



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
BADAN STANDAR, KURIKULUM, DAN ASESMEN PENDIDIKAN  
PUSAT PERBUKUAN

# ILMU PENGETAHUAN ALAM

**Cece Sutia, dkk.**

**2022**

**SMP/MTs KELAS IX**

**Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia**  
Dilindungi Undang-Undang.

*Disclaimer:* 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, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. 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@kemdikbud.go.id](mailto:buku@kemdikbud.go.id) diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

**Ilmu Pengetahuan Alam Untuk SMP/MTs Kelas IX**

**Penulis**

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

**Penelaah**

Ida Kaniawati  
Tatang Suratno

**Penyelia/Penyelaras**

Supriyatno  
E. Oos M. Anwas  
Maharani Prananingrum

**Ilustrator**

Aryodhimar Khairu Trihasmoro  
Bari Ardoko

**Editor**

Lala Tansah  
Andri Nurdiansyah

**Desainer**

S. Kuswanto

**Penerbit**

Pusat Perbukuan  
Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan  
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi  
Kompleks Kemdikbudristek Jalan RS. Fatmawati, Cipete, Jakarta Selatan  
<https://buku.kemdikbud.go.id>

Cetakan pertama, 2022

ISBN 978-602-244-383-4 (no.jil.lengkap)

ISBN 978-602-244-787-0 (jil.3)

Isi buku ini menggunakan huruf Arial dan Garamond 10/13 pt, Adobe Font.  
xiv, 202 hlm.: 17,6 × 25 cm.

# Kata Pengantar

Pusat Perbukuan; Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas dan fungsi mengembangkan buku pendidikan pada satuan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah. Buku yang dikembangkan saat ini mengacu pada Kurikulum Merdeka, dimana kurikulum ini memberikan keleluasaan bagi satuan/program pendidikan dalam mengembangkan potensi dan karakteristik yang dimiliki oleh peserta didik. Pemerintah dalam hal ini Pusat Perbukuan mendukung implementasi Kurikulum Merdeka di satuan pendidikan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah dengan mengembangkan Buku Teks Utama.

Buku teks utama merupakan salah satu sumber belajar utama untuk digunakan pada satuan pendidikan. Adapun acuan penyusunan buku teks utama adalah Capaian Pembelajaran PAUD, SD, SMP, SMA, SDLB, SMPLB, dan SMALB pada Program Sekolah Penggerak yang ditetapkan melalui Keputusan Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan dan Perbukuan Nomor 028/H/KU/2021 Tanggal 9 Juli 2021. Sajian buku dirancang dalam bentuk berbagai aktivitas pembelajaran untuk mencapai kompetensi dalam Capaian Pembelajaran tersebut. Buku ini digunakan pada satuan pendidikan pelaksana implementasi Kurikulum Merdeka.

Sebagai dokumen hidup, buku ini tentu dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan kebutuhan serta perkembangan keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu, saran dan masukan dari para guru, peserta didik, orang tua, dan masyarakat sangat dibutuhkan untuk pengembangan buku ini di masa yang akan datang. Pada kesempatan ini, Pusat Perbukuan menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan buku ini, mulai dari penulis, penelaah, editor, ilustrator, desainer, dan kontributor terkait lainnya. Semoga buku ini dapat bermanfaat khususnya bagi peserta didik dan guru dalam meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, Juni 2022  
Kepala Pusat,

Supriyatno  
NIP 19680405 198812 1 001

# Prakata

Segala puji dan syukur kita panjatkan kepada Tuhan YME karena atas rahmat dan karunia-Nya buku Ilmu Pengetahuan Alam Kelas IX ini dapat diselesaikan. Dalam proses penyusunan buku ini, penulis banyak sekali mendapatkan bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu Dr. Ida Kaniawati. M.Si, selaku penelaah yang telah membimbing penulis dengan sangat pengertian selama pengerjaan buku ini.
2. Tatang Suratno, M.Pd., selaku penelaah yang juga sudah membimbing penulis dengan penuh kesabaran agar buku ini selesai.
3. Tim Pusat Kurikulum dan Perbukuan, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk membuat buku yang akan dipakai oleh siswa di seluruh Indonesia sebagai sumber belajar utama.
4. Semua pihak yang sudah membantu mendoakan dan memudahkan penyelesaian buku ini.

Penulis berharap semoga buku yang disusun ini dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi nyata bagi kemajuan pendidikan di Indonesia.

Jakarta, Februari 2021

Tim Penulis

# Daftar Isi

Kata Pengantar .....	iii
Prakata .....	iv
Daftar Isi .....	v
Daftar Gambar .....	vi
Daftar Tabel .....	vii
Petunjuk Penggunaan Buku .....	viii
<b>Bab 1 Pertumbuhan dan Perkembangan .....</b>	<b>1</b>
A. Pertumbuhan dan Perkembangan Manusia .....	2
B. Pertumbuhan dan Perkembangan Hewan .....	9
C. Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan .....	16
Proyek Akhir Bab.....	21
<b>Bab 2 Sistem Koordinasi, Reproduksi dan Homeostasis Manusia .....</b>	<b>23</b>
A. Sistem Koordinasi Manusia .....	24
B. Sistem Reproduksi Manusia .....	36
C. Homeostasis.....	44
Proyek Akhir Bab .....	50
<b>Bab 3 Tekanan .....</b>	<b>51</b>
A. Tekanan Zat Padat .....	52
B. Tekanan Zat Cair .....	54
C. Tekanan Gas.....	60
Proyek Akhir Bab .....	70
<b>Bab 4 Listrik, Magnet, dan Sumber Energi Alternatif.....</b>	<b>71</b>
A. Listrik .....	72
B. Magnet .....	91
C. Energi Alternatif/Terbarukan .....	101
Proyek Akhir Bab .....	106

<b>Bab 5 Reaksi-Reaksi Kimia dan Dinamikanya .....</b>	<b>107</b>
A. Reaksi Kimia .....	108
B. Asam dan Basa.....	120
C. Energi dan Laju Reaksi Kimia.....	130
Proyek Akhir Bab.....	140
<b>Bab 6 Pewarisan Sifat dan Bioteknologi .....</b>	<b>141</b>
A. Kromosom, DNA, dan Gen .....	142
B. Persilangan Monohibrid dan Dihibrid .....	145
C. Bioteknologi.....	151
Proyek Akhir Bab.....	158
<b>Bab 7 Isu-Isu Lingkungan.....</b>	<b>159</b>
A. Kesehatan Lingkungan di Indonesia.....	160
B. Pemanasan Global.....	166
C. Krisis Energi .....	170
D. Ketersediaan Pangan.....	175
Proyek Akhir Bab.....	179
<b>Indeks .....</b>	<b>181</b>
<b>Glosarium .....</b>	<b>182</b>
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>184</b>
<b>Biodata Pelaku Perbukuan.....</b>	<b>192</b>

# Daftar Gambar

<b>Gambar 1.1</b>	Proses perkembangan calon bayi dari fertilisasi menjadi blastosis.....	3	<b>Gambar 1.14</b>	Perbedaan pertumbuhan primer dan sekunder. Pertumbuhan primer menghasilkan pertumbuhan memanjang, sementara pertumbuhan sekunder menghasilkan pertumbuhan melebar .....	19
<b>Gambar 1.2</b>	Proses pertumbuhan dan perkembangan dari zigot sampai menjadi bayi.....	4	<b>Gambar 2.1</b>	Struktur neuron.....	25
<b>Gambar 1.3</b>	Diagram perkembangan bayi.....	4	<b>Gambar 2.2</b>	Bentuk sel saraf.....	25
<b>Gambar 1.4</b>	Infografik perkembangan motorik kasar anak usia 3-5 tahun.....	5	<b>Gambar 2.3</b>	Struktur otak.....	26
<b>Gambar 1.5</b>	Perkembangan seksual sekunder pada remaja pria dan wanita.....	6	<b>Gambar 2.4</b>	Struktur bola mata.....	27
<b>Gambar 1.6</b>	Sayatan melintang dar telur amniotik.....	10	<b>Gambar 2.5</b>	Struktur telinga.....	29
<b>Gambar 1.7</b>	Menunjukkan pertukaran material antara induk dengan embrio.....	11	<b>Gambar 2.6</b>	Sel olfaktorius pada hidung.....	31
<b>Gambar 1.8</b>	Siklus hidup lobster dari larva sampai lobster dewasa.....	12	<b>Gambar 2.7</b>	Area pada lidah lebih sensitif pada rasa tertentu..	31
<b>Gambar 1.9</b>	Perbedaan antara metamorfosis tidak sempurna dengan sempurna.....	14	<b>Gambar 2.8</b>	Struktur kulit.....	32
<b>Gambar 1.10</b>	Metamorfosis katak, yang merupakan metamorfosis sempurna.....	15	<b>Gambar 2.9</b>	Kelenjar endokrin.....	33
<b>Gambar 1.11</b>	Kegiatan memelihara serangga.....	15	<b>Gambar 2.10</b>	Alat reproduksi pria.....	37
<b>Gambar 1.12</b>	Struktur biji yang terdiri dari kulit biji, kotiledon dan bakal akar, daun dan batang.....	17	<b>Gambar 2.11</b>	Alat reproduksi wanita... ..	39
<b>Gambar 1.13</b>	Letak jaringan meristem pada tumbuhan.....	18	<b>Gambar 2.12</b>	Siklus menstruasi.....	39
			<b>Gambar 2.13</b>	Janin 38 minggu.....	41
			<b>Gambar 2.14</b>	Homeostasis suhu tubuh....	46
			<b>Gambar 2.15</b>	Homeostasis cairan tubuh..	47
			<b>Gambar 2.16</b>	Homeostasis gula darah ..	48
			<b>Gambar 3.1</b>	Struktur bendungan air ...	55
			<b>Gambar 3.2</b>	Kapal selam.....	56
			<b>Gambar 3.3</b>	Gaya yang bekerja pada batu yang tenggelam .....	56
			<b>Gambar 3.4</b>	Struktur Kapal Laut.....	58
			<b>Gambar 3.5</b>	Mekanisme pengeluaran dan pemasukan air dalam kapal selam.....	59
			<b>Gambar 3.6</b>	Tekanan udara pada kertas HVS sehingga mampu menahan air .....	60

<b>Gambar 3.7</b>	(a) Kondisi Balon Karet pada Erlenmeyer yang Berisi Air Dingin, (b) Kondisi Balon Karet pada Erlenmeyer yang Berisi Air Panas. ....	61
<b>Gambar 3.8</b>	Balon udara. ....	62
<b>Gambar 3.9</b>	Pompa hidrolis pengangkat mobil. ....	62
<b>Gambar 3.10</b>	Model dongkrak hidrolis....	63
<b>Gambar 3.11</b>	Jalur pengangkutan air ketika masuk ke dalam akar. ....	65
<b>Gambar 3.12</b>	Pengangkutan air dari akar menuju daun. ....	66
<b>Gambar 3.13</b>	Pengangkutan nutrisi hasil fotosintesis pada tumbuhan. ....	67
<b>Gambar 3.14</b>	Sphygmomanometer. ....	68
<b>Gambar 3.15</b>	Cara pengukuran tekanan darah. ....	68
<b>Gambar 3.16</b>	Difusi Gas pada proses pernapasan dan sirkulasi. ....	70
<b>Gambar 4.1</b>	Listrik yang bermuatan negatif (kekurangan elektron) menarik potongan kecil kertas. ....	73
<b>Gambar 4.2</b>	Elektroskop sederhana untuk menentukan muatan listrik benda. ....	74
<b>Gambar 4.3</b>	Eksperimen Percobaan Coulomb untuk menentukan muatan listrik. ....	75
<b>Gambar 4.4</b>	Percobaan menentukan gaya listrik pada dua balon yang bermuatan. ....	76
<b>Gambar 4.5</b>	Ilustrasi gaya Coulomb pada muatan listrik. ....	77
<b>Gambar 4.6</b>	Garis medan listrik dua muatan. ....	78
<b>Gambar 4.7</b>	Muatan $Q$ didekati Muatan Tes $q_0$ ....	78
<b>Gambar 4.8</b>	Ilustrasi muatan listrik pada sel saraf. ....	81
<b>Gambar 4.9</b>	Ilustrasi muatan listrik pada sel saraf tidak bermielin. ....	82
<b>Gambar 4.10</b>	Beberapa Jenis Semikonduktor: Resistor, Diode, Transistor, dan IC ( <i>integrated circuit</i> /rangkaian listrik perpaduan). ....	83
<b>Gambar 4.11</b>	Rangkaian seri hambatan listrik. ....	87
<b>Gambar 4.12</b>	Rangkaian paralel hambatan listrik. ....	87
<b>Gambar 4.13</b>	Baterai pada mobil listrik. ....	91
<b>Gambar 4.14</b>	Contoh magnet U dan magnet batang. ....	92
<b>Gambar 4.15</b>	Interaksi antar dua kutub magnet (a) beda jenis dan (b) sejenis. ....	92
<b>Gambar 4.16</b>	(a) Atom tersusun secara acak, dan (b) atom tersusun secara teratur. ....	93
<b>Gambar 4.17</b>	Pola serbuk besi yang didebar di sekitar magnet batang. ....	93
<b>Gambar 4.18</b>	Hans Christian Oersted. ....	96
<b>Gambar 4.19</b>	Michael Faraday. ....	96
<b>Gambar 4.20</b>	Arah gaya Lorentz menggunakan kaidah tangan kanan. ....	97
<b>Gambar 4.21</b>	Arah Induksi elektromagnetik oleh magnet. ....	98
<b>Gambar 4.22</b>	Generator elektrik AC sederhana. ....	100
<b>Gambar 4.23</b>	Cara kerja generator. ....	100
<b>Gambar 4.24</b>	Pembangkit listrik tenaga angin. ....	102



<b>Gambar 4.25</b>	Sel Surya. ....	103	<b>Gambar 5.13</b>	Pengujian sifat asam-basa menggunakan kertas lakmus. ....	125
<b>Gambar 4.26</b>	Struktur dasar dan simbol sel surya. ....	104	<b>Gambar 5.14</b>	Reaksi pembakaran pita magnesium dengan adanya oksigen di udara. ....	130
<b>Gambar 4.27</b>	Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir. ....	105	<b>Gambar 5.15</b>	Reaksi kompres dingin. ...	132
<b>Gambar 4.28</b>	Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Uni Emirat Arab. ....	105	<b>Gambar 5.16</b>	Gula aren. ....	136
<b>Gambar 5.1</b>	Perbedaan perubahan kimia dan fisika. ....	108	<b>Gambar 5.17</b>	Gunung Mulu, Malaysia. ....	139
<b>Gambar 5.2</b>	Reaksi gas hidrogen dan oksigen membentuk air (Tanda sama dengan harus diganti dengan tanda anak panah). ....	110	<b>Gambar 6.1</b>	Kromosom, DNA, dan gen. ....	143
<b>Gambar 5.3</b>	Reaksi-reaksi kimia yang sering terjadi dalam kehidupan. ....	111	<b>Gambar 6.2</b>	Tahapan sintesis protein. ....	144
<b>Gambar 5.4</b>	Perbandingan antara logam natrium, gas klorin, dan garam. ....	113	<b>Gambar 6.3</b>	Produk bioteknologi konvensional. ....	152
<b>Gambar 5.5</b>	Minuman bersoda menunjukkan adanya reaksi kimia. ....	115	<b>Gambar 6.4</b>	Proses kultur jaringan. ....	153
<b>Gambar 5.6</b>	Tabung gas elpiji untuk memasak mengandung gas propana. ....	115	<b>Gambar 6.5</b>	Proses bayi tabung. ....	154
<b>Gambar 5.7</b>	Memasak menggunakan gas metana. ....	116	<b>Gambar 6.6</b>	Proses kloning. ....	155
<b>Gambar 5.8</b>	Reaksi antara paku besi dengan larutan $\text{CuSO}_4$ . ....	117	<b>Gambar 6.7</b>	Proses teknologi hibridoma. ....	156
<b>Gambar 5.9</b>	Contoh reaksi pertukaran ganda atau metatesis. ....	118	<b>Gambar 6.8</b>	Proses teknologi hibridoma. ....	157
<b>Gambar 5.10</b>	Lemon, minuman bersoda, dan cuka masak. ....	120	<b>Gambar 7.1</b>	Persentase rumah tangga yang memiliki akses air layak minum. ....	163
<b>Gambar 5.11</b>	Penggunaan bubuk kalsium hidroksida untuk menetralkan tanah yang terlalu asam. ....	123	<b>Gambar 7.2</b>	Infografis Indonesia darurat sampah plastik. ....	165
			<b>Gambar 7.3</b>	Grafik rata-rata suhu bumi. ....	166
			<b>Gambar 7.4</b>	Dampak pemanasan global. ....	168
			<b>Gambar 7.5</b>	Produksi dan konsumsi minyak di Indonesia. ....	170
			<b>Gambar 7.6</b>	Panel surya di atap rumah. ....	171
			<b>Gambar 7.7</b>	PLTB Sidrap. ....	172
			<b>Gambar 7.8</b>	PLTPB memanfaatkan panas bumi. ....	172

<b>Gambar 7.9</b>	Pembuatan biogas dari kotoran hewan. ....	173
<b>Gambar 7.10</b>	Proses pembuatan bioetanol. ....	173
<b>Gambar 7.11</b>	Pembangkit listrik tenaga nuklir. ....	174

<b>Gambar 7.12</b>	Nilai indeks kelaparan Indonesia. ....	175
<b>Gambar 7.13</b>	Perbandingan pertumbuhan penduduk dan produksi pangan di dunia. ....	176

# Daftar Tabel

<b>Tabel 4.1.</b>	Hambatan Jenis Bahan .....	82
<b>Tabel 4.2</b>	Jenis Sumber Arus Listrik.....	87
<b>Tabel 4.3</b>	Jumlah Klip Kertas yang Berhasil Dipindahkan Tiap Magnet .....	93

# Petunjuk Penggunaan Buku

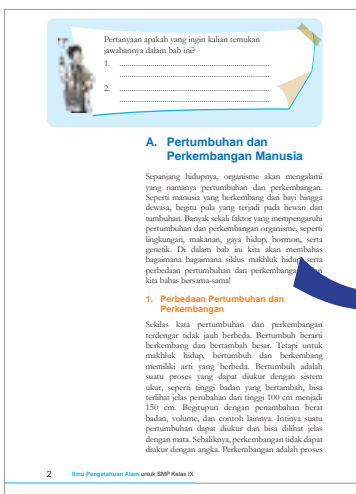
Mempelajari IPA adalah upaya untuk mengenal segala sesuatu di sekeliling kita, bahkan diri kita sendiri, menjawab berbagai pertanyaan mengapa dan bagaimana semua hal itu terjadi, baik itu menyangkut alam, tumbuhan, hewan bahkan hal-hal yang tidak terlihat oleh mata manusia. Pelajaran IPA adalah pelajaran yang menyenangkan, menyingkap pengetahuan baru dan membuka kesempatan untuk berlatih keterampilan baru dengan cara bertanya, untuk mempersiapkan kalian membuat keputusan-keputusan penting di masa yang akan datang.

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. Buku ini terdiri atas 7 bab utama dengan bagian-bagian sebagai berikut.

## Cover Bab

Berisi:

- Gambar yang berhubungan dengan aplikasi konsep bab yang dipelajari.
- Deskripsi yang berhubungan dengan bab disertai pertanyaan pembuka.
- Tujuan pembelajaran bab.
- Proyek utama yang akan dilakukan pada bab tersebut.
- Kata kunci yang menjadi fokus bab tersebut.



## Kegiatan Apersepsi

Mengawali setiap subbab, ada berbagai kegiatan yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari atau hal yang telah kalian pelajari atau lakukan sebelumnya. Lakukanlah kegiatan apersepsi ini sebelum mulai mempelajari bagian bab tersebut.

## Aktivitas Pembelajaran: Ayo

IPA itu menyenangkan dan seru karena ada percobaan. Di dalam buku ini ada berbagai aktivitas pembelajaran. Percobaan hanya satu di antaranya. Ayo lakukan untuk memperkaya keterampilan kalian.

### Mari Uji Kemampuan Kalian

#### Mengaplikasikan

1. Manakah hewan di bawah ini yang memiliki telur amniotik?
  - a. Ikan
  - b. Serangga
  - c. Kura-kura
  - d. Kelinci
2. Di bawah ini adalah gambar dari siklus hidup katak. Beri keterangan untuk tiap siklus hidup mereka.

