperimen.



Gambar 5.3 Elektroskop Sederhana untuk Menentukan Muatan Listrik Benda

Alat dan bahan:

1. Stoples kaca kecil bertutup logam/plastik (diameter sekitar 6–8 cm)
2. Klip kertas besar atau paku kecil ditambah kawat tembaga tipis
3. Aluminium foil (dipotong dua daun kecil, sekitar 1×3 cm)
4. Isolasi/perekat (selotip)
5. Sedotan plastik/kaca akrilik/PVC sebagai batang penggosok
6. Kain wol/selendang sintesis/balon untuk menggosok (sumber muatan)
7. Styrofoam/kardus kecil sebagai dudukan penyangga (isolasi)
8. Gunting dan paku/pisau kecil untuk melubangi tutup
9. *Protractor* kertas (busur derajat) ditempel di dinding stoples untuk mengukur sudut bukaan daun (opsional)
10. Higrometer mini atau aplikasi cuaca untuk melihat kelembapan (opsional)

Langkah-langkah:

A. Merakit elektroskop

1. Lubangi tutup stoples (diameter $\pm 2-3$ mm) di bagian tengah.
2. Bentuk klip kertas menjadi batang lurus; di salah satu ujungnya pasang kait kecil.



3. Gantungkan dua daun aluminium foil pada kait sehingga saling bertumpu pada ujungnya (bentuk huruf V tertutup).
4. Masukkan batang melalui lubang tutup; ujung atas batang menonjol di luar (untuk disentuh/didekati sumber muatan), ujung bawah berada di dalam stoples menggantungkan daun.
5. Kencangkan posisi batang di lubang (isolasi panas/lem tembak tipis) agar tidak menyentuh tepi lubang (mencegah kebocoran muatan).
6. Pasang tutup pada stoples; pastikan daun bergerak bebas dan tidak menyentuh dinding.

B. Mengisi muatan (konduksi)

7. Gosok sisir/batang plastik (PVC/akrilik) dengan kain wol ± 15 –20 detik.
8. Sentuhkan ujung sisir/batang yang bermuatan ke ujung atas batang logam elektroskop selama 1–2 detik, lalu angkat.
9. Amati: daun foil akan terbuka (tolak-menolak).

C. Menginduksi muatan (tanpa menyentuh)

10. Dekatkan ujung batang bermuatan ke dekat ujung atas elektroskop (tanpa menyentuh).
11. Amati: daun akan membuka karena redistribusi muatan (induksi).
12. *Grounding*: sentuh perlahan bagian atas batang dengan jari saat batang bermuatan masih didekatkan (mengalirkan muatan ke bumi). Lalu angkat jari lebih dulu, baru jauhkan batang; amati efeknya pada daun (Opsional).

Sekarang, saatnya kamu mencoba membuat elektroskop sendiri. Lihat Gambar 5.3 yang menunjukkan elektroskop sederhana yang dapat dibuat dari bahan-bahan seperti botol bekas, kawat, dan aluminium foil. Bersama teman-temanmu, cobalah merakit alat tersebut. Lalu, ujilah dengan mendekatkan sisir plastik atau batang kaca yang telah digosok ke rambut atau kain wol. Apakah lembaran aluminium foilnya bergerak? Apakah membuka atau tetap diam?

Sebelum mencoba, carilah informasi dari berbagai sumber. Bagaimana cara membuat benda bermuatan? Apakah semua benda dapat bermuatan jika digosok? Setelah itu, lakukan pengamatan dan jawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

- a. Apa yang terjadi ketika foil aluminium didekati sisir bermuatan negatif?
- b. Bagaimana foil bereaksi saat didekati batang kaca bermuatan positif?
- c. Mengapa foil tetap terbuka walaupun sisir sudah menjauh?

Diskusikan temuanmu bersama guru dan teman-teman sekelas. Bandingkan hasil pengamatanmu dengan prinsip interaksi muatan: muatan sejenis saling tolak, muatan berbeda saling tarik.

Pada dasarnya, dalam suhu ruang normal, atom-atom dalam benda berada dalam keadaan netral, yaitu jumlah proton dan elektronnya seimbang. Namun, melalui gesekan atau gangguan lainnya, muatan dapat berpindah, menyebabkan benda menjadi bermuatan positif atau negatif. Inilah prinsip dasar dari gejala listrik statis.

Sekarang, jika kita sudah tahu bahwa dua benda bisa saling tarik atau tolak berdasarkan jenis muatannya, muncul pertanyaan baru: Seberapa besar kekuatan tarik atau tolak tersebut?

Untuk dapat menjawabnya, kamu akan mempelajari konsep gaya listrik, yang dijelaskan dalam subbab berikutnya.

2. Gaya Listrik

Apakah mungkin dua benda bisa saling tarik-menarik atau tolak-menolak tanpa saling menyentuh? Seberapa kuat gaya yang terjadi antara keduanya?

Pada akhir abad ke-18, ketika ilmu pengetahuan mulai berkembang pesat di Eropa, banyak ilmuwan tertarik untuk memahami fenomena alam melalui pendekatan ilmiah dan matematis. Salah satu tokoh penting dalam sejarah fisika listrik adalah Charles Augustin de Coulomb (1736–1806), seorang insinyur militer dan fisikawan asal Prancis. Sebelum era Coulomb, fenomena listrik dan gaya tarik-menarik antara benda bermuatan masih dipahami secara kualitatif tanpa dasar rumus yang pasti. Coulomb terdorong oleh keinginan untuk menjelaskan secara kuantitatif penyebab dua benda bermuatan saling memengaruhi satu sama lain.



Pada tahun 1785, Coulomb memublikasikan hasil eksperimen pentingnya yang menjadi fondasi hukum Coulomb. Hukum ini merupakan sebuah hukum fisika yang menyatakan bahwa gaya listrik antara dua muatan berbanding lurus dengan besar kedua muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara mereka. Penemuan ini menjadi tonggak penting dalam teori listrik statis.

Gambar 5.4 Charles-Augustin de Coulomb
Sumber: Hippolyte Lecomte/en.wikipedia.org (1894)



Untuk membuktikan hukum tersebut, Coulomb merancang dan menggunakan alat yang sangat sensitif yang disebut neraca puntir (*torsion balance*). Alat ini memungkinkan pengukuran gaya tarik atau tolak yang sangat kecil antara dua benda bermuatan. Neraca puntir terdiri dari batang ringan yang digantung dengan kawat tipis yang dapat berputar ketika diberi gaya. Dengan mengukur sudut puntiran kawat, Coulomb dapat menentukan besar gaya listrik secara akurat. Gambar 5.5 memperlihatkan ilustrasi alat dan eksperimen yang dilakukan Coulomb.



Gambar 5.5 Eksperimen Percobaan Coulomb untuk Menentukan Muatan Listrik

Sumber: www.teylersmuseum.nl (1876)

Penelitian Coulomb bukan hanya memberikan rumus dasar tentang interaksi listrik, melainkan juga menginspirasi perkembangan teori medan dan hukum-hukum elektromagnetik oleh ilmuwan berikutnya seperti Michael Faraday dan James Clerk Maxwell. Karena jasanya, satuan muatan listrik dalam Sistem Internasional (SI) diberi nama “Coulomb (C)” untuk menghormatinya.

Kamu dapat juga melakukan percobaan sederhana untuk dapat menentukan gaya listrik pada benda yang bermuatan. Lakukanlah Aktivitas 5.2 berikut dengan penuh semangat.



Aktivitas 5.2

Ayo Amati

Tujuan:

Setelah melakukan aktivitas ini, kamu mampu:

1. mengamati interaksi gaya tarik atau tolak antara dua benda bermuatan listrik,
2. menjelaskan bahwa gaya listrik dapat bekerja tanpa kontak langsung antarbenda,
3. menyimpulkan hubungan antara jenis muatan dan arah gaya listrik yang ditimbulkan, dan

4. mengembangkan keterampilan kerja ilmiah, seperti merumuskan hipotesis dan menguji melalui pengamatan sederhana.

Alat dan bahan:

1. Dua balon ukuran sama (tiup sedang, diameter $\pm 15\text{--}20\text{ cm}$)
2. Tali/benang nilon ($\pm 50\text{--}60\text{ cm}$ tiap balon) dan selotip/perekat
3. Statif/gantungan (bisa mistar yang dijepit di dua penyangga)
4. Kain wol/sweter sintetis/rambut kering untuk menggosok
5. Mistar atau meteran
6. *Timer*/jam
7. Busur derajat kertas ditempel di belakang untuk mengukur sudut deviasi (opsional)



Gambar 5.6 Gaya Listrik pada Dua Balon yang Bermuatan

Keselamatan:

Hindari meniup balon berlebihan; jauhkan dari wajah saat menggosok; perhatikan alergi lateks; statis aman (arus sangat kecil).

Langkah-langkah:

1. Siapkan gantungan: pasang mistar/penyangga horizontal. Ikat dua balon dengan panjang tali sama ($\pm 50\text{--}60\text{ cm}$).
2. Atur jarak awal antartitik gantung menjadi 30 cm. Pastikan balon diam (tidak berayun).
3. Gosok kedua balon dengan kain wol selama 30 detik (durasi sama).
4. Gantungkan kembali balon pada gantungannya dan amati: apakah balon tolak-menolak (menjauh) atau tarik-menarik (mendekat)?
5. Ukur indikator jarak antarpusat balon (cm) saat stabil; atau beri skor interaksi 1–5 (1= sangat lemah, 5= sangat kuat).
6. Ulangi langkah 2–5 untuk jarak gantung 20 cm.
7. Variasi banyak muatan: ulangi langkah 2–6 dengan waktu gosok 60 detik.
8. Inversi muatan: gosok salah satu balon dengan bahan berbeda (misalnya kaca dan sutra) lalu amati kemungkinan tarik-menarik (Opsional).
9. Catat semua data ke dalam Tabel Pengamatan.



Seperti yang sudah kita pelajari sebelumnya, jika muatan positif dan muatan negatif pada suatu benda tidak sama jumlahnya, maka akan timbul gejala listrik statis. Dua benda bermuatan akan tarik-menarik atau tolak-menolak apabila didekatkan. Tarikan dan tolakan ini kita sebut sebagai gaya listrik. Untuk mengetahui lebih lanjut terkait gaya listrik, mari rancang percobaan seperti pada gambar. Amati apa yang terjadi pada kedua balon selama waktu tertentu ketika diletakkan pada jarak yang berbeda-beda. Catat hasil pengamatanmu pada tabel berikut.

No	Waktu Menggosok Balon dengan Kain Wol atau Rambut yang Kering	Jarak pisah	Kuat Interaksi Kedua Balon (Tuliskan angka 1-5, dengan angka 5 adalah terkuat)
1	30 detik	a. 30 cm	
		b. 20 cm	
2	60 detik	a. 30 cm	
		b. 20 cm	

Berdasarkan percobaanmu, jawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

- Bagaimana pengaruh variasi jarak kedua statif terhadap interaksi kedua balon?
- Apakah jarak mempengaruhi besarnya gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik kedua balon?
- Bagaimana pengaruh lamanya waktu menggosok terhadap interaksi kedua balon?
- Apakah besarnya gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik antara kedua balon dipengaruhi oleh besarnya muatan?

Diskusikan dengan guru dan teman sekelasmu.

Apakah hasil analisis percobaanmu pada Aktivitas 5.2 sama dengan hasil temuan dari Coulomb?

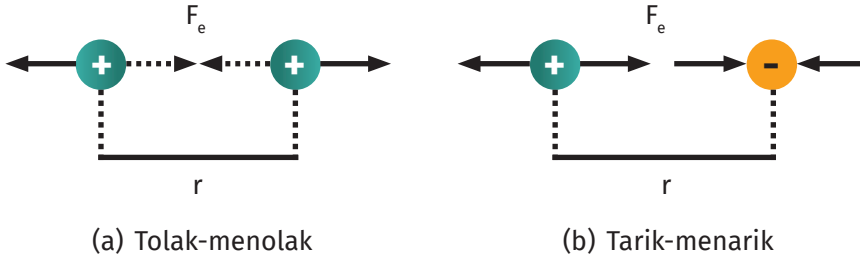
Berdasarkan percobaan dengan menggunakan neraca puntir, Coulomb menyimpulkan bahwa besar gaya listrik antara dua benda bermuatan adalah berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua muatan atau dapat disajikan dalam persamaan berikut.



$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

(1)

Kemudian, besar gaya listrik sebanding dengan perkalian muatan partikel atau $F \propto q_1 q_2$ dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Ilustrasi Gaya Coulomb pada Muatan Listrik

Rumusan Gaya Coulomb (F_c) secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$F_c = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

(2)

Keterangan:

F_c = gaya Coulomb (newton)

k = konstanta = $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

r = jarak antara dua muatan (meter)

q_1 = besar muatan listrik pertama (coulomb)

q_2 = besar muatan listrik kedua (coulomb)

Persamaan (2) menunjukkan bahwa semakin jauh jarak antarbenda bermuatan maka gaya listrik yang dirasakan akan semakin kecil.

Setelah memahami bahwa dua muatan listrik dapat saling berinteraksi melalui gaya tarik atau tolak tanpa harus bersentuhan langsung, muncul pertanyaan penting: bagaimana gaya ini dapat “dirasakan” oleh muatan lain dari kejauhan? Jawabannya terletak pada konsep medan listrik. Sama seperti bumi memiliki medan gravitasi yang memengaruhi benda di sekitarnya, muatan listrik juga menciptakan medan di ruang sekitarnya yang dapat memengaruhi muatan lain yang berada dalam jangkauannya. Untuk memahami bagaimana medan listrik ini bekerja dan bagaimana cara menggambarannya, mari kita pelajari lebih lanjut dalam subbab berikutnya.



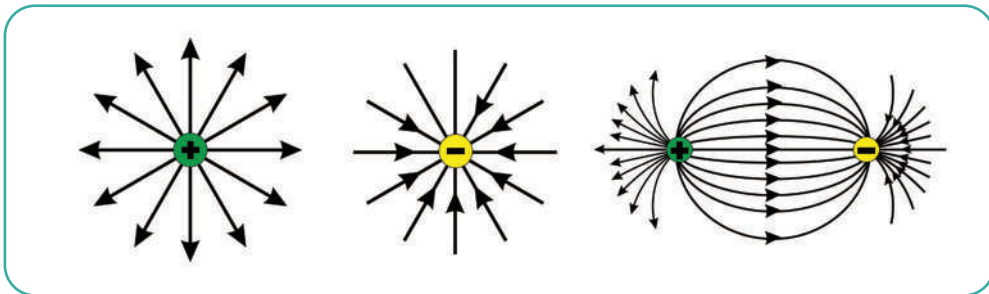
3. Medan Listrik

Jika gaya listrik dapat bekerja tanpa sentuhan, dari mana asal kekuatannya? Bagaimana suatu muatan bisa “merasa” kehadiran muatan lain dari kejauhan?

Pernahkah kamu menjatuhkan benda dan melihatnya langsung jatuh ke bawah? Itu karena bumi memiliki medan gravitasi, yaitu pengaruh yang membuat semua benda bermassa tertarik ke arah pusat bumi. Hal serupa juga terjadi pada muatan listrik. Ketika sebuah benda memiliki muatan, ia menciptakan daerah pengaruh di sekitarnya, yang disebut sebagai medan listrik.

Medan listrik dapat didefinisikan sebagai daerah di sekitar benda bermuatan yang masih dapat memberikan gaya listrik kepada muatan lain yang berada di dalamnya. Jadi, meskipun dua muatan tidak bersentuhan langsung, keberadaan medan listrik memungkinkan terjadinya interaksi berupa gaya tarik atau gaya tolak.

Untuk memvisualisasikan medan ini, kita dapat menggunakan garis-garis gaya listrik, garis imajiner yang menunjukkan arah dan kekuatan medan. Gambar 5.8 menunjukkan bahwa: garis medan yang keluar dari muatan menunjukkan bahwa muatan tersebut positif. Sedangkan garis medan yang masuk ke muatan menunjukkan bahwa muatan tersebut negatif.

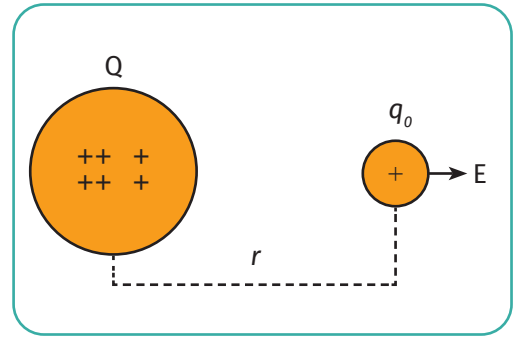


Gambar 5.8 Garis Medan Listrik Dua Muatan

Semakin rapat garis-garis gaya listrik pada suatu daerah, semakin kuat medan listrik di daerah tersebut. Dengan memahami medan listrik, kamu tidak hanya dapat menggambarkan bagaimana muatan memengaruhi lingkungannya, tetapi juga menjelaskan bagaimana gaya Coulomb dapat “merambat” melalui ruang kosong.

Untuk mengetahui besar kuat medan listrik muatan Q , sebuah muatan uji positif (q_0) yang muatannya jauh lebih kecil diletakkan di dekat muatan tersebut dengan jarak r seperti pada Gambar 5.9.

Berdasarkan hukum Coulomb, muatan q_0 tersebut akan mendapatkan gaya tolak dari muatan Q . Besarnya gaya tolak dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.



Gambar 5.9 Muatan Q Didekati Muatan Tes q_0

$$F_c = k \frac{(Q)(q_0)}{r^2} \quad (3)$$

Kuat medan listrik (E) didefinisikan sebagai besarnya gaya listrik (F) yang bekerja pada satu muatan uji (q_0). Besarnya kuat medan listrik yang dialami oleh muatan uji tersebut dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\begin{aligned} E &= \frac{F}{q_0} \\ E &= \frac{k \frac{(Q)(q_0)}{r^2}}{q_0} \\ E &= \frac{kQ}{r^2} \end{aligned}$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa besar kuat medan listrik pada suatu titik yang berjarak r dari muatan Q adalah:

$$E = \frac{kQ}{r^2} \quad (4)$$

Keterangan:

E = medan listrik (N/C)

F = gaya Coulomb (newton)

Q, q = besar muatan listrik (coulomb)



Setelah memahami bahwa setiap muatan menciptakan medan listrik yang dapat memengaruhi muatan lain di sekitarnya, kini muncul pertanyaan: apa yang sebenarnya dibutuhkan agar sebuah muatan dapat bergerak dalam medan tersebut? Benda yang berada di medan gravitasi memiliki energi potensial tergantung posisinya. Demikian pula muatan listrik dalam medan listrik juga memiliki energi potensial. Konsep ini dikenal sebagai potensial listrik, yang menggambarkan seberapa besar energi yang dimiliki atau dibutuhkan sebuah muatan saat berada pada suatu titik dalam medan listrik. Untuk memahami bagaimana energi ini bekerja dan mengapa potensial listrik penting dalam kehidupan sehari-hari, termasuk dalam sistem saraf dan teknologi, mari kita pelajari lebih lanjut pada bagian berikut.

4. Potensial Listrik

Apa yang sebenarnya kamu rasakan saat tersetrum? Mengapa tubuh bisa merespons kejutan listrik, padahal kulit termasuk isolator?

Pernahkah kamu secara tidak sengaja menyentuh stop kontak (biasanya pada stop kontak tertulis tegangan 220 volt) dan merasa seperti ada kejutan kecil yang mengalir di tanganmu? Sensasi tersetrum itu disebabkan oleh perpindahan listrik dari stop kontak ke tubuhmu akibat perbedaan tegangan listrik, atau yang disebut juga sebagai beda potensial listrik. Meski kulit dan tubuh tergolong sebagai bahan sulit menghantarkan listrik atau bersifat isolator, jika tegangan listrik yang diterima cukup besar, maka sengatan listrik akan terasa pada tubuh. Sengatan listrik tersebut disebabkan karena listrik mengalir pada tubuh kita atau biasa dikenal sebagai arus listrik. Secara sederhana, arus listrik adalah aliran muatan listrik yang terjadi pada suatu penghantar (seperti kawat tembaga) akibat adanya perbedaan potensial listrik atau tegangan. Konsep arus listrik akan diperdalam pada bagian selanjutnya.

Potensial listrik menggambarkan seberapa besar energi yang dimiliki suatu muatan listrik di suatu titik dalam medan listrik. Semakin besar beda potensial antara dua titik, semakin besar pula dorongan bagi muatan listrik untuk bergerak. Hubungan antara energi listrik, muatan, dan beda potensial dirumuskan sebagai:

$$\Delta V = \frac{W}{Q}$$

(5)

Keterangan:

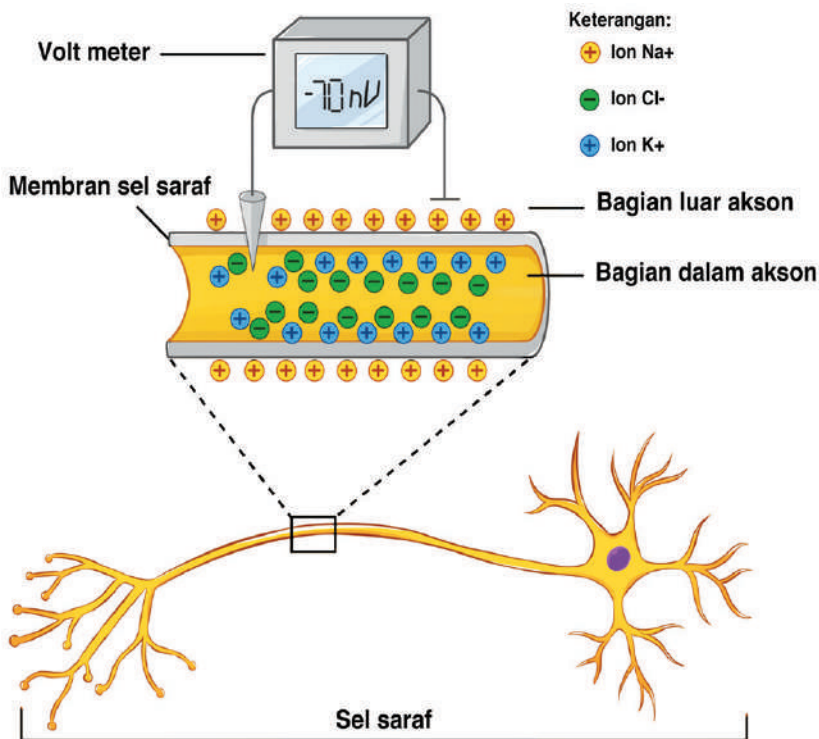
ΔV = beda potensial listrik (volt)

W = energi listrik (joule)

Q = muatan listrik (coulomb)

Tubuh pada dasarnya termasuk isolator, tetapi ada bagian yang secara alamiah memproduksi dan merespons dengan singkat beda potensial listrik. Bagian tersebut adalah kumpulan jaringan-jaringan saraf. Saraf di dalam tubuh dapat menimbulkan dan menyalurkan impuls-impuls (respons-respons singkat) listrik yang kecil. Aliran-aliran listrik kecil di dalam jaringan saraf membawa informasi dari pancaindra yang nanti akan diolah di otak.

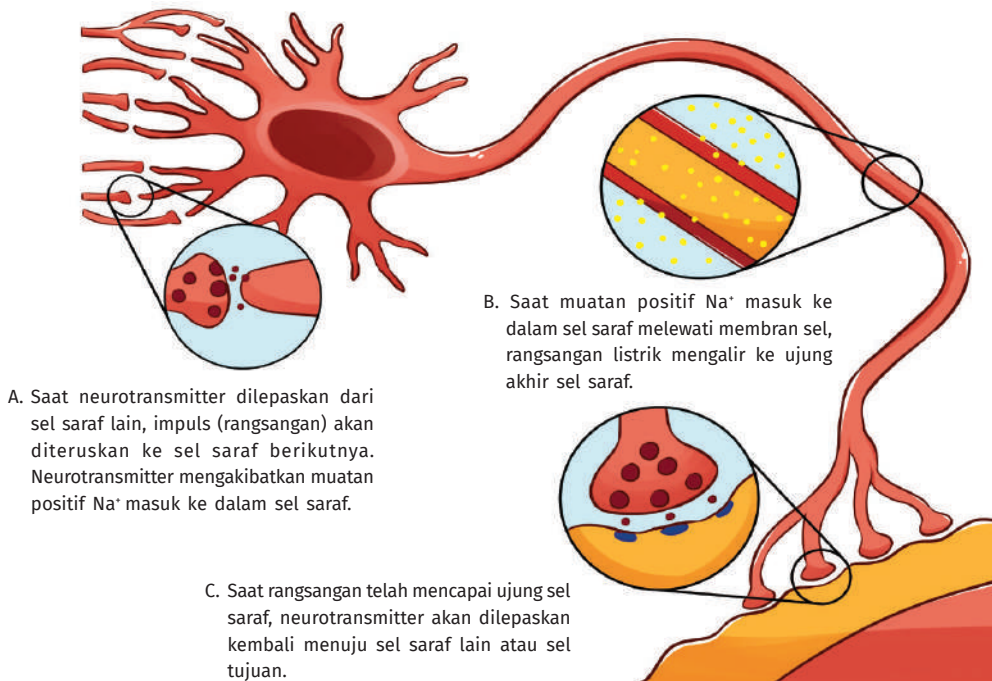
Biolistrik merupakan bidang ilmu yang mempelajari tentang aliran impuls listrik pada makhluk hidup khususnya manusia. Beda potensial/tegangan pada jaringan saraf berbeda dengan yang kita bayangkan. Listrik pada jaringan saraf bukan listrik yang mengalir seperti pada kabel listrik di rumah-rumah, melainkan komposisi ion yang terdapat dalam tubuh.



Gambar 5.10 Ilustrasi Pengukuran Muatan Listrik pada Sel Saraf Tidak Bermyelin dengan Menggunakan Alat Ukur Potensial Listrik Voltmeter



Setiap manusia memiliki sistem saraf yang dapat mengontrol gerak otot. Sistem saraf terdiri atas sel-sel saraf yang berfungsi untuk menerima, mengolah, dan mengirim rangsangan atau impuls yang diterima pancaindra. Setiap sel saraf terdiri atas tiga bagian, yaitu badan sel saraf, dendrit, dan akson atau neurit. Selain ketiga bagian tersebut, pada sel saraf juga terdapat bagian tambahan berupa selubung myelin. Myelin sebenarnya bukan bagian sel saraf, melainkan terdiri atas sel pembentuk myelin yang berfungsi menyelubungi akson. Berdasarkan keberadaan myelin, terdapat dua macam neuron, yaitu neuron yang berselubung myelin dan neuron yang tidak berselubung myelin.



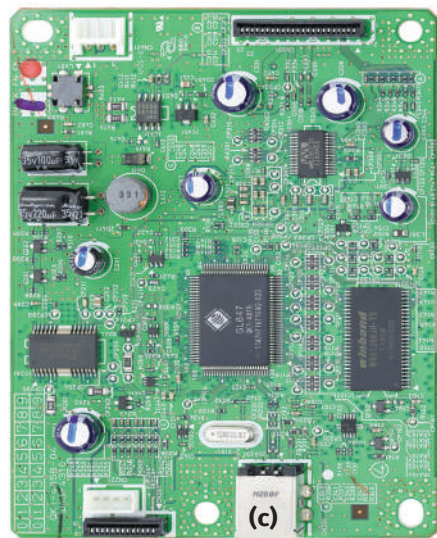
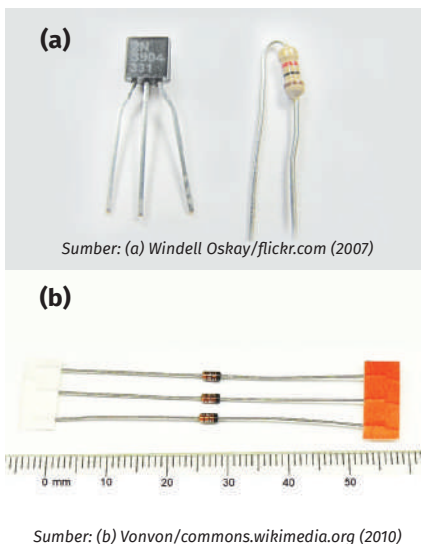
Gambar 5.11 Ilustrasi Perambatan Muatan Listrik (Na^+) pada Sel-Sel Saraf di Dalam Tubuh Manusia

Setelah memahami bahwa beda potensial atau tegangan dapat mendorong muatan listrik untuk bergerak, kini saatnya kita mempelajari listrik dinamis, yaitu listrik yang mengalir secara terus-menerus melalui suatu penghantar. Jika pada listrik statis muatan hanya berpindah sesaat dan kemudian berhenti, pada listrik dinamis terjadi aliran muatan yang berkesinambungan, yang kita kenal sebagai arus listrik. Arus ini menjadi dasar bagi hampir seluruh teknologi kelistrikan yang kita gunakan sehari-hari—mulai dari menyalakan lampu, mengisi daya ponsel, hingga menggerakkan motor listrik. Bagaimana arus listrik dapat mengalir, dan apa saja faktor yang memengaruhinya? Mari kita pelajari lebih lanjut.

5. Listrik Dinamis

Kabel yang sering kamu lihat pada tiang listrik berfungsi sebagai penghantar listrik dari suatu ujung ke ujung kabel lainnya. Kabel biasanya terbuat dari bahan tembaga atau perak di bagian dalamnya dan dilapisi bahan plastik atau karet di bagian luarnya. Hal tersebut berkaitan dengan kemampuan bahan untuk menghantarkan listrik. Daya hantar listrik yang dimiliki setiap bahan berbeda-beda. Bahan yang paling baik untuk menghantarkan listrik adalah tembaga dan perak. Sedangkan plastik dan karet merupakan bahan yang tidak dapat menghantarkan listrik.

Berdasarkan kemampuan menghantarkan listrik, benda dibagi menjadi tiga jenis: jenis pertama adalah konduktor. Konduktor merupakan bahan yang mampu menghantarkan arus listrik dengan baik. Tembaga, perak, dan emas merupakan contoh dari konduktor listrik. Kedua, isolator listrik adalah bahan yang sangat buruk untuk menghantarkan listrik karena di dalam bahan ini elektron sulit mengalir. Contoh bahan isolator antara lain karet, kayu, dan plastik. Tipe yang ketiga adalah bahan semikonduktor. Salah satu sifat dari bahan ini adalah jika berada pada suhu tinggi bersifat sebagai konduktor, sementara pada suhu rendah bersifat sebagai isolator. Karbon, silikon, dan germanium merupakan contoh bahan semikonduktor listrik. Pada bidang elektronika, karbon biasa digunakan untuk membuat transistor yang kemudian dirangkai menjadi rangkaian listrik terpadu seperti pada Gambar 5.12 yang serupa dengan bagian dalam *scanner*.