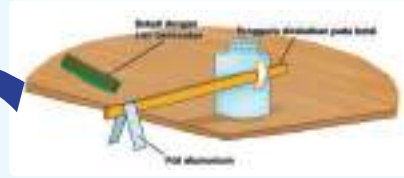


3. Mengapa nimfa lebih mungkin memakan makanan yang sama dengan hewan dewasa dibandingkan larva?

#### Membandingkan

4. Bandingkanlah perkembangan embrio dari hewan yang memiliki telur amniotik dengan hewan mamalia berplasenta.
5. Carilah persamaan dari siklus hidup udang dengan siklus hidup katak.

### Ayo Buat Aktivitas 4.1



Gambar 4.2 Elektroskop sederhana untuk menentukan muatan listrik benda

Pernahkah kamu melihat percikan api dari aspal ketika truk besar melintasi jalanan aspal tersebut? Atau percikan api di rel kereta api ketika ada kereta yang melintasinya? Fenomena munculnya percikan api tersebut disebabkan karena adanya perbedaan jumlah muatan positif dan muatan negatif suatu benda yang merupakan gejala listrik statis.

## Mari Uji Kemampuan Kalian

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

## Fakta Sains

Pada bagian ini, kalian dapat menemukan informasi-informasi menarik, unik, yang mungkin tidak pernah kalian bayangkan atau ketahui sebelumnya. Pengetahuan baru akan kalian peroleh yang berkaitan dengan topik Sains yang sedang dipelajari.

### Fakta Sains

Fase bayi adalah fase 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, tetapi untuk membersihkan hidung dan jalan nafas mereka.
3. Bayi memiliki 300 tulang, sementara orang dewasa memiliki 94 tulang. Tulang-tulang tersebut menyatu selama proses pertumbuhan.
4. Bayi baru lahir tidak memiliki tempurung lutut.
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.

## Proyek Akhir Bab

Ini bagian yang paling seru, puncak dari bab yang dipelajari. Kalian akan membuat rancangan percobaan sendiri, membuat kampanye, poster, lagu, drama maupun proyek kreatif lainnya. Tanpa disadari, kalian akan menggunakan konsep yang telah kalian pelajari dalam bab itu untuk membuat produk tertentu, misalnya karya yang membuka kesempatan untuk kalian berkontribusi bagi lingkungan sebagai bagian dari warga dunia. Bertindak secara lokal namun memiliki dampak global. Penilaian tidak pernah terasa begitu mengasyikan.

## Proyek Akhir Bab

Setelah kita mempelajari mengenai pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup, kita mengetahui ternyata banyak faktor yang memengaruhi tumbuh kembang mereka. Pada bayi dan balita ada istilah gangguan pertumbuhan dan perkembangan yang disebut dengan *stunting*. Berdasarkan data yang dikutip dari BPS, pada tahun 2019, 30% balita 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 yang ditujukan untuk mengedukasi ibu-ibu di sekitar kalian, dengan membuat poster ataupun selebaran yang bisa ditempel atau dibagikan di posyandu-posyandu terdekat. Setelah produk dibuat dan disebar, kalian dapat mempresentasikan hasil kerja kelompok 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 mempengaruhi *stunting*.
3. Data atau infografik tentang tumbuh kembang anak per bulan/per tahunnya (meliputi tinggi badan serta 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 kamu presentasikan di dalam kelas seperti**

- Hasil diskusi dan analisis efek dari solusi yang kalian berikan berdasarkan faktor-faktor di bawah ini: budaya, lingkungan, ekonomi, dan faktor sosial (bisa dipilih salah satu).
- Manfaat dan kekurangan dari solusi yang kalian tawarkan kepada ibu-ibu/ keluarga dari anak yang menderita *stunting*?
- Kesimpulan apakah solusi yang kalian tawarkan adalah solusi terbaik untuk gangguan tersebut, berdasarkan manfaat dan kekurangan yang telah disebutkan sebelumnya.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN  
TEKNOLOGI REPUBLIK INDONESIA, 2022

Ilmu Pengetahuan Alam  
untuk SMP/MTs Kelas IX

Penulis : Cece Sutia, dkk.

ISBN : 978-602-244-787-0 (jil.3)

## Bab 1

# Pertumbuhan dan Perkembangan

Remaja seperti kalian saat ini pasti sedang bertanya-tanya, apa yang sedang terjadi pada tubuhku? Badanku bertambah tinggi, suara mulai berubah, wajah mulai berjerawat, perilaku juga mulai berubah. Hal tersebut normal adanya, karena kalian sedang bertumbuh dan berkembang. Waktu bayi tinggi badan kalian tidak melebihi satu meter, tapi lihat tubuh kalian sekarang, kalian bertambah besar. Di dalam bab ini kita akan membahas pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup, dan bagaimana cara merawat tubuh kalian agar mencapai pertumbuhan dan perkembangan yang optimal.

### Kata Kunci

- embrio
- dewasa
- pubertas
- metamorfosis



Pertanyaan apakah yang ingin kalian temukan jawabannya dalam bab ini?

1. ....
2. ....

## A. Pertumbuhan dan Perkembangan Manusia

Sepanjang hidupnya, organisme akan mengalami yang namanya pertumbuhan dan perkembangan. Seperti manusia yang berkembang dari bayi hingga dewasa, begitu pula yang terjadi pada hewan dan tumbuhan. Banyak sekali faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan organisme, seperti lingkungan, makanan, gaya hidup, hormon, serta genetik. Di dalam bab ini kita akan membahas bagaimana siklus makhluk hidup, serta perbedaan pertumbuhan dan perkembangan. Mari kita bahas bersama-sama!

### 1. Perbedaan Pertumbuhan dan Perkembangan

Sekilas kata pertumbuhan dan perkembangan terdengar tidak jauh berbeda. Bertumbuh berarti berkembang dan bertambah besar. Tetapi untuk makhluk hidup, bertumbuh dan berkembang memiliki arti yang berbeda. Bertumbuh adalah suatu proses yang dapat diukur dengan sistem ukur, seperti tinggi badan yang bertambah, bisa terlihat jelas perubahan dari tinggi 100 cm menjadi 150 cm. Begitupun dengan penambahan berat badan, volume, dan contoh lainnya. Intinya suatu pertumbuhan dapat diukur dan bisa dilihat jelas dengan mata. Sebaliknya, perkembangan tidak dapat diukur dengan angka. Perkembangan adalah proses

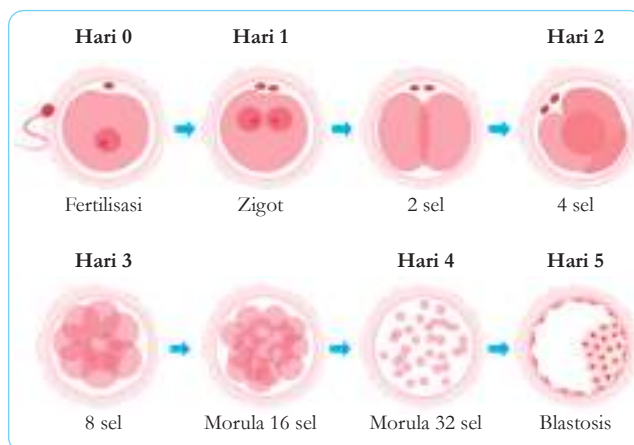


penambahan kemampuan seorang manusia dalam berbagai aspek. Contoh dari perkembangan adalah, seorang bayi waktu kecil belum bisa berbicara, namun ketika sudah berusia empat tahun, maka anak tersebut sudah sangat lancar berbicara. Itulah yang disebut perkembangan.

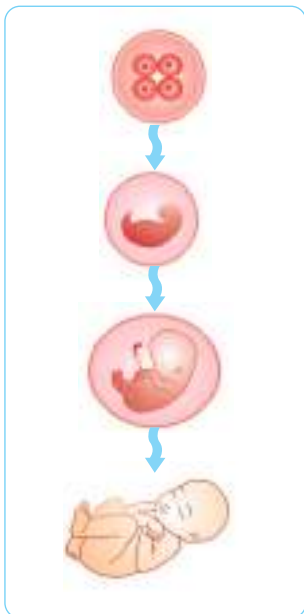
## 2. Siklus Hidup Manusia

### a. Bayi

Ketika sperma dan sel telur bertemu, maka proses fertilisasi dimulai. Fertilisasi manusia terjadi di dalam tubuh wanita. Setelah fertilisasi, maka sel akan berubah menjadi zigot yang siap berkembang. Zigot membelah terus menerus melalui proses pembelahan sel yang dinamakan mitosis. Zigot kini berada di fase morula yaitu penambahan jumlah sel tanpa pertambahan massa sel. Dari fase morula, sel terus membelah hingga terbentuk rongga. Fase tersebut disebut fase blastula, sedangkan sel-sel tersebut dinamakan blastosis. Setelah fase blastula, sel kemudian memasuki fase gastrula, dan kemudian berkembang menjadi embrio. Setelah delapan minggu, embrio berkembang menjadi fetus atau janin. Di tahap ini sudah dimulai pembentukan organ-organ tubuh. Fetus terus berkembang, hingga akhirnya dilahirkan menjadi bayi. Perhatikan **Gambar 1.1** dan **Gambar 1.2** di bawah ini.



**Gambar 1.1** Proses perkembangan calon bayi dari fertilisasi menjadi blastosis.



**Gambar 1.2** Proses pertumbuhan dan perkembangan dari zigot sampai menjadi bayi.

Selama periode satu hingga dua tahun kehidupannya, bayi bertumbuh dan berkembang sangat pesat. Beratnya bisa berkembang berkali-kali lipat dibandingkan waktu mereka dilahirkan. Pada saat dilahirkan, kepala mereka berukuran seperempat dari panjang tubuh mereka, dan lama kelamaan bagian tubuh lainnya pun akan berkembang dan menyesuaikan. Saat sistem saraf dan ototnya berkembang, maka bayi mulai bisa melakukan gerakan-gerakan seperti tengkurap, merangkak, dan kemudian berjalan. Mereka pun belajar untuk berbicara dan mengikuti perintah sederhana. Berikut gambar yang menunjukkan perkembangan bayi dari usia 0 sampai 15 bulan.



**Gambar 1.3** Diagram perkembangan bayi.

## b. 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 juga sangat tinggi dan kemampuan mentalnya juga sangat berkembang. Kemampuan berbahasa mereka juga meningkat drastis. Berikut grafik yang menunjukkan perkembangan gerakan fisik dan koordinasi anak-anak usia 3-5 tahun.



**Gambar 1.4** Infografik perkembangan motorik kasar anak usia 3-5 tahun.



### Ayo Buat Aktivitas 1.1

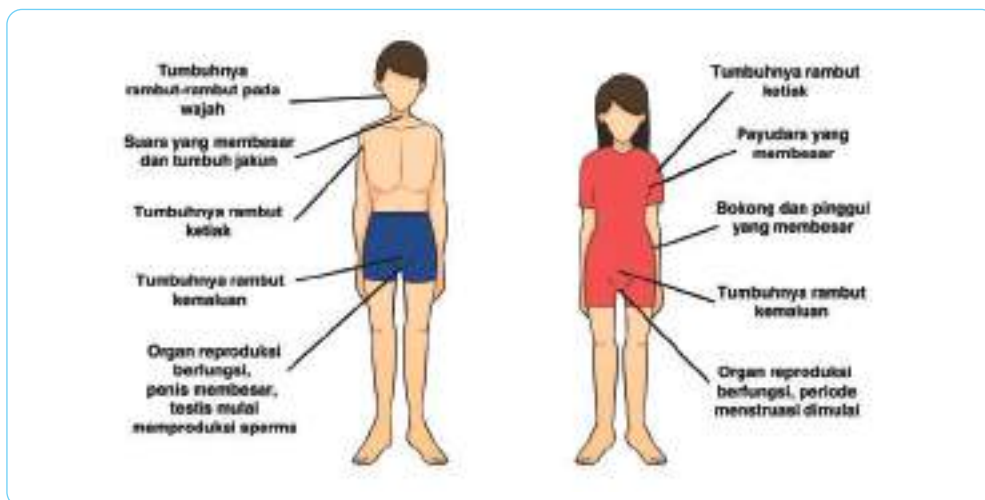
#### Ayo Kita Membuat Diagram Alir (Flowchart)

Buatlah grup yang berisi 3 orang, lalu buatlah poster berupa diagram alir tentang pertumbuhan dan perkembangan janin dari minggu ke satu sampai lahir. Siswa dapat melakukan riset melalui internet, kemudian

membandingkannya dengan informasi yang didapat dari narasumber dengan cara mengunjungi puskesmas, klinik, atau bidan terdekat untuk menanyakan hal tersebut.

### c. 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 tahun sampai 15 tahun. Pubertas ditandai dengan perkembangan seksual berupa mulai aktifnya hormon-hormon reproduksi. Artinya, pada tahap ini seorang remaja telah mampu melakukan reproduksi. Hormon reproduksi wanita yaitu estrogen dan progesteron membuat remaja putri memperlihatkan perkembangan seksual sekunder, berupa dimulainya periode menstruasi. Untuk pria hormon testosteron akan memicu pertumbuhan seksual sekunder dan produksi sperma. **Gambar 1.5** menunjukkan perubahan-perubahan yang terjadi pada remaja putri dan remaja pria.



**Gambar 1.5** Perkembangan seksual sekunder pada remaja pria dan wanita.

#### d. Dewasa

Setelah pubertas, mental, emosi, dan fisik mulai stabil. Pada saat ini, manusia memasuki masa dewasa dan tidak mengalami pertambahan 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, wanita akan berhenti mengalami menstruasi. Periode ini dinamakan menopause. Sementara pada pria, maka produksi sperma akan berkurang. Tetapi dengan menerapkan pola hidup sehat, diharapkan pria dan wanita dewasa dapat tetap aktif di sepanjang hidup mereka.



#### Ayo Identifikasi Aktivitas 1.2

##### Ayo Kita Kenali Budaya Indonesia

Di 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 perkembangan tersebut. Buatlah poster atau video tentang tradisi tersebut dan presentasikanlah di depan kelas.



#### Fakta Sains

Fase bayi adalah fase 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, tetapi untuk membersihkan hidung dan jalan nafas mereka.

3. Bayi memiliki 300 tulang, sementara orang dewasa memiliki 94 tulang. Tulang-tulang tersebut menyatu selama proses pertumbuhan.
4. Bayi baru lahir tidak memiliki tempurung lutut.
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.



## Mari Uji Kemampuan Kalian

### Mengingat

1. Pada tahapan atau siklus hidup manusia apakah organ reproduksi manusia berkembang pesat?
2. Jelaskan 3 tahapan dari perkembangan dari telur yang terfertilisasi hingga kelahiran bayi
3. Sebutkan perubahan secara fisik yang terjadi pada remaja putri ketika mengalami pubertas!

### Mengaplikasikan Konsep

4. Sebutkan 5 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 sejak 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

- a. 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
- b. Di rentang usia berapa seorang anak mengalami pertumbuhan yang pesat?
- c. Di usia berapa anak tersebut mencapai tinggi rata-rata 80 cm? Gunakan grafik yang kalian buat untuk menjelaskan jawaban kalian!

## **B. Pertumbuhan dan Perkembangan Hewan**

Kupu-kupu yang berterbangan di taman sangat memukau kita. Sayapnya yang berwarna-warni, sungguh sangatlah cantik. Tapi sebelum menjadi secantik itu, kupu-kupu harus mengalami fase yang disebut metamorfosis, dimulai dari ulat, kepompong, dan akhirnya menjadi kupu-kupu. Mereka bertumbuh dan berkembang dari embrio hingga menjadi bentuk dewasa. Hal tersebut pun berlaku pada hewan-hewan lainnya. Di dalam sub bab ini kita akan mempelajari bagaimana hewan-hewan ini bertumbuh dan berkembang, jadi mari kita mempelajarinya bersama-sama!

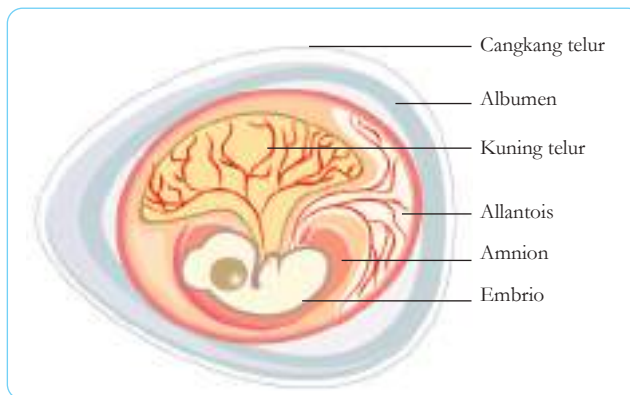
### **1. Bagaimana Embrio Berkembang**

Kucing, ikan, kura-kura, dan burung semuanya bereproduksi secara seksual. Reproduksi seksual adalah sistem reproduksi yang melibatkan pertemuan dua sel kelamin. Setelah terjadinya fertilisasi, embrio hewan-hewan ini mengalami perkembangan yang berbeda-beda, ada yang berkembang di dalam tubuh induk, dan ada juga yang berkembang di luar tubuh induk mereka.

### **2. Hewan yang Bertelur atau Ovipar**

Hewan bertelur atau ovipar merupakan hewan yang mengembangkan embrionya di dalam telur, tetapi berada di luar tubuh induk. Kebanyakan hewan yang tidak bertulang belakang termasuk cacing dan serangga, serta hewan bertulang belakang seperti ikan, reptil, amfibi, dan burung merupakan hewan yang mengerami embrionya di luar tubuh. Isi dari telur tersebut adalah nutrisi yang dibutuhkan oleh embrio untuk berkembang. Telur hewan vertebrata yang tinggal di darat seperti reptil dan burung, memiliki struktur telur

yang disebut telur amniotik. Telur amniotik dilapisi membran dan cangkang yang kasar ketika berada di dalam tubuh induknya. **Gambar 1.6** menunjukkan bentuk telur amniotik dari hewan reptil.



**Gambar 1.6** Sayatan melintang dari telur amniotik.

Berikut fungsi dari bagian-bagian telur amniotik

1. Cangkang telur berfungsi untuk melindungi, menjaga kelembaban, dan memungkinkan terjadinya pertukaran gas.
2. Membran berfungsi untuk melindungi bagian dalam telur.
3. Albumen berfungsi sebagai tempat terjadinya pertukaran gas antara oksigen dengan karbon dioksida di dalam telur.
4. Kuning telur berfungsi untuk memberikan suplai makanan ke pada embrio.
5. Cairan amnion ini berguna untuk bantalan embrio dan sebagai penjaga kelembaban.
6. Alantois berguna untuk menyimpan kotoran dari embrio.

### 3. Hewan yang Bertelur dan Beranak atau Ovovivipar

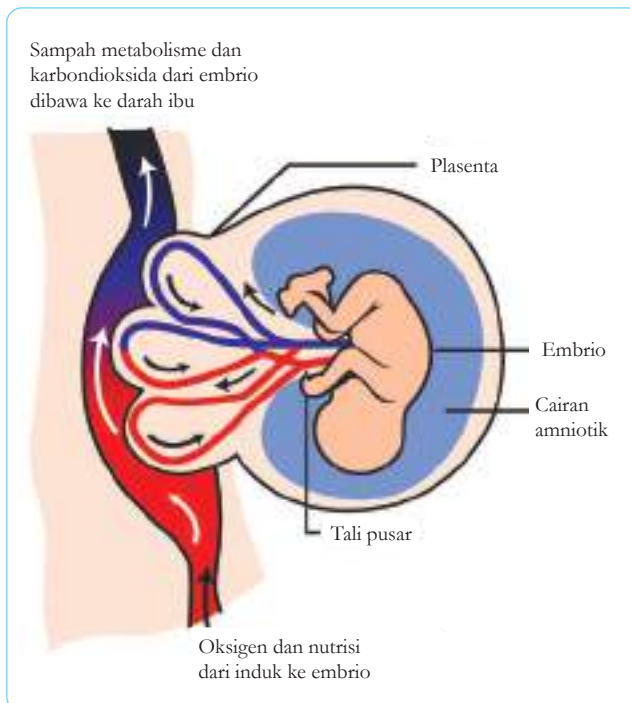
Hewan yang bertelur dan melahirkan, tampaknya agak aneh dengan hewan. Yang dimaksud hewan yang bertelur dan melahirkan atau ovovivipar, adalah embrio berkembang di dalam telur yang ada di dalam tubuh induk, sampai akhirnya telur siap ditetaskan. Saat telur menetas, maka individu



baru siap dilahirkan. Embrio hewan ovovivipar, bertumbuh dengan menggunakan asupan makanan yang berasal dari cadangan dalam telur. Contoh beberapa hewan ovovivipar adalah ikan hiu, ikan pari, kuda laut, platypus, iguana, salamander, dan beberapa jenis ular.

#### 4. Hewan yang Melahirkan atau Mamalia Berplasenta atau Vivipar

Embrio hewan ini berkembang di dalam tubuh induknya. Induk dan embrio terhubung melalui plasenta, saluran tempat terjadinya pertukaran material antara embrio dengan induk. Induk memberikan nutrisi dan oksigen yang dibutuhkan embrio untuk berkembang, sementara embrio memberikan sampah sisa metabolisme dan karbon dioksida ke plasenta, kemudian dari plasenta ke darah induk. **Gambar 1.7** memberikan gambaran terjadinya pertukaran material antara embrio dengan induk.



**Gambar 1.7** Menunjukkan pertukaran material antara induk dengan embrio.

## 5. Bagaimana Hewan Muda Berkembang

Terdapat beberapa hewan yang tampilan induk dan anaknya terlihat hampir sama. Artinya, penampakan hewan saat muda dan dewasa tidak terlalu berbeda. Namun, ada juga hewan yang terlihat berbeda pada fase muda dan pada fase dewasa. Hewan tersebut mengalami suatu proses yang dinamakan metamorfosis. Berikut beberapa contoh hewan yang terlihat berbeda pada fase muda dan pada fase dewasa.

### a. Udang-udangan

Udang, lobster, dan kepiting memulai kehidupannya sebagai larva, lalu mereka bermetamorfosis menjadi bentuk dewasa. Berikut gambar metamorfosis lobster.



Gambar 1.8 Siklus hidup lobster dari larva sampai lobster dewasa.



### Ayo Amati Aktivitas 1.3

Setelah melihat gambar lobster di atas, coba amati bagian apa saja yang paling berubah dari fase larva tingkat satu sampai fase lobster dewasa?

Tuliskan jawabanmu di lembar terpisah:

.....

.....

.....

.....

.....

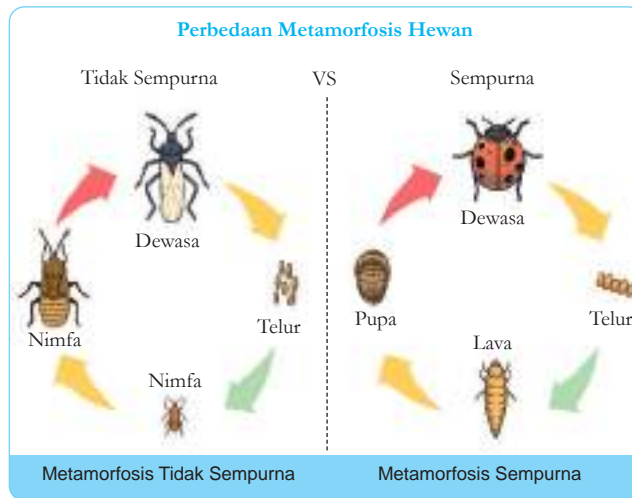
.....

.....

#### b. Serangga

Serangga juga bermetamorfosis. Metamorfosis serangga dibagi menjadi dua, yaitu metamorfosis sempurna dan metamorfosis tidak sempurna. Metamorfosis sempurna, adalah suatu perubahan bentuk yang terjadi pada makhluk hidup dalam pertumbuhannya yang sangat berbeda pada saat larva, remaja, dan dewasa. Metamorfosis sempurna terbagi menjadi 4 fase yaitu: telur, larva, pupa, dan imago atau dewasa. Sementara metamorfosis tidak sempurna terjadi pada serangga yang bentuk tubuhnya di fase muda terlihat mirip dengan fase dewasanya. Hanya bagian tertentu yang berubah atau berkembang. Metamorfosis tidak sempurna tidak memiliki fase pupa. Metamorfosis ini pun hanya terdiri dari 3 fase yaitu: telur, nimfa, dan dewasa. **Gambar 1.9** memperlihatkan perbedaan antara metamorfosis tidak sempurna dan metamorfosis sempurna.

**Gambar 1.9** Perbedaan antara metamorfosis tidak sempurna dengan sempurna.



Pada metamorfosis sempurna, fase larva merupakan fase yang bertujuan untuk mencari makan sebanyak-banyaknya, atau fase untuk bertumbuh. Setelah fase larva, serangga memasuki fase pupa, di masa ini, serangga memasuki fase berpuasa. Fase pupa juga merupakan waktu ketika serangga membentuk struktur tubuhnya seperti, sayap, antena, dan kaki-kaki. Pada metamorfosis tidak sempurna, wujud nimfa terlihat seperti bentuk kecil dari fase dewasa, hanya di fase itu sayap belum terbentuk. Pada fase nimfa pertumbuhan terus-menerus terjadi, pada fase ini nimfa mengalami pergantian kulit beberapa kali sebelum memasuki fase dewasa.

### C. Amfibi

Kehidupan pertama katak adalah di dalam air. Proses fertilisasi pun terjadi di air. Setelah menetas berudu mulai berenang, dia menggunakan insangnya. Bentuk berudu sangat berbeda dengan bentuk dewasa, oleh karena itu pertumbuhan katak dari berudu sampai dewasa, merupakan metamorfosis sempurna. Perhatikan gambar metamorfosis katak di bawah ini!



**Gambar 1.10** Metamorfosis katak, yang merupakan metamorfosis sempurna.



### Ayo Amati Aktivitas 1.4

Carilah artikel atau sumber yang berhubungan dengan cara merawat atau memelihara serangga, kemudian ajaklah teman sekelas untuk memelihara serangga. Kalian juga bisa membagi kelas menjadi 3-4 kelompok. Pergilah ke kebun sekolah, dan amati apakah ada larva serangga di sana. Biasanya larva serangga ada di balik daun-daun. Ambilah, dan taruh di sebuah toples/terrarium yang dilapisi kain tipis. Jangan lupa untuk memberi mereka makan. Catatlah perubahan-perubahan yang terjadi pada mereka setiap empat hari sekali, dan buatlah laporan yang lengkap setelah seluruh fase terlewati.



**Gambar 1.11** Kegiatan memelihara serangga.

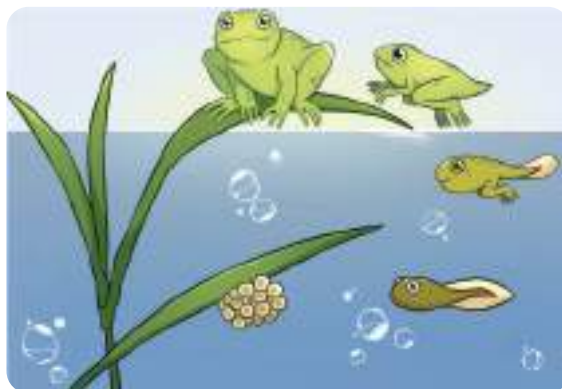
Sumber: [marcottenmarcotte.com/Marcotte N' Marcotte](http://marcottenmarcotte.com/Marcotte%20N%27%20Marcotte)



## Mari Uji Kemampuan Kalian

### Mengaplikasikan

1. Manakah hewan di bawah ini yang memiliki telur amniotik?
  - a. Ikan
  - b. Serangga
  - c. Kura-kura
  - d. Kelinci
2. Di bawah ini adalah gambar dari siklus hidup katak. Beri keterangan untuk tiap siklus hidup mereka.



3. Mengapa nimfa lebih mungkin memakan makanan yang sama dengan hewan dewasa dibandingkan larva?

### Membandingkan

4. Bandingkanlah perkembangan embrio dari hewan yang memiliki telur amniotik dengan hewan mamalia berplasenta.
5. Carilah persamaan dari siklus hidup udang dengan siklus hidup katak.

## C. Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

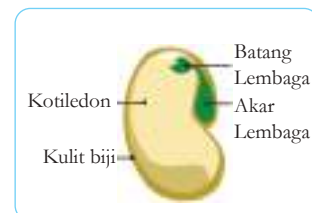
Pernakah kalian melihat orang tua kalian menanam tanaman dari biji? Atau mungkin ketika kalian memiliki proyek menanam? Apa yang dapat kalian amati dari tanaman tersebut? Bagaimana

dari biji yang kecil, tanaman berubah menjadi besar? Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan? Kita akan membahas hal-hal tersebut di subbab ini.



## 1. Bagaimana Biji Menjadi Tumbuhan

Banyak tumbuhan memulai fase hidupnya dari biji. Di dalam biji terdapat embrio tumbuhan, yang jika jatuh di kondisi yang sesuai, maka biji akan mulai bertumbuh menjadi tanaman. Embrio ini memiliki cikal bakal bagian-bagian tumbuhan seperti akar, batang, dan daun. Embrio bertumbuh menggunakan cadangan makanannya yang ada di dalam kotiledon. Biji diselubungi oleh kulit biji yang sangat keras, yang berfungsi untuk melindungi embrio dari kekeringan. **Gambar 1.12** di bawah ini memperlihatkan struktur biji.

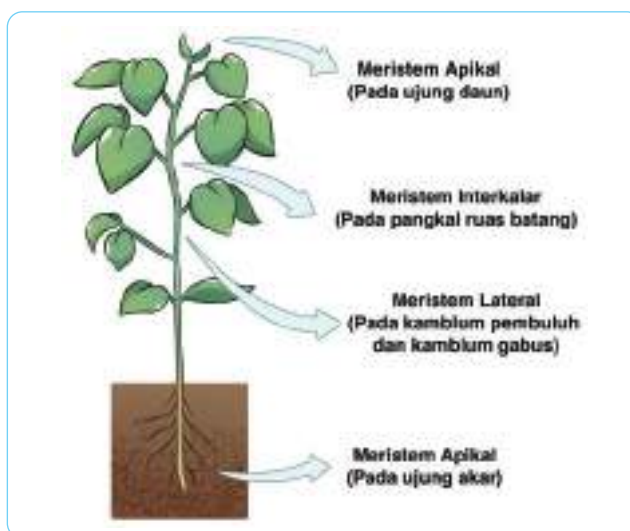


**Gambar 1.12** Struktur biji yang terdiri dari kulit biji, kotiledon dan bakal akar, daun dan batang.

## 2. Pertumbuhan dan Perkembangan Primer

Ketika tumbuhan bertambah tinggi, maka pertumbuhan itu disebut pertumbuhan primer. Pertumbuhan primer berhubungan dengan sel-sel meristem primer (apikal) pada tumbuhan. Sel-

sel meristem adalah sel yang aktif membelah. Ketika biji menemukan kondisi yang sesuai, maka proses pertumbuhan dimulai. Pertama-pertama air masuk ke dalam biji yang disebut sebagai proses imbibisi, lalu biji mulai berkecambah. Pada proses perkecambahan tersebut, akar akan tumbuh lebih dulu, disusul batang dan daun. Pada akar, batang, dan daun, sel-sel meristem terus menerus membelah sampai dengan panjang maksimal tanaman. Berikut gambar yang menunjukkan sel meristem yang terdapat pada tumbuhan.

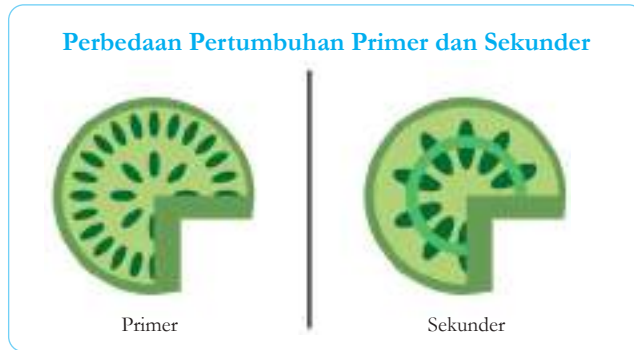


**Gambar 1.13** Letak jaringan meristem pada tumbuhan.

### 3. Pertumbuhan dan Perkembangan Sekunder

Yang dimaksud dengan pertumbuhan dan perkembangan sekunder adalah ketika tanaman bertambah lebar atau diameter batang semakin besar, hal ini disebabkan karena pembelahan meristem sekunder. Meristem sekunder ini terletak pada kambium. Sel meristem sekunder ini terus membelah, jika pembelahan ke arah dalam akan terbentuk kayu, sementara pembelahan ke luar akan membentuk kulit kayu. Perhatikan **Gambar 1.14** yang menunjukkan perbedaan antara pertumbuhan primer dengan pertumbuhan sekunder.





**Gambar 1.14** Perbedaan pertumbuhan primer dan sekunder. Pertumbuhan primer menghasilkan pertumbuhan memanjang, sementara pertumbuhan sekunder menghasilkan pertumbuhan melebar.

#### 4. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan

Terkadang kita melihat tumbuhan meski berjenis sama, tapi ada yang lebih tinggi, ada yang lebih besar, atau ada yang berbuah lebih banyak dibandingkan yang lain. Tapi ada yang lebih tinggi, ada yang lebih besar, ada yang berbuah lebih banyak dibandingkan yang lain. Pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan didukung oleh faktor-faktor sebagai berikut

1. **Faktor internal**, adalah faktor yang berasal dari dalam tubuh tumbuhan. Faktor internal tersebut meliputi genetika dan hormon. Tumbuhan yang memiliki gen yang baik akan tumbuh dan berkembang cepat, serta berbuah lebih banyak. Sementara hormon, merupakan zat yang berfungsi mengendalikan metabolisme tubuh. Contoh hormon pada tumbuhan yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan adalah hormon auksin, giberelin, dan sitokinin. Hormon auksin mempengaruhi pemanjangan, pembelahan, dan diferensiasi sel, sementara giberelin mempengaruhi pembentukan biji, perkembangan embrio, dan perkecambahan. Hormon sitokinin berperan dalam pembelahan sel yang merangsang pembentukan akar dan cabang tanaman.

2. **Faktor eksternal**, adalah faktor yang berasal dari luar tubuh tumbuhan. Faktor eksternal tersebut berupa kondisi lingkungan tempat tumbuhan tumbuh, seperti sinar matahari, air, tanah, kelembaban, suhu, dan tentunya nutrisi. Sinar matahari sangat berpengaruh untuk proses fotosintesis, sementara air dan kelembaban sangat berpengaruh dalam mengatur proses penguapan yang berpengaruh pada pemanjangan sel. Seluruh proses-proses seperti fotosintesis, penguapan, pernapasan, dan penyerapan air semua bergantung pada suhu. Tanah dan nutrisi juga sangat memengaruhi pertumbuhan tumbuhan, karena dari tanahlah tumbuhan memperoleh nutrisinya untuk tumbuh.



### Ayo Amati Aktivitas 1.5

Seperti yang dijelaskan di atas bahwa banyak faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan. Di aktivitas ini kita akan mengamati bagaimana faktor eksternal mempengaruhi tumbuh tumbuhan. Buatlah kelompok yang terdiri dari 3 orang, kemudian pilih salah satu faktor eksternal yang mempengaruhi tumbuhnya suatu tumbuhan. Kalian bisa memilih, cahaya matahari, suhu, tipe tanah, atau mungkin nutrisi tanaman. Tugas kalian adalah sebagai berikut.

1. Pilihlah biji-bijian yang mudah tumbuh.
2. Pilih faktor eksternal yang menjadi variabel bebas pada percobaan kalian (3 kali perlakuan berbeda dan minimal 3 kali ulangan).
3. Jangan lupa untuk memerhatikan variabel kontrol.
4. Persiapkan media tanam yang baik, bisa di dalam *polybag* ataupun pot
5. Amati pertumbuhan panjang tanaman tersebut setiap dua hari sekali selama 10 hari, inilah yang akan menjadi variabel terikat kalian.
6. Catat pertumbuhan tanaman di buku catatanmu.
7. Buatlah tabel data dan ubahlah menjadi grafik.
8. Buat kesimpulan dari kegiatan kalian.



## Mari Uji Kemampuan Kalian

### Membandingkan

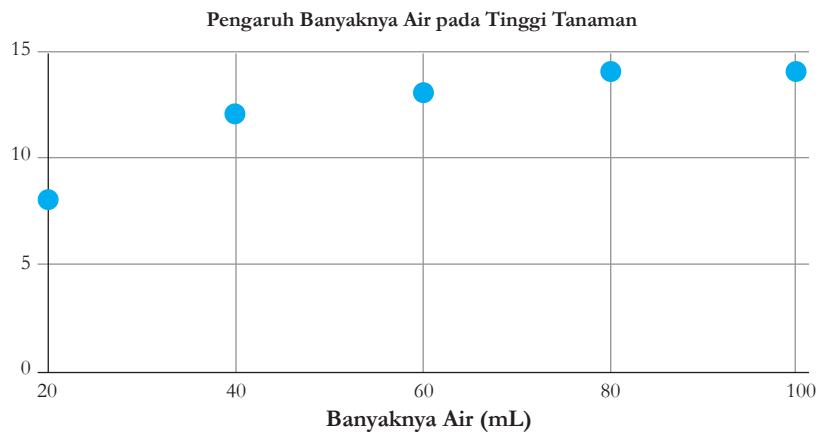
1. Bandingkanlah antara pertumbuhan primer dengan sekunder.

### Mengaplikasikan

2. Jika suatu tanaman tidak memiliki kambium, apakah tanaman tersebut mengalami pertumbuhan sekunder? Jelaskan.
3. Apakah yang terjadi jika tanaman terlalu banyak menyerap air?

### Membaca Data

Gunakanlah data di bawah ini untuk menjawab pertanyaan no. 4.



4. Berdasarkan data di atas, adakah pengaruh air terhadap tinggi tanaman? Jelaskan dengan menggunakan data yang ada pada grafik.

## Proyek Akhir Bab

Setelah kita mempelajari mengenai pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup, kita mengetahui ternyata banyak faktor yang memengaruhi tumbuh kembang mereka. Pada bayi dan balita ada istilah gangguan pertumbuhan perkembangan yang disebut dengan *stunting*. Berdasarkan data yang dikutip dari alodokter, pada tahun 2019, 30% balita 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 yang ditujukan untuk mengedukasi ibu-ibu di sekitar kalian, dengan membuat poster ataupun selebaran yang bisa ditempel atau dibagikan di posyandu-posyandu terdekat. Setelah produk dibuat dan disebar, kalian dapat mempresentasikan hasil kerja kelompok 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 mempengaruhi *stunting*.
3. Data atau infografik tentang tumbuh kembang anak per bulan/per tahunnya (meliputi tinggi badan serta 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 kamu presentasikan di dalam kelas seperti**

- Hasil diskusi dan analisis efek dari solusi yang kalian berikan berdasarkan faktor-faktor di bawah ini: budaya, lingkungan, ekonomi, dan faktor sosial (bisa dipilih salah satu).
- Manfaat dan kekurangan dari solusi yang kalian tawarkan kepada ibu-ibu/keluarga dari anak yang menderita *stunting*?
- Kesimpulan apakah solusi yang kalian tawarkan adalah solusi terbaik untuk gangguan tersebut, berdasarkan manfaat dan kekurangan yang telah disebutkan sebelumnya.

**Penjelasan dari faktor-faktor yang disebutkan di atas**

- Budaya: Berhubungan dengan pengetahuan, kepercayaan, tingkah laku, nilai-nilai budaya, dan tujuan hidup yang membentuk karakter pada sekelompok orang.
- Ekonomi: Berhubungan dengan produksi, distribusi, uang, kekayaan, dan penghasilan.
- Lingkungan: Berhubungan dengan suatu objek, makhluk atau pun keadaan di sekitar kita.
- Sosial: berhubungan dengan interaksi antar manusia, kesejahteraan, kelas sosial, keadilan, dan keselamatan manusia.

**Ingatlah:**

1. Untuk menjelaskan ulang informasi yang kalian dapat ... , atau pun dari tenaga ahli dengan menggunakan bahasa kalian sendiri tanpa mengubah maknanya.
2. Cantumkan setidaknya 3 sumber yang terpercaya.
3. Lengkapi poster dengan daftar pustaka di akhir produk.