Sumber: Mister rf/commons.wikimedia.org (2023)

Gambar 5.12 (a) Transistor, (b) Dioda, (c) Papan Sirkuit Komponen Scanner



Ketiga jenis bahan tersebut sesungguhnya dibedakan berdasarkan kemampuan untuk menghantarkan listrik. Kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan listrik akan semakin baik apabila hambatan jenis bahan tersebut semakin kecil. Beberapa nilai hambatan jenis bahan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hambatan Jenis Bahan

Bahan	Hambatan Jenis pada Suhu 20 °C (Ωm)
Konduktor	
Alumunium	$2,82 \times 10^{-8}$
Tembaga	$1,72 \times 10^{-8}$
Emas	$2,44 \times 10^{-8}$
Besi	$9,71 \times 10^{-8}$
Konstantan	49×10^{-8}
Nikrom	100×10^{-8}
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$
Perak	$1,59 \times 10^{-8}$
Tungsten	$5,65 \times 10^{-8}$
Semikonduktor	
Karbon (grafit)	$3,5 \times 10^{-5}$
Germanium (murni)	5×10^{-4}
Silikon (murni)	$6,4 \times 10^2$
Isolator	
Kaca	$10^{10}\text{--}10^{14}$
Kuarsa	$7,5 \times 10^{17}$

Besar hambatan setiap jenis kawat akan berbanding lurus dengan panjang kawat serta hambatan jenisnya (ρ) dan berbanding terbalik dengan luas penampang kawat tersebut.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

(6)

Keterangan:

- R = hambatan kawat (Ω)

ρ = hambatan jenis kawat (Ωm)

L = panjang kawat (m)

A = luas penampang kawat (m^2)

Setelah memahami bahwa tidak semua bahan dapat menghantarkan listrik dengan baik, kini saatnya kita mempelajari bagaimana listrik benar-benar mengalir dalam suatu rangkaian. Aliran muatan listrik inilah yang disebut sebagai arus listrik. Arus listrik hanya dapat terjadi jika terdapat sumber tegangan (beda potensial) dan jalur penghantar yang memungkinkan listrik bergerak dari satu titik ke titik lain. Konsep ini sangat penting karena menjadi dasar bagi semua perangkat elektronik yang kita gunakan sehari-hari, mulai dari lampu, kipas angin, hingga telepon. Mari kita pelajari lebih lanjut bagaimana arus listrik terbentuk dan bagaimana kita dapat mengukurnya.

6. Arus Listrik

Jika elektron bergerak dari kutub negatif ke kutub positif, mengapa arus listrik justru disepakati mengalir sebaliknya?

Setelah memahami bahwa beda potensial dapat mendorong muatan listrik untuk bergerak, kini saatnya kamu mempelajari konsep inti dari listrik dinamis, yaitu arus listrik. Dalam fisika, arus listrik didefinisikan sebagai aliran muatan listrik yang bergerak melalui suatu penghantar. Namun menariknya, arah arus listrik yang disepakati secara konvensional justru berlawanan dengan arah aliran elektron.

Secara alami, elektron mengalir dari tempat yang kelebihan elektron (berpotensial rendah/kutub negatif) ke tempat yang kekurangan elektron (berpotensial tinggi/kutub positif). Namun, berdasarkan kesepakatan ilmuwan sejak dahulu, arah arus listrik konvensional dianggap mengalir dari kutub positif ke kutub negatif yaitu dari potensial tinggi ke potensial rendah.

Pada rangkaian listrik tertutup, arus listrik hanya dapat mengalir jika terdapat sumber tegangan yang menciptakan beda potensial antarujung rangkaian. Besarnya arus listrik yang mengalir dapat dihitung dengan mengukur jumlah muatan listrik yang berpindah dalam satu satuan waktu. Secara matematis, kuat arus listrik (I) dirumuskan sebagai:

$$I = \frac{q}{t}$$

(7)

Keterangan:

I = arus listrik (ampere)

q = muatan listrik (coulomb)

t = waktu (detik)



Artinya, semakin banyak muatan yang berpindah dalam waktu tertentu, semakin besar arus listrik yang mengalir. Konsep ini menjadi dasar dalam perancangan berbagai alat listrik mulai dari pengisi daya ponsel hingga sistem kelistrikan rumah tangga.

Pada rangkaian listrik tertutup, pembawa muatan listrik adalah elektron sehingga besarnya muatan ditentukan oleh jumlah elektron, yaitu:

$$q = N.e$$

Sehingga:

$$I = \frac{N.e}{t}$$

Keterangan:

I = Arus listrik (ampere)

N = jumlah muatan listrik

e = muatan elektron (coulomb)

t = waktu (detik)

Setelah memahami bahwa arus listrik merupakan aliran muatan yang terjadi akibat beda potensial, pertanyaan berikutnya adalah: bagaimana arus listrik dapat mengalir dalam suatu sistem? Untuk itu, dibutuhkan jalur penghantar yang membentuk lintasan tertutup, sehingga muatan dapat bergerak terus-menerus dari sumber tegangan, melalui beban, lalu kembali ke sumber. Jalur inilah yang disebut sebagai rangkaian listrik. Dalam kehidupan sehari-hari, berbagai alat elektronik bekerja berdasarkan jenis dan susunan rangkaian tertentu, baik rangkaian seri maupun rangkaian paralel. Mari kita pelajari lebih lanjut bagaimana arus mengalir dalam berbagai jenis rangkaian, serta bagaimana karakteristik dan manfaat dari tiap susunan.

7. Hukum Ohm dan Rangkaian Listrik

Mengapa ketika satu lampu di rumah padam, lampu lainnya tetap menyala? Namun, saat satu lampu pada rangkaian senter putus, semua lampu langsung mati?

Sebelum membahas lebih lanjut tentang rangkaian listrik, kamu harus mengetahui tentang hubungan antara arus, tegangan, dan hambatan listrik yang sering dikenal sebagai hukum Ohm. Hukum Ohm menyatakan bahwa pada kondisi suhu tetap, kuat arus listrik (I) yang mengalir melalui suatu

konduktor berbanding lurus dengan beda potensial/tegangan (V) di ujung-ujungnya dan berbanding terbalik dengan hambatan (R) konduktor tersebut. Hubungan ketiganya dituliskan sebagai

$$V = I \cdot R$$

Satuan yang digunakan adalah volt (V) untuk tegangan, ampere (A) untuk arus, dan ohm (Ω) untuk hambatan. Pada bahan ohmik, grafik V – I membentuk garis lurus (kemiringan = R). Contoh singkat: jika sebuah resistor $R = 200 \Omega$ diberi tegangan $V = 6 \text{ V}$, maka arus yang mengalir $I = V/R = 6/200 = 0,03 \text{ A} = 30 \text{ mA}$.

Nah, agar arus listrik dapat mengalir dan menjalankan suatu perangkat, dibutuhkan rangkaian listrik, yaitu jalur tertutup tempat muatan listrik mengalir dari sumber tegangan, melewati beban (seperti lampu), lalu kembali ke sumber. Berdasarkan susunan penghantarnya, rangkaian listrik dibedakan menjadi dua jenis utama: rangkaian seri dan rangkaian paralel.

Pada rangkaian seri, semua komponen listrik disusun dalam satu jalur tanpa percabangan. Artinya, arus listrik hanya memiliki satu lintasan untuk mengalir. Jika salah satu sambungan terputus atau salah satu lampu rusak, seluruh rangkaian akan terputus dan semua lampu akan padam. Contoh sederhana dari rangkaian seri dapat kamu temukan pada lampu hias lawas atau senter dengan dua lampu berurutan.



Gambar 5.13 (a) Rangkaian Seri pada Senter dan (b) Rangkaian Paralel pada Stop Kontak

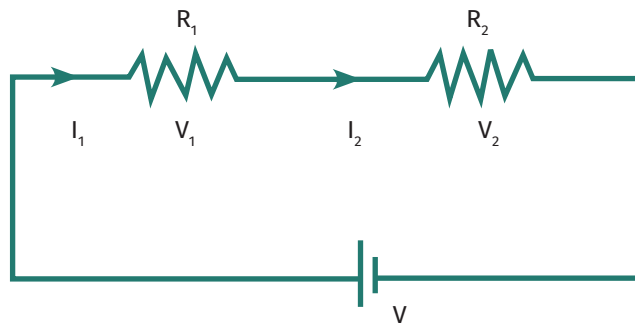


Pada rangkaian paralel terdapat percabangan kabel, sehingga arus listrik memiliki lebih dari satu jalur untuk mengalir. Jika salah satu jalur terputus atau satu lampu rusak, arus tetap dapat mengalir melalui jalur lainnya, dan lampu-lampu yang tersisa tetap menyala. Inilah prinsip yang digunakan dalam instalasi listrik rumah tangga, agar kerusakan di satu titik tidak langsung memadamkan seluruh sistem.

Pemahaman tentang kedua jenis rangkaian ini penting, karena masing-masing memiliki keunggulan dan kekurangan tergantung pada kebutuhan. Rangkaian seri lebih sederhana dan hemat kabel, tetapi kurang andal jika salah satu komponen rusak. Sebaliknya, rangkaian paralel lebih stabil dan fleksibel, tetapi lebih kompleks dalam penyusunan.

a. Rangkaian hambatan listrik seri

Pada rangkaian seri kuat arusnya bernilai sama tetapi tegangannya berbeda. Rangkaian seri dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Rangkaian Hambatan Listrik Seri

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

$$V_1 \neq V_2 \neq \dots \neq V_n$$

$$V_s = I_s \cdot R_s$$

$$V_s = (I_1 \cdot R_1) + (I_2 \cdot R_2) + \dots + (I_n \cdot R_n)$$

karena

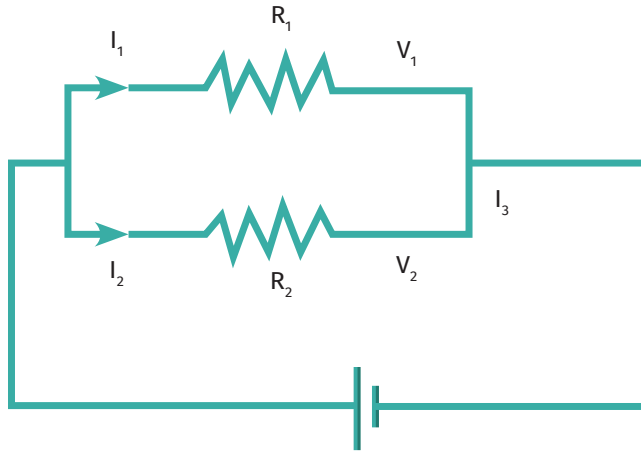
$$I_s = I_1 = I_2$$

maka, R_s

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

b. Rangkaian hambatan listrik paralel

Pada rangkaian paralel, tegangan listrik bernilai sama tetapi besar kuat arusnya berbeda. Rangkaian paralel dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Rangkaian Hambatan Listrik Paralel

$$V_1 = V_2 = \dots V_n$$

$$I_1 \neq I_2 \neq \dots \neq I_n$$

$$I_p = I_1 + I_2$$

$$I_p = \frac{V_p}{R_p} = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2}$$

karena

$$V_p = V_1 = V_2$$

maka,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Untuk menguji bentuk rangkaian listrik, kamu dapat melakukan Aktivitas 5.3 berikut dengan penuh semangat.





Aktivitas 5.3

Ayo Analisis

Tujuan:

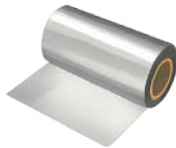
Setelah melakukan aktivitas ini, kamu mampu:

1. merancang dan menyusun rangkaian listrik sederhana secara seri dan paralel,
2. mengamati perbedaan nyala lampu dan aliran arus pada berbagai bentuk rangkaian,
3. menjelaskan kelebihan dan kekurangan tiap jenis rangkaian listrik dalam kehidupan sehari-hari, dan
4. melatih keterampilan merancang, menguji, dan mengevaluasi sistem sederhana secara kolaboratif dan reflektif.

Alat dan Bahan:



Baterai



Aluminium foil



Kabel penghubung



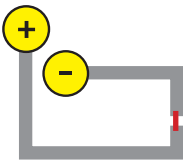
Lampu LED



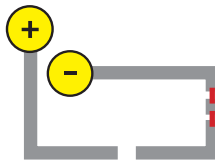
Lakban



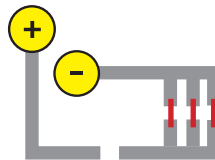
Pensil



1. Rangkaian seri dengan 1 LED



2. Rangkaian seri dengan saklar 2 LED



3. Rangkaian seri dengan saklar 3 LED

Gambar 5.16 Alat, Bahan, dan Diagram Aktivitas Percobaan Rangkaian Listrik

Hampir setiap saat kita menggunakan rangkaian listrik dalam peralatan sehari-hari, mulai dari telepon genggam, setrika hingga lemari es. Salah satu rangkaian listrik terpenting yang kita gunakan setiap hari adalah rangkaian listrik untuk menerangi rumah dengan lampu.



Suatu hari, kamu diminta untuk merancang rangkaian listrik di rumah barumu. Rangkaian listrik yang diinginkan adalah rangkaian listrik untuk menyalakan beberapa lampu sekaligus hanya dengan satu sakelar.

Langkah-langkah:

Sebelum merancang, mari lakukan percobaan sederhana membuat rangkaian listrik dengan goresan pensil sebagai penghantarnya berikut.

1. Siapkan alat dan bahan terlebih dahulu.
2. Kemudian buatlah rangkaian 1, 2, dan 3 seperti pada gambar 5.16.
3. Gunakan alumunium foil sebagai sakelar penghubung untuk rangkaian 2 dan 3.
4. Amati nyala lampu LED pada tiap rangkaian.
5. Berdasarkan pengamatanmu, rangkaian mana yang sesuai dengan yang kamu inginkan untuk rumah barumu?

Setelah memahami cara arus listrik mengalir dalam suatu rangkaian, baik secara seri maupun paralel, kini muncul pertanyaan penting: dari mana asal arus listrik tersebut? Agar arus dapat mengalir secara terus-menerus dalam rangkaian tertutup, dibutuhkan suatu sumber energi listrik yang dapat menyediakan beda potensial secara konstan. Inilah yang disebut sebagai sumber arus listrik, seperti baterai, aki, atau generator. Setiap sumber arus memiliki karakteristik dan cara kerja yang berbeda, tergantung pada jenis arus yang dihasilkan. Mari kita pelajari lebih dalam tentang berbagai jenis sumber arus listrik dan peran pentingnya dalam kehidupan sehari-hari.

8. Sumber Arus Listrik

Dari mana asalnya energi listrik yang mengalir ke lampu, ponsel, atau motor listrik? Apakah semua sumber listriknya bekerja dengan cara yang sama?

Listrik merupakan bentuk energi. Sesuai dengan hukum kekekalan energi, energi listrik tidak muncul begitu saja, tetapi harus dihasilkan dari bentuk energi lain. Oleh karena itu, untuk dapat menghidupkan alat-alat elektronik, kita membutuhkan sumber arus listrik, yaitu alat yang dapat mengubah energi lain, seperti energi kimia, mekanik, atau cahaya, menjadi energi listrik.



Secara umum, sumber arus listrik dibagi menjadi dua jenis, yaitu sumber arus searah (DC – *Direct Current*) dan sumber arus bolak-balik (AC – *Alternating Current*).

a. Sumber arus searah (DC – *Direct Current*)

Sumber ini menghasilkan arus listrik yang mengalir satu arah saja, yaitu dari kutub positif ke kutub negatif. Contoh sumber arus DC adalah baterai, aki, dan sel surya. Arus DC banyak digunakan dalam perangkat elektronik seperti ponsel, kalkulator, atau senter.

b. Sumber arus bolak-balik (AC – *Alternating Current*)

Sumber ini menghasilkan arus yang mengalir secara bergantian arah (bolak-balik), biasanya dengan frekuensi tertentu. Contoh utama dari arus AC adalah listrik dari PLN yang digunakan untuk peralatan rumah tangga seperti televisi, kulkas, dan mesin cuci.

Perbedaan antara kedua jenis sumber arus ini tidak hanya terletak pada arah aliran arusnya, tetapi juga pada cara menghasilkan dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Memahami perbedaan ini sangat penting untuk memilih sumber listrik yang sesuai dengan kebutuhan dan perangkat yang digunakan. Tabel 5.2 menyajikan jenis sumber arus listrik, contoh sumber arus, dan perubahan energi yang terjadi.

Tabel 5.2 Jenis Sumber Arus Listrik

Jenis sumber arus listrik	Sumber arus	Proses perubahan energi
DC (<i>Direct Current</i>)	Elemen volta	Kimia → listrik
	Elemen kering (baterai)	Kimia → listrik
	Akumulator (Accu/aki)	Kimia → listrik
	Solar sel	Kalor → listrik
	Dinamo DC	Gerak → listrik
AC (<i>Alternating Current</i>)	Dinamo AC	Gerak → listrik
	Generator	Gerak → listrik



Elemen volta, baterai, dan akumulator adalah sumber arus DC yang dihasilkan dari reaksi kimia, sehingga disebut juga sebagai elektrokimia. Berdasarkan dapat atau tidaknya diisi ulang, sumber arus listrik dibedakan menjadi elemen primer dan elemen sekunder. Sebutan bagi sumber arus listrik yang tidak dapat diisi ulang ketika energinya habis adalah elemen primer, contohnya seperti baterai kering dan elemen volta. Sebutan bagi sumber arus listrik yang dapat diisi ulang ketika energinya habis adalah elemen sekunder, contohnya seperti akumulator dan baterai Li-ion yang digunakan pada telepon genggam atau kamera.

Setelah memahami berbagai sumber arus listrik dan arus listrik dalam suatu rangkaian, kini saatnya kita mempelajari seberapa besar kemampuan listrik dalam melakukan kerja atau menghasilkan energi. Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering melihat label daya pada peralatan listrik, seperti “60 watt” pada lampu atau “1000 watt” pada setrika. Besarnya daya listrik menunjukkan seberapa cepat energi listrik digunakan atau diubah menjadi bentuk energi lain, seperti cahaya, panas, atau gerak. Untuk memahami hal ini lebih dalam, mari kita pelajari konsep daya listrik, bagaimana cara menghitungnya, dan mengapa memahami daya penting untuk penggunaan listrik yang efisien.

9. Daya Listrik

Mengapa satu lampu lebih terang dari lampu lainnya, padahal menggunakan sumber listrik yang sama? Apa arti angka “60 watt” atau “1000 watt” pada alat-alat listrik?

Dalam kehidupan sehari-hari, kamu sering menemukan alat-alat listrik yang mencantumkan nilai daya, seperti lampu 5 watt, setrika 300 watt, atau penanak nasi 600 watt. Akan tetapi, apa sebenarnya makna dari angka-angka tersebut? Secara fisika, daya listrik adalah besarnya energi listrik yang digunakan atau diserap dalam suatu rangkaian setiap detik. Jika dilihat dari konsep usaha, daya listrik juga dapat diartikan sebagai jumlah usaha untuk memindahkan muatan per satuan waktu. Artinya, semakin besar daya sebuah alat, semakin cepat ia menggunakan energi listrik dari sumbernya. Secara matematis, daya listrik (P) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$P = \frac{E}{t} \quad (8)$$



Keterangan:

P = Daya listrik (watt)

E = Energi listrik (joule)

t = waktu (detik)

Karena dalam rangkaian listrik kita sering bekerja dengan arus dan tegangan, rumus daya juga dapat ditulis sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (9)$$

dengan:

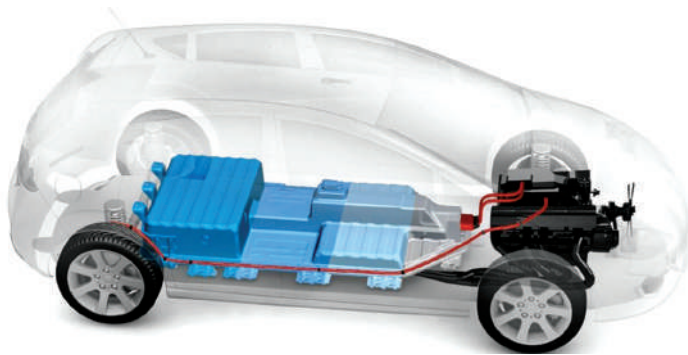
V = beda potensial atau tegangan listrik (volt)

I = kuat arus listrik (ampere)

Pemahaman tentang daya listrik sangat penting, tidak hanya untuk efisiensi penggunaan energi, tetapi juga untuk mencegah beban berlebih pada rangkaian listrik di rumah yang bisa menyebabkan korsleting atau kerusakan alat. Dengan mengerti konsep daya, kamu juga dapat membandingkan konsumsi energi antaralat elektronik dan belajar untuk menghemat energi listrik secara bijak.

Daya listrik yang kita pelajari sebelumnya ternyata tidak hanya terbatas pada menyalakan lampu atau alat rumah tangga, tetapi juga dapat dikonversi menjadi bentuk energi lain, seperti energi gerak. Salah satu contoh nyata dari penerapan konsep ini adalah pada mobil listrik. Dalam sistem ini, energi listrik yang tersimpan di dalam baterai digunakan untuk menggerakkan motor listrik, yang kemudian menghasilkan putaran untuk menggerakkan roda mobil. Proses ini memungkinkan mobil bergerak tanpa bahan bakar fosil sehingga lebih ramah lingkungan.

Mobil listrik memanfaatkan prinsip transformasi energi, yaitu energi listrik diubah menjadi energi kinetik (gerak) dengan efisiensi tinggi. Daya listrik yang dikeluarkan dari baterai menentukan seberapa besar energi yang bisa digunakan untuk menghasilkan percepatan atau mempertahankan kecepatan kendaraan. Gambar 5.17 menunjukkan bentuk dan susunan baterai yang digunakan dalam mobil listrik, yang berfungsi sebagai penyimpan utama energi listrik.



Gambar 5.17 Baterai pada Mobil Listrik

Dengan memahami hubungan antara daya, energi, dan transformasinya, kita dapat melihat bahwa konsep-konsep listrik yang dipelajari tidak hanya berlaku di kelas, tetapi juga menjadi dasar dari teknologi masa depan yang lebih bersih dan efisien.



Ayo Uji Kemampuan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan penjelasan yang logis dan menggunakan bahasa yang mudah dipahami. Diskusikan bersama temanmu atau dalam kelompok kecil jika perlu.

1. Fenomena Alam dan Listrik Statis

Petir adalah salah satu gejala alam yang luar biasa. Menurut pendapatmu, apakah petir termasuk fenomena listrik statis?

- Jika iya, jelaskan secara sederhana dan runtut bagaimana petir bisa terjadi mulai dari awan hingga menyambar permukaan bumi.
- Apa yang menyebabkan awan dapat bermuatan listrik?
- Mengapa petir lebih sering terjadi saat hujan lebat?

2. Mengenal Konduktor dan Isolator di Sekitarmu

Cobalah amati benda-benda yang ada di rumah, sekolah, atau sekitarmu.

- Tuliskan tiga contoh bahan konduktor yang kamu temukan, dan jelaskan mengapa benda itu termasuk konduktor!
- Tuliskan pula tiga contoh bahan isolator di sekitarmu dan peran pentingnya dalam mencegah bahaya listrik!
- Bonus: Adakah benda yang termasuk semikonduktor? Jika ada, di mana kamu menemukannya?



3. Arus Listrik dalam Kehidupan Sehari-hari

Pernahkah kamu melihat lampu yang meredup saat terlalu banyak alat listrik yang digunakan bersamaan?

- Jelaskan mengapa hal ini bisa terjadi, dengan mengaitkan konsep arus listrik dan rangkaian!
- Menurutmu, mana yang lebih aman untuk digunakan di rumah: rangkaian seri atau rangkaian paralel? Jelaskan alasannya!

4. Energi Listrik dan Transformasinya

Listrik dapat diubah menjadi berbagai bentuk energi lain.

- Sebutkan tiga contoh alat yang mengubah energi listrik menjadi bentuk energi lain (panas, cahaya, gerak, dan lain-lain)!
- Jelaskan bentuk energi hasil perubahan tersebut dan bagian alat yang menjalankan fungsi tersebut!
- Menurutmu, mengapa penting bagi kita memahami transformasi energi listrik dalam kehidupan sehari-hari?

B. Magnet

Pernahkah kamu memperhatikan pintu kulkas yang dapat tertutup rapat dengan sendirinya? Atau mainan tempel yang dapat menempel kuat di pintu logam? Semua itu dapat terjadi karena adanya magnet. Magnet banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya, dalam penutup tas atau dompet yang bisa menempel otomatis, mainan edukatif yang saling menempel, hingga alat dapur seperti tutup kotak bumbu yang tidak mudah lepas. Bahkan bel rumah dan kipas angin juga memanfaatkan prinsip kerja magnet agar dapat berfungsi dengan baik. Namun, tahukah kamu apa sebenarnya yang dimaksud dengan magnet? Dari mana asal magnet? Apakah sifat kemagnetan suatu bahan bisa hilang? Mungkinkah kita membuat magnet sendiri? Untuk menjawab semua pertanyaan tersebut, mari kita pelajari materi tentang magnet dengan semangat dan rasa ingin tahu. Siapkan dirimu untuk menemukan berbagai konsep menarik dan aplikasinya dalam kehidupan!

1. Sejarah Magnet

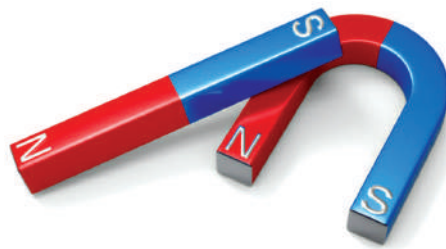
Apakah kamu pernah melihat batu yang dapat menarik benda logam seperti paku atau jarum? Menurutmu, bagaimana orang zaman dahulu pertama kali menemukan bahwa ada batu yang dapat menarik logam?



Sejak zaman kuno, manusia telah mengetahui adanya mineral atau batuan berwarna logam yang dapat menarik partikel besi. Batuan semacam ini disebut magnetik, atau sering juga disebut batu bermuatan. Salah satu tokoh awal yang mencatat fenomena ini adalah Thales, seorang filsuf Yunani yang hidup pada abad ke-6 SM. Ia mengamati bahwa bijih besi tertentu memiliki sifat khusus yang dapat menarik benda logam. Namun, kemungkinan besar pengetahuan tentang sifat ini telah dikenal jauh sebelum masa Thales.

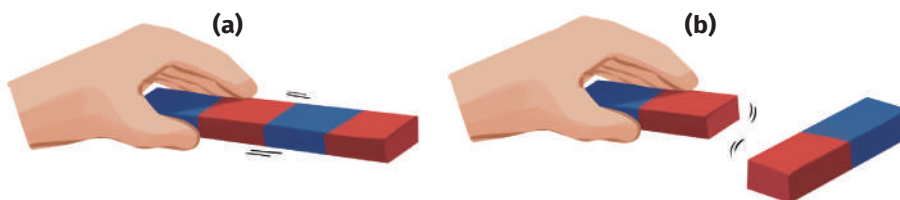
Dalam berbagai catatan kuno, batuan ini kemudian dikenal dengan sebutan magnet. Kata "magnet" sendiri berasal dari bahasa Yunani *magnítis líthos* yang berarti 'batu Magnesia'. Kata "Magnesia" merujuk pada sebuah wilayah di Asia Kecil yang kaya akan endapan mineral magnetik.

Magnet tersusun dari logam seperti besi dan baja. Magnet juga dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan biasanya dinamai sesuai bentuknya, seperti terlihat pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Contoh Magnet U dan Magnet Batang

Magnet selalu memiliki dua kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Kutub-kutub yang sejenis akan tolak-menolak bila didekatkan. Sedangkan kutub-kutub yang berbeda jenis akan tarik-menarik bila didekatkan. Kutub-kutub ini selalu ada pada setiap magnet walaupun magnet tersebut dipotong menjadi beberapa bagian magnet kecil. Perhatikan interaksi dua magnet pada Gambar 5.19 berikut!



Gambar 5.19 Interaksi antara Dua Kutub Magnet (a) Benda Jenis dan (b) Sejenis



Dari mana asalnya kekuatan magnet? Apa bedanya dengan gaya listrik? Gaya listrik muncul karena adanya interaksi antara muatan listrik, baik yang diam maupun bergerak. Berbeda halnya dengan gaya magnet, gaya magnet justru muncul karena gerakan muatan listrik, terutama elektron.

Di dalam atom, elektron tidak hanya diam di tempat, tetapi bergerak mengelilingi inti atom dalam lintasan tertentu (orbit), sekaligus berputar pada porosnya sendiri (spin). Pada beberapa bahan tertentu seperti besi, baja, atau nikel, gerakan-gerakan ini dapat tersusun secara teratur dan saling sejajar. Jika ini terjadi, medan magnet dari tiap atom saling memperkuat satu sama lain dan akhirnya membuat medan magnet yang lebih besar, menghasilkan efek magnetik pada benda tersebut. Fenomena inilah yang kita sebut sebagai magnet.



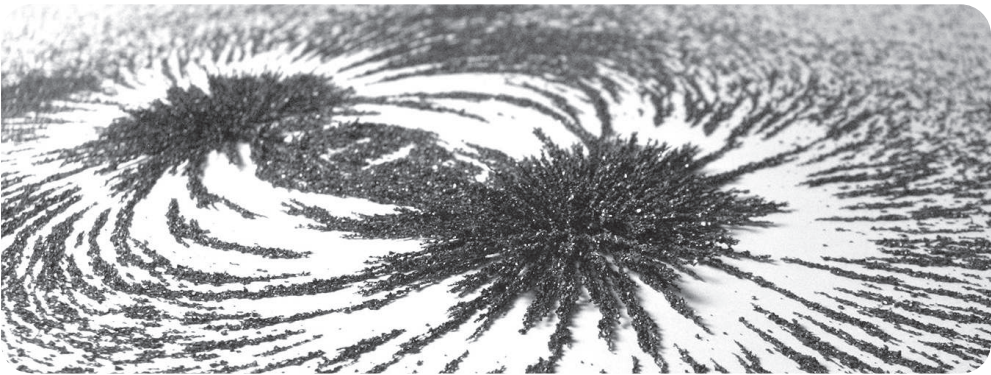
Gambar 5.20

(a) Atom Tersusun Secara Acak; (b) Atom Tersusun Secara Teratur

Pada Gambar 5.20 (a), kutub utara dan selatan partikel elementer magnet pada benda tersebar secara acak sehingga benda tersebut tidak memiliki sifat magnet. Sebaliknya, pada beberapa jenis logam seperti besi dan baja, partikel magnet elementer dapat tersusun secara teratur dalam arah tertentu sehingga benda tersebut memiliki sifat magnet, seperti terlihat pada Gambar 5.20 (b).

Bagaimana kamu dapat mendeteksi keberadaan medan magnet di sekitar suatu benda? Salah satu cara sederhana adalah dengan menggunakan pasir besi atau serbuk besi. Ketika serbuk besi ditaburkan di atas kertas yang diletakkan di atas magnet, kamu akan melihat pola tertentu yang terbentuk. Pola-pola ini disebut garis gaya magnet dan digunakan untuk menggambarkan medan magnet.