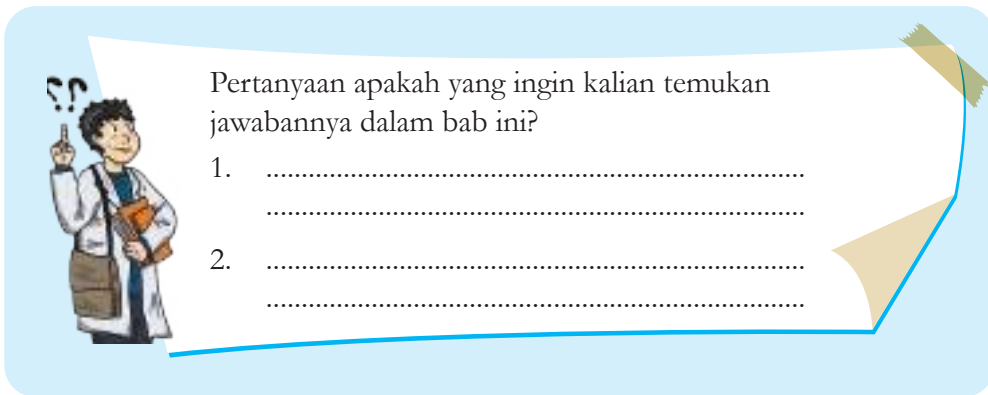
## Bab 2

# Sistem Koordinasi, Reproduksi, dan Homeostasis Manusia

Salah satu cara 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 di atas. Apa zat aktif yang terdapat di dalam pil KB sehingga dapat digunakan untuk mengontrol kelahiran? Apakah kandungan setiap pil KB dalam satu kemasan adalah sama? Bagaimanakah hubungan antara mengonsumsi pil KB dengan sistem koordinasi, reproduksi, dan homeostasis manusia? Nah, pada bab ini kalian akan membahas secara detail tentang sistem koordinasi, reproduksi, dan homeostasis yang terjadi pada tubuh manusia. Ayo semangat mempelajari bab ini!

### Kata Kunci

- sistem koordinasi
- reproduksi
- homeostatis



Pertanyaan apakah yang ingin kalian temukan jawabannya dalam bab ini?

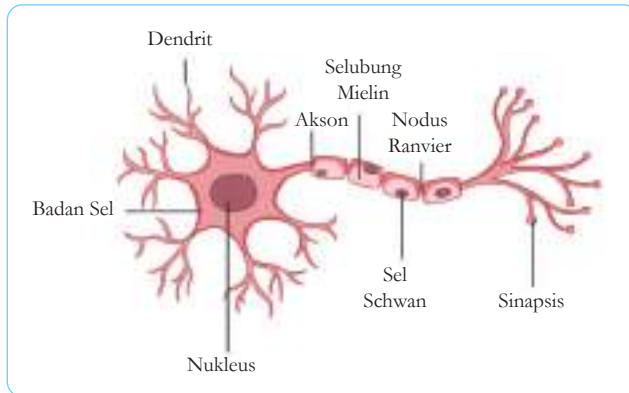
1. ....
2. ....

## A. Sistem Koordinasi Manusia

Perhatikan rekan satu kelas kalian! Apakah ada yang menggunakan kacamata? Mengapa mereka menggunakan kacamata? Apa yang akan terjadi jika kacamata mereka dilepas? Gali informasi lebih dalam tentang jenis kacamata, kapan mulai menggunakan kacamata, dan apa penyebab mereka menggunakannya. Ya, kacamata merupakan salah satu alat bantu penglihatan. Manusia menggunakan kacamata karena terdapat kelainan dalam indera penglihatannya. Masih banyak teknologi yang dapat membantu kerja alat indera manusia yang akan kita bahas dalam materi selanjutnya. Selamat belajar.

### 1. Sistem Saraf Manusia

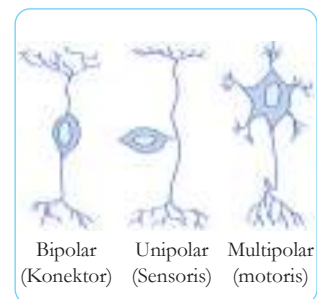
Sistem saraf bertanggung jawab untuk mengontrol dan mengkoordinasi semua bagian pada tubuh kita. Sistem saraf berfungsi untuk menerima, mengolah, dan merespons rangsang baik dari dalam maupun luar tubuh kita. Sistem saraf tersusun atas jutaan sel saraf (neuron). Struktur neuron tersusun atas dendrit, badan sel, akson, selubung mielin, nodus Ranvier, sel Schwann, dan sinapsis seperti pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1** Struktur neuron.

Setiap struktur pada neuron memiliki fungsi yang berbeda-beda. **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 dengan sel lainnya.

Berdasarkan fungsinya, neuron dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu neuron sensoris, neuron motoris, dan neuron konektor dengan bentuk seperti pada **Gambar 2.2**. **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.



**Gambar 2.2** Bentuk sel saraf.

Sistem saraf pusat manusia meliputi otak dan medula spinalis. Baik otak dan medula spinalis 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 (cerebrum), otak kecil (cerebellum), kelenjar pineal, pituitari, dan medula oblongata seperti yang diperlihatkan **Gambar 2.3**.



**Gambar 2.3** Struktur otak.

Otak besar berfungsi sebagai pusat gerakan sadar dan mengolah berbagai impuls dari berbagai macam indera. Otak kecil berfungsi sebagai pusat keseimbangan gerakan, kontrol gerakan mata, serta koordinasi gerakan sadar yang terkait keterampilan, misalnya mengetik dan memainkan 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 lakukanlah kegiatan “Ayo Kita Cek Saraf Kita” pada **Aktivitas 2.1** berikut.



### **Ayo Identifikasi** **Aktivitas 2.1**

#### **Ayo Kita Cek Saraf Kita**

1. Pilihlah pasangan praktik masing-masing.
2. Tutuplah mata pasangan kalian.

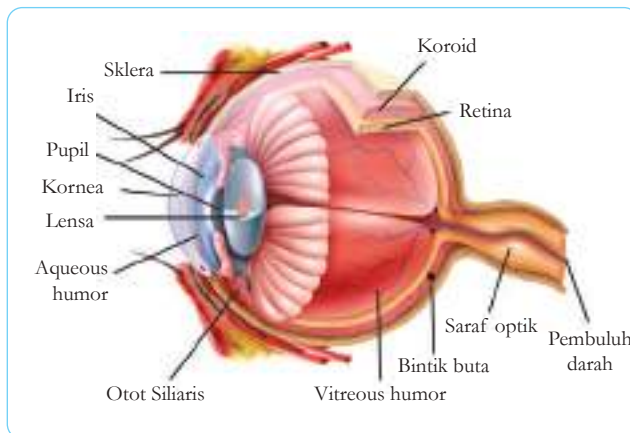


3. Sentuh dengan *cotton bud* atau alat yang aman pada ujung jari, telapak tangan, punggung tangan, lengan, pipi, dahi, telinga belakang, kaki, telapak kaki, atau area lainnya.
4. Apakah semua bagian yang disentuh memiliki daya sensitivitas yang sama?
5. Catat hasil pengamatan dalam bentuk tabel dan berilah keterangan:  
(+) jika kurang sensitif  
(++) jika cukup sensitif  
(+++) jika sangat sensitif
6. Mengapa setiap bagian tubuh memiliki sensitivitas yang berbeda-beda?

## 2. Alat Indera Manusia

Manusia memiliki lima alat indera, yaitu indera penglihat (mata), indera pembau (hidung), indera pengecap (lidah), indera pendengar (telinga), dan indera peraba (kulit).

Struktur **mata** memungkinkan untuk membatasi atau memaksimalkan jumlah cahaya yang masuk, memfokuskan cahaya, dan membentuk gambar kemudian mengirimkan gambar ke otak. Struktur bolamata tersusun atas tiga lapisan yaitu sklera, koroid, dan retina seperti pada **Gambar 2.4** berikut.



**Gambar 2.4** Struktur bola mata.

Sumber: [www.shutterstock.com/Macrovector](http://www.shutterstock.com/Macrovector)

**Sklera** merupakan lapisan terluar dari bola mata dan merupakan tempat perlekatan otot ekstrinsik. Bagian sklera yang tembus pandang disebut **kornea** yang berfungsi untuk mentransmisi cahaya dan perlindungan mata. **Koroid** banyak mengandung pembuluh darah untuk memberikan nutrisi pada 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, sensitif terhadap warna dan bekerja saat intensitas cahaya tinggi.

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 terdapat 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 koordinasi antara otak dengan mata, lakukanlah aktivitas pembelajaran “Ayo Kita Uji Mata dan Mulut Kita! (**Aktivitas 2.2**)” berikut ini!



### Ayo Amati Aktivitas 2.2

#### Ayo Kita Uji Mata dan Mulut Kita!

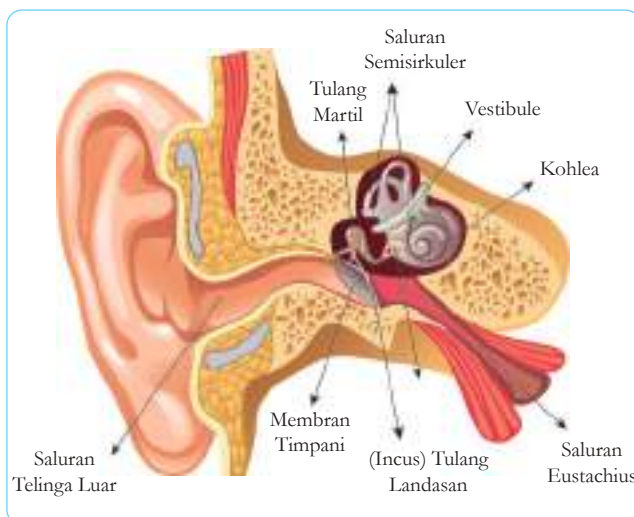
Kalian akan menguji seberapa cepat kalian berbicara terhadap sesuatu yang dilihat melalui uji efek Stroop berikut ini.

1. Silakan berpasangan.
2. Satu orang pelajar sebagai praktikan dan satu lagi bertugas sebagai pencatat waktu.
3. Praktikan diminta menyebutkan warna berikut secara lantang dan cepat yang dia mampu secara berurutan.

4. Jika salah dalam mengucapkan warna maka harus diulangi lagi dari awal.
5. Catat waktu terbaik yang didapatkan setiap siswa. Mengapa kalian kesulitan membaca warna? Jelaskan “perang” yang terjadi di otak kalian pada saat melaksanakan kegiatan ini?

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

Telinga tersusun atas bagian luar, tengah, dan dalam. Bagian luar dan tengah berisi udara sedangkan bagian dalam diisi dengan cairan. Setiap bagian telinga tersusun atas bagian-bagian yang lebih detail lagi seperti pada **Gambar 2.5**. berikut.



**Gambar 2.5** Struktur telinga.

Sumber: [www.shutterstock.com/OguzAral](http://www.shutterstock.com/OguzAral)

Telinga luar terdiri atas daun telinga dan membran timfani. **Daun telinga** berfungsi menangkap gelombang bunyi sedangkan **membran timfani** 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 timfani. 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 pemahaman tentang proses pendengaran, lakukanlah aktivitas pembelajaran “Ayo Kita Uji Telinga Kita! (**Aktivitas 2.3**)” berikut ini!

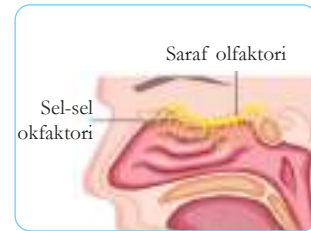


### Ayo Rancang Aktivitas 2.3

Mintalah salah satu dari kelompok kalian untuk duduk dan menutup mata mereka. Pastikan mereka menghadap lurus ke depan. Rancang eksperimen kalian sendiri untuk menguji kemampuan orang tersebut untuk mendeteksi suara yang datang dari berbagai arah. Uji efek perubahan jarak dan pemblokiran salah satu telinga kalian. Jawablah pertanyaan berikut:

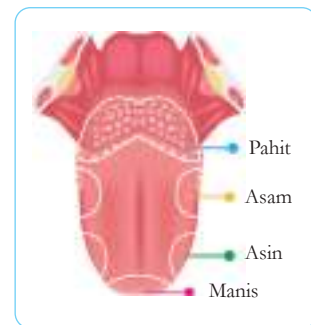
1. Jelaskan bagaimana jarak sumber suara memengaruhi terhadap hasil percobaan?
2. Apa yang akan terjadi jika seseorang memiliki satu telinga?

Kalian 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 jenis bau dan dapat dilatih untuk mendeteksi hingga 10.000 jenis. Beberapa bau tidak enak yang kalian deteksi, erat kaitannya dengan perasaan yang tidak menyenangkan. Oleh karena itu, bau tertentu akan dideteksi tidak enak oleh sebagian orang dan sebagian orang lainnya akan mendeteksi bau tersebut adalah hal yang biasa bahkan menyenangkan. Sel saraf yang berfungsi untuk mendeteksi bau sebagai sel olfaktorius, terletak di bagian atas rongga hidung seperti pada **Gambar 2.6**.



**Gambar 2.6** Sel olfaktorius pada hidung.

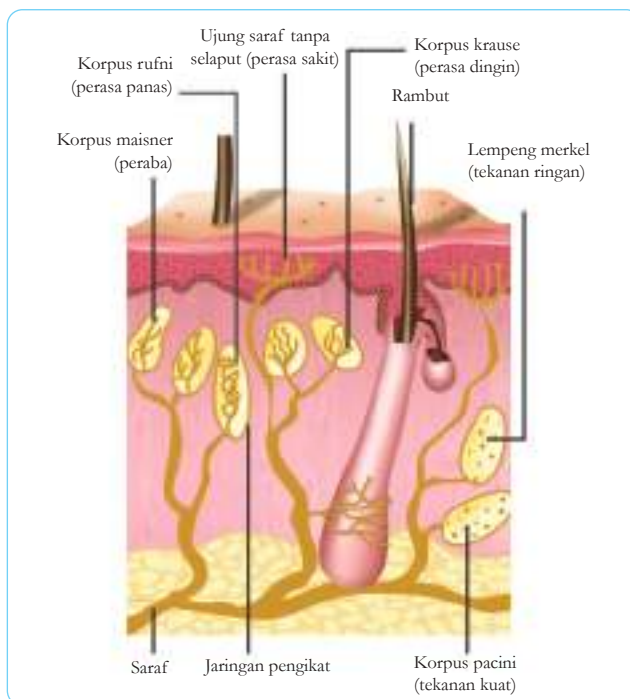
Permukaan **lidah** kalian tertutup ribuan benjolan, yang disebut papila. Lebih dari 10.000 pengecap tertanam di antara papila. Manusia dapat mendeteksi lima sensasi rasa utama: manis, asam, pahit, dan umami (umami adalah rasa gurih dari glutamat yang ditemukan di daging olahan, keju, dan monosodium glutamat, umumnya dikenal sebagai MSG). Setiap sensasi rasa primer memiliki jenis selera sendiri yang mendeteksinya. Air liur di mulut kalian harus terlebih dahulu melarutkan sampel makanan sehingga indra perasa dapat mendeteksi dan mengirimnya ke otak untuk diinterpretasikan. Beberapa rasa akan diinterpretasikan menyenangkan atau tidak menyenangkan tergantung dari pengalaman setiap orang. Meskipun beberapa area pada lidah dapat mendeteksi semua rasa, namun area tertentu lebih sensitif terhadap rasa tertentu seperti pada **Gambar 2.7**.



**Gambar 2.7** Area pada lidah lebih sensitif pada rasa tertentu.  
Sumber: shuttertock.com/gritsalak karalak

**Kulit** mungkin tidak terlihat seperti organ lainnya seperti jantung atau ginjal. 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 2.8**.



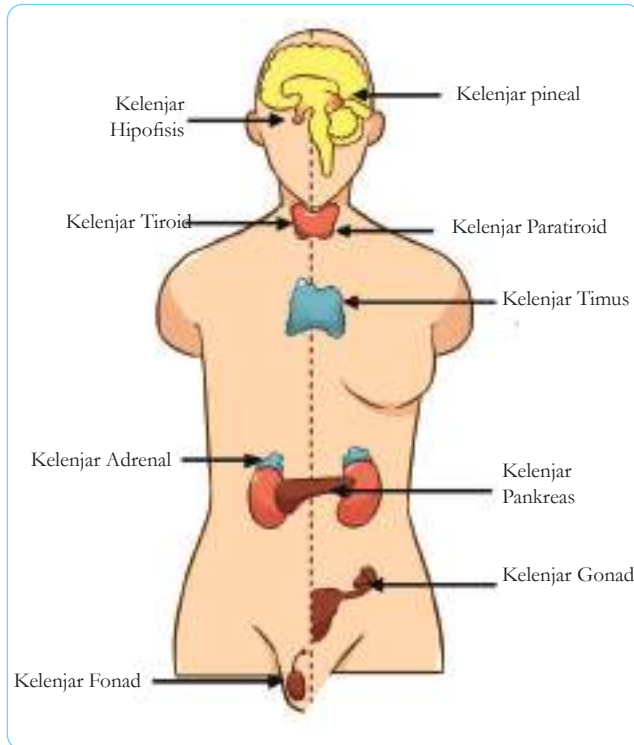
**Gambar 2.8** Struktur kulit.

Lapisan kulit terluar tersusun atas sel mati. Kulit memiliki reseptor saraf 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.

### 3. Hormon Manusia

Hormon diproduksi oleh kelenjar endokrin yang tersebar di seluruh tubuh manusia seperti pada **Gambar 2.9**. 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. Responnya tidak langsung, pegaturannya membutuhkan waktu yang lebih lama, namun pendistribusian/ penyebarannya lebih luas dibandingkan sistem saraf. Hormon mengatur fungsi seperti pertumbuhan dan perkembangan, keseimbangan air, seksual reproduksi, serta laju reaksi kimia dalam sel.



**Gambar 2.9** Kelenjar endokrin.

Kelenjar hipofisis (pituitari) menghasilkan banyak hormon, di antaranya GH (pertumbuhan), TSH (merangsang kerja tiroid), ACTH (merangsang kerja adrenal), FSH (pematangan ovum), LH (ovulasi sel telur), ADH (reabsorpsi air di ginjal), dan oksitosin (kontraksi otot saat melahirkan). Kelenjar pineal menghasilkan hormon melatonin yang berperan dalam jam biologis. Kelenjar tiroid menghasilkan hormon tiroksin yang berperan dalam metabolisme tubuh. Kelenjar paratiroid menghasilkan parathormon yang berfungsi

mengubah kalsium tulang menjadi kalsium darah. Kelenjar adrenal menghasilkan adrenalin yang berfungsi dalam mempercepat denyut jantung. Kelenjar pankreas menghasilkan insulin yang berfungsi mengatur kadar gula darah. Kelenjar testis menghasilkan testosteron yang berfungsi mengatur perkembangan seksual pria. Kelenjar ovarium menghasilkan estrogen (perkembangan seks sekunder wanita) dan progesteron (menjaga ketebalan rahim).



### Mari Uji Kemampuan Kalian

#### Mengingat dan Memahami

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?

#### Mengaplikasikan

3. Robert bisa mengemudi dengan aman tanpa kacamata, tetapi mengalami kesulitan membaca petunjuk jalan tanpa kacamata. Identifikasi kondisi mata Robert dan jenis lensa apa yang paling baik digunakan olehnya!

#### Menalar

4. Buatlah poster tentang kelainan alat indera meliputi jenis kelainan, penyebab, pengobatan, dan cara pencegahannya!

## 4. Zat Adiktif

Pernahkah kalian mendengar ketika seseorang yang terbiasa minum kopi di pagi akan terasa hambar jika tidak meminumnya? Seseorang yang terbiasa minum kopi maka akan menjadi ketagihan tersendiri. Mengapa bisa terjadi demikian? Apa kandungan zat di dalam kopi sehingga ada sensasi ketagihan?

Zat yang dapat menyebabkan ketagihan (adiksi) disebut dengan **zat adiktif**. Zat adiktif adalah zat yang apabila dikonsumsi oleh seseorang dapat



menyebabkan ketagihan (adiksi). Zat adiktif dapat menyebabkan seseorang ingin menggunakannya terus menerus. Seseorang yang sudah mengalami adiksi akan merasakan sensasi tidak enak, hambar, depresi bahkan kesakitan ketika tidak mengonsumsinya.

Salah satu jenis zat adiktif adalah narkoba. Narkoba singkatan dari narkotika, psikotropika dan obat-obatan terlarang. Narkoba tidak untuk dikonsumsi dan harus dihindari. Tidak semua zat adiktif adalah narkoba misalnya saja kafein, alkohol dan nikotin. Beberapa zat adiktif seperti kafein diperbolehkan untuk dikonsumsi. Namun demikian, dianjurkan untuk dikonsumsi secara tidak berlebihan.

**Narkotika** adalah zat atau obat yang berasal dari tanaman atau bukan tanaman, baik sintetis maupun semi sintetis yang dapat menyebabkan penurunan atau perubahan kesadaran, hilangnya rasa nyeri dan dapat menimbulkan ketergantungan (Undang-Undang No. 35 tahun 2009). Contoh narkotika di antaranya adalah marijuana (ganja), heroin (putaw), kokain, morfin, petidin, metadon dan kodein.

**Psikotropika** adalah zat atau obat, baik alamiah maupun sintetis bukan narkotika, yang berkhasiat psikoaktif melalui pengaruh selektif pada susunan saraf pusat yang menyebabkan perubahan pada aktivitas mental dan perilaku (Undang-Undang No. 5/1997). Contoh psikotropika adalah obat tidur yang dapat menyebabkan seseorang tidur nyenyak. Contoh lainnya adalah ekstasi, amfetamin, metamfetamin, fensiklidin, dan ritalin.

Berdasarkan efek yang ditimbulkan terhadap pemakainya, narkoba dikelompokkan menjadi halusinogen, stimulan dan depresan. **Halusinogen**, yaitu narkoba yang dapat menyebabkan seseorang mengalami halusinasi, melihat sesuatu hal/benda

yang sebenarnya tidak ada/tidak nyata. Contoh halusinogen adalah ganja, kokain dan LSD. **Stimulan**, yaitu narkoba yang dapat mengakibatkan efek kerja organ tubuh seperti jantung dan otak lebih cepat dari biasanya. Jika mengonsumsi stimulan maka akan lebih bertenaga serta cenderung membuatnya lebih senang dan gembira untuk sementara waktu. Contoh stimulan adalah ekstasi. **Depresan**, yaitu narkoba yang menekan sistem saraf pusat dan mengurangi aktivitas fungsional tubuh, sehingga pemakai merasa tenang bahkan tertidur dan tidak sadarkan diri. Contohnya putau, morfin, dan heroin.

Secara tidak kita sadari, banyak zat adiktif yang sering kita konsumsi dan terkandung di dalam makanan. Misalnya kopi, teh, tembakau dan coklat. Kopi mengandung kafein, teh mengandung teanin, coklat mengandung teobromin dan tembakau mengandung nikotin. Oleh karena itu, seseorang yang rutin mengonsumsi kopi, coklat, teh, dan rokok akan merasakan adiksi.

Untuk memperdalam pengetahuan terkait dengan zat adiktif, ayo kerjakan uji kemampuan berikut.



### Mari Uji Kemampuan Kalian

#### Mengingat dan Memahami

1. Buatlah tabel yang memuat nama zat adiktif dan peranannya dalam tubuh manusia!

#### Menalar

2. Buatlah poster tentang pencegahan penggunaan narkoba yang memuat data dan fakta akibat menggunakan narkoba bagi remaja.

## B. Sistem Reproduksi Manusia

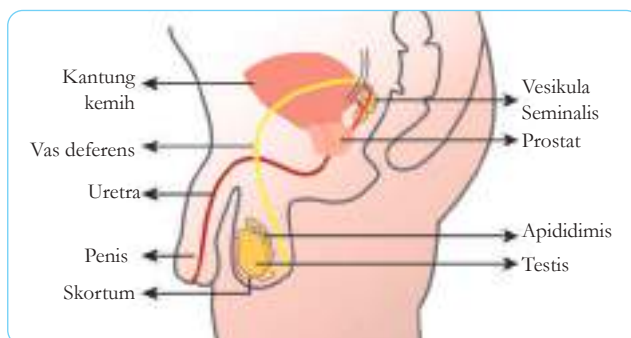
Pergilah ke puskesmas terdekat di sekitar sekolah/ rumah tinggal kalian. Mintalah informasi tentang data kehamilan berdasarkan usia perempuan. Buatlah grafik/tabel jumlah perempuan hamil berdasarkan usia. Pada usia berapakah perempuan paling banyak

hamil? Berapa usia tertinggi perempuan yang dapat hamil berdasarkan data di puskesmas tersebut? Apakah ada kaitannya antara usia dengan sistem reproduksi manusia? Nah, pada bagian ini kalian akan mempelajari tentang proses yang terjadi dalam sistem reproduksi manusia. Selamat belajar.

## 1. Sistem Reproduksi Laki-Laki

Sel kelamin atau gamet jantan adalah sperma. Sperma adalah sel kelamin berukuran mikroskopis seperti kecebong yang 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, bagaimanapun, 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 terangsang, 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 waktu yang bersamaan. Untuk lebih jelasnya perhatikan **Gambar 2.10**.



**Gambar 2.10** Alat reproduksi pria.

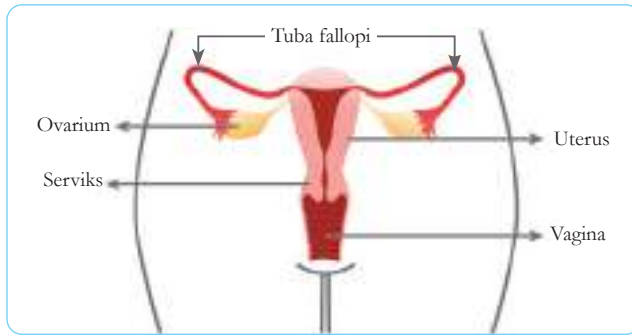
Testis juga menghasilkan hormon seks yaitu testosteron. Hormon testosteron mempengaruhi karakteristik seksual pada pria seperti tubuh menjadi lebih berotot, suara menjadi lebih berat saat pubertas, pertumbuhan rambut di tubuh dan wajah, serta kecenderungan menjadi botak.

## 2. Sistem Reproduksi Wanita

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. Tidak seperti sel sperma, sel telur tidak memiliki cara untuk bergerak sendiri.

Telur dilepaskan setelah pubertas oleh dua ovarium. 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 wanita lahir dengan masing-masing sekitar 500.000 telur dan ratusan telur akan matang dan dilepaskan antara masa pubertas dan menopause. Saat menopause tidak ada lagi telur yang dilepaskan. Ini biasanya terjadi antara usia 40 dan 50 tahun.

Telur yang dilepaskan akan masuk ke **tuba fallopi** (oviduk) dan digerakkan oleh silia yang terdapat di dalam saluran ini. Sperma akan membuahi telur di saluran ini. Jika sudah dibuahi maka 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 jelasnya tentang alat reproduksi wanita, perhatikan **Gambar 2.11**.

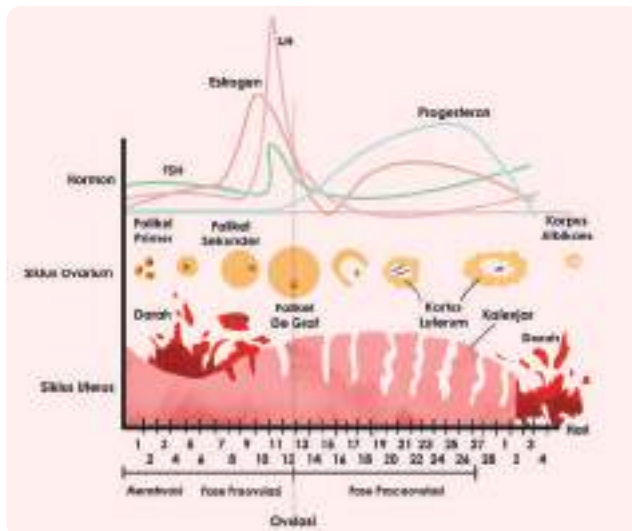


**Gambar 2.11** Alat reproduksi wanita.

Ovarium juga menghasilkan hormon seks wanita yaitu estrogen dan progesteron. Hormon-hormon ini bertanggung jawab atas karakteristik seksual sekunder perempuan seperti perkembangan payudara, siklus menstruasi, dan kondisi jumlah otot dan rambut tubuh wanita yang lebih sedikit dibanding laki-laki.

### 3. Siklus Menstruasi

Wanita yang mengalami pubertas sangat mudah dikenali karena mengalami menstruasi. Menstruasi adalah keluar darah dari alat kelamin wanita pada waktu tertentu. Lalu, mengapa bisa terjadi menstruasi? Perhatikan gambar.



**Gambar 2.12** Siklus menstruasi.

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

Saat telur berada di tuba fallopi, telur siap dibuahi. Telur tetap di sini selama sekitar beberapa hari, setelah itu 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.

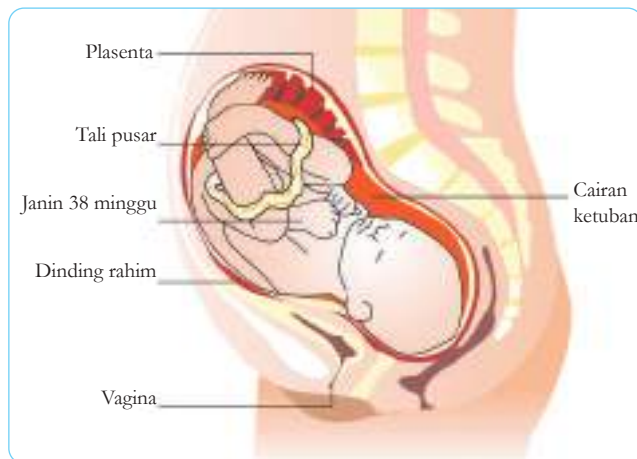
Jika sel telur tidak dibuahi maka korpus luteum berubah menjadi **korpus albicans**. Akibatnya, produksi progesteron menurun. Turunnya kadar progesterone menyebabkan rahim akan meluruh. Meluruhnya rahim dikenal sebagai **menstruasi**.

#### 4. Kehamilan

Telur yang dibuahi oleh sperma di tuba fallopi 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 menyerap nutrisi darinya. Proses ini disebut **implantasi**. Blastokista menghasilkan hormon yang menjaga selaput rahim menebal dan mencegah menstruasi. Wanita tidak akan mengalami menstruasi lagi sampai setelah melahirkan. Sekarang wanita tersebut dikatakan hamil.

Bagaimana seorang wanita mengetahui dirinya hamil? Haid yang terlewat dapat berarti kehamilan, tapi satu-satunya tanda pasti adalah adanya hormon khusus diproduksi oleh blastokista, yaitu HCG. Hormon ini hadir di darah dan urine wanita hamil. Hormon ini dapat dideteksi oleh alat tes kehamilan yang dijual bebas.



**Gambar 2.13** Janin 38 minggu.

Blastokista berkembang biak, sel-selnya mulai bergerak dan berbeda. Artinya sel-sel dapat menjadi berbeda satu sama lain. Setelah sekitar delapan minggu, organ seperti jantung mulai terbentuk dan berdetak. Perkembangan bayi dalam delapan minggu ini dikenal sebagai embrio. Embrio sangat rentan, terutama untuk alkohol, nikotin, atau obat-obatan yang mungkin diminum ibu hamil. Ini

salah satu alasan mengapa banyak kehamilan yang mengalami keguguran (terhenti secara alami) dalam delapan minggu pertama.

Setelah delapan minggu, embrio menjadi janin. Janin dilindungi oleh genangan cairan ketuban, dikelilingi oleh selaput ketuban. Oksigen dan nutrisi berasal dari plasenta melalui jalur kehidupan yang disebut tali pusar seperti pada **Gambar 2.13**.

## 5. Kontrasepsi dan Kesehatan Reproduksi

Kontrasepsi 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**, operasi sederhana berupa pemotongan/pengikatan saluran sperma (vas deferens) seorang pria secara permanen sehingga sperma tidak dapat keluar lagi dari testis. Saat ejakulasi, cairan semen akan tetap keluar dari penis namun tidak mengandung sperma.

Semua bentuk kontrasepsi lainnya digunakan oleh wanita. Kontrasepsi permanen pada wanita adalah dengan cara **tubektomi**, yaitu operasi pada tuba fallopi untuk dipotong atau diikat. Bentuk lainnya adalah menggunakan **diafragma**, semacam kondom pada wanita. Metode lainnya adalah dengan terapi hormon estrogen dan progesterone dalam bentuk suntikan, pil, dan susuk. Namun kebanyakan wanita juga menggunakan **IUD** (*intra uterine 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) tapi 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.

Ada banyak jenis IMS yang dapat menyebabkan penyakit serius seperti sifilis, gonorrhea, dan herpes. Kebanyakan memang dapat diobati, tapi semua bisa meninggalkan kerusakan permanen, terutama jika pengobatan dimulai terlambat. Obat terbaik adalah pencegahan. Satu-satunya cara agar benar-benar aman adalah dengan menghindari semua kontak seksual yang tidak sehat (di luar pernikahan). Tetap setia pada pasangan. Penggunaan kondom bisa sangat mengurangi kemungkinan terjadinya terinfeksi beberapa infeksi namun tidak menjamin aman.

Untuk menjaga kesehatan reproduksi tentu saja pola hidup berpengaruh terutama asupan nutrisi. Makanan bagi wanita hamil akan berbeda dengan wanita tidak hamil. Jika hamil, segera konsultasikan dengan dokter kandungan, karena perbedaan kondisi wanita hamil yang membutuhkan nutrisi berbeda. Karena kondisi setiap wanita hamil berbeda sehingga nutrisi yang disarankan juga akan berbeda.

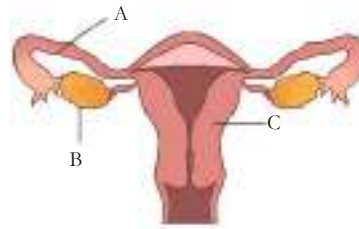
Beberapa pasangan ingin punya anak tapi tidak bisa karena salah satu atau keduanya tidak subur. Infertilitas bisa disebabkan oleh infeksi atau radiasi, atau oleh sebab lain yang tidak diketahui. Beberapa orang menerima situasi ini atau memilih untuk mengadopsi anak. Beberapa pasangan menggunakan teknologi untuk membantu mereka memiliki anak sendiri. **Fertilisasi in-vitro**, atau IVF, adalah salah satu cara untuk mengatasi infertilitas. Pada IVF, telur dibuahi dalam wadah di dalam laboratorium dan bukan di dalam tubuh wanita. Oleh karena itu, bayi IVF terkadang disebut bayi tabung.



## Mari Uji Kemampuan Kalian

### Mengingat dan Memahami

1. Apa nama bagian dan fungsi dari setiap struktur yang diberi label A, B, dan C?
2. Jelaskan macam-macam alat kontrasepsi yang dapat digunakan pada laki-laki!



### Mengaplikasikan

3. Merokok dapat menyempitkan pembuluh darah dan menyebabkan sistem sirkulasi bermasalah. Gunakan informasi ini untuk menjelaskan bagaimana hal ini dapat menyebabkan kematian pada janin!

### Menalar

4. Saat bayi baru lahir, tulang tengkorak belum bersatu secara utuh. Analisis bagaimana hal ini berguna untuk proses melahirkan!

## C. Homeostasis

Pernahkah kalian minum dalam jumlah banyak? Apa yang terjadi dengan jumlah urine yang diproduksi? Lalu apa yang terjadi dengan produksi urine jika minum dalam jumlah sedikit? Ya, tubuh kita akan memproduksi urine tergantung pada jumlah air yang diminum, di samping faktor lainnya. Jika minum banyak maka jumlah urine yang dihasilkannya akan lebih banyak. Tubuh kita akan mengatur mekanisme ini untuk mempertahankan kondisi konstan agar fungsi tubuh berjalan optimal. Proses ini dikenal dengan homeostasis. Pada bagian ini kalian akan mempelajari homeostasis yang terjadi di dalam tubuh manusia. Selamat belajar.

### 1. Mengapa Homeostasis Penting?

Homeostasis adalah proses proses yang dilakukan oleh tubuh secara otomatis untuk memertahankan

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, maka dapat menyebabkan kelainan bahkan kematian organisme. 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.

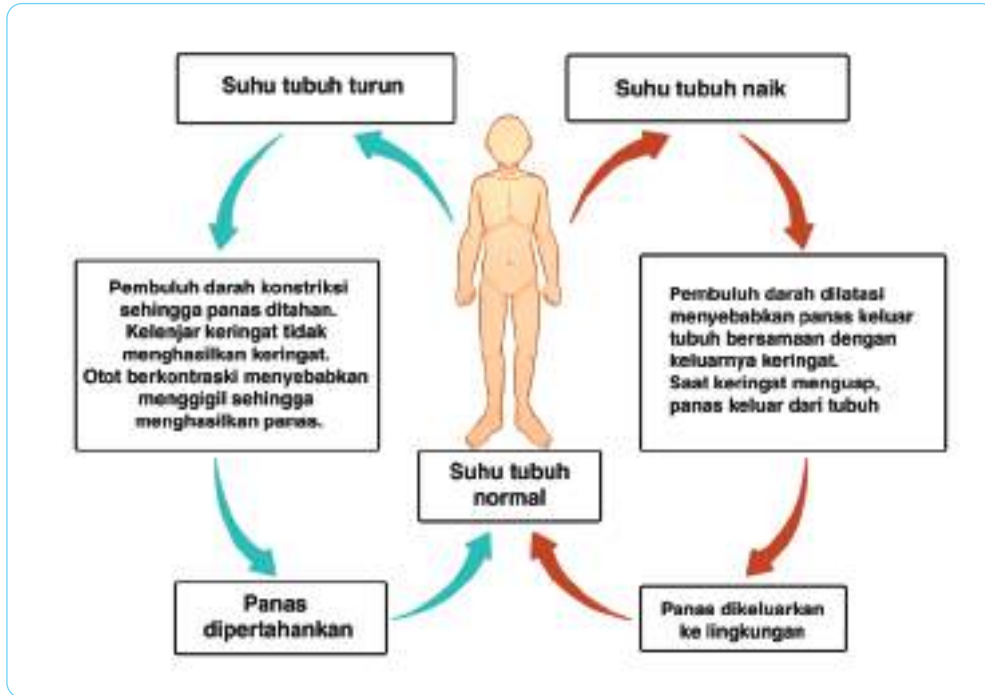
## 2. Pengaturan Suhu Tubuh

Kalian tentu merasa tidak nyaman saat berkeringat. Keringat mendapatkan reputasi buruk, padahal keringat berperan penting dalam mendinginkan tubuh saat kepanasan. Tetapi bagaimana tepatnya tubuh kalian tahu kapan harus mulai berkeringat? Ia tahu karena bagian otak kalian, 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. Untuk manusia, sekitar (37°C). Saat hipotalamus merasakan bahwa kalian terlalu panas, hipotalamus mengirimkan sinyal ke kelenjar keringat untuk membuat kalian berkeringat dan mendinginkan tubuh. Saat hipotalamus merasakan bahwa kalian terlalu dingin, hipotalamus mengirimkan sinyal ke otot kalian sehingga kalian akan menggigil dan menciptakan kehangatan. Dengan mekanisme ini

diharapkan suhu tubuh tetap konstan. Hipotalamus juga mempertahankan homeostasis suhu tubuh dengan banyak cara lain, seperti dengan mengatur diameter pembuluh darah. Perhatikan **Gambar 2.14** berikut tentang pengaturan suhu tubuh manusia.