Medan magnet adalah daerah di sekitar magnet yang masih dipengaruhi oleh gaya magnet. Gambar 5.21 memperlihatkan serbuk besi membentuk pola yang berbeda-beda tergantung pada bentuk magnet—apakah itu magnet jarum, batang, atau tapal kuda (U). Dari gambar tersebut, kamu dapat mengamati bahwa medan magnet paling kuat berada di ujung-ujung kutub magnet. Hal ini terlihat dari garis-garis gaya magnet yang sangat rapat, serta banyaknya serbuk besi yang berkumpul di sana. Rapatnya garis gaya menunjukkan bahwa gaya magnet di area tersebut lebih besar. Apakah kamu menemukan pola yang serupa dengan yang terlihat pada Gambar 5.21? Coba perhatikan bentuk magnet dan bentuk medan magnet yang dihasilkan, lalu bandingkan!



Gambar 5.21 Pola Serbuk Besi yang Ditebarkan di Sekitar Magnet Batang

Sumber: Windell Oskay/flickr.com (2010)



Tahukah kamu apa itu sampah elektronik? Benar sekali! Barang-barang elektronik bekas yang sudah tidak dipakai lagi oleh pemiliknya disebut sebagai sampah elektronik. Sampah elektronik di dunia jumlahnya terus bertambah. PBB memprediksi jumlah sampah elektronik pada tahun 2030 akan mencapai 74 juta ton. Hal ini akan semakin memburuk karena banyak negara di dunia yang belum memiliki kebijakan nasional yang mengatur tentang sampah elektronik, termasuk Indonesia. Padahal pada tahun 2019 jumlah sampah elektronik di Indonesia mencapai 1.618 kilo ton dan tidak satu pun didaur ulang. Melihat permasalahan di atas, kamu ditugaskan untuk menjalankan pabrik daur ulang dan bertanggung jawab atas divisi



pemrosesan baja yang berharga. Sayangnya, sampah tersebut tidak dipilah dengan baik oleh petugas kebersihan. Plastik, alumunium, baja, dan kertas semuanya menumpuk menjadi satu.



Gambar 5.22 Tumpukan Barang Elektronik Bekas

Sumber: Zoran Milich/vox.com (2016)

Kamu harus menemukan metode untuk mengambil besi dari tumpukan sampah tersebut agar dapat diproses dengan benar lalu dibawa ke pabrik daur ulang untuk mewujudkan tujuan pembangunan berkelanjutan. Hal ini sesuai dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) atau Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) yang menjadi kesepakatan dunia. Ada 17 tujuan global untuk membuat kehidupan manusia dan bumi lebih baik. Dalam bab ini kita menyinggung SDG 11 dan SDG 12 karena keduanya relevan dengan topik listrik dan pemanfaatan energi. SDGs nomor 11 yaitu menjadikan kota dan pemukiman manusia aman, tangguh, inklusif, dan berkelanjutan. Sedangkan SDGs nomor 12 yaitu untuk memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan.

Untuk menguji seberapa efektif metode pemisahan sampah yang kamu rancang, lakukanlah Aktivitas 5.4 pengujian berikut.



Aktivitas 5.4

Ayo Analisis

Tujuan:

Setelah melakukan aktivitas ini, kamu diharapkan mampu:

1. mengamati dan membandingkan kemampuan berbagai bentuk magnet dalam menarik logam dari campuran sampah,
2. menjelaskan prinsip kerja gaya magnet dalam memisahkan material berdasarkan sifat kemagnetannya,
3. menganalisis hasil percobaan dan menyajikannya dalam bentuk tabel dan grafik,
4. menumbuhkan kesadaran akan pentingnya pemilahan dan daur ulang sampah elektronik sebagai bagian dari solusi berkelanjutan (SDGs 11 dan 12), dan
5. melatih keterampilan kerja ilmiah, kolaboratif, dan berpikir kritis terhadap isu lingkungan sekitar.

Alat dan bahan:

1. Magnet tiga jenis (contoh: batang, U/tapal kuda, jarum/lingkar)
2. Gabungan magnet (2–3 magnet disatukan) untuk uji lanjutan (Opsional)
3. Klip kertas logam (± 100 buah)
4. Potongan plastik, potongan kertas, potongan kayu (masing-masing ± 50 – 100)
5. Nampan/wadah untuk mencampur bahan; pembatas karton tipis (untuk uji jarak)
6. *Stopwatch/timer*; pinset; spidol/label; (opsional) timbangan digital.
7. Lembar Tabel 5.3 (lihat langkah 5) dan kertas grafik.

Langkah-langkah:

1. Campur klip kertas logam dengan potongan plastik, kertas, kayu di dalam nampan (acak merata).
2. Siapkan timer (set 10 detik per uji) dan lembar Tabel 5.3.
3. Dekatkan berbagai jenis magnet berdasarkan bentuknya ke atas tumpukan ratusan klip kertas, potongan kertas, potongan plastik, dan potongan kayu.





Gambar 5.23 Aktivitas Percobaan Mendekatkan Magnet pada Klip Kertas yang Terbuat dari Logam

4. Satukan Magnet 1+2+3 (atau 1+2) dan ulang uji 4 kali. Catat hasil pada kolom Gabungan Magnet 1, 2, 3.
5. Catat hasil pengujian kemudian buatlah laporan dalam bentuk tabel dan grafik berikut.

Tabel 5.3 Jumlah Klip Kertas yang Berhasil Dipindahkan Tiap Magnet

	Magnet 1	Magnet 2	Magnet 3	Gabungan Magnet 1,2,3
Percobaan 1				
Percobaan 2				
Percobaan 3				
Percobaan 4				
Rata-rata				

- a. Grafik 1. Jumlah rata-rata klip kertas yang berhasil dipindahkan tiap magnet terhadap jenis magnet
- b. Grafik 2. Jumlah rata-rata klip kertas yang berhasil dipindahkan tiap magnet pada setiap percobaan
6. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:
 - a. Benda apa saja yang berhasil dipindahkan oleh magnet?
 - b. Magnet mana yang mampu memindahkan klip kertas paling banyak?
 - c. Apakah dengan menggabungkan magnet mampu meningkatkan kekuatan magnet?
 - d. Sesuikah hasil pengujian nya dengan hipotesis mu!
7. Presentasikan hasil pengujian dan jawabanmu di depan teman-teman dan guru.

2. Perkembangan Elektromagnet

Bagaimana hubungan antara listrik dan magnet pertama kali ditemukan?

Mungkinkah medan magnet dihasilkan dari arus listrik?

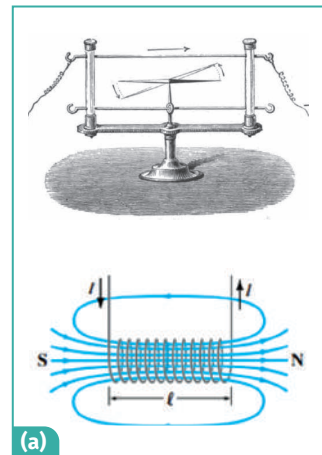
Pada tahun 1820, Hans Christian Oersted menemukan bahwa kawat dapat menolak jarum kompas apabila dialiri arus listrik. Penemuan ini menunjukkan bahwa di sekitar kawat yang dialiri arus listrik timbul medan magnet. Temuan Oersted ini menjadi titik awal pemahaman bahwa listrik dan magnet saling berkaitan. Saat arus listrik mengalir melalui sebuah kawat, arus ini membangkitkan medan magnet di sekeliling kawat tersebut. Medan magnet ini berbentuk melingkar, mengelilingi kawat seperti cincin tak terlihat seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.25 (a). Jika kawat itu dililitkan menjadi sebuah kumparan (yang disebut solenoid), medan magnet yang dihasilkan menjadi lebih kuat dan memiliki arah yang jelas. Bahkan, bentuk medan magnet tersebut menyerupai medan magnet dari batang magnet biasa, lengkap dengan kutub utara dan kutub selatan seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.25 (b).

Kemudian pada tahun 1821, Michael Faraday membuat suatu penemuan penting. Dua tahun sebelumnya, Oersted telah menemukan bahwa jarum magnet kompas biasa dapat menyimpang jika arus listrik dialirkan dalam kawat yang tidak berjauhan. Hal ini membuat Michael Faraday menyimpulkan bahwa, jika magnet didekatkan, yang akan bergerak adalah kawat yang dialiri listrik. Berdasarkan dugaan ini, Michael Faraday berhasil membuat suatu skema yang jelas bahwa kawat akan terus-menerus berputar berdekatan dengan magnet sepanjang arus listrik



Gambar 5.24 Hans Christian Oersted

Sumber: nationalmaglab.org (2025)



Sumber: Giancoli, Physics

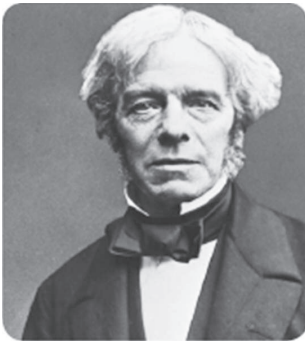
Gambar 5.25

(a) Skema Percobaan Oersted yang Menunjukkan Medan Magnet di Sekitar Kawat Lurus;
(b) Medan Magnet di Sekitar Kumparan Solenoid



yang dialirkan ke kawat. Sesungguhnya penemuan Faraday ini merupakan motor listrik pertama, suatu skema pertama membuat sesuatu benda bergerak dengan menggunakan arus listrik. Meskipun masih sangat primitif, penemuan Michael Faraday ini merupakan “nenek moyang” dari semua motor listrik yang digunakan dunia saat ini.

Penemuannya membuat suatu benda bergerak menggunakan arus listrik adalah pembuka jalan yang luar biasa untuk penemuan-penemuan motor listrik selanjutnya. Namun, penemuan tersebut masih terbatas dalam kegunaan praktis karena belum ada metode untuk menggerakkan arus listrik selain dari baterai kimia sederhana yang ada pada saat itu. Faraday yakin, pasti ada suatu cara penggunaan magnet untuk menggerakkan listrik. Ia terus-menerus mencari jalan bagaimana menemukan metode tersebut.



Gambar 5.26 Michael Faraday

Sumber:

Hulton Deutsch/Gettyimages.ae (2016)

Namun pada tahun 1831, Faraday menemukan bahwa apabila magnet dilalui lewat sepotong kawat, arus akan mengalir di kawat sedangkan magnet bergerak. Keadaan ini disebut “pengaruh elektromagnetik” dan penemuan ini disebut hukum Faraday, penemuannya yang terpenting dan terbesar. Jadi, gagasan elektromagnetik adalah prinsip kerja dari kendaraan listrik, yaitu ketika listrik dapat diubah menjadi energi gerak atau sebaliknya.

3. Gaya Magnet/Gaya Lorentz

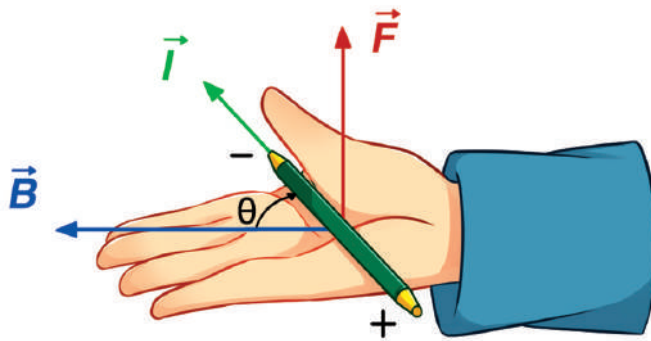
Mengapa kawat yang dialiri arus dapat bergerak saat berada di dekat magnet? Apa yang menyebabkan motor listrik dapat berputar? Bagaimana gaya magnet bekerja pada benda yang dialiri listrik?

Gaya Lorentz adalah nama yang diberikan untuk gaya yang dialami oleh penghantar listrik (seperti kawat) yang berada di dalam medan magnet dan dialiri arus listrik. Nama Lorentz diambil dari seorang fisikawan Belanda bernama Hendrik Antoon Lorentz, yang melakukan penelitian penting terkait interaksi antara medan magnet dan arus listrik. Melalui penelitiannya, Lorentz menemukan bahwa ketika arus listrik mengalir melalui suatu kawat penghantar yang diletakkan dalam medan magnet, kawat tersebut mengalami

gaya dorong yang dapat menyebabkan gerakan. Fenomena ini dikenal sebagai gaya Lorentz dan menjadi prinsip dasar dalam pengoperasian berbagai peralatan listrik seperti kipas angin, blender, motor listrik, dan alat-alat rumah tangga lainnya. Gaya Lorentz tidak hanya menjelaskan gerakan kawat dalam medan magnet, tetapi juga menjadi dasar pengembangan teknologi elektromekanik yang sangat luas penggunaannya di era modern.

4. Menentukan Arah Gaya Lorentz

Untuk menentukan arah gaya Lorentz dapat kita gunakan kaidah tangan kanan atau kaidah putaran sekrup.



Gambar 5.27 Arah Gaya Lorentz Menggunakan Kaidah Tangan Kanan

Besar gaya Lorentz sebanding dengan kuat medan magnet, arus listrik, dan panjang kawat. Bila kedudukan gaya, kuat medan magnet dan arus listrik saling tegak lurus, maka besarnya gaya Lorentz dapat diperoleh dengan menggunakan rumus (10) berikut ini. Rumus ini berlaku untuk panjang kawat 1 meter.

Besar gaya Lorentz dapat dihitung dengan rumus:

$$F = I.L.B \sin\theta \quad (10)$$

Keterangan:

F = gaya Lorentz (newton)

I = kuat arus listrik (ampere)

L = panjang kawat (meter)

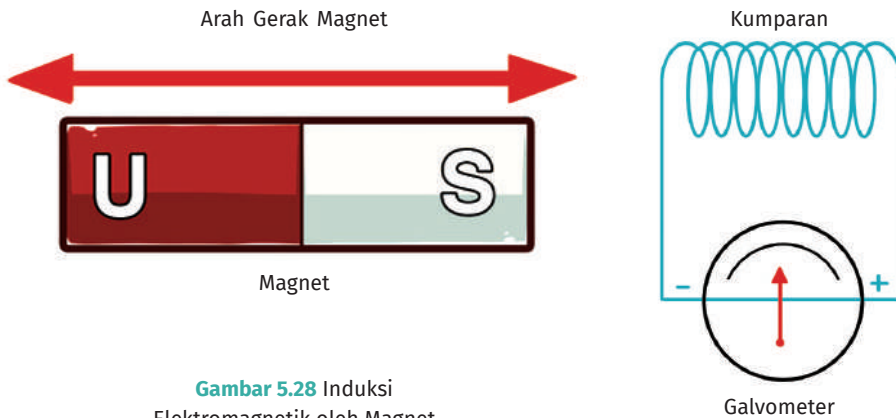
B = kuat medan magnet (Wb/m²) atau tesla (T)

θ = besar sudut antara arah I dan B (Dianggap membentuk sudut tegak lurus, 90 derajat)



5. Induksi Elektromagnetik

Pernahkah kamu mengayuh sepeda lalu lampu depannya menyala tanpa baterai? Bagaimana cara menghasilkan arus listrik tanpa menggunakan baterai? Apa yang terjadi jika magnet digerakkan masuk ke dalam kumparan kawat dari bahan konduktor seperti tembaga?



Gambar 5.28 Induksi Elektromagnetik oleh Magnet

Induksi elektromagnetik merupakan fenomena munculnya arus listrik akibat perubahan fluks magnetik. Proses induksi elektromagnetik melibatkan konduktor yang diletakkan dengan posisi tertentu dan medan magnet. Cara lainnya adalah kumparan kawat konduktor yang digerakkan di dalam medan magnet yang tetap. Hal tersebut menyebabkan kehadiran tegangan atau gaya gerak listrik (GGL) pada konduktor. Gambar 5.28 merupakan ilustrasi induksi elektromagnetik yang dihasilkan dengan menggerakkan sebuah magnet ke dalam kumparan kawat konduktor, yang awalnya tidak berarus. Arus listrik akan muncul pada kumparan akibat adanya perubahan medan magnet yang masuk ke kumparan tersebut.

Susunan magnet dan kabel di atas merupakan percobaan induksi elektromagnetik yang dilakukan oleh Michael Faraday pada tahun 1830. Hasilnya menunjukkan bahwa energi listrik dapat diproduksi menggunakan medan magnet, dan bukan hanya berasal dari baterai. Dari sini, ia mengemukakan hukum Faraday dalam induksi elektromagnetik, yaitu setiap perubahan medan magnet pada kumparan akan menyebabkan GGL yang diinduksi oleh kumparan tersebut. Tegangan GGL induksi di dalam rangkaian tertutup adalah sebanding dengan kecepatan perubahan fluks terhadap waktu yang dapat dirumuskan menjadi:

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (11)$$

Keterangan:

$\mathcal{E}$ = merupakan GGL induksi (volt)

N = jumlah lilitan kumparan

$\Delta\Phi$ = perubahan fluks magnetik (weber)

Δt = selang waktu (s)

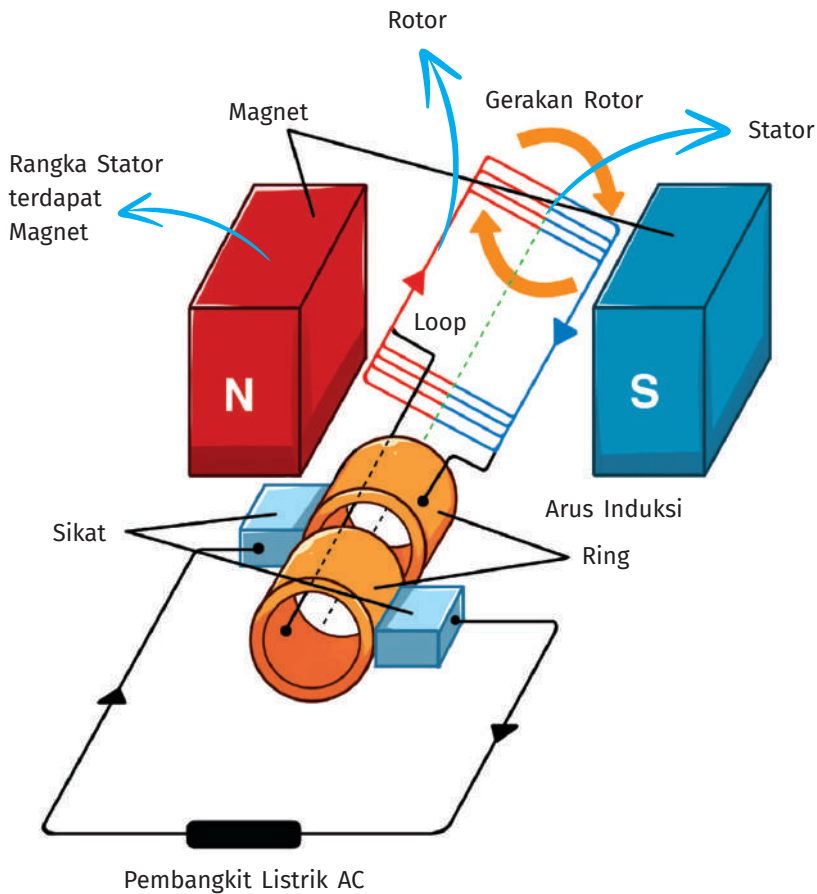
Tanda negatif menunjukkan arah GGL induksi berdasarkan hukum Lenz (hukum fisika tentang arah induksi).

Prinsip induksi elektromagnetik yang ditemukan oleh Michael Faraday inilah yang menjadi dasar kerja berbagai alat pembangkit listrik. Ketika magnet atau kumparan digerakkan sehingga arah dan besar fluks magnetik berubah, sesuai dengan hukum Lenz, prinsip ini kemudian dikembangkan menjadi teknologi yang mampu mengubah energi gerak menjadi energi listrik, yaitu generator. Salah satu contoh nyata dari induksi elektromagnetik yang sering ditemui adalah dinamo sepeda. Saat roda sepeda berputar, magnet di dalam dinamo juga ikut berputar dekat dengan kumparan kawat. Perubahan posisi magnet ini menyebabkan munculnya arus listrik yang kemudian digunakan untuk menyalakan lampu sepeda.

6. Generator

Generator adalah sebuah alat yang berfungsi mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik). Prinsip kerja generator didasarkan pada induksi elektromagnetik, yaitu munculnya arus listrik ketika kumparan kawat atau medan magnet digerakkan secara relatif satu terhadap yang lain. Sumber energi gerak untuk menggerakkan generator sangat beragam. Misalnya, pada pembangkit listrik tenaga angin, energi gerak berasal dari tiupan angin yang memutar baling-baling turbin. Pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA), aliran air yang deras digunakan untuk memutar turbin. Sementara itu, pada generator diesel, energi gerak diperoleh dari pembakaran bahan bakar seperti solar untuk menggerakkan poros mesin. Dengan memanfaatkan gerakan ini, generator mampu menghasilkan listrik yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari, baik untuk rumah tangga, industri, maupun transportasi. Generator menjadi bukti nyata bahwa ilmu tentang magnet dan arus listrik dapat dimanfaatkan dalam teknologi yang sangat penting bagi manusia.





Gambar 5.29 Generator Listrik Bolak-Balik (*Alternating Current*) Sederhana

Perlu diingat bahwa generator tidak mampu memproduksi listrik, melainkan hanya mengubah bentuk energi ke bentuk lain. Prinsipnya adalah memanfaatkan energi gerak sesuai hukum Faraday yang berbunyi berikut ini.

“Apabila terjadi perubahan medan magnet yang terhubung ke sebuah kawat loop tertutup maka akan menimbulkan gaya gerak listrik.”

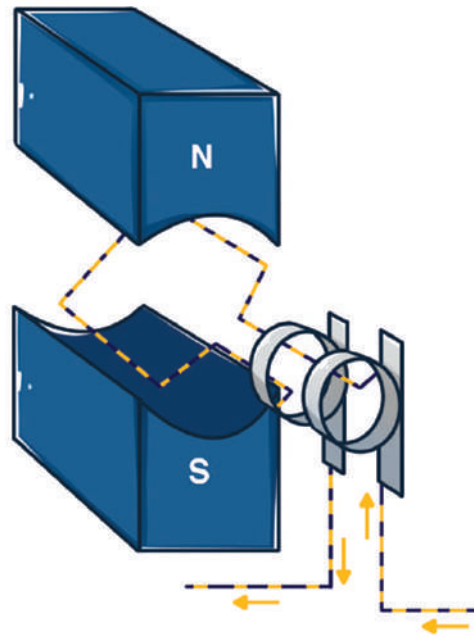
a. Cara kerja generator

Pada dasarnya, gaya gerak listrik didapatkan dari memanfaatkan perubahan magnet. Sumber untuk mendapatkan energi kinetik tersebut bisa berasal dari kincir angin yang memanfaatkan embusan angin, kincir air yang memanfaatkan aliran air, hingga mesin yang menggunakan bahan bakar diesel.

Proses perubahan energi gerak menjadi energi listrik terjadi karena elektron dapat bergerak akibat adanya medan magnet. Pada generator listrik, slip ring yang berbentuk dua cincin logam memiliki peran penting dalam menyalurkan arus listrik yang dihasilkan. Generator AC slip ring mempunyai bentuk cincin full, sedangkan motor DC mempunyai bentuk cincin belah.

b. Bagian-bagian generator

Untuk mengubah energi kinetik menjadi listrik diperlukan komponen utama generator seperti yang ditunjukkan Gambar 5.30.



Gambar 5.30 Cara Kerja Generator

- Rangka stator yaitu badan utama atau *body generator* yang terbuat dari baja kuat.
- Stator adalah bagian yang menempel pada rangka generator dan terdapat lilitan stator yang berfungsi sebagai induksi gaya gerak listrik.
- Rotor adalah komponen generator yang berputar, terdapat kutub magnet dengan lilitan yang terbuat dari tembaga.
- Slip ring berbentuk menyerupai cincin, berjumlah dua buah, ikut berputar dengan rotor dan poros generator, dan bahan utamanya terbuat dari tembaga atau kuningan. Komponen inilah yang berperan mentransfer listrik dari motor.

Generator AC memiliki berbagai ukuran tergantung dengan kebutuhan, misalnya generator PLTA mempunyai ukuran besar karena kapasitasnya hingga ribuan kilowatt. Sementara itu, bentuk dinamo sepeda lebih kecil dan sederhana karena sekadar berfungsi untuk menyalakan lampu sepeda.





Ayo Uji Kemampuan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan penjelasan yang logis dan menggunakan bahasa yang mudah dipahami. Diskusikan bersama temanmu atau dalam kelompok kecil jika perlu.

1. Apa yang dimaksud dengan magnet alami dan magnet buatan? Berikan masing-masing satu contoh!
2. Sebutkan tiga benda di sekitarmu yang dapat ditarik magnet dan tiga benda yang tidak dapat ditarik magnet!
3. Jelaskan mengapa kutub senama magnet saling tolak dan kutub tidak senama saling tarik!
4. Apa perbedaan antara medan magnet batang dan medan magnet tapal kuda jika dilihat dari garis-garis gaya magnetnya? Jelaskan!
5. Jelaskan bagaimana prinsip elektromagnet dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari! Berikan contohnya!
6. Seseorang mencoba membuat elektromagnet dengan menggulung kawat pada batang paku dan mengalirkannya dengan baterai. Namun, magnet tidak bekerja. Apa kemungkinan penyebabnya? Jelaskan solusi yang dapat dilakukan!
7. Bandingkan prinsip kerja kompas dan motor listrik berdasarkan hubungan antara listrik dan magnet!
8. Menurutmu, apa kelebihan dan kekurangan penggunaan elektromagnet dibandingkan dengan magnet permanen dalam alat-alat industri? Jelaskan!
9. Rancanglah sebuah alat pemilah sampah logam dari bahan plastik atau kertas yang memanfaatkan gaya magnet. Jelaskan prinsip kerja dan bagian-bagiannya!

C. Energi Alternatif/Terbarukan

Mengapa saat ini banyak bermunculan mobil-mobil/kendaraan yang digerakkan dengan energi listrik? Mengapa saat ini rumah-rumah atau jalan-jalan banyak dipasang lampu-lampu berdaya rendah? Mengapa banyak sekali seruan-seruan untuk menghemat energi? Tahukah kamu sumber-sumber energi apa saja yang dapat digunakan dalam jangka panjang? Jenis energi tersebut dikenal sebagai sumber energi alternatif atau energi terbarukan.



1. Sumber Listrik Tenaga Angin

Bagaimana angin yang tidak terlihat bisa digunakan untuk menyalakan lampu atau mengisi baterai?

Angin bukan hanya sekadar hembusan udara yang menyegarkan. Di balik gerakannya, angin menyimpan energi kinetik yang sangat besar. Energi inilah yang dimanfaatkan dalam pembangkit listrik tenaga angin atau biasa dikenal sebagai pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) untuk menghasilkan listrik. Prinsip kerjanya cukup sederhana tetapi efektif: energi gerak dari angin memutar baling-baling turbin, yang kemudian menggerakkan poros dan mengaktifkan generator listrik.

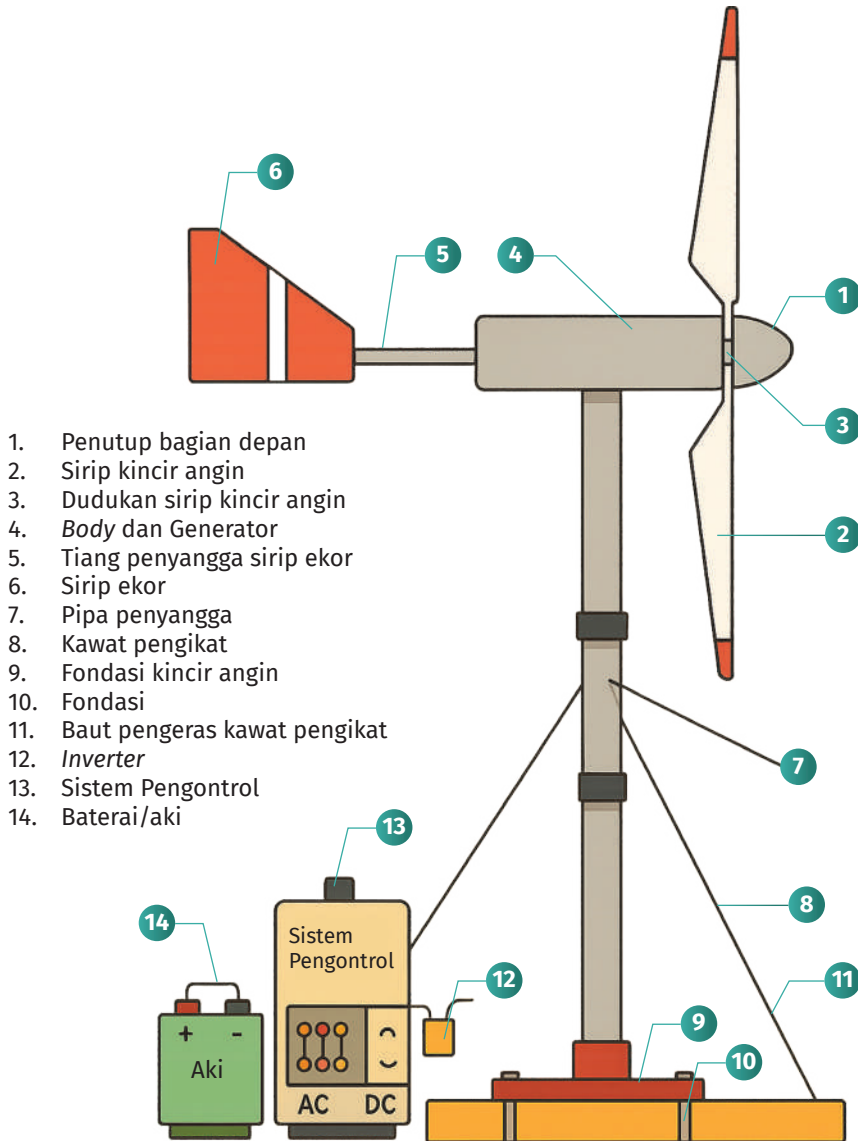
Pembangkit listrik tenaga angin biasanya dibangun di wilayah yang memiliki tiupan angin konstan, seperti di tepi pantai, dataran tinggi, atau padang rumput yang luas. Keunggulan utama dari sumber energi ini adalah tidak menghasilkan polusi, tidak mengeluarkan emisi karbon, dan dapat terus diperbarui selama angin tetap berhembus.

Gambar 5.31 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Sumber: Barb Landro/pexels.com (2024)



Perhatikan skema pembangkit listrik tenaga bayu pada Gambar 5.32. Pertama, angin akan memutar bilah turbin. Kemudian bilah turbin ini akan memutar sebuah generator, lalu menghasilkan listrik. Sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dapat terdiri atas satu buah turbin angin atau beberapa turbin angin yang gaya listriknya digabungkan dan disalurkan ke satu unit penyalur listrik. Gaya listrik kemudian dialirkan melalui kabel transmisi dan didistribusikan ke rumah-rumah, kantor, sekolah, dan gedung lainnya.