**Gambar 2.14** Homeostasis suhu tubuh.

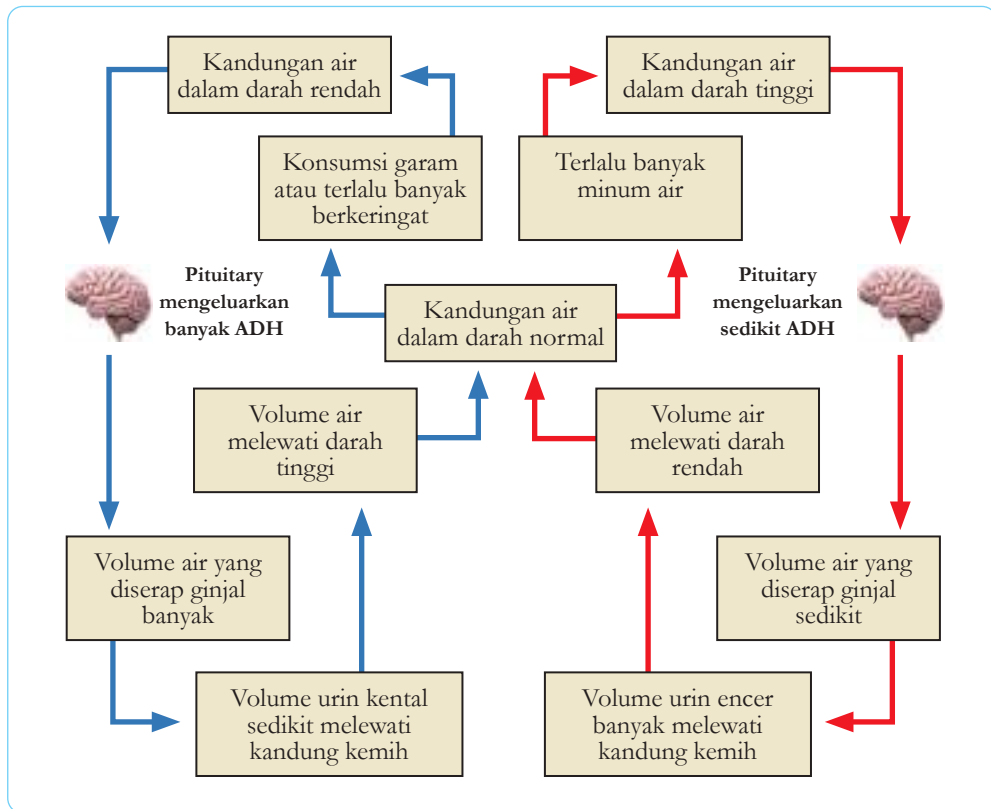
### 3. Pengaturan Kadar Cairan Tubuh

Pernahkah kalian 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 kantung kemih meningkat dan air yang diserap ke dalam pembuluh

sedikit sehingga jumlah air di dalam darah akan menjadi normal kembali. Hal yang sebaliknya terjadi jika kita sedikit minum seperti yang ditunjukkan

**Gambar 2.15.**

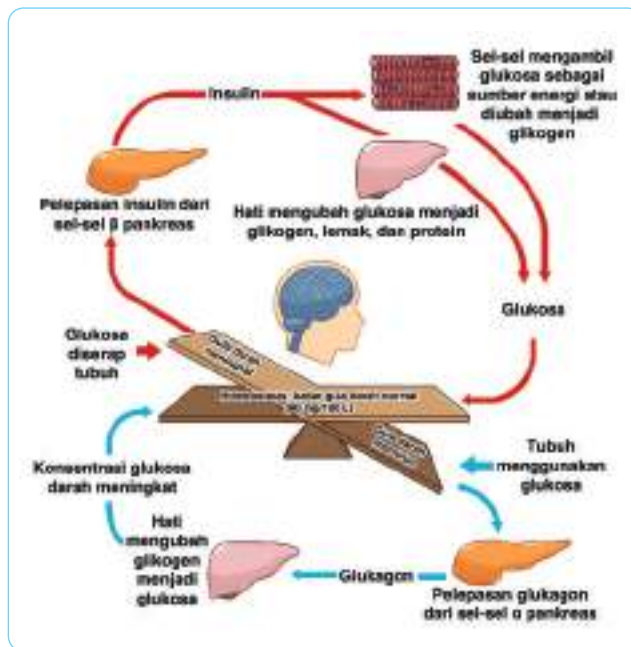


#### 4. Pengaturan Kadar Gula Tubuh

**Gambar 2.15** Homeostasis cairan tubuh.

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

Sebaliknya, jika kadar gula menurun di dalam darah maka akan merangsang pengeluaran hormon **glukagon** yang akan mengkonversi glikogen menjadi glukosa. Perubahan glikogen menjadi glukosa akan meningkatkan konsentrasi kadar gula di dalam darah. Dengan mekanisme seperti ini maka keseimbangan gula darah terjaga. Untuk lebih jelasnya pelajari **Gambar 2.16**.



**Gambar 2.16** Homeostasis gula darah.



## Mari Uji Kemampuan Kalian

### Mengingat dan Memahami

1. Apa akibatnya jika homeostasis dalam tubuh manusia terganggu?
2. Jelaskan bioproses yang akan terjadi di dalam tubuh manusia jika sedikit minum terkait dengan homeostasis cairan tubuh!

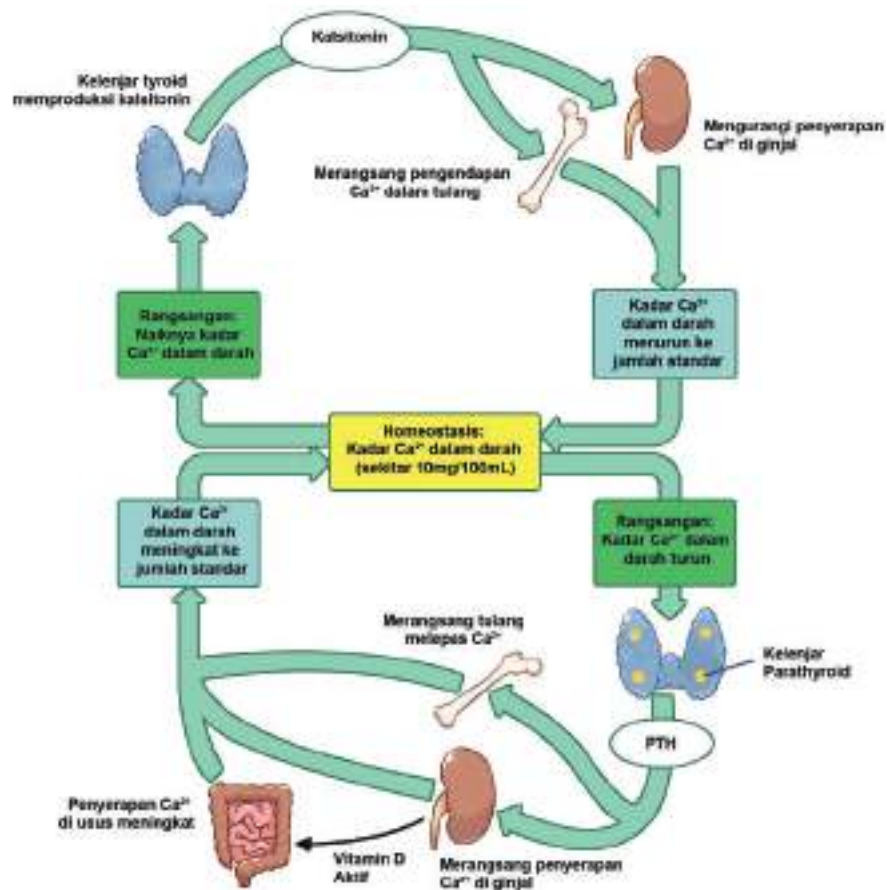
### Mengaplikasikan

3. Beberapa pendaki gunung seringkali mengalami hipotermia bahkan berakibat dengan kematian. Gejala yang sering terjadi adalah menggigil, berbicara cadel, bergumam, gagap, bibir berwarna kebiruan, denyut jantung lemah, dan tidak teratur.

Gunakan informasi tersebut untuk menjelaskan bioproses yang terjadi terkait homeostasis suhu tubuh. Apa yang dapat kalian lakukan untuk menolong nyawa orang yang mengalami hipotermia?

### Menalar

- Perhatikan diagram pengaturan kalsium berikut.



Berdasarkan gambar, uraikanlah mekanisme bioproses yang akan terjadi jika kadar kalsium dalam darah tubuh manusia turun secara drastis!

## Proyek Akhir Bab

Setelah mempelajari bab ini kalian akan melakukan sebuah proyek untuk memperdalam pengetahuan yang telah didapatkan. Proyek dilakukan secara berkelompok. Proyek yang dilakukan adalah melakukan survey penggunaan jenis metode kontrasepsi pada pria dan wanita di sekitar tempat tinggal kalian. Langkah-langkah yang harus kalian lakukan adalah

1. Mendatangi minimal 25 kepala rumah tangga.
2. Mencari informasi meliputi kondisi sosial ekonominya, seperti jumlah anggota keluarga, pendidikan, dan pekerjaan.
3. Mendata 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.



### Refleksi

Setelah menyelesaikan proyek 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?



## Bab 3 Tekanan

Paus besi milik AS tersebut merupakan kapal selam diesel tak berawak dan memiliki jangkauan 9.600 kilometer. Dengan berat hanya 50 ton, Paus besi dapat menjelajah di dalam laut berbulan-bulan. Selain dilengkapi dengan sistem navigasi tercanggih paus besi dapat menyelam hingga kedalaman 11 ribu kaki atau 3.400-kilometer dengan kecepatan tertinggi mencapai 8 knot (15 km/jam). Paus besi di atas dapat membantu umat manusia dalam menjelajah luas dan dalamnya kekayaan bahari. Sangat cocok dengan negara-negara kepulauan seperti Indonesia. Apa yang membuat kapal selam dapat bergerak di dalam air? Mengapa kapal selam dengan bobot berton-ton tidak tenggelam menyentuh dasar laut?

Pada Bab ini kamu akan mempelajari konsep tekanan pada zat cair dengan membuat replika kapal selam penyelamatan. Ayo pelajari bab ini dengan antusias.

### Kata Kunci

- Tekanan
- Berat
- Zat Cair
- Kapal Selam



Pertanyaan apakah yang ingin kalian temukan jawabannya dalam bab ini?

1. ....
2. ....

## A. Tekanan Zat Padat

Gaya pada kaki dan luas permukaan benda yang disentuh sangat menentukan besarnya tekanan yang dirasakan. Kamu dapat mengetahuinya bahwa luas ujung duri lebih kecil dibandingkan ujung batu. Menginjak duri lebih sakit dibanding menginjak batu. Kamu dapat menemukan bahwa semakin kecil luas permukaan sentuh, maka semakin besar tekanan yang dirasakan. Sederhananya bahwa tekanan berbanding terbalik dengan luas permukaan sentuh. Akhirnya kamu dapat memahami bahwa tekanan menyatakan gaya per satuan luas atau singkatnya tekanan adalah penyebaran gaya.

Besarnya tekanan yang dihasilkan bergantung pada besarnya dorongan (gaya) yang diberikan dan luas permukaan pijakan atau luas bidang tekannya. Apabila gaya yang diberikan pada suatu benda ( $F$ ) semakin besar, maka tekanan yang dihasilkan akan semakin besar. Sebaliknya, semakin luas permukaan suatu benda, tekanan yang dihasilkan semakin kecil. Secara matematis, besaran tekanan dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$p = \frac{F}{A}$$

dengan:

$p$  = Tekanan ( $\text{N}/\text{m}^2$  atau pascal (Pa))

$F$  = Gaya (Newton)

$A$  = Luas bidang ( $\text{m}^2$ )

Di atas adalah definisi umum tekanan yang dapat diaplikasikan langsung pada benda padat. Perlu diketahui bahwa tekanan pada suatu zat dibagi menjadi 3 yaitu: tekanan zat padat, tekanan zat cair dan tekanan gas. Sebelum kita lanjut tekanan zat cair dan gas, agar lebih memahami konsep tekanan kamu dapat melakukan **Aktivitas 3.1** berikut ini.

### Ayo Bandingkan **Aktivitas 3.1**

Menurut kamu apabila seorang wanita menggunakan sepatu yang manakah yang paling bisa menandai tanah? Menggunakan konsep tekanan, berikan alasanmu.



Sumber: pixabay.com/Capri23auto



Sumber: pixabay.com/STUX

### Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Sebuah mobil bak memiliki berat kosong 100.000 newton, jika mobil bak tersebut memiliki 4 buah roda dan masing-masing area tanah yang bersentuhan dengan roda adalah sebesar  $0.1 \text{ m}^2$ , berapakah tekanan yang dirasakan pada masing-masing roda?
2. Apakah kamu pernah memperhatikan mengapa ada truk-truk besar yang memiliki lebih dari empat roda. Mengapa demikian?

## B. Tekanan Zat Cair

Apakah di tempat tinggalmu masih ada danau atau dekat dengan laut? Pernahkah kamu menyelam ke dasar laut atau danau? Apa yang kamu rasakan pada tubuhmu? Mengapa demikian?

### 1. Tekanan Hidrostatik

Ketika menyelam kamu merasakan tekanan di telingamu? Jika kamu menyelam lebih dalam maka tekanan di telingamu akan semakin terasa. Apa yang menyebabkan fenomena tersebut? Kedalaman dan massa jenis suatu zat cair berpengaruh pada besaran tekanan. Inilah yang disebut tekanan hidrostatik. Semakin dalam zat cair, semakin besar tekanan yang dihasilkan. Semakin besar massa jenis zat cair, semakin besar pula tekanan yang dihasilkan. Pada bagian sebelumnya kita sudah memahami bahwa tekanan merupakan besarnya gaya per satuan luas permukaan tempat gaya itu bekerja, secara matematis dirumuskan sebagai:

$$p = \frac{F}{A}$$

Pada zat cair, gaya (F) disebabkan oleh berat zat cair (w) yang berada di atas benda, sehingga:

$$p = \frac{W}{A}$$

Karena:

$$\begin{aligned}\text{berat (w)} &= m \times g \\ m &= \rho \times V \\ V &= h \times A\end{aligned}$$

Maka dapat ditulis bahwa:

$$p = \frac{\rho \times g \times h \times A}{A} = \rho \times g \times h$$

dengan:

$p$  = Tekanan (N/m<sup>2</sup>)

$m$  = Massa benda (kg)

$\rho$  = Massa jenis zat cair (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$h$  = Tinggi zat cair (m)

$V$  = Volume (m<sup>3</sup>)

Manusia diperkirakan mampu menyelam hingga kedalaman sekitar 20 meter. Lebih dalam dari itu, tekanan air akan semakin besar (>240.000 Pa) dan paru-paru manusia tidak akan dapat menahannya. Perancangan struktur bangunan, seperti kilang minyak di laut lepas, bagian dermaga di pelabuhan, penampungan air atau bendungan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), dan lainnya perlu memperhatikan tekanan hidrostatik. Kapal selam juga dirancang sedemikian rupa dengan memperhitungkan tekanan hidrostatik air laut sehingga dapat menyelam sampai ke kedalaman ratusan meter tanpa mengalami kebocoran atau kerusakan.



**Gambar 3.1** Struktur bendungan air.

Sumber: Pixabay.com/Lynn Greyling

## 2. Hukum Archimedes



**Gambar 3.2** Kapal selam.

Sumber: [navalpost.com/Ryan White](https://navalpost.com/)  
(February 20, 2021)

Kita telah mengetahui bahwa tekanan hidrostatik merupakan poin penting yang harus diperhitungkan dalam merancang kapal selam. Perancangan struktur kapal selam dan pemilihan bahan pembuatannya mempengaruhi tekanan hidrostatik. Kira-kira bahan apa yang sesuai untuk pembuatan kapal selam? Salah satunya adalah baja. Baja merupakan logam yang terbuat dari campuran besi dan karbon. Dengan demikian, massa jenis yang dihasilkan lebih besar daripada massa jenis air laut sehingga baja dapat menahan tekanan hidrostatik air laut.

Coba kamu perhatikan, saat suatu benda dimasukkan ke dalam air, benda tersebut terlihat lebih ringan sehingga sepertinya massa benda berkurang. Sebenarnya yang terjadi bukan ada massa benda yang hilang melainkan adanya gaya apung ( $F_a$ ). Gaya apung mendorong benda ke atas atau berlawanan dengan arah benda. Perhatikan **Gambar 3.3**.



**Gambar 3.3** Gaya yang bekerja pada batu yang tenggelam.

Secara matematis, dapat dituliskan:

$$F_a = w_{bu} - w_{ba}$$

Sehingga,

$$w_{ba} = w_{bu} - F_a$$

dengan:

$F_a$  = Gaya apung (N)

$w_{ba}$  = Berat benda di air (N)

$w_{bu}$  = Berat benda di udara (N)

Archimedes mempelajari fenomena ini dan kemudian menghasilkan Hukum Archimedes yang berbunyi:

*“Jika benda dicelupkan ke dalam zat cair, maka benda itu akan mendapat gaya ke atas yang sama besar dengan berat zat cair yang didesak oleh benda tersebut”.*

Menurut Archimedes, benda menjadi lebih ringan bila diukur dalam air daripada di udara karena di dalam air benda mendapat gaya ke atas. Ketika di udara, benda memiliki berat mendekati yang sesungguhnya. Karena berat zat cair yang didesak atau dipindahkan benda adalah:

$$w_{\phi} = m \times g$$

dan

$$m_{\phi} = \rho_c \times V_c$$

sehingga berat air yang didesak oleh benda adalah:

$$w_{\phi} = \rho_c \times V_{\phi} \times g$$

Berarti, menurut hukum Archimedes, besar gaya ke atas adalah:

$$F_a = \rho_c \times V_{\phi} \times g$$

dengan:

$F_a$  = Gaya apung (N)

$\rho_c$  = Massa jenis zat cair (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$V_{\phi}$  = Volume zat cair yang dipindahkan (m<sup>3</sup>)

Hukum Archimedes sangat berguna sebagai dasar pembuatan kapal laut atau kapal selam. Suatu benda dapat terapung atau tenggelam tergantung pada besarnya gaya berat ( $w$ ) dan gaya apung ( $F_a$ ). Jika gaya apung maksimum lebih besar daripada gaya berat maka benda akan terapung. Begitu pula sebaliknya. Jika gaya apung maksimum sama dengan berat benda, maka benda akan melayang. Gaya apung maksimum adalah gaya apung jika seluruh benda berada di bawah permukaan zat cair.

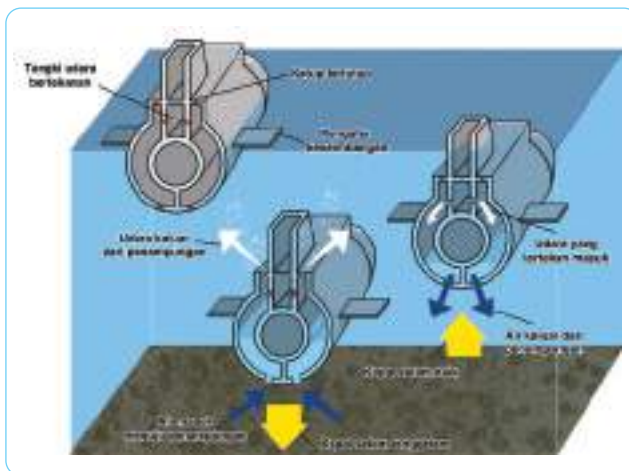
Mengapa kapal laut yang terbuat dari logam tidak tenggelam, bahkan yang besar sekalipun? Saat kapal laut berada di posisi tegak, kapal laut dapat memindahkan air laut dalam jumlah yang cukup besar. Dengan demikian, kapal laut mendapat gaya ke atas yang sama besar dengan berat kapal laut sehingga bisa terapung (**Gambar 3.4**).



**Gambar 3.4** Struktur Kapal Laut.



Beda halnya dengan kapal laut, kapal selam dapat terapung, melayang, dan tenggelam dalam air laut. Kapal selam memiliki kemampuan memasukkan dan mengeluarkan air dari dalam badan kapal. Saat kapal selam menuju dasar laut, air laut dimasukkan ke dalam badan kapal agar kapal menjadi lebih berat, sehingga beratnya lebih besar daripada gaya dorong ke atas. Pada kedalaman tertentu air dalam badan kapal selam dikeluarkan dari penampung. Berat total dari kapal selam menjadi sama dengan gaya ke atas sehingga kapal selam melayang dalam air. Saat kapal selam akan mengapung ke permukaan, air dalam kapal selam dikeluarkan lebih banyak sehingga volume total dari kapal selam menjadi lebih kecil daripada gaya ke atas. Perhatikan **Gambar 3.5**.



**Gambar 3.5** Mekanisme pengeluaran dan pemasukan air dalam kapal selam.



### Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Menurut kamu bagaimanakah cara agar saat berenang kita dapat mengambang di permukaan air?
2. a) Jelaskan mengapa seseorang yang menyelam ke dalam air yang dalam membahayakan bagi tubuhnya? bagian tubuh apa saja yang dapat rusak? jelaskan sesuai teori yang telah kamu dapatkan!
- b) Carilah informasi bagaimana peralatan menyelam membantu kita berada di dalam waktu yang lebih lama di dalam air.

## C. Tekanan Gas

Cobalah kamu lakukan percobaan sederhana pada gambar 3.6 berikut. Perhatikan **Gambar 3.6**. Kamu dapat membuat percobaan sederhana tersebut secara mandiri, baik di rumah mau pun di sekolah. Apakah kamu mendapatkan kondisi air tidak tumpah? Faktor-faktor apakah yang membuat air tidak tumpah? Apakah ketebalan kertas berpengaruh? Apakah banyaknya air berpengaruh? Cobalah tuliskan hasil pengamatanmu pada selembar kertas, kemudian diskusikan bersama guru dan kawan-kawan di kelas.

**Gambar 3.6** Tekanan udara pada kertas HVS sehingga mampu menahan air.

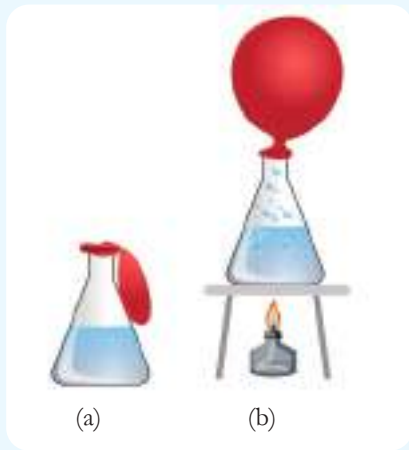


Hal menarik lain yang berkaitan dengan tekanan gas adalah besar gaya yang dihasilkannya. Kamu dapat melakukan Aktivitas 3.2 yang sangat menarik berikut.