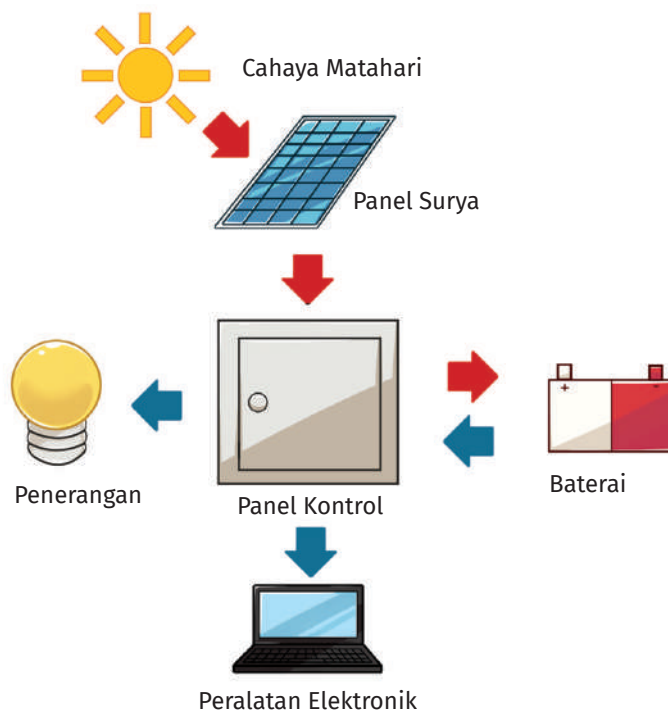


Gambar 5.32 Skema Pembangkit Listrik Kincir Bayu

2. Sel Surya

Bagaimana mungkin sinar matahari yang terasa hangat di kulit dapat diubah menjadi listrik untuk menyalakan lampu atau mengisi baterai?

Sel surya atau *solar cell* adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* ini ditemukan oleh Henry Becquerel pada tahun 1839. Efek *photovoltaic* adalah suatu fenomena munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektrode yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, sel surya sering disebut juga dengan sel *photovoltaic* (PV).



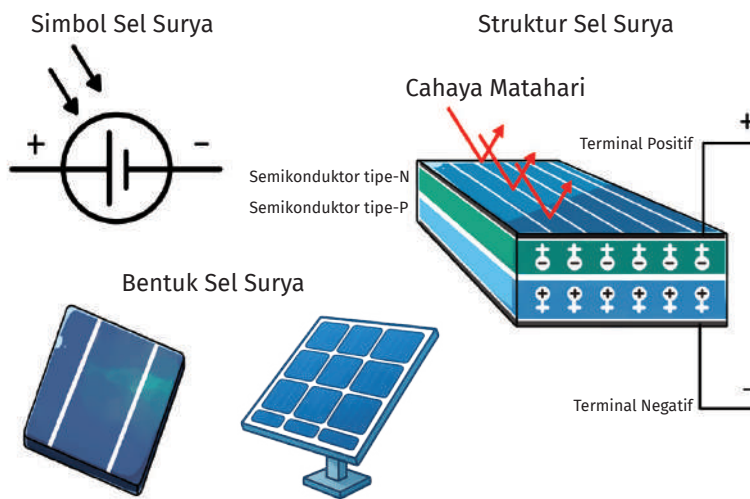
Gambar 5.33 Sel Surya

Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Sel surya ini juga memiliki kaki positif dan kaki negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik sama seperti dioda foto (*photodiode*).



Pada dasarnya, sel surya merupakan dioda foto yang memiliki permukaan yang sangat besar. Permukaan luas sel surya tersebut menjadikan perangkat sel surya ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan tegangan dan arus yang lebih kuat dari dioda foto pada umumnya. Contohnya, sebuah sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon mampu menghasilkan tegangan setinggi 0,5V dan arus setinggi 0,1A saat padanan expose itu terpapar cahaya matahari.

Saat ini telah banyak perangkat sel surya yang diaplikasikan ke berbagai macam penggunaan, mulai dari sumber listrik untuk kalkulator, mainan, pengisi baterai, pembangkit listrik, dan bahkan sebagai sumber energi untuk menggerakkan satelit yang mengorbit bumi. Berikut ini adalah struktur dasar, bentuk, dan simbol sel surya.

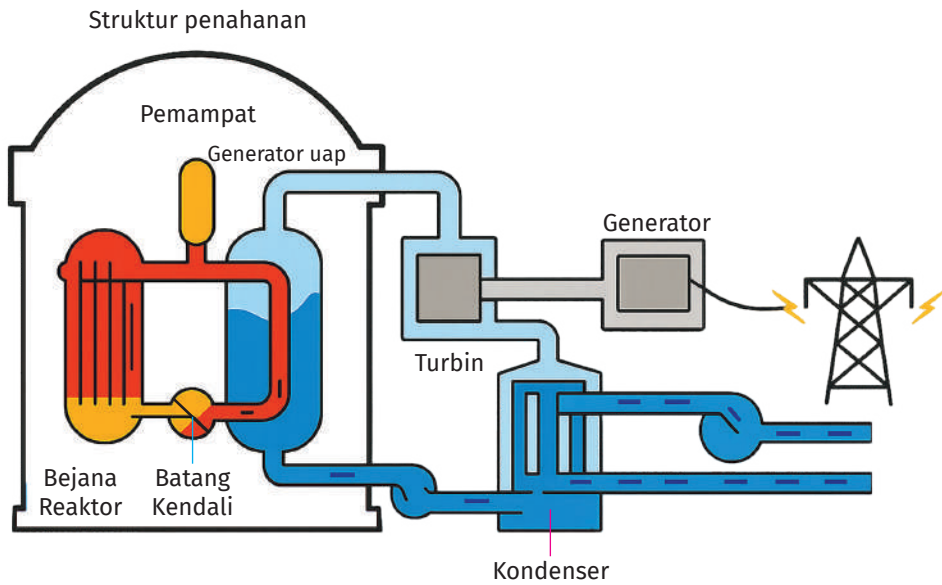


Gambar 5.34 Struktur Dasar dan Simbol Sel Surya

3. Tenaga Nuklir

Bagaimana mungkin sebutir kecil zat bisa menghasilkan energi yang cukup untuk menyalakan kota?

Pembangkit listrik tenaga nuklir atau PLTN adalah sebuah pembangkit daya termal yang menggunakan satu atau beberapa reaktor nuklir sebagai sumber panasnya. Prinsip kerja sebuah PLTN hampir sama dengan sebuah pembangkit listrik tenaga uap atau PLTU karena menggunakan uap bertekanan tinggi untuk memutar turbin. Putaran turbin inilah yang diubah menjadi energi listrik (lihat gambar 5.35).



Gambar 5.35 Skema Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)

Perbedaan antara PLTN dan PLTU ialah sumber panas yang digunakan untuk menghasilkan panas. Sumber panas dari sebuah PLTN adalah uranium. Reaksi pembelahan (fisi) inti uranium menghasilkan energi panas yang sangat besar.

Gambar 5.36 Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

Sumber: Stefan Kühn/commons.wikimedia.org (2005)



Daya sebuah PLTN berkisar antara 40 MWe sampai mencapai 2000 MWe, dan untuk PLTN yang dibangun pada tahun 2005 mempunyai sebaran daya dari 600 MWe sampai 1200 MWe. Hingga tahun 2015 terdapat 437 PLTN yang beroperasi di dunia, yang secara keseluruhan menghasilkan daya sekitar 1/6 dari energi listrik dunia. Sampai saat ini, sekitar 66 unit PLTN sedang dibangun di berbagai negara, antara lain Tiongkok sebanyak 28 unit, Rusia sebanyak 11 unit, India sebanyak 7 unit, Uni Emirat Arab sebanyak 4 unit, Korea Selatan sebanyak 4 unit, Pakistan dan Taiwan masing-masing sebanyak 2 unit.

PLTN dikategorikan berdasarkan jenis reaktor yang digunakan. Pada pembangkit yang memiliki beberapa unit reaktor terpisah, setiap reaktor memungkinkan penggunaan bahan bakar seperti uranium dan plutonium.

Gambar 5.37 Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Uni Emirat Arab

Sumber: Dahlia Nehme, Nafisa Eltahir, dan Rania El Gamal/sweetcrudereports.com (2020)





Aktivitas 5.5

Ayo Komunikasikan

Setelah mengikuti aktivitas ini, kamu akan mampu:

1. mengidentifikasi dan merangkum informasi dari artikel ilmiah populer tentang penggunaan energi terbarukan di Indonesia maupun dunia;
2. mengembangkan kemampuan komunikasi tertulis untuk menyampaikan gagasan utama dari informasi yang dibaca secara ringkas dan jelas,
3. menganalisis konsep keberlanjutan energi terbarukan dan membandingkannya dengan sumber energi fosil dari segi ketersediaan dan dampak lingkungan;
4. mengevaluasi potensi sumber energi terbarukan di daerah tempat tinggalnya berdasarkan kondisi geografis dan sumber daya alam setempat, dan
5. membangun kesadaran kritis terhadap isu energi dan lingkungan, serta menumbuhkan tanggung jawab sebagai warga yang peduli masa depan berkelanjutan.

1. Kliping Energi Terbarukan di Sekitarmu

Carilah satu artikel berita dari media cetak atau daring yang membahas penggunaan sumber energi terbarukan di Indonesia atau dunia (contoh: energi surya, angin, air, biomassa, atau panas bumi).

- a. Tempelkan atau lampirkan klipingnya.
- b. Ringkas isi beritanya dalam 3–5 kalimat.
- c. Apa pesan utama yang kamu dapat dari berita tersebut?

2. Analisis Keberlanjutan Energi Terbarukan

Mengapa energi seperti angin, matahari, atau air disebut sumber energi yang berkelanjutan?

- a. Jelaskan apa yang membuatnya tidak akan habis dalam waktu dekat.
- b. Bandingkan dengan bahan bakar fosil seperti minyak dan batu bara.

3. Potensi Energi Daerahmu

Coba amati lingkungan tempat tinggalmu.

- a. Sebutkan 2–3 jenis sumber energi alternatif yang berpotensi besar dikembangkan di daerahmu!
- b. Jelaskan alasanmu, berdasarkan kondisi alam (angin, panas matahari, sumber air, lahan pertanian, dll).
- c. Jika dikembangkan dengan baik, menurutmu energi apa yang paling cocok untuk masa depan wilayahmu?





Ayo Uji Kemampuan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan penjelasan yang logis dan menggunakan bahasa yang mudah dipahami. Diskusikan bersama temanmu atau dalam kelompok kecil jika perlu.

1. Apa yang dimaksud dengan energi alternatif? Sebutkan tiga contoh sumber energi alternatif!
2. Mengapa energi matahari dan angin disebut sebagai energi terbarukan? Jelaskan secara singkat!
3. Bandingkan dua sumber energi berikut ini: panel surya dan pembangkit listrik tenaga air! Apa kelebihan dan kekurangan masing-masing?
4. Bagaimana energi alternatif dapat membantu mengurangi dampak pemanasan global? Jelaskan keterkaitannya!
5. Di daerahmu, sumber energi alternatif apa yang paling memungkinkan dikembangkan? Jelaskan berdasarkan kondisi geografis atau lingkungan sekitar!
6. Jika kamu diminta merancang alat penerangan sederhana yang tidak menggunakan listrik PLN, alat apa yang akan kamu buat? Jelaskan cara kerjanya dan bahan-bahan yang dibutuhkan!



Projek

Akhir Bab

Merancang Lampu Bertenaga Surya

Meskipun kita hidup di era teknologi canggih dan kecerdasan buatan (AI), kenyataannya masih banyak wilayah di Indonesia yang belum mendapatkan penerangan listrik yang memadai. Banyak anak seusiamu kesulitan belajar atau mengerjakan tugas di malam hari karena tidak ada cukup cahaya. Sebagai generasi muda yang peduli dan kreatif, kamu tentu ingin membantu mengatasi kesenjangan ini. Melalui projek ini, kamu diajak merancang dan membuat lampu bertenaga surya sederhana sebagai solusi penerangan ramah lingkungan.

Projek ini akan menunjukkan kepadamu bahwa cahaya matahari sebagai sumber energi yang terbarukan dan tak terbatas dapat diubah menjadi energi listrik melalui panel surya. Energi ini kemudian disimpan dalam baterai dan digunakan untuk menyalakan lampu LED, bahkan tanpa sambungan ke listrik PLN.



Langkah-Langkah Proyek: Merancang Lampu Bertenaga Surya

1. Bentuk kelompok kerja

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–4 orang. Tentukan pembagian peran dalam kelompok secara adil, misalnya: perancang desain, perakit alat, pencatat data, dan penyaji laporan.

2. Rancang desain alat

Gambar rancangan alat yang akan dibuat. Pastikan desain mencakup posisi panel surya, letak baterai dan lampu, serta jalur kabel. Gunakan bahan yang aman dan mudah ditemukan, seperti kotak bekas, botol plastik, atau wadah kardus.

3. Kumpulkan alat dan bahan

Siapkan komponen berikut:

- Panel surya mini ($\pm 6V$ 1W)
- Modul *charger* (misalnya TP4056)
- Baterai isi ulang Li-ion 3.7 V
- LED (lampu hemat energi)
- Sakelar kecil
- Kabel jumper atau kabel serabut
- Wadah/tempat untuk menyusun rangkaian
- Lem tembak, isolasi, atau *cable ties*/ikat kabel
- (Opsional) Multimeter untuk pengukuran

4. Rakit rangkaian lampu surya

- Sambungkan panel surya ke modul *charger*.
- Hubungkan modul *charger* ke baterai isi ulang.
- Sambungkan baterai ke sakelar dan lampu LED.
- Pastikan semua sambungan sesuai polaritas (+ dan –).
- Rapikan kabel dan susun komponen dalam wadah dengan rapi dan aman.

5. Uji coba alat di bawah sinar matahari

Letakkan panel surya di tempat yang terkena sinar matahari langsung selama 3–6 jam. Setelah itu, coba nyalakan lampu di tempat gelap menggunakan sakelar. Catat apakah lampu menyala dan berapa lama dapat bertahan.

6. Catat hasil dan refleksi kelompok

- Catat waktu pengisian dan waktu nyala lampu.
- Dokumentasikan proses kerja: ambil foto atau buat sketsa langkah-langkahnya.
- Tulis refleksi tentang tantangan yang dihadapi dan bagaimana kalian mengatasinya.



7. Buat laporan dan presentasikan hasilnya

Susun laporan sederhana atau poster yang berisi:

- Tujuan dan manfaat alat
- Skema rangkaian dan foto alat
- Hasil uji coba
- Simpulan dan refleksi kelompok

Presentasikan hasil proyek kalian kepada teman-teman di kelas.

Melalui proyek ini, kalian tidak hanya belajar tentang prinsip konversi energi dan rangkaian listrik, tetapi juga mengembangkan kepedulian sosial dan semangat berbagi. Kalian berlatih bekerja sama, berpikir kreatif, dan menghadirkan solusi nyata dari permasalahan lingkungan dan sosial di sekitar kita. Mari berinovasi bersama. Dari langkah kecil ini, kalian bisa memberi cahaya untuk masa depan yang lebih terang.

Selain Proyek “Merancang Lampu Bertenaga Surya”, kalian juga dibolehkan untuk melakukan proyek lain seperti membuat prototipe pembangkit listrik tenaga air (PLTA) atau proyek lain yang relevan. Tentunya kalian harus berkonsultasi dengan gurumu di kelas.



Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan berikut secara lengkap dan jelas!

1. Jelaskan perbedaan antara listrik statis dan listrik dinamis, serta berikan masing-masing satu contoh peristiwa dalam kehidupan sehari-hari!
2. Buatlah sebuah sistem rangkaian listrik dengan ketentuan berikut.
 - a. Jumlah lampu adalah sebanyak lima buah.
 - b. Tiga lampu tersusun paralel dan dua lampu tersusun seri.
3. Sebutkan tiga faktor yang memengaruhi besar kecilnya gaya listrik antara dua muatan! Jelaskan pengaruh tiap faktor terhadap gaya yang timbul!
4. Bagaimana prinsip kerja elektromagnet digunakan dalam alat-alat berikut.
 - a. Bel listrik
 - b. Motor listrik(Deskripsikan konsep dasar gaya Lorentz atau induksi elektromagnetik pada tiap alat!)

5. Jelaskan perbedaan medan magnet dan medan listrik berdasarkan:
 - a. arah gaya,
 - b. asal medan, dan
 - c. respons terhadap muatan/benda.
6. Mengapa penggunaan energi terbarukan (seperti surya dan angin) penting untuk masa depan Indonesia? Sertakan dua alasan berdasarkan aspek lingkungan dan keberlanjutan energi!
7. Seorang peserta didik menghubungkan lampu dan baterai dalam suatu rangkaian, tetapi lampu tidak menyala. Tuliskan dua kemungkinan kesalahan yang dapat terjadi dan cara memperbaikinya!
8. Sebuah lampu 12 W dan 24 W dihubungkan ke baterai.
 - a. Berapakah kuat arus listrik yang mengalir pada lampu tersebut?
 - b. Jika lampu dinyalakan selama tiga jam, berapa besar energi listrik yang digunakan dalam satuan joule?
9. Jelaskan bagaimana energi listrik dapat dihasilkan dari air terjun! Sebutkan komponen utama pembangkit dan perubahan energi yang terjadi!
10. Coba amati kondisi lingkungan tempat tinggalmu.
 - a. Sumber energi terbarukan apa yang paling potensial dikembangkan di daerahmu?
 - b. Jelaskan alasanmu berdasarkan kondisi geografis dan kebutuhan masyarakat sekitar.



Pengayaan

Studi Kasus: Motor Listrik atau Panel Surya?

Situasi:

Sebuah desa terpencil di daerah pegunungan sulit dijangkau listrik PLN. Dua solusi ditawarkan: menggunakan motor listrik berbasis generator diesel atau sistem panel surya dan baterai.

Tugasmu:

1. Bandingkan kelebihan dan kekurangan tiap solusi berdasarkan aspek biaya, ketersediaan energi, lingkungan, dan keberlanjutan.
2. Pilih salah satu solusi dan buat argumentasi tertulis mengapa kamu memilihnya.
3. Jika kamu seorang anak yang tinggal di desa tersebut, bagaimana kamu dapat membantu masyarakat dalam memanfaatkan teknologi tersebut?



Refleksi Akhir Bab

Setelah mempelajari bab ini, luangkan waktu untuk merenungkan dan menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Konsep apa yang paling kamu pahami dan paling menarik dalam bab ini? Mengapa?
2. Aktivitas atau percobaan mana yang paling membantumu memahami konsep listrik atau magnet? Jelaskan alasannya!
3. Apa hal baru yang kamu pelajari tentang energi alternatif yang belum kamu ketahui sebelumnya?
4. Bagian mana dalam bab ini yang paling menantang bagimu? Bagaimana kamu mengatasinya?
5. Jika kamu mengulang kembali pembelajaran bab ini, apa yang akan kamu lakukan secara berbeda?
6. Bagaimana pemahamanmu tentang listrik dan energi bisa kamu terapkan dalam kehidupan sehari-hari?
7. Menurutmu, apa peranmu sebagai generasi muda dalam mendukung penggunaan energi terbarukan?
8. Topik apa yang ingin kamu pelajari lebih lanjut setelah bab ini?
9. Apakah kamu tertarik untuk menciptakan alat atau proyek sains berbasis listrik atau energi alternatif di masa depan?
10. Beri tanda (✓) pada kolom yang sesuai. 1 = belum paham, 2 = mulai paham, 3 = cukup paham, 4 = sangat paham.

Aspek	1	2	3	4
Membedakan arus, tegangan, hambatan (hukum Ohm)				
Menghitung R_{eq} seri/paralel dan memprediksi arus				
Menjelaskan hubungan listrik-magnet (Oersted/Faraday)				
Menilai pilihan energi alternatif untuk konteksku				

11. Perhatikan pernyataan-pernyataan berikut dan pilihlah angka 1 = tidak pernah, 2 = jarang, 3 = sering, 4 = selalu. Beri tanda (✓)

Pernyataan Perilaku	1	2	3	4
Saya mematikan lampu/kipas saat meninggalkan ruangan.				
Saya mencabut <i>charger</i> setelah baterai penuh.				
Saya memilih mode hemat energi/kecerahan seperlunya pada perangkat				
Saya mengurangi waktu layar saat tidak diperlukan.				



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025

Ilmu Pengetahuan Alam
untuk SMP/MTs Kelas IX (Edisi Revisi)

Penulis : Cece Sutia, Victoriani Inabuy, Okky Fajar Tri Maryana
Budiyantri Dwi Hardanie, Sri Handayani Lestari

ISBN : 978-634-00-2430-2 (jil.3)



Isu-Isu Lingkungan





Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini, kamu akan diajak memahami bahwa menjaga lingkungan bukan sekadar soal membuang sampah pada tempatnya, melainkan juga tentang bagaimana energi digunakan, makanan diproduksi dan dikonsumsi, serta bagaimana semua itu saling memengaruhi satu sama lain. Kamu akan mampu menganalisis keterkaitan antara lingkungan yang bersih, perubahan iklim, krisis energi, dan ketersediaan pangan.

Melalui rangkaian aktivitas dan refleksi, kamu akan diajak menemukan hubungan sebab-akibat dari tiap topik, sekaligus merancang langkah nyata yang bisa kamu lakukan mulai dari rumah dan sekolah. Karena untuk menjaga masa depan bumi, langkah kecil hari ini sangat berarti.



Kata Kunci

- ✓ Kesehatan lingkungan
- ✓ Ketersediaan pangan
- ✓ Krisis energi
- ✓ Pemanasan global



Peta Konsep





Isu-isu lingkungan yang terjadi saat ini tampak beragam, mulai dari sampah di sekitar kita, suhu udara yang semakin panas, pemadaman listrik bergilir, hingga harga bahan makanan yang naik. Namun, tahukah kamu? Semua itu saling berkaitan dan berasal dari satu akar yang sama: cara manusia memperlakukan bumi.

Perhatikan infografik pada Gambar 6.1 berikut.



Gambar 6.1 Pemakaian Sedotan Plastik di Indonesia

Sumber: Nandini/Katadata.co.id (2018)

Kalau kamu perhatikan angka-angka itu, mungkin terbersit di pikiranmu, “Ah, *ngga* mungkin! Banyak sekali! Terlalu dibesar-besarkan *nih*, datanya!”



Untuk membuktikannya, kamu hanya perlu kemampuan berhitung sederhana, melalui Aktivitas 6.1 berikut.



Aktivitas 6.1

Ayo Analisis

Melalui aktivitas pertama ini, kamu akan melakukan simulasi sederhana menggunakan data di sekitarmu untuk memulai pembelajaran awal bab. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Jika setiap orang yang ada di kelasmu menggunakan satu sedotan hari ini, berapa jumlah sampah sedotan kelasmu hari ini?
2. Jika setiap peserta didik kelas IX di sekolahmu menggunakan satu sedotan hari ini, berapa jumlah sampah sedotan yang dihasilkan peserta didik kelas IX hari ini?
3. Jika semua warga sekolah menggunakan satu sedotan hari ini, berapa jumlah sampah sedotan yang dihasilkan sekolahmu hari ini?
4. Jika setiap hari semua warga sekolah menggunakan satu sedotan sehari, berapa jumlah sampah sedotan yang dihasilkan sekolahmu dalam satu tahun?

Mari kita lanjutkan ke aktivitas pengamatan. Sebelumnya, buatlah kelompok yang terdiri atas 4-5 peserta didik. Lakukan kunjungan ke kantin sekolah selama tiga hari. Bagilah tugas bersama teman kelompokmu untuk menghitung jumlah sampah plastik yang dihasilkan kantin sekolah. Kamu dapat menghitung jumlah sampah melalui pengamatan tidak langsung, seperti melihat jumlah plastik yang dipegang setiap peserta didik, melakukan wawancara pada peserta didik yang membeli, atau melakukan wawancara pada penjual.

1. Tuliskan hasil pengamatanmu dalam tabel berikut. Dua baris pertama yang ditulis miring adalah contoh pengisian tabel.

Hari	Penjual	Jumlah Konsumen	Jumlah Sampah Sedotan Plastik	Jumlah Sampah Plastik Pembungkus Makanan	Jumlah Sampah Alat Makan Plastik (piring/ mangkuk, sendok, garpu)
<i>Pertama</i>	<i>Minuman dingin</i>	76	75	76	0
	<i>Bakso</i>	153	0	69	459



2. Setelah tiga hari, hitunglah sampah sedotan plastik yang dihasilkan sekolahmu. Berapa jumlahnya?
3. Berapa banyak perbedaan sampah sedotan plastik antara perkiraanmu dalam aktivitas pertama dengan kenyataan hasil pengamatan?

Sebagai langkah terakhir dalam Aktivitas 6.1 ini, jawablah pertanyaan refleksi berikut.

1. Amati kembali infografik yang disajikan di awal bab ini. Ingatlah bahwa sekolahmu hanya 1 dari 41.906 SMP di Indonesia (berdasarkan data BPS tahun 2023). Selain SMP, masih ada jenjang SD (149.225 SD di Indonesia) dan SMA/SMK (14.236 SMA dan 14.265 SMK di Indonesia) yang mungkin punya kantin sekolah. Selain itu, masih ada usaha-usaha kuliner seperti restoran, pujasera, kafe, dan minuman kemasan yang jumlahnya banyak sekali. Bagaimana pendapatmu, apakah angka-angka itu masih terasa terlalu fantastis untukmu?
2. Setelah melakukan pengamatan di kantin dan mengetahui fakta dari infografik yang disajikan, apakah ada tindakan yang dapat kalian lakukan untuk mengurangi penggunaan sampah sedotan plastik di sekolah?

Pernahkah kamu menggunakan sedotan plastik hanya sekali, lalu membuangnya? Di Indonesia, ada 93,2 juta sedotan plastik yang digunakan setiap hari dan hampir semuanya langsung menjadi sampah. Tak terlihat, tak terdengar, tapi mereka menumpuk, dan perlahan menghancurkan rumah kita: bumi.

Mungkin kita berpikir satu sedotan tidak berarti. Akan tetapi, bayangkan jika jutaan orang berpikir sama. Dalam bab ini, kita akan belajar bagaimana langkah kecil kita hari ini, meski tampak sepele, dapat menjadi penyelamat masa depan lingkungan. Karena perubahan besar, selalu dimulai dari satu pilihan kecil, hari ini.

Sebelum memulai pembelajaran, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut bersama kelompokmu.

1. Bagaimana sistem saluran pencernaan dan pernapasan bekerja?
2. Bagaimana hubungan kebersihan lingkungan rumah dengan sistem pernapasan dan pencernaan manusia?
3. Mengapa suhu di sekitar kita kadang terasa panas, kadang terasa sejuk? Apa yang memengaruhi perubahan suhu tersebut?
4. Apa kaitan antara kegiatan ekonomi dan produksi sampah?



Setelah berdiskusi dengan kelompok, secara bergantian, kalian dapat mengutarakan hasil diskusi di depan kelas. Simak jawaban dari kelompok lain, dan perhatikan juga penguatan-penguatan dari gurumu!

A. Melestarikan dan Menjaga Kesehatan Lingkungan

Pernahkah kamu merasa pusing atau sesak napas setelah melewati jalanan macet penuh asap kendaraan? Atau melihat air sungai berubah warna dan bau akibat limbah rumah tangga? Mungkin kamu juga pernah mengalami gatal-gatal karena bermain di tanah yang kotor atau tergenang air limbah.

Semua itu adalah contoh nyata bahwa lingkungan yang tidak sehat bisa berdampak langsung pada kesehatan kita. Kesehatan lingkungan adalah kondisi lingkungan yang mendukung kesejahteraan fisik, mental, dan sosial manusia. Lingkungan yang tercemar—baik itu air, tanah, maupun udara—dapat menjadi sumber berbagai penyakit menular dan tidak menular.

Pada bagian ini, kamu akan mempelajari berbagai isu terkait kesehatan lingkungan, termasuk penyebaran penyakit, ketersediaan air bersih, pengelolaan sampah, dan dampak limbah tekstil terhadap tanah dan udara. Kamu juga akan diajak mencari solusi untuk menciptakan lingkungan yang bersih dan sehat, dimulai dari tindakan kecil di sekitarmu.



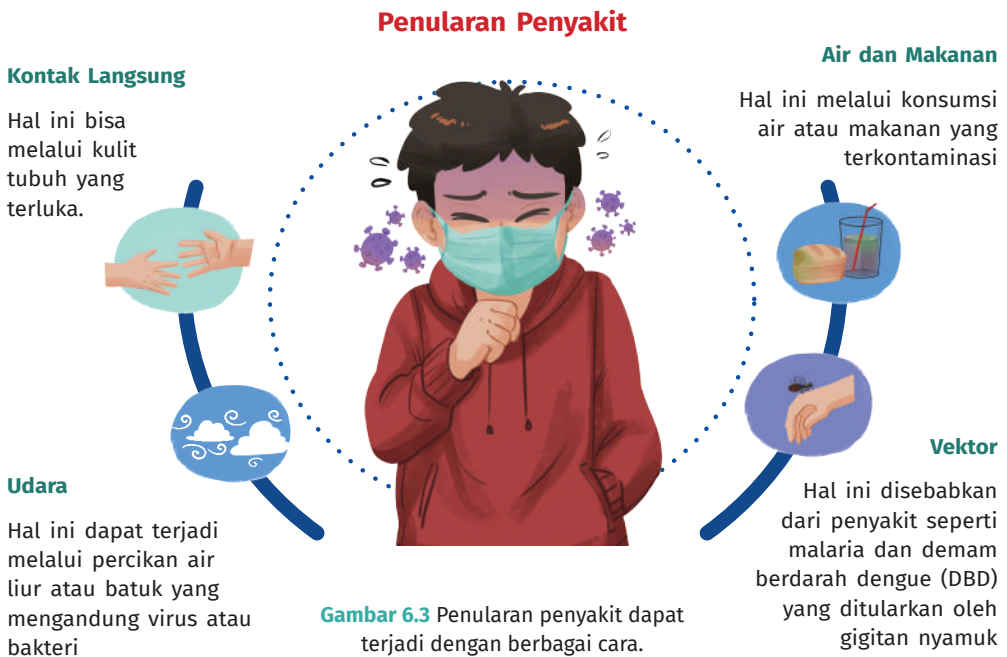
Gambar 6.2 Tumpukan sampah dapat menyebabkan timbulnya berbagai penyakit.

Sumber: Marhaban/dlh.acehjayakab.go.id (2022)



1. Penyebaran Penyakit

Penyakit dan kesehatan manusia ditentukan oleh faktor lingkungan. Penyakit berbasis lingkungan adalah kelainan yang terjadi pada tubuh manusia yang diakibatkan oleh interaksi manusia dengan segala sesuatu di sekitarnya yang memiliki potensi penyakit. Penyakit berbasis lingkungan merupakan salah satu permasalahan serius di Indonesia sampai saat ini. Kita dapat dengan mudah menemukan penyakit berbasis lingkungan karena selalu menempati urutan sepuluh besar penyakit di puskesmas. Misalnya saja penyakit seperti diare dan ISPA masih banyak diderita masyarakat Indonesia (*kemkes.go.id*).



Selanjutnya untuk memperdalam pengetahuanmu tentang pengaruh penyebaran penyakit berbasis lingkungan, lakukan Aktivitas 6.2 berikut ini!



Aktivitas 6.2

Ayo Komunikasikan

Pergilah ke puskesmas terdekat baik yang ada di desa/kecamatan kalian masing-masing secara berkelompok. Lakukan wawancara dengan staf atau tenaga medis tentang penyakit berbasis lingkungan dengan langkah-langkah sebagai berikut.



1. Carilah data sepuluh penyakit terbanyak yang diderita di puskesmas tersebut beserta jumlah pasiennya.
2. Adakah penyakit berbasis lingkungan yang termasuk ke dalam sepuluh besar penyakit di puskesmas tersebut? Galilah informasi lebih dalam tentang penyebab, gejala, penanganan, dan pencegahan dari penyakit tersebut.
3. Buatlah laporan sederhana dan kumpulkan ke guru kalian.
4. Tentukan satu jenis penyakit yang akan kalian presentasikan di depan kelas dalam bentuk poster. Usahakan berbeda dengan kelompok lainnya.
5. Poster yang dibuat meliputi jenis penyakit, penyebab, gejala, penanganan dan pencegahan penyakit.
6. Berilah komentar positif terhadap poster yang dibuat oleh kelompok lainnya.

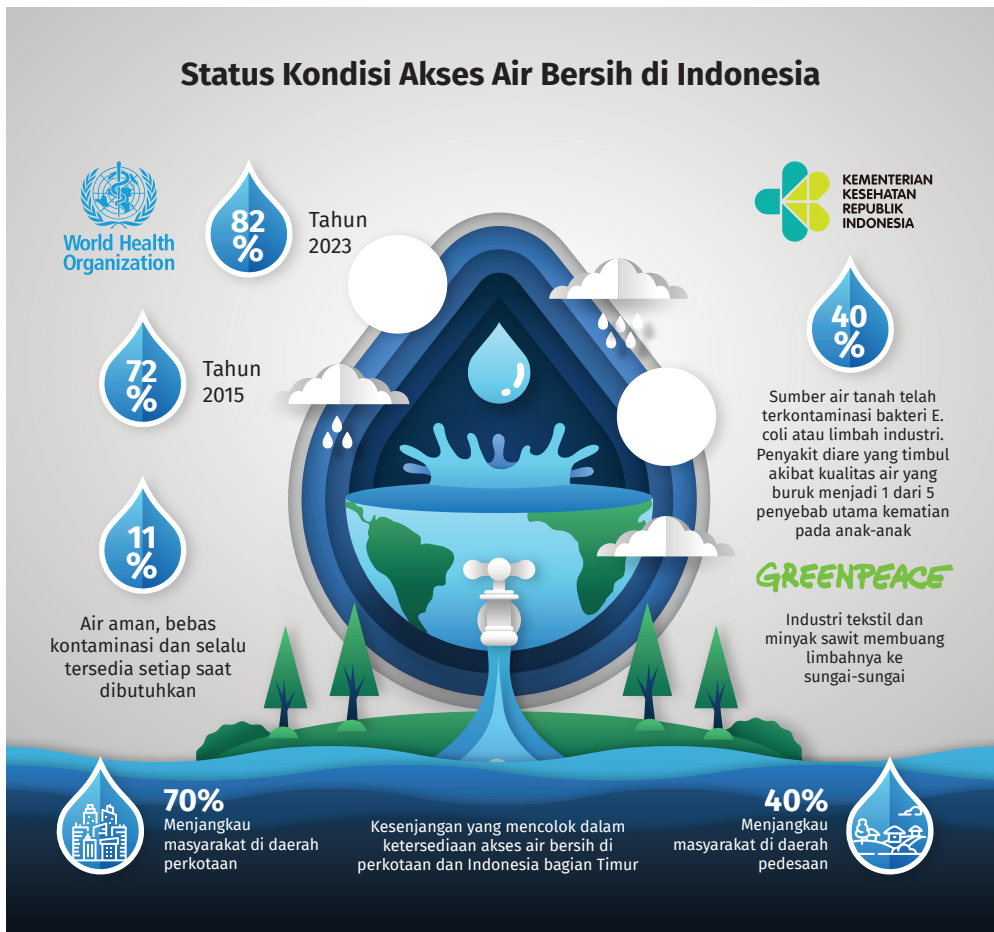
Berdasarkan Aktivitas 6.2, kalian akan menemukan fakta bahwa pada umumnya terdapat hubungan antara kualitas kesehatan lingkungan dan terjadinya penyakit berbasis lingkungan. Lingkungan dapat berperan sebagai sumber penyakit, penunjang, bahkan media transmisi penyakit yang dapat memperberat penyakit yang telah ada. Ketersediaan air bersih, sanitasi lingkungan, pengelolaan sampah, pola hidup, dan vektor penyakit adalah faktor yang menunjang terjadinya penyakit berbasis lingkungan.

2. Ketersediaan Air Bersih

Air merupakan kebutuhan bagi semua makhluk hidup termasuk manusia. Air digunakan dalam metabolisme tubuh makhluk hidup. Tanpa air, tidak akan ada kehidupan. Namun demikian, tidak semua air layak untuk kesehatan manusia. Air minum yang aman (layak) bagi kesehatan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 adalah air minum yang memenuhi persyaratan secara fisik, mikrobiologis, kimia, dan radioaktif. Secara fisik, air yang layak minum tidak berbau, berasa, dan berwarna. Secara biologis, air yang layak minum tidak mengandung mikroba yang merugikan kesehatan manusia. Secara kimiawi, air yang layak minum tidak mengandung bahan kimia yang mengancam kesehatan. Secara radioaktif, tentu saja tidak mengandung zat radioaktif yang tidak melebihi kadar tertentu.

Setiap rumah tangga harus memiliki akses terhadap air bersih yang layak minum. Kebutuhan air layak minum tidak hanya dilihat dari kuantitasnya saja melainkan juga harus ditinjau dari segi kualitasnya. Namun demikian, masih banyak masyarakat Indonesia yang belum memiliki akses air yang layak minum seperti yang ditunjukkan Gambar 6.4 berikut.





Gambar 6.4 Infografik Kondisi Akses Air Bersih di Indonesia

Setelah membaca infografik pada Gambar 6.4, jelaskan pemahamanmu dalam 1–2 paragraf yang utuh dan bermakna mengenai data-data yang disajikan. Jika memungkinkan, kamu dapat menambahkan dengan data dari sumber-sumber lainnya.

Selanjutnya untuk memperdalam pengetahuanmu tentang ketersediaan air bersih, lakukan Aktivitas 6.3 berikut.





Aktivitas 6.3

Ayo Selidiki

Kegiatan ini bertujuan untuk menentukan akses rumahmu terhadap air minum yang layak. Secara mandiri, lakukan kegiatan berikut ini!

1. Amati sumber air minum di tempat tinggalmu. Apakah sumbernya dari air sumur, sumur bor, kran umum, ledeng, terminal air, atau penampungan air hujan?
2. Apakah sumber air minum di tempat tinggalmu dari air mineral kemasan atau dari pedagang air keliling?
3. Ukurlah jarak sumber air minum di rumahmu dari tempat penampungan kotoran/sampah/limbah!
4. Bagaimana pengamatan secara fisik air minum di rumahmu? Apakah berwarna, berbau, atau berasa?
5. Bagaimana kesimpulan yang dapat diambil dari kegiatan ini?

Akses air minum yang layak ditentukan oleh sumber airnya. Sumber air minum yang layak dapat bersumber dari air sumur, sumur bor, kran umum, ledeng, terminal air, atau penampungan air hujan. Tidak semua air minum dalam kemasan atau dari penjual keliling tergolong sebagai air minum layak. Tabel 6.1 menunjukkan standar air minum yang ditetapkan melalui Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023.

Tabel 6.1 Standar Air Minum Berdasarkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023

Secara Fisik	• Tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa • Suhu lingkungan (tidak terlalu panas atau dingin) • Tidak mengandung endapan/kekeruhan berlebihan • Contoh ambang batas: kekeruhan maksimal 5 NTU (<i>Nephelometric Turbidity Units</i>)
Secara Kimia	• Tidak mengandung zat kimia berbahaya seperti: • Timbal (Pb) $\leq 0,01$ mg/L • Nitrat (NO_3) ≤ 50 mg/L • Klorida, fluorida, merkuri, arsen, dan lain-lain • pH antara 6,5-8,5
Secara Biologis	• Tidak mengandung mikroorganisme patogen seperti: • <i>E. coli</i>: 0/100 mL • Total koliform: 0/100 mL
Secara Radioaktif	• Aktivitas alfa total $\leq 0,1$ Bq/L • Aktivitas beta total $\leq 1,0$ Bq/L



Secara umum, suatu sumber air dikatakan layak jika berjarak minimal sepuluh meter dari tempat penampungan kotoran, sampah, atau limbah. Selain itu, air tersebut harus memenuhi syarat kelayakan secara fisik (jernih, tidak berbau), biologis (bebas dari mikroorganisme berbahaya), kimia (bebas dari zat beracun), dan radioaktif (aman dari paparan radiasi).



Organisasi Kesehatan Dunia (World Health Organization atau WHO) dan Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (Environmental Protection Agency atau EPA) menetapkan bahwa air minum harus memenuhi parameter berikut.

1. Mikrobiologis: Bebas dari bakteri patogen seperti *E. coli*, *Cryptosporidium*, dan *Giardia lamblia*.
2. Kimia: Kadar logam berat (misalnya arsenik, timbal, merkuri) dan senyawa kimia lainnya berada di bawah ambang batas yang ditetapkan.
3. Fisik: Jernih, tidak berbau, dan tidak berasa aneh.
4. Radioaktif: Kadar radionuklida seperti radium dan uranium berada di bawah batas yang aman.

Standar ini dirancang untuk memastikan bahwa air minum tidak menimbulkan risiko kesehatan dalam jangka panjang.

Sumber: National Primary Drinking Water Regulations (epa.gov dan gvsu.edu)

3. Pembuangan Sampah

Sampah merupakan zat sisa yang tidak diinginkan dari suatu proses kegiatan. Sampah dapat menjadi masalah jika dibiarkan begitu saja karena mengganggu estetika, kesehatan, menyebabkan bencana, dan mengganggu ekosistem. Pengelolaan sampah erat kaitannya dengan sanitasi lingkungan. Sanitasi yang baik dapat mendukung kesehatan lingkungan sehingga dapat mendukung kesehatan masyarakat yang tinggal di lingkungan tersebut.

Perilaku membuang sampah masyarakat Indonesia masih tergolong tidak baik. Sampah masih dengan mudah ditemukan berserakan di berbagai tempat. Banyak bencana terutama banjir diakibatkan oleh tersumbatnya aliran air oleh sampah. Infografik pada Gambar 6.5 berikut menunjukkan data tentang perilaku masyarakat Indonesia dalam membuang sampah pada tahun 2018.





Gambar 6.5 Infografik Indonesia Darurat Sampah Plastik

Sumber: Finaka/indonesiabaik.id (2018)

Berdasarkan infografik pada Gambar 6.5, terlihat perilaku masyarakat Indonesia dalam membuang sampah. Apa saja informasi yang kamu dapatkan dari infografik tersebut terkait dengan kesehatan manusia? Apa keuntungan yang didapatkan dengan mengolah sampah plastik? Jelaskan contoh aksi nyata yang dilakukan masyarakat untuk mencegah perilaku membuang sampah plastik secara sembarangan!

4. Sampah Tekstil dan *Fast Fashion*

Lemari pakaianmu ternyata bisa jadi salah satu penyumbang limbah terbesar di dunia!

Industri pakaian, terutama yang disebut *fast fashion*, memproduksi pakaian secara massal, cepat, dan murah, mengikuti tren yang terus berubah. Hal ini membuat masyarakat, termasuk remaja, lebih sering membeli pakaian baru dan membuang pakaian lama, bahkan saat masih layak pakai.



Gambar 6.6 Berbagai Jenis Limbah yang Berasal dari Industri Pakaian

Sumber: TheDigitalArtist/pixabay.com (2023) dan Oky Lukmansyah/ANTARA FOTO (2022)

Data dari UNEP (2023) menunjukkan bahwa industri tekstil menyumbang sekitar 10% emisi karbon global, lebih besar dibanding total emisi dari gabungan penerbangan dan pelayaran internasional. Di Indonesia, menurut laporan dari organisasi Waste4Change dan organisasi RGE (2022), sekitar 2,3 juta ton sampah tekstil dihasilkan setiap tahunnya. Sayangnya, sebagian besar pakaian bekas tidak didaur ulang atau didonasikan, tetapi justru dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) atau dibakar, yang meningkatkan polusi udara dan emisi karbon.

Apakah kamu salah satu remaja yang berkontribusi dalam peningkatan sampah tekstil? Lakukan Aktivitas 6.4 untuk mengetahui lebih lanjut.



Aktivitas 6.4 Ayo Evaluasi

Aktivitas ini bertujuan mengetahui pengaruh mode atau gaya berbusana yang kamu miliki dengan kemungkinan kontribusi dalam peningkatan sampah tekstil dunia.

Lakukan kegiatan ini secara mandiri di rumah.

1. Hitung jumlah pakaian yang kamu miliki.
2. Tandai pakaian yang sudah tidak pernah digunakan selama lebih dari enam bulan.



3. Kelompokkan dan hitung jumlah pakaian yang sudah tidak digunakan tersebut ke dalam kategori berikut.
 - a. Pakaian masih layak pakai
 - b. Pakaian tidak layak pakai

Jawablah pertanyaan berikut.

1. Apakah dalam lemari pakaianmu terdapat pakaian yang tidak terpakai? Jika ya, mengapa kamu masih menyimpannya?
2. Menurutmu, apakah menyimpan pakaian tersebut berdampak pada lingkungan?
3. Amati pakaian yang sudah tidak pernah digunakan, apa yang akan kamu lakukan dengan pakaian-pakaian tersebut?

Untuk mengatasi permasalahan sampah tekstil dan *fast fashion*, diperlukan perubahan perilaku di tingkat individu maupun industri. Sebagai konsumen, kita dapat berkontribusi dengan menerapkan konsep *sustainable fashion* atau *slow fashion*. Ini berarti memilih pakaian yang berkualitas baik dan tahan lama, memperpanjang masa pakai pakaian melalui perbaikan atau *upcycling*, dan mendonasikan atau menjual kembali pakaian yang tidak terpakai daripada membuangnya. Memilih bahan-bahan yang ramah lingkungan seperti katun organik, linen, atau serat daur ulang juga merupakan langkah positif.



Berikut adalah penjelasan mengenai istilah-istilah asing yang berkaitan dengan isu tentang pakaian.

Istilah Asing	Penjelasan Singkat
<i>Sustainable fashion</i>	Tren berpakaian yang memperhatikan dampak lingkungan dan sosial, mulai dari bahan, proses produksi, hingga pembuangan.
<i>Slow fashion</i>	Kebiasaan memilih pakaian berkualitas agar dapat dipakai lebih lama. Istilah ini merupakan lawan kata dari <i>fast fashion</i> .
<i>Upcycling</i>	Mengubah pakaian atau kain bekas menjadi barang baru yang bernilai dan bermanfaat.
<i>Fast fashion</i>	Produksi pakaian massal yang cepat mengikuti tren serta sering berdampak buruk pada lingkungan dan pekerja.

Pemerintah dan industri juga memiliki peran penting dalam mendorong praktik yang berkelanjutan. Beberapa inisiatif yang dapat dilakukan antara lain pengembangan teknologi daur ulang tekstil yang lebih efektif, penetapan regulasi yang lebih ketat terkait limbah dan penggunaan bahan kimia berbahaya dalam industri tekstil, serta edukasi publik tentang dampak *fast fashion* dan pentingnya konsumsi yang bertanggung jawab. Dengan kesadaran dan tindakan kolektif, kita dapat mengurangi dampak negatif sampah tekstil dan *fast fashion* terhadap lingkungan dan kesehatan bumi.



Gerakan *decluttering*, atau merapikan dan menyingkirkan barang yang tidak diperlukan, semakin populer dalam beberapa tahun terakhir, salah satunya berkat tokoh seperti Marie Kondo. Marie Kondo, seorang konsultan perapian dari Jepang, memperkenalkan metode KonMari yang menekankan pada nilai

sentimental dan fungsional setiap barang yang kita miliki. Filosofi utamanya adalah hanya menyimpan barang-barang yang “memercikkan kebahagiaan” atau memiliki makna khusus bagi pemiliknya. Sementara barang lain didonasikan, dijual, atau dibuang dengan rasa terima kasih. Pendekatan ini tidak hanya bertujuan untuk menciptakan ruang yang lebih rapi secara fisik, tetapi juga untuk membantu individu mengevaluasi ulang hubungan mereka dengan barang-barang material dan memprioritaskan apa yang benar-benar penting dalam hidup mereka.

Menerapkan *decluttering* ala Marie Kondo dapat membawa berbagai manfaat, baik bagi diri sendiri maupun lingkungan. Secara pribadi, proses ini dapat mengurangi stres, meningkatkan fokus, dan menciptakan lingkungan yang lebih menenangkan. Dengan memiliki lebih sedikit barang, perawatan rumah menjadi lebih mudah, dan kita dapat menghemat waktu dan energi. Dari sisi lingkungan, *decluttering* mendorong konsumsi yang lebih sadar dan mengurangi limbah. Daripada terus-menerus membeli barang baru, kita diajak untuk menghargai apa yang sudah dimiliki, memperpanjang masa pakai produk, dan mempertimbangkan kembali kebiasaan belanja yang impulsif. Ini adalah langkah kecil tetapi signifikan menuju gaya hidup yang lebih berkelanjutan.



Sumber: Marie Kondo/konmari.com





Ayo Uji Kemampuan

1. Sebutkan tiga contoh perilaku hidup bersih dan sehat yang dapat menjaga kesehatan lingkungan sekitar!
2. Jelaskan hubungan antara sampah tekstil dan pencemaran lingkungan!
3. Jika kamu melihat tetanggamu membuang limbah cair sisa pewarna pakaian ke selokan, apa tindakan yang sebaiknya kamu lakukan? Jelaskan alasanmu!
4. Perhatikan data ini.

Satu lembar kaos membutuhkan 2.700 L air untuk proses produksi.
Rata-rata remaja di kota ini membeli 1 kodi kaos dalam 1 tahun.

- a. Hitunglah total kebutuhan air untuk 1 orang remaja dalam setahun!
 - b. Apa kesimpulanmu tentang dampak konsumsi pakaian terhadap lingkungan?
5. Dari 4 permasalahan yang dibahas pada subbab ini, mana permasalahan yang paling sering kamu temukan di lingkungan terdekatmu? Rencanakan bentuk kegiatan sederhana yang menunjukkan pemahamanmu terhadap materi yang sudah kamu pelajari sehingga permasalahan tersebut dapat diatasi!

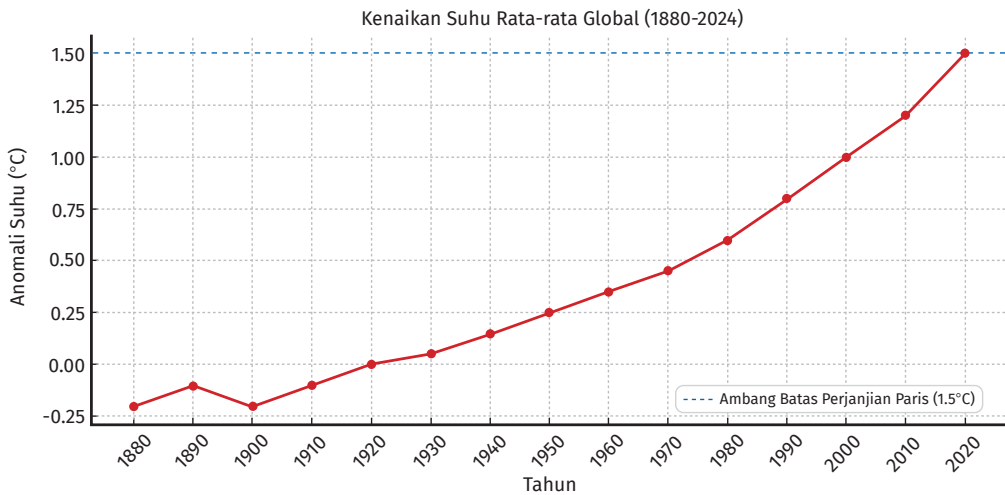
B. Mengatasi Dampak Perubahan Iklim

Pernahkah kamu menggunakan jas hujan di bawah terik matahari? Cobalah lakukan ini di lapangan sekolah. Apa perbedaan yang kamu rasakan saat menggunakan jas hujan dengan tidak menggunakannya? Apa yang akan terjadi pada bumi jika diselimuti senyawa yang dapat memerangkap panas seperti jas hujan yang kamu gunakan? Pada subbab ini kamu akan belajar tentang penyebab pemanasan global, dampaknya, dan bagaimana cara menanggulangnya, baik secara ilmiah maupun melalui aksi sederhana dalam kehidupan sehari-hari.

1. Penyebab dan Dampak Pemanasan Global

Suhu rata-rata bumi terus meningkat dalam kurun waktu 100 tahun terakhir. Perhatikan grafik pada Gambar 6.7 berikut.





Gambar 6.7 Grafik Rata-Rata Suhu Bumi

Kenaikan suhu rata-rata bumi ini dikenal dengan istilah pemanasan global, yang merupakan bagian dari fenomena perubahan iklim. Pemanasan global terjadi karena peningkatan gas rumah kaca di atmosfer, seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan nitrogen dioksida (NO_2).

Efek rumah kaca adalah proses alami yang membuat bumi tetap hangat dan kehidupan dapat berlangsung. Efek rumah kaca yang seharusnya bersifat alami ini mendapatkan penguatan secara antropogenik, yaitu kegiatan manusia yang menghasilkan emisi gas rumah kaca secara berlebihan. Gas-gas ini terutama dihasilkan dari aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil (kendaraan bermotor, pembangkit listrik, industri), pertanian (terutama aktivitas di peternakan), dan deforestasi. Gas-gas ini membentuk “selimut” di atmosfer yang menjebak panas matahari sehingga menyebabkan suhu bumi meningkat.

Saat ini, telah banyak dampak yang terjadi akibat pemanasan global. Pemanasan global berpengaruh terhadap perubahan iklim dunia. Pemanasan global menyebabkan kenaikan air laut karena daratan es di kutub mencair, meningkatnya kejadian bencana, musim kering berkepanjangan di beberapa wilayah serta peningkatan curah hujan dan banjir di wilayah lainnya, cuaca ekstrem, dan mewabahnya penyakit tertentu. Informasi lebih lengkap ditunjukkan pada Gambar 6.8 berikut.



PERUBAHAN IKLIM BENAR-BENAR TERJADI

Perubahan iklim atau *climate change* adalah salah satu masalah besar dan tantangan global yang harus dihadapi umat manusia. Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) menyebutkan, dampak perubahan iklim termasuk temperatur yang lebih panas, badai yang lebih sering terjadi, kekeringan. Lantas, bukti-bukti apa saja yang menunjukkan bahwa perubahan iklim benar-benar terjadi?

Dilansir dari *The New York Times*, selama lebih dari satu abad, para ilmuwan telah memahami alasan gas rumah kaca seperti karbon dioksida menyebabkan pemanasan.

Gas-gas ini hanya membentuk sebagian kecil dari atmosfer tetapi memegang peran besar pada iklim Bumi dengan menjebak sebagian panas planet sebelum lepas ke luar angkasa. Konsentrasi gas rumah kaca yang semakin meningkat membuat lapisan atmosfer semakin tebal.

Penebalan lapisan atmosfer tersebut menyebabkan jumlah panas yang terperangkap di atmosfer semakin banyak, sehingga mengakibatkan peningkatan suhu Bumi, yang disebut **pemanasan global**.



Peningkatan suhu Bumi mulai terjadi sejak era **Revolusi Industri**, ketika manusia mulai menggunakan batu bara dan bahan bakar fosil lainnya sebagai sumber energi untuk keperluan industri.



Suhu global rata-rata telah meningkat sebesar 1,2 derajat Celsius, sejak tahun 1880, dengan perubahan terbesar terjadi pada akhir abad ke-20.

Wilayah daratan telah menghangat lebih dari permukaan laut dan Kutub Utara telah menghangat hingga mencapai -15 derajat Celsius sejak tahun 1960-an.



Perubahan iklim juga menyebabkan hewan bergerak ke ketinggian dan garis lintang yang lebih tinggi untuk menemukan kondisi yang lebih dingin.



Efek perubahan iklim juga dapat disaksikan dari bencana seperti kekeringan, banjir, dan kebakaran hutan yang menjadi semakin ekstrem



Bukti lain yang menunjukkan perubahan iklim tengah terjadi adalah lapisan es dan gletser menyusut sementara permukaan laut naik.

Sumber: KOMPAS.com

Infografik: Akbar Bhayu Tamtomo

Gambar 6.8 Dampak Pemanasan Global

Sumber: Akbar Bhayu Tamtomo/Kompas.com (2022)

Selanjutnya, untuk memperdalam pengetahuanmu tentang pemanasan global, lakukan Aktivitas 6.5 berikut ini.



Aktivitas 6.5 Ayo Selidiki

Kegiatan ini bertujuan menggambarkan pemodelan efek rumah kaca terhadap kenaikan suhu. Secara berkelompok, lakukan langkah-langkah kegiatan berikut ini.

1. Masukkan masing-masing sebuah termometer ke dalam gelas ukur atau stoples kaca.
2. Satu gelas ukur atau stoples kaca ditutup dengan plastik transparan dan diikat dengan rapat.
3. Simpan kedua perangkat percobaan di tempat yang terkena matahari secara langsung.
4. Ukurlah suhu setiap dua menit sekali selama lima kali pengukuran.
5. Catatlah data perubahan suhu dalam bentuk grafik.



Gambar 6.9 Dua Gelas Ukur untuk Mengamati Terjadinya Efek Rumah Kaca

Setelah melakukan percobaan, jawablah pertanyaan berikut.

1. Apa variabel bebas dan terikat dari percobaan ini?
2. Apa rumusan masalah yang dapat dibuat dalam percobaan ini?
3. Gelas ukur manakah yang berfungsi sebagai kontrol?
4. Berdasarkan grafik yang dibuat, bagaimana perubahan suhu pada stoples tertutup dan terbuka?
5. Carilah dasar teori/kajian teoritis yang mendukung hasil percobaan (alasan terjadinya sebuah proses/kejadian)!
6. Apa kesimpulan dari percobaan ini?
7. Apa kaitan antara hasil percobaan ini dan kondisi bumi saat ini?



Sebenarnya, efek rumah kaca membuat bumi dapat ditinggali. Karena tanpa efek rumah kaca, suhu rata-rata bumi bisa turun hingga sekitar -18°C . Suhu ini terlalu dingin untuk makhluk hidup bertahan.

Namun, sejak Revolusi Industri, aktivitas manusia menyebabkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer meningkat drastis. Akibatnya, efek rumah kaca yang semula seimbang menjadi berlebihan, seperti jika kita mengenakan jas hujan terus-menerus meskipun cuacanya panas.

Gas-gas seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan nitrogen dioksida (NO_2) menyerap dan memantulkan kembali panas matahari ke permukaan bumi sehingga suhu global terus meningkat. Proses inilah yang dikenal sebagai pemanasan global. Dari penjelasan tersebut, apa kesimpulanmu mengenai hubungan antara efek rumah kaca dan pemanasan global?

2. Penggunaan Gawai dan Jejak Karbon Digital

Tahukah kamu bahwa setiap kali menonton video dari internet, bermain *online game*, atau menjelajah (*scrolling*) media sosial, kamu juga sudah berkontribusi terhadap pemanasan global? Aktivitas digital memang tidak mengeluarkan asap, tetapi seluruh sistem digital (seperti *server*, pusat data, dan listrik) mengonsumsi energi dalam jumlah besar. Sebagian besar energi tersebut masih berasal dari bahan bakar fosil. Jumlah emisi karbon yang dihasilkan dari aktivitas *online* kita disebut sebagai jejak karbon digital.

Pernahkah kamu memikirkan, berapa banyak kontribusimu pada peningkatan pemanasan global? Mari lakukan Aktivitas 6.6 untuk mendapatkan gambarannya.



Aktivitas 6.6

Ayo Refleksi

Kegiatan ini bertujuan untuk memberi gambaran seberapa besar dampak aktivitas berselancar di dunia maya yang kamu lakukan pada pemanasan global. Lakukan kegiatan ini secara individu, tetapi kamu dapat saling mengingatkan untuk mengisi jurnal *Digital Footprint Tracker* ini.

1. Catatlah penggunaan internet dan alat listrik selama 3-5 hari. Tentukan bagaimana bentuk pencatatan yang akan kamu lakukan (kamu boleh membuat tabel di buku catatan, memanfaatkan teknologi misalnya *spreadsheet*, atau



menuliskannya di aplikasi catatan di gawaimu). Catatanmu harus jelas mencantumkan aktivitas apa yang dilakukan dan berapa lama waktu yang digunakan untuk melakukan aktivitas tersebut.

2. Kelompokkan aktivitas penggunaan internet dan alat listrik tersebut berdasarkan kebutuhan (misalnya untuk belajar, untuk berkomunikasi, atau kebutuhan lainnya) dan keinginan (misalnya untuk hiburan, untuk mengisi waktu senggang, atau lainnya).
3. Hitung rata-rata waktu harian, dengan cara menjumlahkan waktu setiap aktivitas dalam sehari.

Jawablah pertanyaan berikut.

1. Berapa perbandingan antara penggunaan internet dan alat listrik untuk kebutuhan dengan keinginan? Mana yang lebih banyak?
2. Apakah ada aktivitas yang menurutmu tidak terlalu penting dan dapat kamu kurangi? Aktivitas apa itu?
3. Buat perkiraan, jika kamu mengurangi 1 jam aktivitas hiburan digital dalam 1 hari, berapa jam kamu mengurangi kontribusi pada pemanasan global dalam sebulan? Berapa jam dalam setahun?
4. Refleksikan, apakah kamu bisa hidup lebih hemat energi digital?

Sebuah laporan dari *Common Sense Media* di tahun 2023 menunjukkan bahwa remaja usia 13–18 tahun di seluruh dunia menghabiskan rata-rata 8–9 jam per hari di depan layar, di luar waktu untuk keperluan sekolah. Hal ini berkontribusi terhadap jejak karbon digital global karena aktivitas *online* membutuhkan listrik yang memicu emisi karbon dari pusat data dan infrastruktur jaringan.

Penelitian dari Badan Energi Internasional (IEA) di tahun yang sama juga menyatakan bahwa sektor teknologi informasi menyumbang setidaknya 3–4% dari emisi karbon digital. Penggunaan teknologi informasi yang semakin masif dengan kehadiran berbagai inovasi terbaru diperkirakan akan turut berdampak pada peningkatan emisi karbon digital.



Gambar 6.10 Aktivitas menjelajah media sosial berdampak pada peningkatan emisi karbon digital.