### Ayo Buat Aktivitas 3.2

Rangkailah sebuah tabung erlenmeyer yang ditutup dengan balon karet. Sebelumnya telah diisi sejumlah air ke dalamnya. Kemudian panaskan seperti yang terlihat pada **Gambar 3.7**. Mengapa balon dapat mengembang? Apakah balon dapat meledak? tuliskanlah hasil pengamatanmu pada selembar kertas.



**Gambar 3.7** (a) Kondisi Balon Karet pada Erlenmeyer yang Berisi Air Dingin, (b) Kondisi Balon Karet pada Erlenmeyer yang Berisi Air Panas.

Coba kamu perhatikan dengan seksama. Erlenmeyer berisi air panas, telah ditutup rapat dengan balon karet, dimasukkan ke dalam air dingin. Balon karet terlihat menyusut dan tertekan ke dalam. Apa yang menyebabkan hal itu terjadi? Perambatan kalor pada partikel gas dalam erlenmeyer dirambatkan menuju air dingin. Pergerakan partikel gas semakin lama menjadi melambat dan terjadi penyusutan. Penyusutan ini menyebabkan tekanan gas dalam erlenmeyer semakin rendah dari tekanan gas di luar dan balon karet masuk ke dalam erlenmeyer.

Prinsip yang sama juga diterapkan pada balon udara seperti pada **Gambar 3.8**. Massa jenis total dari balon udara lebih rendah daripada massa jenis udara di sekitarnya sehingga balon udara dapat terbang. Massa jenis balon udara tersebut dikendalikan oleh perubahan temperatur pada udara dalam balon, dengan menggunakan pembakar yang ada di bawah lubang balon. Dengan demikian, seorang pilot balon udara haruslah lihai mengontrol temperatur pada balon udara.



**Gambar 3.8** Balon udara.

Sumber: pexels.com/Timur Kozmenko; machinedesign.com/Stephen Mraz

Untuk membuat balon udara bergerak ke atas, udara dalam balon perlu dipanaskan dengan bara api dari pembakar sehingga berat balon menjadi lebih kecil dari gaya ke atas. Perlu diingat bahwa udara panas lebih ringan dari udara dingin. Bagaimana jika balon udara bergerak turun? Udara dalam balon dapat dikurangi atau dihentikan agar suhu udara dalam balon menurun. Gaya ke atas pada balon adalah sama dengan berat udara dingin yang dipindahkan oleh balon tersebut. Coba kamu ingat kembali hukum Archimides yang telah dipelajari sebelumnya.



### Mari Uji Kemampuan Kalian

Bagaimanakah prinsip kerja dari balon udara? Apakah balon udara dapat pecah saat di udara? Berikanlah penjelasannya dengan singkat dan jelas.



**Gambar 3.9** Pompa hidrolik pengangkat mobil.

Sumber: www.newsletter.co.uk/Liam  
McBurney/PA Wire

## C. Aplikasi pada Tekanan Zat

### 1. Hukum Pascal

Di tempat pencucian mobil, pernahkah kamu memperhatikan bagaimana alat pengangkat atau pompa hidrolik dapat mengangkat mobil yang berat agar dapat dibersihkan semua bagiannya? (**Gambar 3.9**).

Pompa hidrolik hanya berisi udara atau dapat berupa minyak, namun dapat mengangkat mobil yang sangat berat. Penyebabnya adalah tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama. Ini merupakan bunyi dari hukum Pascal. Hukum Pascal dikemukakan oleh Blaise Pascal (1623- 1662), seorang ahli matematika dan geometri. Coba perhatikan **Gambar 3.10** yang merupakan penerapan hukum Pascal pada pompa hidrolik.



**Gambar 3.10** Model dongkrak hidrolik.

Jika pada penampang dengan luas  $A_1$  diberi gaya dorong  $F_1$ , maka akan dihasilkan tekanan  $p$  dapat dirumuskan:

$$p = \frac{F_1}{A_1}$$

Menurut hukum Pascal tekanan  $p$  tersebut diteruskan ke segala arah dengan sama besar, termasuk ke luas penampang  $A_2$ . Pada penampang  $A_2$  muncul gaya angkat  $F_2$  dengan tekanan:

$$p = \frac{F_2}{A_2}$$

Secara matematis diperoleh persamaan pada dongkrak hidrolik sebagai berikut.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{atau} \quad F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$$

dengan:

$p$  = Tekanan ( $\text{N/m}^2$ )

$F_1$  dan  $F_2$  = Gaya yang diberikan (Newton)

$A_1$  dan  $A_2$  = Luas penampang ( $\text{m}^2$ )

Jika  $A_2$  lebih besar dari  $A_1$  maka akan diperoleh gaya angkat  $F_2$  yang lebih besar dari  $F_1$ . Ini merupakan prinsip kerja dari pompa hidrolik. Pompa hidrolik menerapkan prinsip dari Hukum Pascal. Pada pompa hidrolik terdapat dua luas penampang yang berbeda, yaitu luas penampang kecil ( $A_1$ ) dan luas penampang besar ( $A_2$ ). Perhatikan **Gambar 3.10**, Luas penampang kecil ( $A_1$ ) misalnya  $1 \text{ cm}^2$  akan diberi gaya yang kecil ( $F_1$ ) misalnya  $10 \text{ N}$ , sehingga menghasilkan tekanan ( $p$ ) sebesar  $10 \text{ N/cm}^2$ . Tekanan  $p$  ( $10 \text{ N/cm}^2$ ) akan diteruskan menuju luas penampang besar ( $A_2$ ) misalnya  $100 \text{ cm}^2$ .

Sehingga:

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$$

$$F_2 = \frac{100 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}^2} 10 \text{ N} = 1.000 \text{ N}$$

Berdasarkan contoh tersebut dapat dilihat bahwa dengan memberikan gaya  $10 \text{ N}$  pada luas penampang kecil mampu menghasilkan gaya  $1.000 \text{ N}$  pada luas penampang besar. Berdasarkan prinsip inilah pompa hidrolik tersebut mampu mengangkat motor atau mobil yang berat.

## 2. Tekanan pada Makhluk Hidup

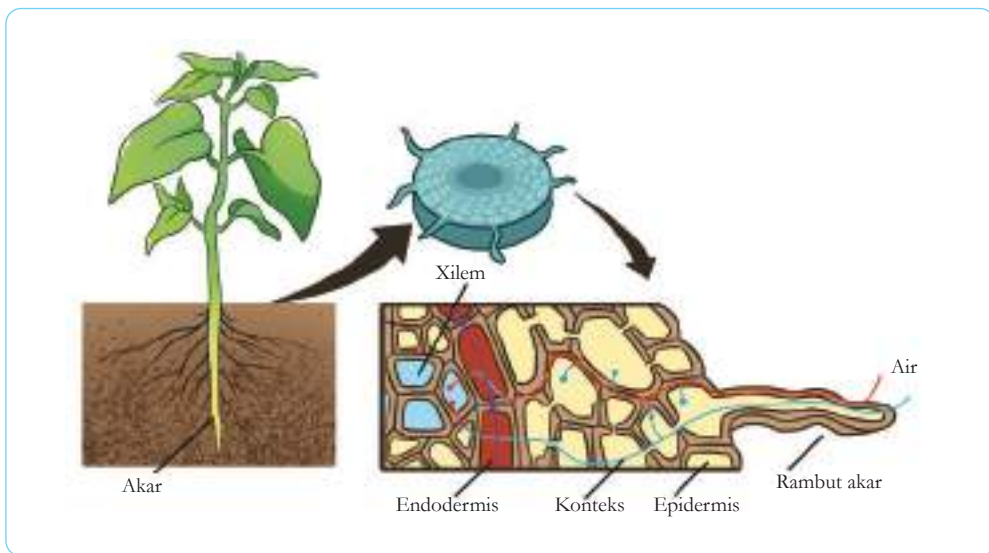
### a. Pengangkutan Air dan Nutrisi pada Tumbuhan

Tumbuhan memiliki sistem pengangkutan yang terdiri atas xilem dan floem yang berbentuk seperti tabung. Melalui xilem, air dan mineral yang telah

diserap oleh akar diangkut menuju bagian batang dan daun tumbuhan. Lalu, zat makanan akan diangkut melalui floem ke bagian lain tumbuhan yang memerlukan.

*b. Pengangkutan Air pada Tumbuhan*

Susunan jaringan pada akar terdiri atas jaringan terluar hingga terdalam. Air masuk ke dalam tumbuhan melalui jaringan-jaringan tersebut.

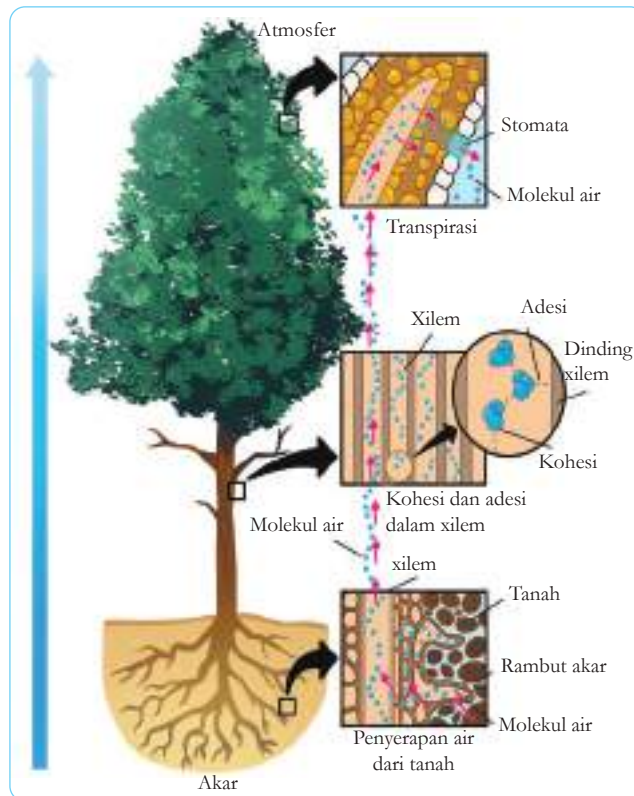


Dalam prosesnya, rambut-rambut akar menyerap air dari tanah atau media tanaman. Lalu, dengan proses osmosis air masuk ke dalam sel epidermis. Kemudian air akan melalui korteks, endodermis, dan perisikel. Selanjutnya, air masuk melalui jaringan xilem yang berada di dalam akar. Dari xilem akar, air akan bergerak menuju xilem yang ada di batang dan di daun.

Pada mulanya air diserap oleh rambut-rambut akar. Kemudian, air diteruskan ke sel epidermis. Selanjutnya, air akan melalui korteks. Dari korteks, air kemudian melalui endodermis dan perisikel. Air akan tiba di jaringan xilem yang berada di akar kemudian bergerak ke xilem batang dan ke xilem

**Gambar 3.11** Jalur pengangkutan air ketika masuk ke dalam akar.

daun. Bagaimana air dapat naik dari akar ke bagian tumbuhan lain yang lebih tinggi tanpa proses pemompaan? Kamu dapat mengamati **Gambar 3.12** tentang pergerakan air dari akar menuju daun.



**Gambar 3.12** Pengangkutan air dari akar menuju daun.

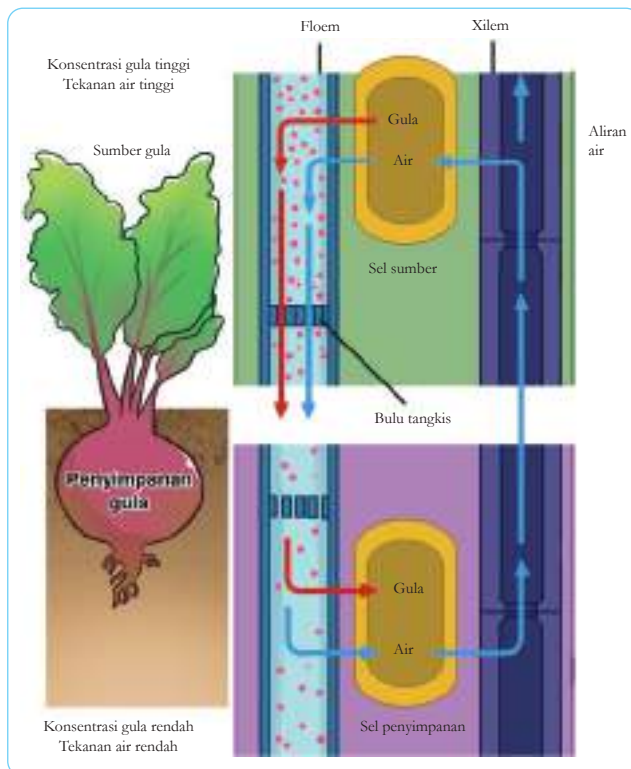
Daya kapilaritas batang menyebabkan air dapat diangkut dari akar ke bagian tumbuhan lain yang lebih tinggi, lalu diedarkan ke seluruh tubuh tumbuhan. Sifat ini seperti yang terdapat pada pipa kapiler. Daya kapilaritas yang dimiliki batang dipengaruhi oleh adanya gaya kohesi dan adhesi. Kohesi merupakan kecenderungan suatu molekul untuk dapat berikatan dengan molekul lain yang sejenis. Adhesi adalah kecenderungan suatu molekul untuk dapat berikatan dengan molekul lain yang tidak sejenis. Air dimanfaatkan oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis. Pada daun, air juga mengalami penguapan. Penguapan air oleh daun



disebut transpirasi. Penggunaan air oleh bagian daun akan menyebabkan terjadinya tarikan terhadap air yang berada pada bagian xilem sehingga air yang ada pada akar dapat naik ke daun.

c. *Pengangkutan Nutrisi pada Tumbuhan*

Agar kebutuhan nutrisi di setiap bagian tumbuhan terpenuhi, maka dibutuhkan suatu proses pengangkutan nutrisi hasil fotosintesis berupa gula dan asam amino ke seluruh tubuh tumbuhan. Pengangkutan hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan terjadi melalui pembuluh floem. Pengangkutan zat-zat hasil fotosintesis dimulai dari sumbernya, yaitu daun (daerah yang memiliki konsentrasi gula tinggi) ke bagian tanaman lain yang dituju (daerah yang memiliki konsentrasi gula rendah) dengan dibantu oleh sirkulasi air yang mengalir melalui pembuluh xilem dan floem (perhatikan **Gambar 3.13**).



**Gambar 3.13** Pengangkutan nutrisi hasil fotosintesis pada tumbuhan.

d. Tekanan Darah pada Sistem Peredaran Darah Manusia



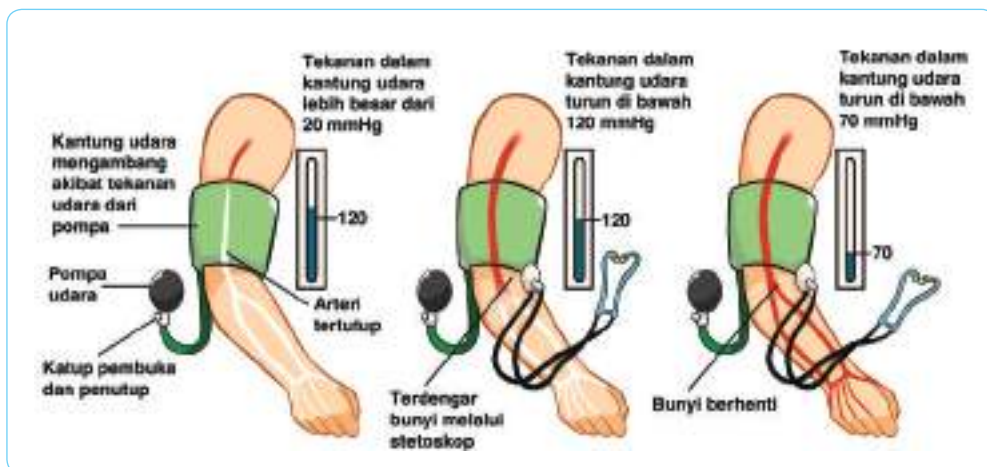
Gambar 3.14

Sphygmomanometer.

Sumber: pixabay.com/soc7; unsplash.com/Mockup Graphics

Tekanan pada pembuluh darah manusia memiliki prinsip kerjanya seperti hukum Pascal. Hal ini karena tekanan pada pembuluh darah merupakan tekanan yang berada pada ruang tertutup. Ketika jantung memompa darah, maka darah akan mengalir melalui pembuluh darah. Saat mengalir dalam pembuluh darah, darah memberikan dorongan pada dinding pembuluh darah yang disebut dengan tekanan darah. Agar tekanan darah tetap terjaga, maka pembuluh darah harus tetap terisi penuh oleh darah. Tekanan darah diukur dengan menggunakan sebuah alat yang bernama *sphygmomanometer*, ada pula yang menyebutnya dengan tensimeter seperti yang terdapat pada **Gambar 3.14**.

Tekanan darah diukur di dalam pembuluh nadi (arteri) besar yang biasanya dilakukan di tangan bagian lengan atas (perhatikan **Gambar 3.15**).



Gambar 3.15 Cara pengukuran tekanan darah.

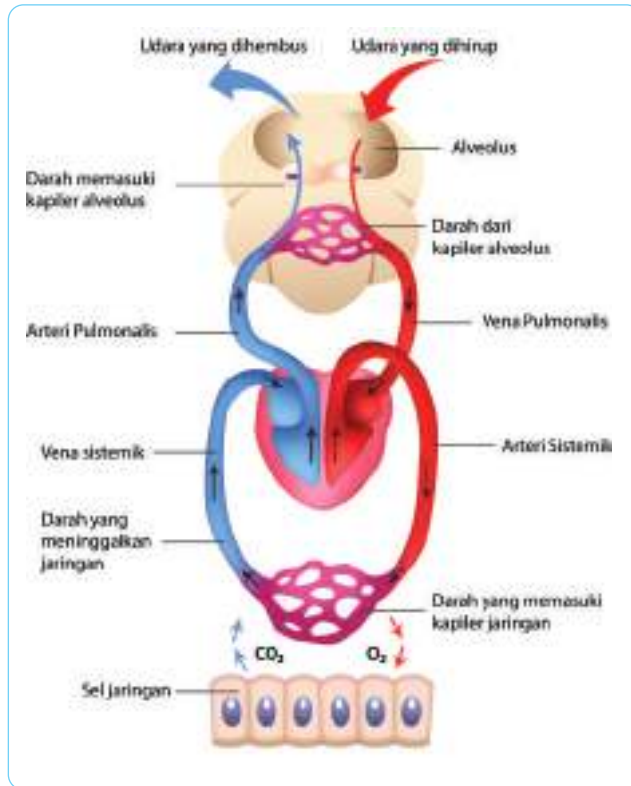
Pada proses pengukuran tekanan darah juga berlaku hukum Pascal. Menurut Pascal tekanan yang diberikan kepada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama. Dengan demikian, tekanan darah yang berada pada bagian aorta, akan sama dengan tekanan yang ada pada arteri atau pembuluh nadi yang ada di lengan atas atau di bagian tubuh yang lainnya.

*e. Tekanan Gas pada Proses Pernapasan Manusia*

Pada setiap menitnya paru-paru dapat menyerap sekitar 250 mL  $O_2$  dan mengeluarkan  $CO_2$  sebanyak 200 mL. Proses pertukaran antara  $O_2$  dengan  $CO_2$  terjadi secara difusi, yaitu proses perpindahan zat terlarut dari daerah yang memiliki konsentrasi dan tekanan parsial tinggi ke daerah yang memiliki konsentrasi dan tekanan parsial rendah.

Tekanan parsial adalah tekanan yang diberikan oleh gas tertentu dalam campuran gas tersebut. Pada sistem peredaran darah, tekanan parsial antara  $O_2$  dan  $CO_2$  bervariasi pada setiap organ. Darah yang masuk ke paru-paru melalui arteri pulmonalis memiliki  $PO_2$  yang lebih rendah dan  $PCO_2$  yang lebih tinggi daripada udara di dalam alveoli (alveoli merupakan jamak dari alveolus).

Pada saat darah tiba di jaringan tubuh,  $O_2$  dalam darah tersebut mengalami difusi menuju jaringan tubuh. Kandungan  $CO_2$  dalam jaringan tubuh lebih besar dari pada kandungan  $CO_2$  dalam darah, sehingga  $CO_2$  dalam jaringan tubuh mengalami difusi ke dalam darah. Setelah melepaskan  $O_2$  dan membawa  $CO_2$  dari jaringan tubuh, darah kembali menuju jantung dan dipompa lagi ke paru-paru (perhatikan **Gambar 3.16**).