Sumber: Retnandari/rri.co.id (2025)



Kepedulian terhadap peningkatan jejak karbon digital ini memicu berbagai gerakan-gerakan positif di seluruh dunia. Misalnya di Inggris dan Prancis, ada kampanye “*Digital Detox for the Planet*”, yaitu gerakan mengurangi waktu *online* selama akhir pekan, mematikan notifikasi, dan tidak *streaming* video berkualitas tinggi jika tidak diperlukan.

Sekarang waktu untukmu berkontribusi menekan peningkatan konsumsi energi digital. Apa yang bisa kamu lakukan untuk bumi kita?

3. Usaha Mencegah Pemanasan Global

Pemanasan global memang merupakan persoalan global, tetapi solusinya bisa dimulai dari individu, termasuk pelajar sepertimu. Tidak perlu menunggu menjadi ilmuwan atau pejabat untuk terlibat, langkah kecil dalam keseharian sudah dapat membawa dampak nyata. Misalnya, dengan mematikan lampu dan peralatan listrik saat tidak digunakan, kita turut menurunkan konsumsi energi rumah tangga. Menurut Badan Energi Internasional (IEA), sektor rumah tangga menyumbang lebih dari 20% konsumsi listrik global dan sebagian besar masih berasal dari bahan bakar fosil.

Kebiasaan sederhana lain yang sangat berdampak adalah mengurangi konsumsi daging merah, terutama daging sapi, karena sektor peternakan menghasilkan emisi metana yang sangat besar. Data dari UNEP (2022) menunjukkan bahwa peternakan sapi global bertanggung jawab atas 14,5% dari emisi gas rumah kaca dunia. Alternatifnya, kita bisa lebih banyak mengonsumsi makanan nabati lokal yang jejak karbonnya lebih rendah.

Selain itu, membawa botol minum sendiri dapat mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, yang proses produksinya juga menyumbang emisi karbon. Kita juga bisa menggunakan transportasi ramah lingkungan, seperti berjalan kaki, bersepeda, atau menggunakan kendaraan umum. Sebuah studi oleh European Environmental Agency (2022) menunjukkan bahwa penggunaan sepeda, sebagai pengganti mobil untuk perjalanan jarak pendek, bisa menurunkan emisi karbon personal hingga 67%.

Tak kalah penting, kamu sebagai pelajar dapat berperan dengan menanam tanaman di rumah atau sekolah. Selain memperbaiki kualitas udara dan menyerap CO₂, kegiatan ini juga menumbuhkan rasa tanggung jawab terhadap lingkungan sekitar. Aksi-aksi kecil ini, jika dilakukan secara konsisten dan kolektif, dapat menjadi kontribusi nyata dalam menghambat laju pemanasan global.





Ayo Uji Kemampuan

1. Sebutkan tiga jenis gas rumah kaca utama yang menyebabkan pemanasan global!
2. Jelaskan hubungan antara efek rumah kaca dan pemanasan global!
3. Berdasarkan hasil pengamatan dari Aktivitas 6.5, bagaimana kamu dapat menjelaskan perbedaan suhu pada stoples terbuka dan tertutup?
4. Perhatikan hasil *Digital Footprint Tracker* dari seorang peserta didik dalam 1 hari.

Aktivitas	Jumlah Jam Mengonsumsi Internet
Menonton film seri favorit	1 jam 40 menit
Mencari referensi untuk mengerjakan tugas	10 menit
Istirahat saat mengerjakan tugas, buka media sosial	25 menit
Diskusi secara <i>online</i> dengan kelompok tugas membuat poster	45 menit
Melanjutkan mencari referensi untuk mengerjakan tugas	15 menit
Menonton siaran langsung pertandingan bola melalui kanal di Youtube	2 jam 30 menit
Les bahasa Inggris secara <i>online</i>	60 menit
Istirahat setelah les, buka media sosial	30 menit
Mencari informasi tentang pemain bola favorit	15 menit
Menyelesaikan tugas membuat poster secara <i>online</i>	30 menit
Membuka media sosial sebelum tidur	40 menit

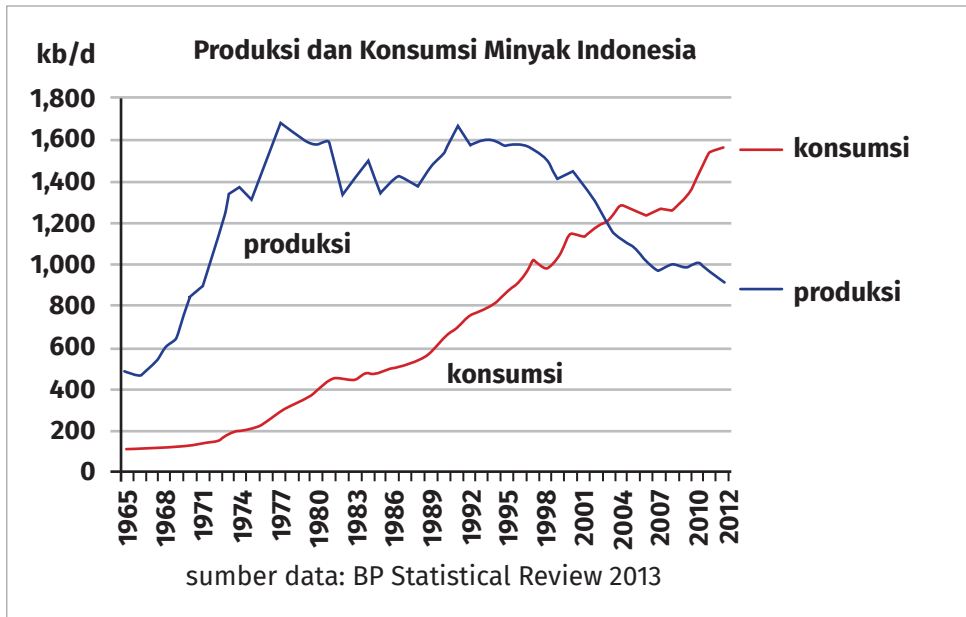
- a. Berapa persen penggunaan internet untuk kebutuhan belajar?
- b. Apa rekomendasi perubahan pola penggunaan gawai berdasarkan data tersebut?

C. Mengatasi Krisis Energi

Sumber energi utama Indonesia masih tergantung pada minyak bumi dan batu bara. Cadangan minyak bumi dan batu bara terus berkurang, sementara tingkat konsumsi semakin meningkat. Sejak tahun 2004, Indonesia menyandang predikat sebagai net importir minyak dunia seperti yang terlihat pada Gambar 6.11.



Apa yang akan terjadi jika negara kita terus bergantung pada minyak bumi dan batu bara sebagai sumber energi utama? Nah, pada bagian ini kita akan membahas tentang krisis energi yang terjadi di Indonesia dan dunia serta alternatif pemecahan masalahnya.



Gambar 6.11 Produksi dan Konsumsi Minyak di Indonesia

1. Penyebab Krisis Energi

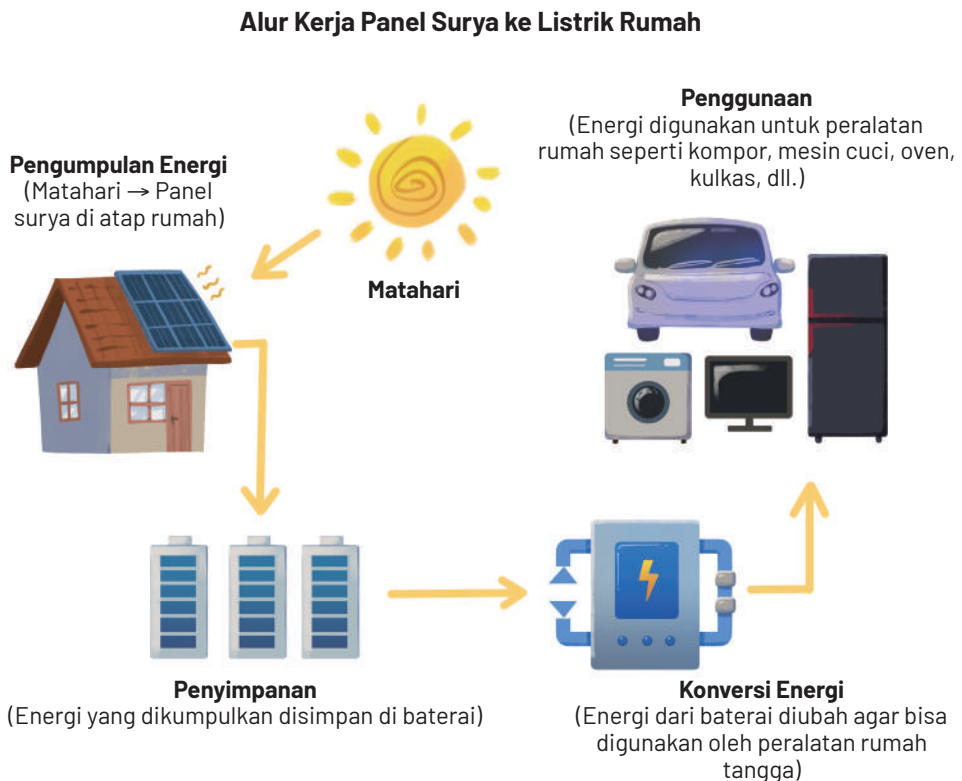
Sumber energi di Indonesia masih tergantung kepada bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batu bara. Sumber energi fosil tidak dapat diperbaharui sehingga persediaannya akan terus berkurang. Jika konsumsi energi terus menerus meningkat sementara sumber energi habis maka akan terjadi krisis energi. Krisis energi adalah kekurangan sumber energi yang akan berdampak terhadap segala aspek kehidupan.

Banyak kegiatan yang tergantung terhadap ketersediaan energi. Hampir semua aktivitas manusia membutuhkan energi. Jika sumber energi tidak ada maka banyak aktivitas manusia akan terganggu. Contohnya adalah beberapa rekanmu sering terganggu belajarnya pada malam hari karena pasokan listrik mati akibat dibatasinya waktu operasional kelistrikan di pulau tertentu. Jika permasalahan krisis energi ini tidak diatasi sejak dini maka akan menimbulkan masalah besar di kemudian hari.

2. Energi Alternatif

Salah satu cara untuk mengatasi krisis energi di masa mendatang adalah menggunakan energi alternatif. Energi alternatif mengacu pada semua sumber energi yang dapat menggantikan peran energi konvensional seperti bahan bakar fosil. Energi alternatif lebih ramah lingkungan karena jauh lebih sedikit menghasilkan emisi gas rumah kaca. Terdapat berbagai jenis energi alternatif di antaranya matahari, angin, air, panas bumi, biogas, bioetanol, dan nuklir.

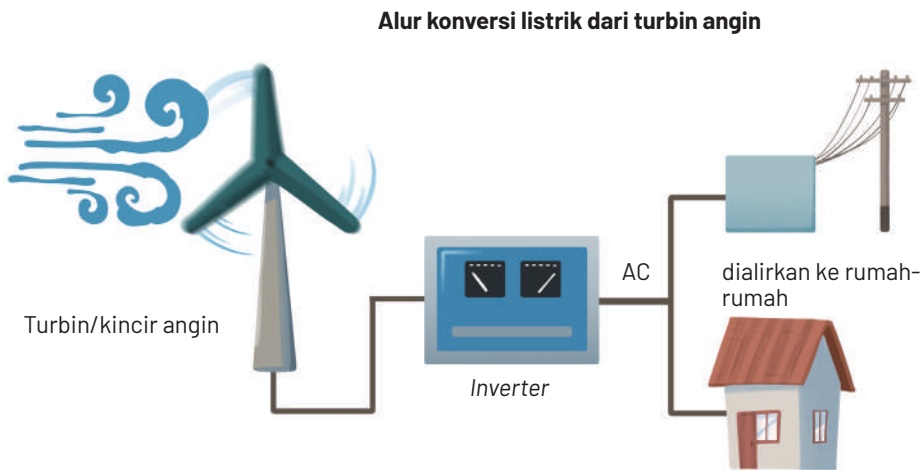
Matahari dapat menjadi sumber energi dengan menggunakan panel surya. Panel surya berfungsi mengubah energi cahaya menjadi energi listrik atau panas. Banyak rumah yang sudah menggunakan energi matahari sebagai sumber listriknya. Kekurangan dari matahari sebagai sumber energi adalah hanya dapat dipanen pada siang hari dan cuaca cerah. Perhatikan Gambar 6.12 untuk mengetahui bagaimana panel surya bekerja. Berdasarkan gambar tersebut, dapatkah kamu menjelaskan dengan kata-katamu sendiri bagaimana sinar matahari dapat digunakan untuk menyalakan perangkat listrik di rumah?



Gambar 6.12 Alur Konversi Energi dari Panel Surya



Angin dan air dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik. Energi dari pergerakan angin dan air dapat menggerakkan turbin dan diubah menjadi energi listrik. Di Indonesia, air sudah banyak digunakan sebagai sumber pembangkit listrik. Sedangkan energi dari angin belum banyak digunakan sebagai energi alternatif. Berdasarkan data Global Wind Energy Council (GWEC), pada 2017, negara yang paling banyak menghasilkan energi dari angin adalah Tiongkok, Amerika Serikat, dan Jerman. Kini negara kita juga mulai memanfaatkan energi dari angin sebagai pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB).



Gambar 6.13 Alur Konversi Energi dari Turbin Angin

Amati Gambar 6.13. Turbin angin menangkap kekuatan angin dan mengubahnya menjadi listrik melalui beberapa tahap penting: angin memutar bilah, poros memutar *gearbox*, *inverter* mengubah listrik ke arus AC, dan akhirnya listrik dapat didistribusikan ke rumah. Jika sistem dilengkapi baterai, listrik yang dihasilkan bisa disimpan. Ini adalah contoh nyata energi terbarukan yang mengurangi emisi karbon. Bahkan di daerah terpencil, turbin angin kecil bisa menjadi solusi energi bersih alternatif dibanding mengandalkan listrik berbasis bahan bakar fosil.

Panas bumi atau geotermal dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Semburan uap yang kencang dari perut bumi dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTPB) seperti pada Gambar 6.14.



Gambar 6.14 PLTPB memanfaatkan panas bumi.

Sumber: Ari Saputra/finance.detik.com (2018)

Nuklir diprediksi sebagai sumber energi masa depan. Beberapa negara sudah menggunakan nuklir sebagai pembangkit tenaga listrik seperti pada Gambar 6.15. Namun demikian, Indonesia belum menggunakan energi nuklir sebagai sumber energi utama. Masih terdapat pro dan kontra terkait pemanfaatan nuklir sebagai sumber energi di dunia termasuk di Indonesia. Kebocoran radioaktif dari nuklir menjadi alasan utama masih banyaknya pandangan kontra terhadap penggunaan nuklir sebagai sumber energi.



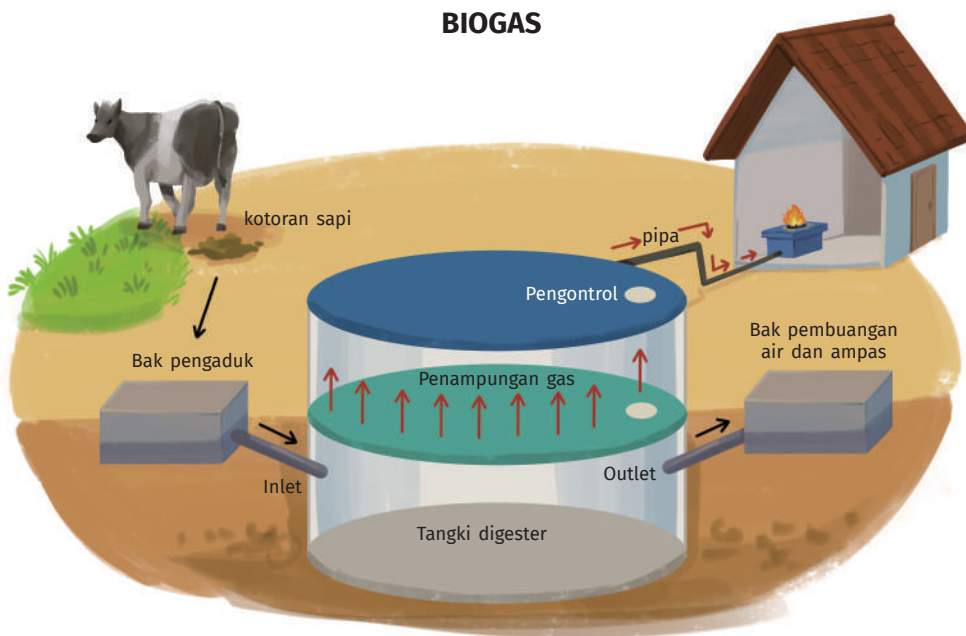
Gambar 6.15 Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

Sumber: Kelly/pexels.com (2024)



Kamu dapat membuka kembali Bab 5 untuk menguatkan pemahamanmu terhadap energi alternatif yang dijelaskan.

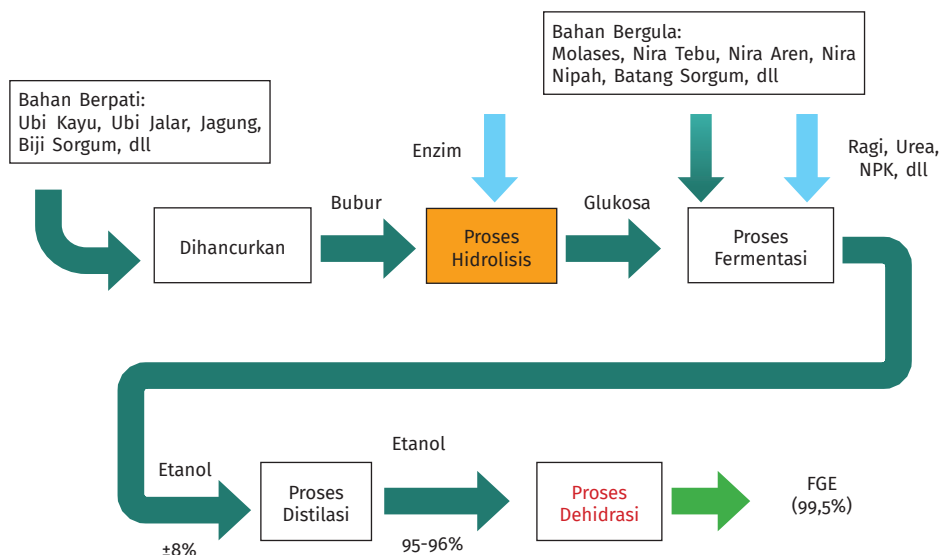
Selain empat energi alternatif yang telah dibahas sebelumnya, mari berkenalan juga dengan sumber energi alternatif yang relatif lebih ramah lingkungan. Energi alternatif yang dimaksud yaitu biogas. Biogas dihasilkan dari fermentasi secara anaerob dari kotoran manusia/hewan ternak dengan bantuan mikroorganisme. Mikroorganisme yang digunakan adalah bakteri *Methanobacterium*. Bakteri ini hidup secara anaerob dan dapat mengubah karbon dioksida menjadi gas metana (CH_4). Gas metana inilah yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil. Proses pembuatan biogas ditunjukkan oleh Gambar 6.16.



Gambar 6.16 Pembuatan Biogas dari Kotoran Hewan

Sumber: diilustrasikan ulang dari *kompasiana.com* (2017)

Pembuatan bioetanol tidak terlalu jauh berbeda dengan pembuatan biogas. Bahan dasar pembuatan bioetanol adalah biomassa yang banyak mengandung gula, pati, atau selulosa. Pembuatan bioetanol memanfaatkan proses fermentasi yang dilakukan oleh ragi seperti pada Gambar 6.17.



Gambar 6.17 Proses Pembuatan Bioetanol

Beberapa kelebihan dari bioetanol adalah dapat diproduksi secara lokal dan memanfaatkan tanaman perkebunan yang dapat dengan mudah dijumpai di banyak daerah di Indonesia. Selain itu, tingkat emisi karbonnya lebih rendah dibandingkan energi alternatif yang sudah kamu pelajari sebelumnya.

Selain biogas yang memanfaatkan kotoran hewan sebagai sumber energi, saat ini juga sudah ada usaha membuat energi alternatif dari sampah. Ya, kamu tidak salah baca. Sampah ternyata juga bisa jadi sumber energi alternatif. Istilah yang dikenal luas adalah *Waste-to-Energy* atau WtE. Energi dari sampah diperoleh dengan mengubah sampah menjadi listrik, panas, atau bahan bakar melalui proses tertentu, seperti:

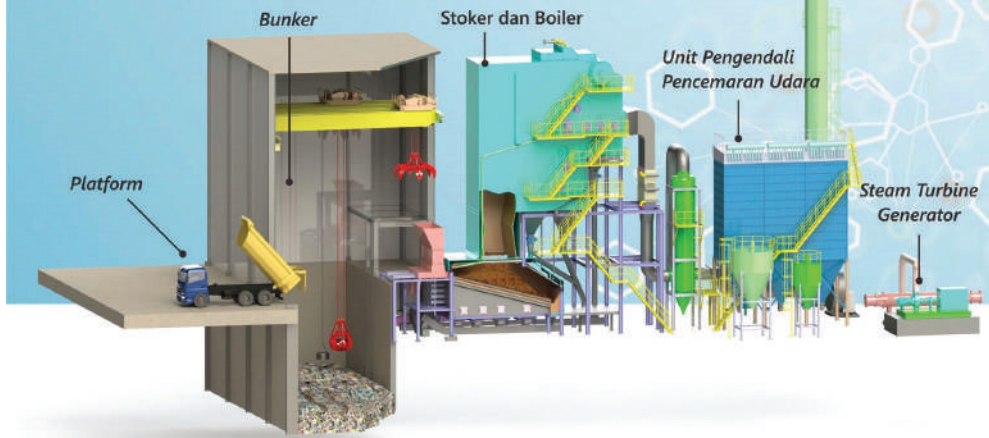
1. Pirolisis, yaitu membakar sampah pada suhu tinggi tanpa oksigen.
2. Insinerasi, yaitu pembakaran sampah secara langsung untuk menghasilkan panas.
3. Digestasi anaerob, yaitu penguraian limbah organik (seperti sisa makanan dan limbah pertanian) oleh bakteri. Proses ini sama seperti saat mengolah kotoran hewan menjadi biogas.



Diagram Proses PLTSa



Nilai strategis PLTSa yang dirancang untuk mampu mengurangi volume sampah secara cepat dan signifikan, ramah lingkungan dan menghasilkan produk samping listrik



Gambar 6.18 Diagram Proses PLTSa

Sumber: upstdlh.id (2017)

Memanfaatkan sampah menjadi energi alternatif adalah ibarat pepatah sekali merengkuh dayung, dua tiga pulau terlampaui. Upaya ini tidak hanya dapat mengurangi volume sampah dan mengurangi emisi gas rumah kaca dari TPA, tetapi juga menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan kembali. Selain itu, adanya PLTSa juga bisa menjadi solusi untuk kota padat penduduk dengan produksi sampah tinggi tiap harinya.

Meski demikian, ada juga beberapa kekurangan dari upaya ini. Untuk membangun PLTSa, dibutuhkan biaya awal yang sangat tinggi sehingga memerlukan investasi yang cukup besar. Jika tidak dikelola dengan sistem penyaringan yang baik, pembakaran sampah dapat berpotensi menghasilkan polutan berbahaya. Satu hal yang penting, PLTSa akan berfungsi optimal jika masyarakat sudah mampu secara rutin memilah sampah-sampahnya.

Selanjutnya untuk memperdalam pengetahuan dan mengasah rasa peduli terhadap lingkungan, lakukan Aktivitas 6.7 berikut.





Aktivitas 6.7

Ayo Komunikasikan

Secara mandiri, identifikasi kegiatan sehari-hari dalam kehidupanmu untuk mendukung gerakan hemat air, *zero waste*, dan hemat energi. Buatlah agenda harian yang berisi daftar cek dari semua kegiatan tersebut. Lakukan hal tersebut secara konsisten setiap hari dan beri tanda ceklis jika sudah dilakukan. Ambil foto kegiatanmu dan unggah di media sosial sertakan *caption* yang berisi ajakan bagi masyarakat lainnya untuk melakukan hal yang sama. Jika memungkinkan, tantang rekan dunia mayamu untuk melakukan aksi nyata yang sama. Selamat mencoba. Ayo semangat menjadi bagian perubahan lingkungan sejak dini.

Adanya energi alternatif bukan berarti membuatmu dapat menggunakan energi sesuka hati. Penggunaan energi dengan bijak dan berkesadaran akan sangat membantu kelestarian bumi kita.



Ayo Uji Kemampuan

1. Sebutkan tiga sumber energi alternatif yang ramah lingkungan!
2. Mengapa energi fosil disebut tidak dapat diperbarui?
3. Berdasarkan grafik produksi dan konsumsi minyak (Gambar 6.10), jika produksi stagnan/tetap dan konsumsi naik 5% per tahun, apa yang akan terjadi dalam 10 tahun ke depan?
4. Setiap hari, Jakarta menghasilkan 7.500 ton sampah. Jika diolah, bisa menghasilkan listrik setara untuk 40.000 rumah (Dinas LH DKI Jakarta, 2023).
 - a. Apa jenis sampah yang bisa diubah menjadi energi?
 - b. Bagaimana kamu bisa berkontribusi agar sampah di sekitarmu bisa menjadi energi?
 - c. Apakah daerahmu memiliki potensi mengembangkan energi dari sampah?
5. Rancanglah sistem energi alternatif sederhana untuk daerah pesisir yang sering mengalami pemadaman listrik!



D. Meningkatkan Ketersediaan Pangan

Hasil riset *Global Hunger Index* tahun 2024 menunjukkan bahwa nilai indeks kelaparan Indonesia adalah 16,9 seperti yang ditunjukkan Gambar 6.19.



Gambar 6.19 Nilai Indeks Kelaparan Indonesia

Sumber: globalhungerindex.org (2024)

Nilai tersebut menempatkan Indonesia pada posisi aman dari kelaparan. Meskipun secara angka tampaknya masih cukup jauh dari angka serius, tetapi data ini menunjukkan bahwa ada hal-hal yang perlu kita perbaiki bersama. Nilai ini menggambarkan ketahanan pangan negara Indonesia. Mengapa ketersediaan pangan di Indonesia tergolong rendah padahal negara kita adalah negara agraris? Bagaimana peran teknologi terhadap ketersediaan pangan? Nah, pada bagian terakhir bab ini kamu akan belajar tentang ketahanan pangan.

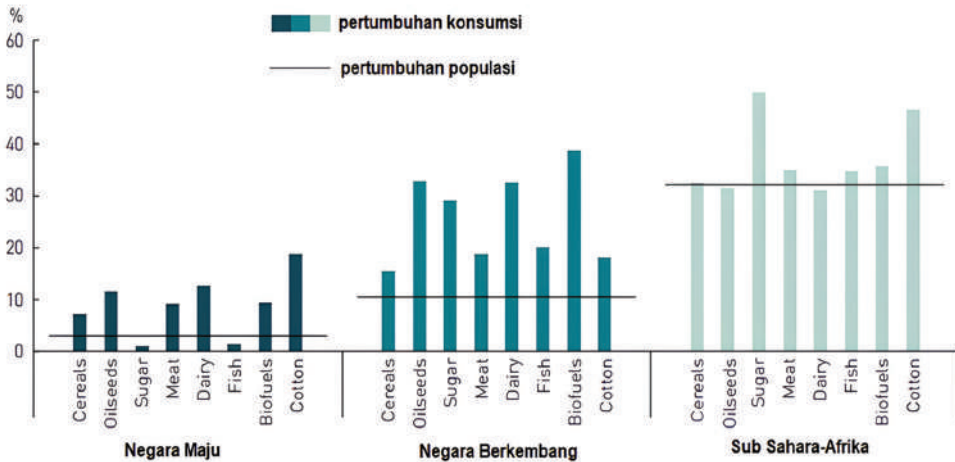
1. Tantangan Ketersediaan Pangan

Ketahanan pangan erat kaitannya dengan ketersediaan pangan di suatu wilayah dan kemampuan individu untuk mengaksesnya. Suatu negara disebut memiliki ketahanan pangan yang baik jika masyarakatnya tidak kelaparan atau terancam kelaparan. Berdasarkan Gambar 6.19 terlihat bahwa Indonesia tergolong memiliki ketahanan pangan. Namun, angka 16,9 yang ditunjukkan perlu menjadi perhatian kita bersama, agar tidak meningkat seiring kondisi ekonomi nasional saat ini.

Ketersediaan pangan ditentukan oleh faktor produksi pangan dan distribusi pangan. Produksi pangan yang tinggi tentu saja mendukung ketahanan pangan suatu negara. Namun demikian, produksi pangan bukan satu-satunya sebagai faktor penentu ketahanan pangan. Misalnya saja negara Singapura tidak memiliki sumber daya alam yang memadai tetapi tergolong negara dengan ketahanan pangan yang tinggi. Hal ini dikarenakan negara Singapura didukung oleh sistem distribusi pangan yang sangat baik.



Badan Pangan Dunia (FAO) menyatakan bahwa produksi pangan sudah melebihi kebutuhan penduduk di dunia seperti ditunjukkan pada Gambar 6.20. Namun demikian, mengapa masih banyak masyarakat di belahan bumi lainnya yang kelaparan?



Gambar 6.20 Perbandingan Pertumbuhan Penduduk dan Produksi Pangan di Dunia

Sumber: Nikos Alexandratos and Jelle Bruinsma/fao.org (2012)

Tantangan terkait dengan produksi pangan dunia di antaranya adalah degradasi kesuburan tanah, hama dan penyakit, krisis air, alih fungsi lahan, dan perubahan iklim dunia. Kesuburan tanah merupakan faktor utama yang mendukung produksi pangan di dunia dan 95% pangan ditumbuhkan melalui media tanah. Kesalahan dalam pengolahan tanah dapat menurunkan kesuburan tanah. Hal kecil yang sering dilupakan adalah penggunaan pupuk kimia dan pestisida. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida dalam jangka panjang dapat menurunkan kesuburan tanah.

2. Upaya Meningkatkan Ketersediaan Pangan

Pangan merupakan kebutuhan primer manusia. Tidak ada manusia yang mampu bertahan hidup tanpa makan. Oleh karena itu, ketersediaan pangan erat kaitannya dengan kehidupan manusia. Robert Malthus menyatakan suatu teori bahwa pertumbuhan populasi manusia seperti deret ukur dan pertambahan jumlah pangan seperti deret hitung. Artinya, kecepatan pertumbuhan penduduk lebih cepat dibandingkan pertambahan pangan.



Permasalahan ketersediaan pangan termasuk ke dalam permasalahan yang sangat kompleks. Penyelesaiannya sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor termasuk faktor ekonomi dan politik. Salah satu cara yang dapat ditumbuhkan adalah meningkatkan produksi pangan. Peningkatan produksi pangan dapat ditempuh melalui pendekatan intensifikasi dan ekstensifikasi pertanian. Intensifikasi pertanian yaitu melalui peningkatan kualitas bercocok tanam misalnya penggunaan bibit unggul, pupuk yang tepat, penggunaan pestisida yang sesuai, dan teknik bercocok tanam lainnya. Sedangkan ekstensifikasi pertanian melalui perluasan area bercocok tanam misalnya pembuatan lahan baru.

Peningkatan ketersediaan pangan dapat dilakukan dalam skala kecil misalnya dari lingkungan rumah sendiri. Ketersediaan pangan tidak hanya dapat dilakukan oleh petani. Masyarakat dapat memanfaatkan lahan di sekitar rumahnya untuk dijadikan sebagai media tanam tumbuhan yang dibutuhkan dalam skala rumah tangga.

Berbagai pihak telah melakukan langkah-langkah nyata untuk meningkatkan ketersediaan pangan. Skala kecil dimulai dari rumah dan komunitas. Banyak keluarga kini memanfaatkan pekarangan rumah untuk menanam sayur-sayuran secara hidroponik atau konvensional, seperti kangkung, bayam, tomat, dan cabai. Budidaya ini tidak hanya membantu memenuhi kebutuhan pangan keluarga, tetapi juga membentuk kebiasaan hidup mandiri dan sehat. Selain itu, beberapa komunitas telah membentuk lumbung pangan kolektif, yaitu tempat penyimpanan bahan makanan pokok hasil panen bersama yang dapat diakses saat terjadi kekurangan. Kebun pangan komunitas juga mulai tumbuh di kota-kota besar dengan memanfaatkan lahan tidur untuk ditanami bersama.

Di tingkat menengah seperti desa dan sekolah, program Desa B2SA (Beragam, Bergizi Seimbang, dan Aman) diperkenalkan oleh Badan Pangan Nasional untuk meningkatkan akses terhadap makanan sehat lokal. Sekolah juga mulai mengembangkan program dapur pangan dan bekerja sama dengan organisasi seperti Foodbank of Indonesia, yang mendistribusikan bahan makanan ke keluarga yang membutuhkan.

Sementara itu, pemerintah dan lembaga nasional terus mendorong ketahanan pangan melalui pembangunan infrastruktur irigasi, modernisasi pertanian, dan diversifikasi sumber pangan lokal agar tidak bergantung pada



beras semata. Cadangan pangan nasional pun diperkuat melalui pengelolaan gudang logistik dan kerja sama internasional. Langkah-langkah ini saling melengkapi, mulai dari dapur rumah hingga kebijakan nasional, dalam mewujudkan Indonesia yang tahan terhadap ancaman kelaparan.



Gambar 6.21 Upaya Pemerintah dalam Memperkuat Ketahanan Pangan Nasional

Sumber: Anwar/tirto.id (2021)

Selanjutnya sebagai bagian dari warga negara Indonesia, kamu dapat berkontribusi langsung mendukung ketersediaan pangan dengan melakukan proyek pada Aktivitas 6.8 berikut ini.



Aktivitas 6.8

Ayo Komunikasikan

Secara mandiri, tanamlah berbagai jenis tanaman yang dibutuhkan rumah tangga di sekitar rumahmu (misalnya halaman rumah). Tanaman yang ditanam dapat berupa rempah, cabai rawit, sayuran, dan lain-lain. Dokumentasikan kegiatan yang kamu lakukan mulai dari penanaman sampai dengan panen. Unggah foto tersebut ke media sosial dan buatlah *caption* untuk mengajak rekan lainnya melakukan hal yang sama. Jika tidak ada foto atau media sosial, kamu dapat melaporkan dalam berbagai bentuk media lainnya yang kreatif. Selamat melakukan aksi nyata bagi negeri tercinta.



3. Fenomena Makanan Sisa (*Food Waste*)

Salah satu tantangan serius dalam ketersediaan pangan yang sering luput dari perhatian adalah makanan sisa atau *food waste*. *Food waste* merujuk pada makanan yang layak dikonsumsi tetapi dibuang atau tidak dimakan, baik oleh konsumen, pengecer, maupun industri. Di banyak kota, makanan sering dibeli atau dipesan berlebihan hanya demi kebutuhan konten media sosial, lalu tidak dimakan habis. Fenomena “makan demi konten” ini menjadi tren di kalangan remaja dan dewasa muda, yang kadang tanpa sadar turut menyumbang pemborosan makanan. Tidak hanya itu, kegiatan “makan ramai-ramai” yang berakhir dengan makanan bersisa juga memperparah masalah ini.



Gambar 6.22 Mengelola Bahan Pangan dengan Baik sebagai Upaya Mengurangi Risiko Krisis Pangan
Sumber: Wahdi Septiawan/Antara Photo (2017)

Padahal menurut data dari Badan Pangan Dunia (FAO), sekitar 1,3 miliar ton makanan terbuang setiap tahun di seluruh dunia. Di Indonesia sendiri, laporan dari Bappenas dan World Bank (2021) menyatakan bahwa sampah makanan menyumbang 23–48 juta ton per tahun, dengan kerugian ekonomi mencapai 551 triliun rupiah per tahun. Makanan yang dibuang ini bukan hanya menyia-nyiakan bahan pangan, melainkan juga energi, air, lahan, dan tenaga kerja yang digunakan untuk memproduksinya. Lingkungan pun menanggung beban berat; makanan yang membusuk di tempat pembuangan akhir menghasilkan gas metana, gas rumah kaca yang jauh lebih kuat daripada

karbon dioksida, yang akhirnya berkontribusi pada perubahan iklim. Selain itu, pembuangan makanan sisa juga mencemari tanah dan air. Dari segi sosial, fenomena ini ironis mengingat masih banyak orang yang menderita kelaparan dan kekurangan gizi. Mengurangi *food waste* bukan hanya tentang efisiensi, melainkan juga tentang etika dan tanggung jawab global. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk lebih sadar terhadap makanan yang kita konsumsi. Mulai dari mengambil makanan secukupnya, menghabiskan makanan yang diambil, hingga menyimpan sisa makanan dengan benar agar dapat dikonsumsi kembali.



Ayo Uji Kemampuan

1. Apa yang dimaksud dengan *food waste*?
2. Mengapa *food waste* menjadi masalah serius dalam krisis pangan?
3. Jelaskan langkah konkret yang bisa dilakukan di sekolah untuk mengurangi *food waste*!
4. Data pengamatan di sebuah sekolah menunjukkan bahwa aktivitas makan di kantin sekolah membuang rata-rata 3 kg makanan setiap hari.
 - a. Berapa banyak makanan yang terbuang dalam sebulan di sekolah tersebut?
 - b. Apa dampak lingkungan dari *food waste* yang terjadi di sekolah itu?
5. Buatlah kalimat ajakan atau anjuran yang menarik untuk dipasang di kantin sekolahmu dalam rangka mengajak warga sekolah untuk bijak dalam mengonsumsi makanan!



Projek

Akhir Bab

Kalian telah menyelesaikan pembelajaran tentang isu-isu lingkungan. Selanjutnya untuk memperdalam pengetahuan dan keterampilan serta mengasah kepekaan terhadap isu lingkungan, kalian akan melakukan sebuah projek penelitian terkait isu lingkungan di sekitar tempat tinggal/sekolah masing-masing. Ikuti langkah-langkah berikut ini.



1. Identifikasi komoditas pertanian di sekitar tempat tinggal/sekolah kalian yang harganya sering anjlok sehingga petani mengalami kerugian.
2. Identifikasi faktor penyebab anjloknya harga komoditas tersebut.
3. Buatlah berbagai macam solusi dengan menggunakan Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian (TPHP) yang dapat ditawarkan untuk memecahkan permasalahan tersebut.
4. Tentukan satu jenis solusi terbaik yang akan dijalankan secara berkelompok dan paparkan alasannya di depan kelompok lainnya.
5. Lakukan proyek sesuai dengan rencana penelitian yang telah disetujui oleh guru kalian.
6. Buatlah laporan kegiatan penelitian yang meliputi:
 - a. Judul, memuat dua variabel penelitian dalam kalimat efektif.
 - b. Rumusan masalah, dibuat dalam bentuk pertanyaan dan memuat dua variabel penelitian.
 - c. Hipotesis, memuat jawaban sementara dari rumusan masalah.
 - d. Dasar teori, memuat kajian teoritis dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian.
 - e. Metode penelitian, memuat alat dan bahan, cara kerja, dan metode pengujian produk yang dihasilkan.
 - f. Hasil dan Pembahasan, memuat penyajian data dalam bentuk tabel/grafik serta perbandingan dengan hasil penelitian orang lain, dan gagasan perbaikan dari produk yang dihasilkan.
 - g. Kesimpulan, disusun sesuai tujuan atau rumusan masalah.
 - h. Daftar pustaka, memuat referensi yang digunakan dalam laporan penelitian.
7. Presentasikan hasil penelitian dalam berbagai macam bentuk media di depan kelas.
8. Berilah tanggapan positif terhadap proyek yang dijalankan oleh kelompok lainnya.
9. Buatlah poster kampanye hasil penelitian kalian dan unggah dalam media sosial.
10. Kampanyekan hasil penelitian kepada masyarakat di lingkungan sekitar.

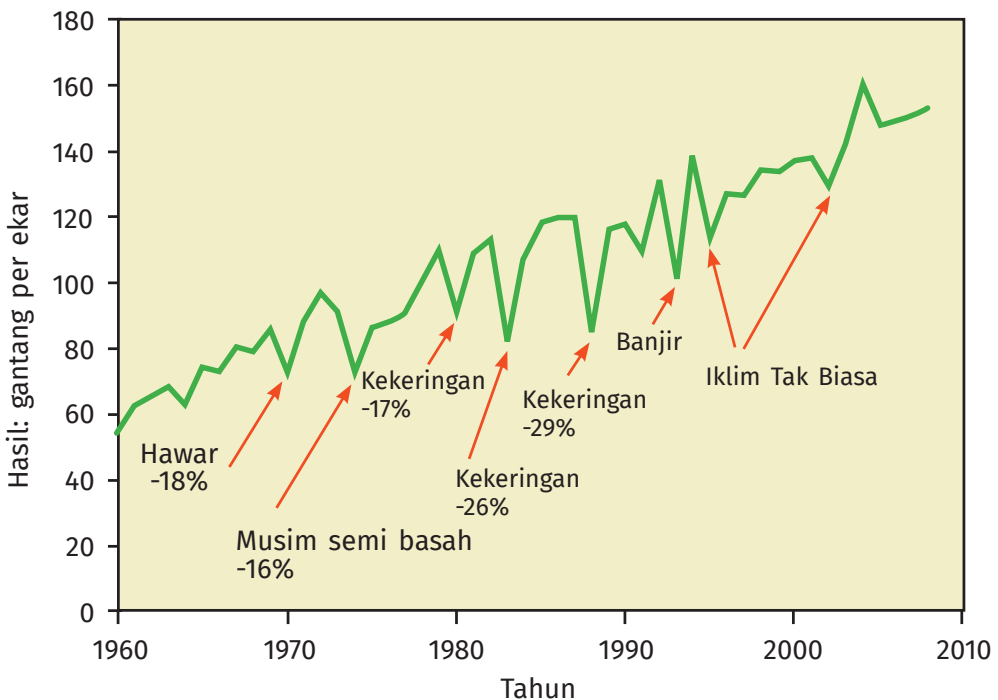




Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan berikut secara lengkap dan jelas!

1. Jelaskan faktor yang menyebabkan penyebaran penyakit berbasis lingkungan menjadi lebih mudah tersebar!
2. Mengapa penghijauan hutan yang rusak (reforestasi) merupakan salah satu cara mengatasi pemanasan global?
3. Seorang ilmuwan sedang mengkultur bakteri *Methanobacterium sp.* yang akan digunakan sebagai starter (bibit) dalam dua tabung yang berbeda. Tabung A diberi aliran oksigen murni secara berkala sedangkan tabung B ditutup rapat. Lalu keduanya dimasukkan ke dalam reaktor biogas yang berbeda. Di dalam reaktor tersebut dipastikan tidak ada bakteri *Methanobacterium sp.* yang hidup sebelumnya. Menurut pendapatmu, reaktor manakah yang akan menghasilkan gas metana paling banyak?
4. Perhatikan grafik produksi jagung antara tahun 1960 sampai 2010 berikut!



Sumber: 19january2017snapshot.epa.gov



- a. Apa saja faktor yang memengaruhi produksi jagung?
 - b. Pada tahun berapakah infeksi patogen menurunkan produktivitas tanaman jagung?
 - c. Jelaskan pengaruh kekeringan terhadap produktivitas tanaman jagung!
 - d. Bagaimana pengaruh perubahan iklim terhadap produktivitas tanaman jagung?
 - e. Apa yang akan terjadi terhadap produksi tanaman jagung jika pemanasan global tidak ditangani secara cermat?
5. Bacalah potongan artikel berikut!
- Sulawesi Selatan memiliki potensi energi angin sangat besar. Salah satu pemanfaatannya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Sidrap, dengan kapasitas sekitar 75 MW, terdiri atas 30 turbin angin di Kabupaten Sidrap. PLTB ini dapat memasok listrik bagi lebih dari 70.000 pelanggan dengan daya 900 VA (kecil). Selain Sidrap, daerah Jeneponto juga telah mengembangkan PLTB berkapasitas 72 MW. Analisis potensi energi angin menunjukkan pulau-pulau seperti Sukabumi (170 MW), Garut (150 MW), dan Lombok (100 MW) memiliki potensi besar untuk pengembangan PLTB nasional. Pengembangan ini selaras dengan rencana RUPTL (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik) 2025–2034 yang menargetkan penambahan kapasitas energi angin hingga 5 GW pada tahun 2030.
- a. Sebutkan tiga fakta penting terkait PLTB Sidrap dari bacaan yang diberikan!
 - b. Coba bandingkan kebutuhan listrik di daerah pedesaan kecil (seperti Sidrap) dengan kapasitas PLTB Sidrap. Apakah PLTB tersebut sudah memadai jika digunakan sebagai solusi daerah mandiri listrik?
 - c. Menurutmu, mengapa Indonesia perlu mengembangkan energi angin bersama dengan energi lainnya? Kaitkan dengan kondisi geografis dan upaya pemerintah dalam RUPTL 2025–2034!



Pengayaan



Pindai di Sini

Topik-topik pengayaan dapat kamu pilih dan akses melalui kode QR berikut.

<https://buku.kemdikbud.go.id/s/d01sog>





Refleksi

Akhir Bab

Kamu telah sampai di akhir bab. Bagaimana perjalananmu memahami isu-isu lingkungan masa kini?

Setelah kamu mempelajari berbagai isu lingkungan di sekitar kita—dari polusi udara hingga krisis pangan—mari luangkan waktu untuk refleksi sejenak.

1. Apa satu perubahan kecil yang akan kamu mulai hari ini untuk membuat lingkunganmu lebih baik?
2. Apa pesan penting yang ingin kamu sampaikan kepada anak-anak seusiamu setelah kamu mempelajari bab ini?

Pastikan kamu berdiskusi dengan teman-teman dan guru untuk melengkapi pemahaman.





- ACTH**
(*adrenocorticotropic hormone/hormon adrenokortikotropik*) : hormon yang merangsang kelenjar adrenal untuk menghasilkan hormon kortisol
- ADH** (*antidiuretic hormone/hormon antidiuretik*) : Hormon yang diproduksi hipotalamus dan dilepas kelenjar pituitari berfungsi mengatur keseimbangan air tubuh dengan cara mengurangi volume urine.
- adenin** : Adenin merupakan salah satu basa nitrogen penyusun DNA dan RNA. Dalam DNA, adenin berpasangan dengan timin. Sedangkan dalam RNA, adenin berpasangan dengan urasil.
- AIDS** (*acquired Immunodeficiency syndrome/sindrom kurang imun akibat infeksi*) : penyakit akibat infeksi virus HIV yang menyerang sistem kekebalan tubuh
- akson** : bagian memanjang dari neuron yang menghantarkan impuls listrik dari badan sel menuju sel lain atau efektor
- blastokista** : proses membelahnya sel setelah proses fertilisasi, di mana sel membesar dan membentuk bola sel berisi cairan
- coulomb** : satuan muatan listrik dalam Sistem Internasional (SI)
- DNA** (*deoxyribonucleic acid/Asam deoksiribonukleat*) : molekul yang menyimpan informasi genetik makhluk hidup
- dopamin** : neurotransmitter di otak yang berperan dalam perasaan senang, motivasi, dan gerakan tubuh
- efek rumah kaca** : peristiwa naiknya suhu bumi akibat terperangkapnya panas matahari oleh gas-gas tertentu di atmosfer

elektromagnet	: magnet yang terbentuk ketika arus listrik mengalir melalui kawat penghantar
elektroskop	: alat untuk mendeteksi ada atau tidaknya muatan listrik pada suatu benda
energi alternatif	: sumber energi selain energi fosil, misalnya energi surya, angin, dan air
energi fosil	: sumber energi yang berasal dari sisa makhluk hidup purba, seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam
energi terbarukan	: sumber energi yang dapat diperbarui secara alami, seperti sinar matahari, angin, dan biomassa
<i>fast fashion</i>	: produksi pakaian dalam jumlah besar yang cepat mengikuti tren, murah, dan sering cepat dibuang
fertilisasi	: proses bertemunya sel telur dengan sel sperma
fotosintesis	: proses tumbuhan hijau membuat makanan dengan memanfaatkan cahaya matahari, air, dan karbon dioksida
generator	: alat yang mengubah energi gerak menjadi energi listrik
HCG	: hormon yang terdapat pada darah dan urine wanita hamil sebagai penanda kehamilan, dapat dideteksi dengan alat tes kehamilan
HIV (<i>human immunodeficiency virus</i>/virus merusak kekebalan manusia)	: virus penyebab AIDS yang merusak sistem kekebalan tubuh
homeostasis	: kemampuan tubuh menjaga kestabilan kondisi dalam (seperti suhu, pH, cairan) agar tetap seimbang
hormon	: zat kimia yang dihasilkan kelenjar tubuh dan memengaruhi kerja organ lain
iodopsin	: pigmen pada sel kerucut mata yang peka terhadap cahaya terang dan warna



<i>in vitro fertilization</i> (IVF) atau bayi tabung	: salah satu metode untuk mengatasi infertilitas di mana telur dibuahi dalam wadah di dalam laboratorium dan bukan di dalam tubuh wanita
kloroplas	: organel pada tumbuhan tempat berlangsungnya fotosintesis
korpus albicans	: degenerasi korpus luteum ketika sel telur tidak dibuahi yang menyebabkan turunnya hormon progesteron
korpus luteum	: cangkang folikel yang akan menghasilkan hormon progesteron
lipid	: senyawa organik yang tidak larut dalam air, contohnya lemak dan minyak
listrik statis	: listrik yang muncul akibat adanya muatan listrik yang tidak bergerak
magnet	: benda yang dapat menarik benda tertentu, terutama yang terbuat dari besi atau baja
medan listrik	: daerah di sekitar muatan listrik yang masih dipengaruhi gaya listrik
metabolisme	: keseluruhan reaksi kimia di dalam makhluk hidup yang menjaga kehidupan, termasuk pemecahan dan pembentukan molekul
mitokondria	: organel sel yang berfungsi menghasilkan energi melalui respirasi sel
narkotika	: zat yang dapat menurunkan kesadaran, mengurangi atau menghilangkan rasa nyeri, dan menyebabkan ketergantungan
neuron	: sel saraf yang berfungsi menghantarkan impuls listrik dalam sistem saraf
pemanasan global	: peningkatan suhu rata-rata bumi akibat meningkatnya gas rumah kaca
potensial listrik	: energi listrik per satuan muatan pada suatu titik dalam medan listrik
protein	: molekul penyusun utama sel dan jaringan tubuh, tersusun atas asam amino



resistor	: komponen listrik yang berfungsi menghambat arus listrik dalam rangkaian
RNA (<i>ribonucleic acid</i>/ asam ribonukleat)	: molekul yang berperan dalam penyampaian informasi genetik dari DNA untuk pembentukan protein
rodopsin	: pigmen pada sel batang mata yang peka terhadap cahaya redup
semikonduktor	: bahan yang daya hantarnya berada di antara isolator dan konduktor
sel	: unit terkecil penyusun makhluk hidup yang mampu melakukan fungsi kehidupan
sel Schwann	: sel yang menyelubungi akson neuron dan membantu percepatan impuls saraf
sinapsis	: sambungan antara dua neuron tempat penghantaran impuls saraf
<i>slow fashion</i>	: gerakan mode yang menekankan produksi pakaian secara etis, ramah lingkungan, dan tahan lama
<i>spermarche</i>	: proses perkembangan sperma
spermatozoa	: sel kelamin jantan
<i>sustainable fashion</i>	: mode berkelanjutan yang memerhatikan aspek lingkungan dan sosial
transformator	: alat untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik arus bolak-balik
tubektomi	: metode kontrasepsi pada wanita yang bersifat permanen dengan cara mengikat atau memotong tuba falopi
<i>upcycling</i>	: proses mengolah barang bekas menjadi produk baru yang memiliki nilai lebih tinggi
usaha	: hasil kali gaya dengan perpindahan benda searah gaya
vasektomi	: metode kontrasepsi pada pria yang bersifat permanen dengan cara mengikat atau memotong saluran sperma





Daftar Pustaka

- Abdullah, M. *Fisika Dasar 1 untuk Perguruan Tinggi (Edisi Revisi)* (Bandung: Penerbit ITB, 2007).
- Armono, Yudhi Widyo. *Kegunaan Narkotika dalam Dunia Medis*. <https://media.neliti.com/media/publications/170823-ID-kegunaan-narkotika-dalam-dunia-medis.pdf>.
- Badan Narkotika Nasional. *Buku Saku Bahaya Penyalahgunaan Narkoba* (Jakarta: BNN, 2022).
- Campbell, N.A., Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V., & Jackson, R.B. *Biology 8th edition* (USA: Pearson Education, Inc, 2008).
- Cutnell, John D., and Kenneth W. Johnson. *Essentials of physics* (2005).
- Dzulfaroh, Ahmad Naufal dan Rizal Setyo Nugroho. "Hari Ini dalam Sejarah: Penemuan Struktur Kimia DNA, Merevolusi Studi Biologi Kedokteran". *Kompas*, 28 Februari 2022. https://www.kompas.com/tren/read/2022/02/28/084500765/hari-ini-dalam-sejarah--penemuan-struktur-kimia-dna-merevolusi-studi?page=all#google_vignette.
- EPA. *National Primary Drinking Water Regulations*. 19 Januari 2021. https://19january2021snapshot.epa.gov/sites/static/files/2016-06/documents/npwdr_complete_table.pdf?utm.
- Eufic. "The Importance of Antioxidants in Food". *Eufic*, 2004. <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/food-should-also-look-good-why-antioxidants-are-so-important>.
- Firdausi, Fadrik Aziz. *Gregor Mendel, Penemu Prinsip Genetika Modern yang Sempat Diabaikan*, 6 Januari 2020. <https://tirto.id/gregor-mendel-penemu-prinsip-genetika-modern-yang-sempat-diabaikan-eqVvk>.
- Firdiyani, Fiya, Tri Winarni Agustini, dan Widodo Farid Ma'ruf. "Ekstraksi Senyawa Bioaktif sebagai Antioksidan Alami Spirulina Platensis Segar dengan Pelarut yang Berbeda". *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* Vol. 18 No 1 (2015). DOI: 10.17844/jphpi.2015.18.1.28.
- Fuchs, Eberhard, and Gabriele Flügge. "Adult Neuroplasticity: More Than 40 Years of Research." *Neural Plasticity* 2014 (2014): 1–10. <https://doi.org/10.1155/2014/541870>.
- Gaffar, Abdul. "Bahan Tambahan Makanan ini, Berisiko Ganggu Kesehatan Usus". *RRI*, 26 Januari 2025. <https://www.rri.co.id/kesehatan/1281080/bahan-tambahan-makanan-ini-berisiko-ganggu-kesehatan-usus#:~:text=Peneliti%20menemukan%20bahan%20pengental%20sintetis,dapat%20menggangu%20sawar%20darah%20dak>.
- Gonzalez BLY. "Head circumference growth curves in children 0 to 3 years". *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*. 26(1):13- 32 (2014).
- Gøtterup J, Olsen K, Knöchel S, Tjener K, Stahnke LH, Møller JKS. "Relationship between nitrate/nitrite reductase activities in meat associated staphylococci and nitrosylmyoglobin formation in a cured meat model system". *International Journal of Food Microbiology*, 120 (2007): 303- 310. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2007.08.034>.
- Hatta, Muhammad. *Penegakan Hukum Penyalahgunaan Narkoba di Indonesia* (Jakarta: Kencana, 2022).
- Institut national de santé publique du Québec. "Sneezing". <https://www.inspq.qc.ca/en/tiny-tot/baby/newborn/sneezing>
- Juneau, Martin. *Emulsifiers: Food additives that increase the risk of cardiovascular disease?*, 26 Oktober 2023. <https://observatoireprevention.org/en/2023/10/26/emulsifiers-food-additives-that-increase-the-risk-of-cardiovascular-disease/>



- Kamel-ElSayed, S.A., Nezwik, T.A., & Varacallo, M.A. *Physiology, Bone* (StatPearls Publishing, 2025).
- Karjadidjaja, Idawati. "Monosodium Glutamat dan Kesehatan". *Ebers Papyrus*, 15(1) (2009).
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. "5 Bahaya Narkoba bagi Kesehatan Mental yang Perlu Anda Ketahui". *Kemendes*, 13 Januari 2025. <https://ayosehat.kemkes.go.id/bahaya-narkoba-bagi-kesehatan-mental>.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. *Modul Zat Adiktif dan Psikotropika untuk Remaja* (Jakarta: Direktorat Promosi Kesehatan, 2020).
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. *Peraturan Menteri Kesehatan No. 44 Tahun 2019 tentang Perubahan Penggolongan Narkotika* (Jakarta: Kemendes RI, 2019).
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. *Pedoman Pencegahan Penyalahgunaan Psikotropika di Kalangan Remaja* (Jakarta: Kemendes RI, 2020).
- Kondo, Marie. *Notes from Marie: Marie's Self-Care Practices*. <https://konmari.com/marie-kondo-meditation/>
- Lourenço, Sophia C., Margarida Moldão-Martins, and Vítor D. Alves. "Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications". *Molecules*, 24 (2019): 4132.
- Lo, Diana. *Pemanis dan Pengaruhnya dalam Tubuh* (Jakarta: Food Technology Department BINUS University).
- Maisto, S. A., Galizio, M., and Connors, G. J. *Drug Use and Abuse: 8th ed.* (Cengage Learning, 2018).
- Morgan, Celia JA, Noronha, L. A., Muetzelfeldt, Fielding, A., dan Curran, H. V. (2013). "Harms and Benefits Associated with Psychoactive Drugs: Findings on an International Survey of Active Drug Users". *Journal of Psychopharmacol* Vol. 27 No. 6 (2013): 497-506.
- National Culinary Service Academy. "Inilah Sejarah MSG yang Anak Kitchen Wajib Tahu". NCSA, 2024. <https://ncsaindonesia.com/web/inilah-sejarah-msg-yang-anak-kitchen-wajib-tahu/#:~:text=MSG%20pertama%20kali%20ditemukan%20pada,ilmuwan%20Jepang%20bernama%20Kikunae%20Ikeda>.
- Resnick, R., Walker, J., & Halliday, D. *Fundamentals of physics* (Vol. 1) (Hoboken: John Wiley, 1988).
- Shaumu, Shafira Nur. "Terbongkar! Fakta Tentang Otak Kiri-Kanan Sebenarnya". *Kemendes*, 22 Januari 2025. <https://ayosehat.kemkes.go.id/terbongkar-fakta-tentang-otak-kiri-kanan-sebenarnya>.
- Tarigan, Kartika S. "Buwas: Pengedar Incar Murid TK dan SD dengan Narkoba Bentuk Permen". *DetikNews*, 2016. <https://news.detik.com/berita/d-3378425/buwas-pengedar-incar-murid-tk-dan-sd-dengan-narkoba-bentuk-permen>.
- Tempo. "Meluruskan Kabar Bohong Micin". *Tempo*, 18 April 2023. <https://www.tempo.co/info-tempo/meluruskan-kabar-bohong-micin-825626>.
- U.S. EPA. *National Primary Drinking Water Regulations*. <https://www.gvsu.edu/cms4/asset/E1327343-09F0-03FF-AA9032F47AD1EB9C/standards.pdf?utm>.
- U.S. NRC. *The Pressurized Water Reactor (PWR)*, 10 Agustus 2017. <https://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/students/animated-pwr.html>.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2009 tentang Narkotika (Jakarta: Sekretariat Negara).
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1997 tentang Psikotropika (Jakarta: Sekretariat Negara).
- Yamin, M. Jufri, A. W., Jamaluddin, K & Riyanto, A. A. "Teknik Identifikasi Zat Aditif pada Makanan untuk Menghindari Dampak Negatifnya terhadap Kesehatan". *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, Vol. 5 No. 2 (2022).





Daftar Sumber Gambar

- Gambar 1.1** diilustrasikan ulang dari <https://karier.bisnisindonesia.id/article/brain-rot-pembusukan-otak-akibat-kecanduan-konten-yang-kurang-berkualitas>
- Gambar 1.5** diunduh dan diterjemahkan dari https://www.freepik.com/free-vector/realistic-eye-anatomy-infographics_6405883.htm#fromView=search&page=3&position=24&uuid=27114642-b0b9-4f99-b337-fcd755b20fff&query=eyes+anatomy
- Gambar 1.10** diunduh dan diterjemahkan dari https://idn.freepik.com/vektor-gratis/diagram-sistem-endokrin-manusia_258584868.htm#fromView=keyword&page=1&position=4&uuid=b1f5a5ce-2889-48cc-b579-76113d0319d4&query=Sistem+endokrin
- Gambar 2.13** (a) diunduh dari [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cannabis_sativa_plant_\(4\).JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cannabis_sativa_plant_(4).JPG) ; (b) diunduh dari https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coquelicots_-_Parc_floral_6.JPG ; (c) diunduh dari <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Enn1.jpg>
- Gambar 3.4** Diadaptasi dari Rickard, G., Burger, N., Clarke, W., Geelan, D., Loveday, D., Moncton, S., . . . Whalley, K, *Science Focus 3*. (Sydney: Pearson Heinemann, 2020).
- Gambar 3.10** diunduh dari <https://rri.co.id/wisata/276682/metatah-massal-pure-eka-wira-anantha-diikuti-puluhan-peserta>
- Gambar 4.4** Roti diunduh dari https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Breads_of_Moskovskaya_Oblast._img_073.jpg
Keju diunduh dari <https://www.istockphoto.com/id/foto/bagian-dari-cheddar-gm531048911-55043734>
Tempe diunduh dari https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sliced_tempeh.jpg
Kecap diunduh dari <https://www.flickr.com/photos/kattebelletje/5108548066/in/photostream/>
- Gambar 5.4** diunduh dari https://en.wikipedia.org/wiki/Charles-Augustin_de_Coulomb
- Gambar 5.5** diunduh dari [www.teylersmuseum.nl/Teylers · Museum of Wonder](http://www.teylersmuseum.nl/Teylers_Museum_of_Wonder), Electrostatic torsion balance, after Coulomb, (1876)
- Gambar 5.12** (a) diunduh dari <https://www.flickr.com/photos/17425845@N00/2105641530/> ; (b) diunduh dari https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles-Augustin_de_Coulomb.jpg



org/wiki/File:Diode_1n4148.jpg ; (c) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CanoScan_5600F_main_PCB_top_view.jpg

Gambar 5.21 diunduh dari <https://www.flickr.com/photos/oskay/4581194252/in/dateposted/>

Gambar 5.22 diunduh dari <https://www.vox.com/2016/1/31/10872666/e-waste-solutions>

Gambar 5.24 diunduh dari <https://nationalmaglab.org/magnet-academy/history-of-electricity-magnetism/pioneers/hans-christian-orsted/>

Gambar 5.25 diadaptasi dari Giancoli, D. C., *Physics: Principles with Applications (6th ed.)* (Pearson Prentice Hall, 2005)

Gambar 5.26 diunduh dari <https://www.gettyimages.ae/search/2/image?phrase=hulton%20deutsch%20Faraday&sort=mostpopular&license=rf%2Crm>

Gambar 5.31 diunduh dari <https://www.pexels.com/id-id/foto/turbin-angin-di-lapangan-hijau-di-bawah-langit-biru-29143901/>

Gambar 5.36 diunduh dari https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nuclear_Power_Plant_Cattenom.jpg

Gambar 5.37 diunduh dari <https://sweetcrudereports.com/uae-issues-operating-license-for-arab-worlds-first-nuclear-plant/>

Gambar 6.1 diunduh dari <https://katadata.co.id/infografik/5e9a55e63009d/sedotan-plastik-mengancam-bumi>

Gambar 6.2 diunduh dari <https://dlh.acehjayakab.go.id/berita/kategori/artikel/masa>

Gambar 6.5 diunduh dari <https://indonesiabaik.id/infografis/indonesia-darurat-sampah-plastik>

Gambar 6.6 diunduh dari <https://pixabay.com/id/illustrations/ai-dihasilkan-pakaian-pembuangan-8421133/> dan <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20220530161326-20-802786/sungai-cimeta-berubah-merah-diduga-tercemar-limbah>

Gambar 6.8 diunduh dari <https://www.kompas.com/cekfakta/read/2022/02/14/182000982/infografik--bukti-perubahan-iklim-benar-benar-terjadi->

Gambar 6.10 diunduh dari <https://rri.co.id/kesehatan/1248711/dampak-negatif-kebiasaan-scrolling-media-sosial>



- Gambar 6.14** diunduh dari <https://finance.detik.com/energi/d-4012214/ini-sebaran-pembangkit-listrik-panas-bumi-di-indonesia>
- Gambar 6.15** diunduh dari <https://www.pexels.com/id-id/foto/bangunan-gedung-rumah-industri-19938251/>
- Gambar 6.16** diilustrasikan ulang dari <https://www.kompasiana.com/image/venusgazer/59d3d0920f64db0d2b540495/belajar-dari-pak-sarji-mengubah-kotoran-sapi-menjadi-nyala-api?page=1>
- Gambar 6.18** diunduh dari <https://upstdlh.id/tpst/pltsa>
- Gambar 6.19** diunduh dari <https://www.globalhungerindex.org/indonesia.html>
- Gambar 6.20** diunduh dari https://rri.co.id/index.php/kesehatan/1248711/dampak-negatif-kebiasaan-scrolling-media-sosialhttps://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/Global_persepctives/world_ag_2030_50_2012_rev.pdf
- Gambar 6.21** diunduh dari <https://tirto.id/potensi-geografis-indonesia-untuk-ketahanan-pangan-nasional-gbdn>
- Gambar 6.22** diunduh dari <https://jakartaglobe.id/business/foods-thrown-away-in-indonesia-are-enough-to-solve-its-malnourishment-problem>



Indeks

A

ACTH 20
adenin 98, 99
ADH 20, 27
AIDS 61, 88
akson 5, 6, 134

B

blastokista 79, 80

C

coulomb 125, 126, 128, 129, 130, 131, 133,
137, 138

D

DNA 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 110,
111, 112, 114
dopamin 5

E

efek rumah kaca 191, 193, 194, 197, 216
elektromagnet 118, 120, 155, 162, 172
elektroskop 122, 123, 124
energi alternatif 117, 118, 119, 120, 162,
169, 170, 174, 199, 200, 202, 203,
204, 205, 217
energi fosil 169, 176, 198, 205, 217
energi terbarukan 119, 162, 169, 170,
173, 174, 176, 200, 217

F

fast fashion 176, 186, 188, 189, 217
fertilisasi 73, 78, 79, 81, 88, 112
fotosintesis 218

G

generator 118, 143, 144, 159, 160, 161,
163, 164, 167, 173, 217

H

HCG 79, 217
HIV 88, 216, 217
homeostasis 1, 2, 3, 23, 24, 25, 27, 28,
30, 31, 34, 35, 36, 217
hormon 2, 3, 5, 7, 19, 20, 21, 22, 24, 27,
30, 32, 33, 34, 35, 36, 72, 73, 74, 75,
76, 77, 78, 79, 84, 88, 97, 100, 216,
217, 218

I

iodopsin 11, 217
IVF 88, 92

K

kloroplas 218
korpus albicans 77
korpus luteum 77, 218

L

lipid 218
listrik dinamis 118, 135
listrik statis 120, 121, 122, 123, 125, 128,
134, 147, 172, 218

M

magnet 117, 118, 119, 120, 148, 149, 150,
151, 153, 154, 155, 156, 157, 158,
159, 160, 161, 162, 173, 174, 217, 218
medan listrik 118, 129, 130, 131, 132, 173,
218
metabolisme 20, 182, 218
mitokondria 218



N

narkotika 38, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 65,
66, 67, 68, 218, 220
neuron 5, 6, 8, 9, 134, 216, 218, 219

P

pemanasan global 170, 176, 191, 196
potensial Listrik 118, 132, 133
protein 23, 30, 49, 97, 99, 100, 218, 219

R

resistor 139, 219
RNA 216, 219
rodopsin 11, 219

S

sel 5, 6, 11, 14, 18, 19, 20, 22, 30, 72, 73,
75, 77, 79, 80, 88, 96, 97, 100, 101,
102, 110, 112, 114, 118, 133, 134,
165, 166, 216, 217, 218, 219
sel Schwann 5, 6, 219
semikonduktor 135, 147, 165, 166, 219
sinapsis 5, 6

slow fashion 188, 219
spermatozoa 73, 219
sustainable fashion 188, 219

T

transformator 219
tubektomi 88, 219

U

upcycling 188, 219
usaha 47, 68, 145, 179, 196, 203, 214, 219

V

vasektomi 87, 219





Profil Pelaku Perbukuan

Profil Penulis

1. Nama Lengkap : Cece Sutia, M.Pd.
Email : cecesutia20@dinas.belajar.id
Instansi : Dinas Pendidikan Provinsi Jawa Barat
Alamat Instansi : Jl. Dr. Rajiman No.6, Pasir Kaliki, Kec. Cicendo
Kota Bandung, Jawa Barat 40171



Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. Pengawas Sekolah di Dinas Pendidikan Provinsi Jawa Barat (2021–sekarang)

Riwayat Pendidikan:

1. S2 Pendidikan Biologi UPI tahun 2016-2018
2. S1 Pendidikan Biologi UPI tahun 2002-2006

Bidang Keahlian:

1. Biologi/IPA

Rekam Jejak Karya Tulis:

1. Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMP/MTs Kelas VII (Buku Siswa & Panduan Guru), Kemendikbudristek.
2. Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMP/MTs Kelas VIII (Buku Siswa & Panduan Guru), Kemendikbudristek.
3. Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMP/MTs Kelas IX (Buku Siswa & Panduan Guru), Kemendikbudristek.

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Artikel “Tanggapan Siswa, Orang Tua dan Guru Terhadap Pembelajaran Jarak Jauh Selama Pandemi COVID-19” (2020)
2. Artikel “Membangun Karakter Siswa Melalui Pembelajaran HOTS dalam Proyek Penelitian Biologi Berbantuan *Google Classroom*” (2020) [http:// simpuljuara.disdik.jabarprov.go.id/index.php/simpul/article/view/42](http://simpuljuara.disdik.jabarprov.go.id/index.php/simpul/article/view/42)
3. Artikel “Students’ Response to Project learning With Online Guidance Through Google Classroom on Biology Projects” <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1157/2/022084/meta> (2019)
4. Artikel “Engineering Design Model: Environmental Problem-Solving Ability, Motivation and Student Perceptions” <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1157/2/022085/meta> (2019)
5. Artikel “Students’ Motivation and Academic Achievement in A “Flipped” Genetics Lesson Using Youtube Video” http://www.ocerint.org/intcess18_epublication/papers/525.pdf (2018)

Informasi Lain dari Penulis:

Penulis merupakan pengawas sekolah di Dinas Pendidikan Provinsi Jawa Barat dan aktif sebagai narasumber dalam berbagai kegiatan IHT/ Workshop dengan kajian Pembelajaran dan Asesmen, Kurikulum, dan Kesiswaan.



Profil Penulis

2. Nama Lengkap : Victoriani Inabuy, S.Si., M. Ed.
Email : vica.inabuy@gmail.com
Instansi : Sekolah Abdi Kasih Bangsa Kupang
Alamat Instansi : Jalan Jupiter II No. 1 Kelapa Lima
Kupang - NTT.



Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. Pimpinan Sekolah Abdi Kasih Bangsa (2017-sekarang)
2. Guru di Global Jaya School Tangerang (2007-2017, studi 2011-2013)
3. Guru di Sekolah Bina Tunas Bangsa Tangerang (2005-2007)

Riwayat Pendidikan:

1. S2 Master of Education University of New South Wales tahun 2012-2013
2. S1 Kimia MIPA Universitas Padjadjaran Bandung tahun 1998-2003

Bidang Keahlian:

1. Kimia/IPA

Rekam Jejak Karya Tulis:

Tidak ada

Rekam Jejak Penelitian:

Tidak ada

Informasi Lain dari Penulis:

International Baccalaureate Examiner untuk Chemistry Extended Essay dan Exam Paper 3 (2015-sekarang).

Profil Penulis

3. Nama Lengkap : Okky Fajar Tri Maryana, M.Si.
Email : okky.trimaryana@fi.itera.ac.id
Instansi : Institut Teknologi Sumatera
Alamat Instansi : Lampung Selatan, Provinsi Lampung.



Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. Dosen Program Studi Fisika Institut Teknologi Sumatera, Lampung (2017 – Sekarang)
2. Staf Pendidik Bidang Studi Fisika Sekolah Mutiara Bunda Bandung (2009 – 2017)

Riwayat Pendidikan:

1. S2 Program Studi Magister Fisika Institut Teknologi Bandung tahun 2013 – 2015
2. S1 Jurusan Fisika Universitas Padjadjaran tahun 2004 – 2008

Bidang Keahlian:

1. Keilmuan Fisika Spesialisasi Fisika Bahan dan Laser Spectroscopy
2. Kependulisan Non-Fiksi Sertifikasi BNSP

Rekam Jejak Karya Tulis:

1. “Menjadi Ilmuwan Cilik di Rumah Sendiri” Seri 1, 2, dan 3 Panduan Percobaan Sains untuk anak dan Orang Tua di Rumah, Penerbit Rumah Pena Pustaka (2018, 2021, 2023)
2. “Fisika Kuantum: Sejarah dan Kisah Inspiratif Para Tokohnya”, Penerbit Yrama Widya (Cet. ke-1 2019 & Cet. Ke-2 2022)

Rekam Jejak Penelitian:

1. Maryana, O. F. T., et al. "Influence of solvents on photosensitivity of sprayed Fedoped ZnO films." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2623. No. 1. AIP Publishing LLC, 2023.
2. Maryana, Okky Fajar Tri, et al. "Pengaruh Molaritas dalam Teknik Spray terhadap Performa Fotodetektor Berbasis ZnO." *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika* (2021): 33-38.
3. Trimaryana, Okky Fajar, and Ratih Rizki Retinofa. "The Application of Traditional Game Rorodaan as Learning Tool in Physics Subject: Force and Movement to Improve Learning Results." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 739. No. 1. IOP Publishing, 2016.

Informasi Lain:

1. Kanal video pendidikan dan kuliah fisika : Youtube “Okky Fajar Tri Maryana”
2. Sosial media pendidikan yang dikelola : Instagram @okky_ft



Profil Penulis

4. Nama Lengkap : Budiyanti Dwi Hardanie, S.Si.
Email : budiyanti.dh@sekolahmutiarabunda.com
Instansi : Sekolah Mutiara Bunda Bandung
Alamat Instansi : Jalan Padang Golf No. 11 Arcamanik
Kota Bandung, Jawa Barat.



Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. Wakil Kepala Sekolah Bidang Kurikulum dan Inovasi Pembelajaran SMP Mutiara Bunda Bandung (2025-sekarang)
2. Manajer Quality Improvement Unit Sekolah Mutiara Bunda Bandung (2024-2025)
3. Manajer People Development Divisi Human Capital Sekolah Mutiara Bunda Bandung (2022-2024)
4. Koordinator Curriculum & Learning Development Division Sekolah Mutiara Bunda Bandung (2019-2022)
5. Pengembangan Kurikulum & SDM Sekolah Mutiara Bunda Bandung (2016-2019)
6. Bagian Penelitian & Pengembangan Sekolah Mutiara Bunda Bandung (2015-2016)

Riwayat Pendidikan:

1. Program Magister (S2), Program Studi Pengembangan Kurikulum, Universitas Pendidikan Indonesia, 2022
2. Program Sarjana (S1), Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, 2003

Bidang Keahlian:

1. Ilmu Kimia
2. Kurikulum dan Desain Instruksional
3. Asesmen dan Evaluasi Pendidikan

Rekam Jejak Karya Tulis:

Tidak Ada

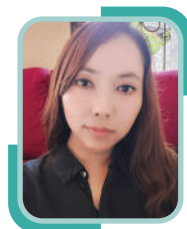
Rekam Jejak Penelitian:

1. Evaluasi Kurikulum Pelatihan Guru Merdeka Belajar; Studi Deskriptif Evaluatif di Program Pelatihan Kolaborasi Literasi Bermakna Kota Batu, Malang, Jawa Timur, 2022
2. Pedagogical Competencies Development Program for Novice Teacher (As An Evaluation on HR Development Program in Private School), 2018



Profil Penulis

5. Nama Lengkap : Sri Handayani Lestari, S.Si.
Email : celilestari21@gmail.com
Instansi : Sekolah Pelita Harapan
Alamat Instansi : Jl. Boulevard Palem Raya No. 2500,
Lippo Village, Tangerang, Banten.



Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. Sekolah Pelita Harapan (2022-sekarang)
2. Global Jaya School (2012-2022)
2. Sekolah High/ Scope Indonesia (2008-2012)

Riwayat Pendidikan:

S1 Universitas Negeri Jakarta tahun 2001-2006

Bidang Keahlian:

Pendidikan/Mengajar

Rekam Jejak Karya Tulis:

1. Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMP/MTs Kelas VII (Buku Siswa & Panduan Guru), Kemendikbudristek.
2. Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMP/MTs Kelas VIII (Buku Siswa & Panduan Guru), Kemendikbudristek.
3. Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMP/MTs Kelas IX (Buku Siswa & Panduan Guru), Kemendikbudristek.

Rekam Jejak Penelitian:

Tidak ada

Informasi Lain dari Penulis:

Penulis merupakan guru di sekolah Internasional dan memahami struktur MYP (*Middle Years Programme*) dan DP (*Diploma Programme*) dari kurikulum IB.



Profil Penelaah

Nama Lengkap : Prof. Dr. Anna Permanasari, Msi.
Email : anna.permanasari@unpak.ac.id
Instansi : Universitas Pakuan
Alamat Instansi : Jalan Ciheuleut No 1. Kota Bogor



Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. Dosen DPK di Universitas Pakuan (2022-sekarang)
 2. Dosen di UPI (1983-2022)
- Dst.

Riwayat Pendidikan:

1. S3 Kimia Analitik, ITB, 2000
2. S2 Kimia Analitik, ITN, 1992
3. S1 Pendidikan Kimia IKIP Bandung, 1982

Bidang Keahlian:

1. Pendidikan Kimia/IPA
- Dst.

Rekam Jejak Penelaahan/Review Buku:

1. Penelaah Buku IPA SMA (2022)
2. Penelaah Buku Kimia Analitik dengan pendekatan problem solving atas nama Indarini Dwi Pursitasari (2015)
2. Penelaah Buku/Modul UT untuk Prodi Pendidikan Kimia FKIP UT (2013-2020)

Rekam Jejak Karya Tulis:

1. Buku Kimia Instrumen, UT (2020)
2. beberapa Book Chapter (2015-2024)
3. Buku: bahan ajar sains bermuatan low carbon education, 2019
4. Buku: Hidup nyaman dengan pola rendah karbon, 2022
5. Seri e-modul: Pendidikan rendah karbon bagi siswa sekolah dasar (2024-2025)
6. Artikel Publikasi ilmiah: lihat di google scholar Anna Permanasari
<https://scholar.google.com/citations?user=3Bnj2q4AAAAJ&hl=en>

Informasi Lain:

1. President of East Asia Science Education, EASE (2022-2024)
2. Ketua Perhimpunan Pendidik IPA Indonesia, PPII (2013-2023)
3. Ketua Himpunan Kimia Indonesia, HKI (2009-2013)



Profil Penelaah

Nama Lengkap : Prof. Ir. Wahyu Srigutomo, S.Si., M.Si., Ph.D.
Email : wsrigitomo@gmail.com
Instansi : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Institut Teknologi Bandung
Alamat Instansi : Jalan Ganesha 10 Bandung 40132



Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. Guru Besar bidang Elektromagnetik Kebumian, Kelompok Keilmuan Fisika Bumi dan Sistem Kompleks FMIPA ITB (sejak 2020)
2. Dosen/Peneliti di FMIPA ITB (sejak 1997)
3. Konsultan/surveyor eksplorasi sumberdaya alam (sejak 1995)
4. Penulis buku tingkat SD, SMP, SMA serta Universitas (sejak 2012)

Riwayat Pendidikan:

1. Program Studi Program Profesi Insinyur – Direktorat Pendidikan Non Reguler ITB, Teknik Geofisika (Ir.), lulus 2021
1. The University of Tokyo, Tokyo, Japan, Geophysics (Ph.D.), lulus 2002
2. FMIPA Institut Teknologi Bandung, Fisika (M.Si.), lulus 1997
3. FMIPA Institut Teknologi Bandung, Fisika (S.Si.), lulus 1995

Bidang Keahlian:

1. Fisika
2. Sains dan Teknologi Kebumian (Geofisika)
3. Komputasi dan Pemodelan Numerik
4. Fisika Panasbumi dan Gunungapi

Rekam Jejak Penelaahan/Review Buku:

1. Buku SMP IPA Kelas VIII, Kemendikbudristek, 2024
2. Buku SMA IPA Kelas X, Kemendikbudristek, 2021
3. Buku Panduan Guru SMA IPA Kelas X, Kemendikbudristek, 2021

Rekam Jejak Karya Tulis:

1. Hingga September 2025, telah menulis makalah ilmiah dalam jurnal ilmiah dan prosiding pertemuan ilmiah terindeks Scopus 120 buah (termasuk 14 jurnal Q1; 14 jurnal Q2; 35 jurnal Q3; dan 61 makalah prosiding Q4). Menurut Google Scholar makalah ilmiah dalam jurnal ilmiah dan prosiding pertemuan sebanyak 191 buah.
2. Alamta Singarimbun, Wahyu Srigutomo, Umar Fauzi, Harry Mahardika: Fisika Gunung Api dan Panas Bumi, ISBN: 978-623-297-722-8, ITB Press, Bandung 2025.
3. K. Lasmi, W. Srigutomo, N. Resminingpuri; Inroads to OSN IPA SD/MI (Intensif Persiapan Olimpiade Sains) Vol. 1 & Vol. 2, Erlangga, Jakarta 2024.
4. K. Lasmi, W. Srigutomo; Inroads to OSN Matematika SD/MI (Intensif Persiapan Olimpiade Sains) Vol. 1 & Vol. 2, Erlangga, Jakarta 2024.
5. Sungkono, Erna Apriliani, Saifuddin, Fajriani, Wahyu Srigutomo, Book Chapter: Self-Potential Method: Theoretical Modeling and Applications in Geosciences - Ensemble Kalman Inversion for Determining Model Parameter of Self-potential Data in the Mineral Exploration ISBN: 9783030793326, Springer Geophysics, Switzerland, 2021.
6. Wahyu Srigutomo & I G. P. F. Soerya Djaja: *Prinsip Dasar dan Interpretasi Numerik Seismik Refraksi* (e-book) ISBN: 0075510030, Erlangga, Jakarta 2020.
7. Wahyu Srigutomo: Catatan Kuliah - *Kapita Selekta Fisika Sistem Kompleks*, ITB Publisher, Bandung 2022



Profil Penelaah

Nama Lengkap : Ade Suryanda, S.Pd., M.Si.
Email : asuryanda@unj.ac.id
Instansi : Universitas Negeri Jakarta
Alamat Instansi : Rawamangun Muka Jakarta Timur



Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. Staf Pengajar Program Studi Pendidikan Biologi UNJ

Riwayat Pendidikan:

1. Magister Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB, 2022
2. Sarjana Pendidikan Biologi, IKIP Jakarta, 1997

Bidang Keahlian:

1. Pendidikan Biologi
 2. Ekologi
- Dst.

Rekam Jejak Karya Tulis:

1. CCBC : Climate Change and Blue Carbon. 2025
 2. Jejak Ekologi Di Baluran : Savana, Rimba, Laut, Dan Petualangan, 2025
 3. PETUALANGAN TAK TERLUPAKAN: Menguak Rahasia Alam Taman Nasional Alas Purwo, 2025
 4. Jejak Monyet di Tanah Buyut, 2025
- Dst.

Profil Editor

Nama lengkap : Anggraeni Dian Permatasari
Email : anggraenidian.kemdikbud@gmail.com
Instansi : Pusat Riset Pendidikan, BRIN
Bidang Keahlian: penelitian studi pendidikan
dan perbukuan



Riwayat pekerjaan:

1. Peneliti (Pusat Riset Pendidikan, BRIN, 2022-sekarang).
2. Peneliti (Pusat Perbukuan, 2021).
3. Pengembang Perbukuan (Pusat Kurikulum dan Perbukuan 2018-2021).

Riwayat pendidikan:

1. Magister Ilmu Kimia, FMIPA Universitas Gadjah Mada (2017).

Pengalaman mengedit buku dan terbitan lainnya:

1. Paman Misterius (Direktorat Pembinaan PAUD, Kemendikbud, 2019).
2. Syifa dan Burung Kenari (Direktorat Pembinaan PAUD, Kemendikbud, 2019).
3. Wira, Prabu, dan Bambu (Direktorat Pembinaan PAUD, Kemendikbud, 2019).
4. Lepu Pun Tersenyum (Direktorat Pembinaan PAUD, Kemendikbud, 2019).
5. Kutilang yang Suka Bernyanyi (Direktorat Pembinaan PAUD, Kemendikbud, 2019).

Pengalaman menulis buku atau terbitan lainnya:

1. Salam Kearifan: Inovasi Pendidikan Berbasis Ketahanan Pangan dan Kearifan Lokal (IPB Press, 2025).
2. Model Buku Teks SMK Berbasis Soft Skills: Produksi dan Siaran Program Televisi SMK/MAK Kelas XI (Pusat Perbukuan dan BRIN, 2023).
3. Model Buku Panduan Guru SMK Berbasis Soft Skills: Produksi dan Siaran Program Televisi SMK/MAK Kelas XI (Pusat Perbukuan dan BRIN, 2023).
4. Pendidikan Antikorupsi untuk Siswa SD/MI Kelas I-VI (Masmedia Buana Pustaka, 2022).
5. Sore Seru Suri (Pusat Perbukuan dan Room to Read, 2019).



Profil Editor Visual

Nama Lengkap : M Rizal Abdi
E-mail : kotakpesandarimu@gmail.com
Instansi : Center for Religious and Cross-cultural Studies (CRCS), Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada
Bidang Keahlian : Editorial desain dan ilustrasi



Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. Desainer. Hocuspocus Rekavasthu (2006–2012)
2. Desainer editorial dan ilustrator beberapa penerbit indie di Yogyakarta, Jakarta, dan California (2011–sekarang)
3. Peneliti dan Staf Pendidikan Publik, Center for Religious and Cross-cultural Studies, Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada (2021–sekarang)

Riwayat Pendidikan:

1. S-1 Ilmu Komunikasi, Fisipol, UGM (2004)
2. S-2 Agama dan Lintas Budaya. Sekolah Pascasarjana UGM (2015)

Judul Buku dan Tahun Terbit (dalam 10 Tahun Terakhir):

1. *A Nation in Motion*, 2023. Penulis (Penerbit CRCS UGM)
2. *Bangga Jadi MD: 40 Tahun Bertumbuh, Berubah, dan Berinovasi*. 2020. (Magister dan Doktor Ilmu-Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomika dan Bisnis, Universitas Gadjah Mada)
3. *Kudus: Yerusalem di Tanah Jawa*. 2019. Penulis, bersama Revianto Budi Santosa. (Yayasan Masjid, Menara, dan Makam Sunan Kudus)
4. *Jejak Amnesti Pajak*. Editor. (Direktorat Jenderal Pajak D.I. Yogyakarta, March, 2017)

Buku yang Pernah Didesain dan Tahun Terbit (dalam 10 Tahun Terakhir):

1. *Ensiklopedia Polisi Lalu Lintas*. Aksa Media, MataBangsa, Korps Lalu Lintas Kepolisian Republik Indonesia (2023).
2. *Geliat Agama dalam Isu-Isu Kontemporer*. Samsul Maarif, dkk. CRCS UGM (2023)
3. *Co-Designing Sustainable, Just, and Smart Urban Living: A Monograph, 2019-2021*. Indonesian Consortium for Religious Studies (2022)
4. *Ensiklopedia Jawa Tengah*. 3 Jilid. Kata Desa, MataBangsa, dan Bank Jateng (2022)
5. *Pasola*. Maria Matildis Banda. Dalang Publishing (2022)
6. *Footprints/Tapak Tilas*. Budi Dharma, dll. Dalang Publishing (2022)
7. *Dangdutan: Kumpulan Tulisan Dangdut dan Praktiknya di Masyarakat*. Michael H.B. Raditya. Penerbit Gading (2022)

Profil Ilustrator

1. Nama Lengkap : Aghni Ghofarun Auliya
Email : aghnighofarun@gmail.com
Instansi : Penerbit Ziyad Books
Alamat Instansi : Banyuwangi, Banjarsari, Surakarta

Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. Full time ilustrator penerbit Ziyad Books, Solo. (2022–sekarang)
2. Freelance ilustrator (2014–sekarang)

Riwayat Pendidikan:

S1 Seni Rupa Murni, ISI Surakarta (2010–2014)

Bidang Keahlian:

Ilustrasi



2. Nama Lengkap : Aryodhimar Khairu Trihasmoro
Email : aryodhimar@gmail.com
Instansi : -
Alamat Instansi : -

Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. Project Manager di Rimbun Creative (2019–sekarang)
2. Pengajar Seni Rupa di Villa Merah Jakarta (2017–sekarang)

Riwayat Pendidikan:

S1 Fakultas Seni Rupa dan Desain Institut Teknologi Bandung (2004–2009)

Bidang Keahlian:

Ilustrasi



3. Nama Lengkap : Bari Ardoko
Email : bari.ardoko@gmail.com
Instansi : -
Alamat Instansi : -

Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. Desain Grafis di PT. Umara Nikmat Boga (2018–sekarang)
2. Desain Grafis & Motion Grafis di Shift #3 Studio (2014–2018)

Riwayat Pendidikan:

1. S1 Universitas Padjadjaran (2001–2006)

Bidang Keahlian:

Desain Grafis



Profil Desainer

Nama Lengkap : Marna Sumarna/Abi Faqih
E-mail : mssumarna@gmail.com
Akun IG : m4rn4
Alamat Kantor : -
Bidang Keahlian : Desain Grafis



Riwayat Pekerjaan/Profesi:

1. *Freelance Designer* (2012–Sekarang)
2. *Spv. Graphic Designer*, PT Mediantara Semesta (2012–Sekarang)
3. *Spv. Design Promotion*, PT Jakarta Realty (2011–2012)

Riwayat Pendidikan:

1. S1: Sistem Informasi, STMIK MH. THAMRIN Jakarta (2005–2010)

Buku yang Pernah Didesain dan Tahun Terbit (dalam 10 Tahun Terakhir):

1. Menyusuri Jejak Emas Putih: Kisah Garam dari Empat Penjuru Eropa (Penerbit Erlangga, 2025)
2. Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan Kelas VIII (Kemendikbudristek, 2024)
3. Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan Kelas VII (Kemendikbudristek, 2024)
4. Wonderful Fact About Indonesia - Sejarah (Penerbit Erlangga, 2024)
5. Revolusi Rusia (Penerbit Erlangga, 2023)
6. Revolusi Amerika (Penerbit Erlangga, 2023)
7. 12 Z Brand of INA: Kisah Brand Lokal untuk Gen Z (Penerbit Erlangga, 2023)
8. Apa Itu Perubahan Iklim? (Penerbit Erlangga, 2023)
9. Ensiklopedia Teknologi Digital (Pustaka Artha Media, 2022)
10. Ensiklopedia Batik Nusantara (JP Books, 2021)
11. Ensiklopedia Tata Surya (JP Books, 2021)
12. Ensiklopedia IPA: Tubuhku (JP Books, 2021)
13. Ensiklopedia Dunia Hewan (JP Books, 2021)
14. Ensiklopedia Bola Besar & Bola Kecil (JP Books, 2021)



ILMU PENGETAHUAN ALAM

SMP/MTs KELAS IX

EDISI REVISI

Bagaimana tubuh kita menjaga keseimbangan agar tetap sehat? Apa dampak zat aditif dan adiktif dalam kehidupan? Bagaimana sifat diturunkan, listrik dimanfaatkan, hingga tantangan lingkungan kita di masa depan?

Buku IPA Kelas IX ini mengajakmu menjelajahi 6 bab menarik:

1. Koordinasi dan Homeostasis
2. Zat Aditif dan Zat Adiktif
3. Sistem Reproduksi Manusia
4. Pewarisan Sifat dan Bioteknologi
5. Listrik, Magnet, dan Energi Alternatif
6. Isu-Isu Lingkungan

Disusun dengan Capaian Pembelajaran terbaru dan berlandaskan Pembelajaran Mendalam, buku ini menghadirkan aktivitas berbasis inkuiri, eksperimen seru, hingga proyek aksi nyata yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Dengan belajar melalui buku ini, kamu tidak hanya menambah pengetahuan sains, tetapi juga dilatih untuk berpikir kritis, kreatif, dan peduli terhadap sesama serta lingkungan. IPA bukan sekadar pelajaran, melainkan bekal hidupmu hari ini dan masa depan.

ISBN 978-634-00-2430-2 (jil.3 PDF)



9

786340

024302