**Gambar 3.16** Difusi Gas pada proses pernapasan dan sirkulasi.

## Proyek Akhir Bab

Bayangkanlah kalian bekerja untuk suatu perusahaan kapal selam. Rancanglah suatu kapal selam untuk segera membawa makanan dan obat-obatan bagi pengungsi yang berada di pulau terpencil dan hanya dapat dijangkau dengan transportasi air. Kapal biasa tidak dapat digunakan karena kamu tidak ingin bantuanmu diambil oleh para penjahat. Cobalah idemu dengan menggunakan model kapal selam menggunakan botol plastik dan bahan-bahan lain di sekitarmu. Lakukan penyelidikan dengan rancanganmu untuk membuat kapal selam yang dapat memuat dapat melayang dalam air lebih lama karena tempat tersebut jauh.

Selama percobaan catatlah data-data percobaan, kemudian buatlah laporan lengkap dari percobaanmu ini.



## Bab 4

# Listrik, Magnet, dan Sumber Energi Alternatif

Telah tiba era kendaraan listrik yang sebentar lagi akan menggantikan kendaraan berbahan bakar fosil/bensin. Di atas adalah mobil perintis produksi perusahaan ternama Tesla Motor dengan sumber penggerak berupa energi listrik. Mobil listrik memiliki keunggulan utama yaitu tidak menghasilkan emisi gas buang yang dapat merusak lingkungan karena tidak menggunakan motor berbahan bakar bensin yang berasal dari minyak bumi/batu bara. Mobil listrik mengandalkan motor listrik serta baterai untuk menjalankan mesin. Mengapa listrik lebih dipilih daripada bensin? Bagaimana listrik dapat bekerja menghasilkan energi gerak? Mengapa sumber energi listrik lebih ramah lingkungan dan bagaimana upaya untuk menghasilkannya?

Pada bab ini kamu diajak mengenal listrik dan energi alternatif dengan berbagai aktivitas pembelajaran yang menarik. Kemudian di akhir kegiatan di bab kamu ditantang untuk membuat purwarupa mobil listrik sederhana. Ayo pelajari bab ini dengan antusias.

### Kata Kunci

- listrik
- energi alternatif
- teknologi
- magnet
- mobil



Pertanyaan apakah yang ingin kalian temukan jawabannya dalam bab ini?

1. ....
2. ....

## A. Listrik

Kamu tentu mengetahui sumber energi untuk menyalakan lampu di rumah. Bagaimana televisi dapat menyala, dan banyak alat-alat rumah tangga yang memerlukan listrik. Nah, pernahkan kamu kesetrum saat mencolokkan kabel televisi? Kenapa kamu dapat merasakan kejutan dan rasa nyeri saat kesetrum? Apakah setiap benda mengandung listrik? Apakah tubuh manusia juga? Ayo kita bahas satu per satu tentang listrik di dalam kehidupan.

### 1. Listrik Statis

Saat kamu menyisir atau menggosok-gosokkan sisir plastik ke rambut yang kering, ada beberapa helai rambut yang ketarik lalu berdiri beberapa saat. Atau fenomena lain yaitu ketika potongan kertas kecil menari-nari saat didekatkan dengan lembar plastik mika yang telah digosokkan ke rambut yang kering. Mengapa bisa terjadi demikian? Tentu kamu masih ingat materi Atom dan bagian-bagiannya yang berupa elektron, proton, dan neutron bukan? Kamu juga masih ingat muatan-muatan pada bagian-bagian anggota atom tersebut.

Berdirinya helai rambut dan potongan kertas kecil menari adalah fenomena listrik statis. Listrik statis merupakan peristiwa berpindahnya muatan



listrik dari satu benda ke benda yang lain. Listrik statis dapat terjadi tanpa memerlukan sumber listrik seperti stop kontak listrik. Apakah semua benda dapat memunculkan fenomena listrik statis? Apa saja persyaratannya?

Muatan listrik merupakan muatan dasar yang dimiliki suatu benda, kedua benda yang bermuatan listrik dan saling berdekatan akan mengalami gaya dorong/tarik. Ada dua jenis muatan listrik yaitu: muatan positif dan negatif. Apabila benda bermuatan listrik positif dan benda bermuatan listrik negatif didekatkan maka akan saling tarik menarik. Sebaliknya, jika benda bermuatan listrik positif dan benda bermuatan listrik positif didekatkan, atau benda bermuatan listrik negatif dan benda bermuatan listrik negatif didekatkan, maka keduanya akan saling tolak menolak. Interaksi kedua muatan tersebut merupakan gejala sederhana listrik statis.



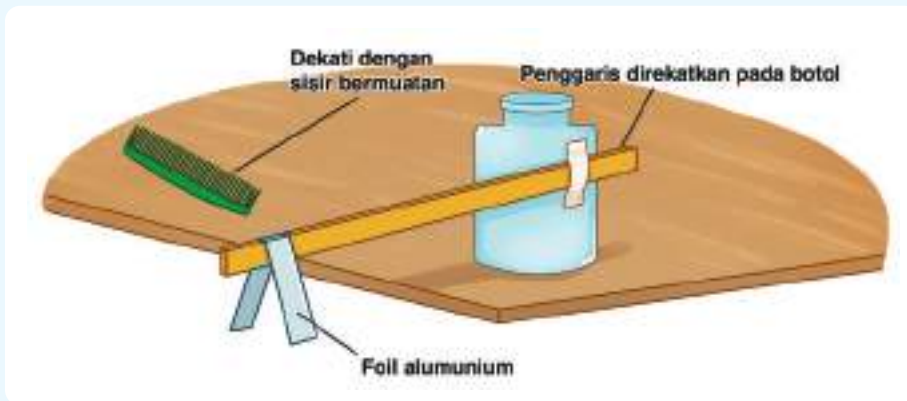
**Gambar 4.1** Listrik yang bermuatan negatif (kekurangan elektron) menarik potongan kecil kertas.  
Sumber: [verywellfamily.com/Mike Dunning](http://verywellfamily.com/MikeDunning)

**Gambar 4.1** adalah contoh dua buah benda yang saling tarik menarik karena perbedaan jumlah muatan listrik pada masing-masing benda tersebut. Sisir bermuatan negatif/kekurangan elektron didekatkan pada potongan kertas yang mengandung muatan positif pada ujung-ujungnya.

Bagaimanakah kita menentukan suatu benda bermuatan negatif atau bermuatan positif? Untuk itu Kamu dapat melakukan **Aktivitas 4.1.** yang mengajak kamu untuk merancang sebuah alat sederhana yang dapat membantu menentukan suatu benda bermuatan listrik negatif atau positif setelah diberikan gangguan seperti digosok-gosokkan. Alat tersebut dikenal dengan nama elektroskop.



### Ayo Buat Aktivitas 4.1



**Gambar 4.2** Elektroskop sederhana untuk menentukan muatan listrik benda.

Pernahkah kamu melihat percikan api dari aspal ketika truk besar melintasi jalanan aspal tersebut? Atau percikan api di rel kereta api ketika ada kereta yang melintasinya? Fenomena munculnya percikan api tersebut disebabkan karena adanya perbedaan jumlah muatan positif dan muatan negatif suatu benda yang merupakan gejala listrik statis.

Adanya gejala listrik statis menginspirasi ilmuwan untuk merancang alat pendeteksi muatan pada suatu benda yang disebut elektroskop. Tujuannya untuk menghindari bahaya dari listrik statis yang mungkin timbul jika fenomena ini tidak diwaspadai dengan baik.

Saat ini elektroskop dapat dibuat dengan mudah oleh siapa saja. Amati gambar elektroskop sederhana di atas kemudian buatlah elektroskop sederhana bersama teman-temanmu. Kemudian ujikan elektroskop buatanmu dengan mendekatkan sisir dan batang kaca bermuatan ke dekat aluminium foil seperti pada gambar. Carilah terlebih dahulu informasi dari berbagai sumber bagaimana cara mendapatkan sisir dan batang



kaca bermuatan. Amati apa yang terjadi pada muatan-muatan di dalam aluminium foil ketika didekatkan dengan sisir bermuatan positif? Mengapa foil aluminium tetap terbuka ketika disentuh sisir bermuatan? Apa yang terjadi pada muatan di dalam foil aluminium ketika didekati batang kaca bermuatan? Diskusikan dengan guru dan teman sekelasmu.

Pada suhu ruang, jumlah elektron dan proton pada atom-atom di dalam sebuah benda adalah sama, sehingga atom-atom pada benda tersebut tidak bermuatan listrik atau disebut netral. Dapatkah sebuah benda diubah menjadi bermuatan listrik apabila benda tersebut netral? Bagaimana caranya? Tentu kamu sudah mengetahui jawabannya.

Jika kita mengetahui bahwa benda akan tarik-menarik jika memiliki muatan berbeda dan akan saling tolak menolak apabila memiliki muatan sama, maka dapatkah kita menentukan besar kekuatan tarik atau kekuatan tolak kedua benda tersebut? Untuk itu kita memerlukan pemahaman tentang gaya listrik.

## 2. Gaya Listrik

Orang yang pertama kali menyadari dan merumuskan perhitungan gaya listrik adalah Charles Augustin Coulomb (1736 – 1806) seorang ilmuwan yang berasal dari Perancis. Neraca puntir Coulomb merupakan alat yang ia gunakan untuk menyelidiki hubungan gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik dua benda bermuatan listrik terhadap besar muatan listrik dan jaraknya seperti pada **Gambar 4.3**.

Kamu dapat juga melakukan percobaan sederhana untuk dapat menentukan gaya listrik pada benda yang bermuatan. Lakukanlah **Aktivitas 4.2** berikut dengan penuh semangat.



**Gambar 4.3** Eksperimen percobaan Coulomb untuk menentukan muatan listrik.

Sumber: [www.teylersmuseum.nl/Teylers](http://www.teylersmuseum.nl/Teylers)  
· Museum of Wonder, Electrostatic torsion balance, after Coulomb, (1876)



## Ayo Buat Aktivitas 4.2

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 saling tarik-menarik atau saling 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.



**Gambar 4.4** Percobaan menentukan gaya listrik pada dua balon yang bermuatan.

Sumber: thehamricks.wordpress.com/.... (2012)

No.	Waktu Menggosok Balon dengan Kain Wol atau Rambut yang Kering	Jarak Statif	Kuat Interaksi Kedua Balon
1.	30 detik	(a) 30 cm	
		(b) 20 cm	
2.	60 detik	(a) 30 cm	
		(b) 20 cm	

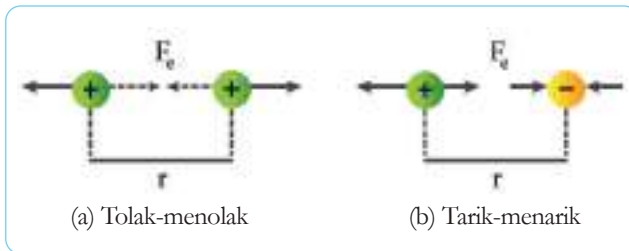
Bagaimana pengaruh variasi jarak kedua statif terhadap interaksi kedua balon? Apakah jarak mempengaruhi besarnya gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik kedua balon? Bagaimana pengaruh lamanya waktu menggosok terhadap interaksi kedua balon? Apakah besarnya gaya tolak-menolak atau gaya tarik-menarik antara kedua balon dipengaruhi oleh besarnya muatan? Diskusikan dengan guru dan teman sekelasmu.

Apakah hasil analisis percobaan kamu pada **Aktivitas 4.2** 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

$$F = \frac{1}{r^2} \quad (1)$$

Kemudian, sebanding dengan perkalian muatan partikel atau  $F = q_1 q_2$  dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



**Gambar 4.5** Ilustrasi gaya Coulomb pada muatan listrik.

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

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

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)

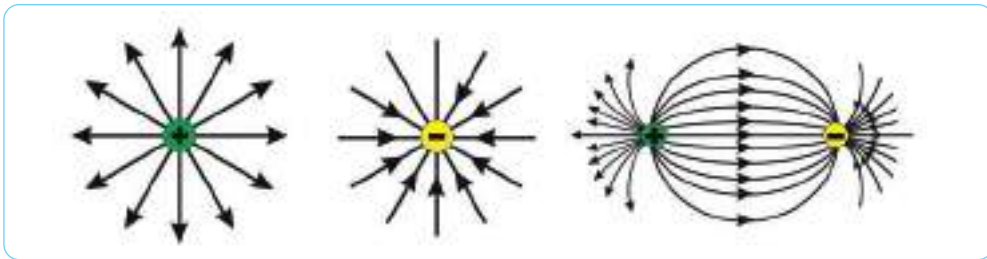
$q_2$  = besar muatan listrik kedua (Coulomb)

Persamaan 2 menunjukkan bahwa semakin jauh jarak antar benda bermuatan maka gaya listrik yang dirasakan akan semakin kecil.

### 3. Medan Listrik

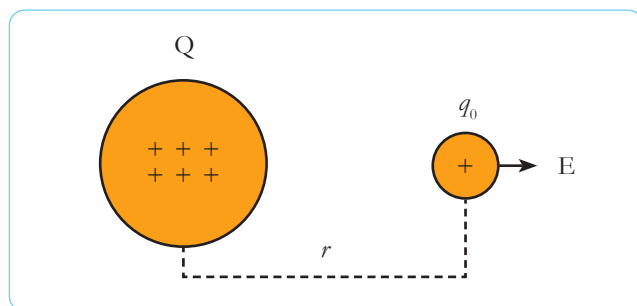
Benda-benda yang ada di permukaan bumi akan ditarik menuju pusat bumi karena memiliki massa yang jauh lebih kecil daripada massa bumi. Hal tersebut ternyata juga terjadi pada muatan-muatan listrik. Muatan-muatan listrik memiliki ‘daerah pengaruh’ yang disebut sebagai medan listrik. Medan listrik dapat didefinisikan sebagai daerah di sekitar benda bermuatan yang menimbulkan pengaruh gaya listrik terhadap benda/muatan lain.

Garis-garis imajiner pada **Gambar 4.6** merupakan ilustrasi medan listrik yang arahnya keluar atau masuk ke dalam muatan. Arah garis gaya listrik ke dalam disepakati untuk menunjukkan muatan negatif dan arah garis medan listrik ke luar disepakati menunjukkan muatan positif.



**Gambar 4.6** Garis medan listrik dua muatan.

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 4.7**.



**Gambar 4.7** Muatan  $Q$  didekati Muatan Tes  $q_0$

Berdasarkan hukum Coulomb, muatan  $q_0$  tersebut akan mendapatkan gaya tolak dari muatan  $Q$  sebesar,

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

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

$$E = \frac{F}{q_0}$$

$$E = \frac{k \frac{(Q)(q_0)}{r^2}}{q_0}$$

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

Sehingga 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)
- $q$  = besar muatan listrik (Coulomb)

#### 4. Potensial Listrik

Jika tangan kamu pernah merasakan kesetrum karena tidak sengaja menyentuh stop kontak, kamu akan merasakan kejutan dan ada sesuatu yang mengalir di tangan bukan? Apakah yang sesungguhnya mengalir tersebut?

Meski tangan termasuk bahan isolator, namun jika diberikan tegangan listrik yang cukup besar maka dapat mengalirkan arus. Aliran yang kamu rasakan saat kesetrum adalah aliran elektron yang berpindah dari stop kontak ke tangan karena perbedaan tegangan listrik atau lebih dikenal dengan beda potensial listrik. Dengan membandingkan besar energi listrik yang diperlukan untuk memindahkan sejumlah muatan listrik, dapat dihitung besarnya beda potensial listrik dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\Delta V = \frac{W}{Q} \quad (5)$$

Keterangan:

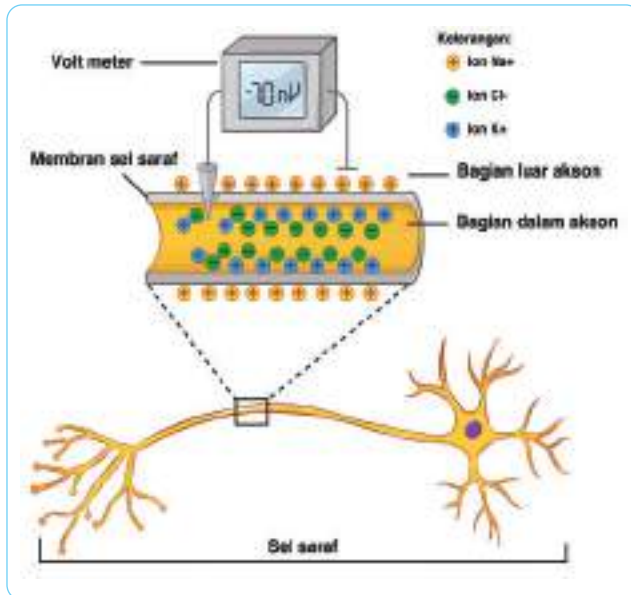
$\Delta$  = beda potensial listrik (Volt)

$W$  = energi listrik (Joule)

$Q$  = muatan listrik (Coulomb)

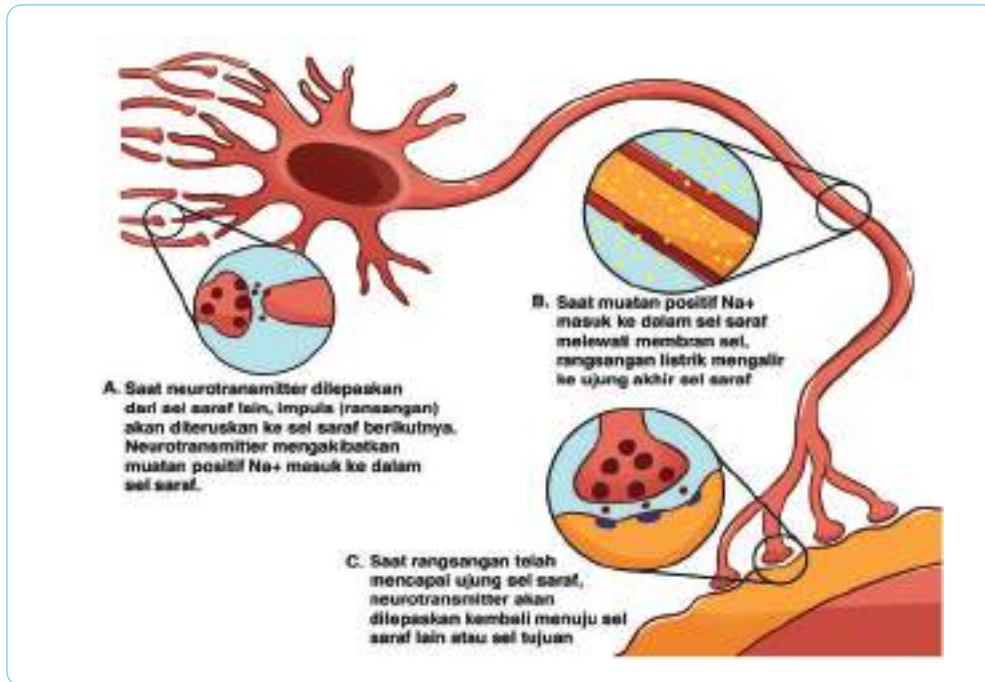
Meski tubuh pada dasarnya termasuk isolator, namun ada bagian tubuh yang secara alamiah memproduksi dan merespon dengan singkat beda potensial listrik. Bagian tersebut adalah kumpulan jaringan-jaringan saraf. Saraf di dalam tubuh dapat menimbulkan dan menyalurkan impuls-impuls (respon-respon singkat) listrik yang kecil. Aliran-aliran listrik kecil di dalam jaringan saraf membawa informasi dari panca indra 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 4.8** Ilustrasi muatan listrik pada sel saraf tidak bermyelin.

Setiap manusia memiliki sistem saraf yang dapat mengontrol gerak otot. Sistem saraf terdiri atas sel-sel saraf berfungsi untuk menerima, mengolah, dan mengirim rangsangan atau impuls yang diterima panca indera. Setiap sel saraf terdiri atas 3 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, tetapi terdiri dari 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 4.9** Ilustrasi muatan listrik pada sel saraf tidak bermyelin

## 5. Listrik Dinamis

Kabel sering kamu lihat pada tiang listrik, pada prinsipnya kabel 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: 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. Contohnya 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 disusun menjadi rangkaian listrik terpadu seperti pada **Gambar 4.10** yang serupa dengan bagian dalam mesin televisi di rumah kamu.



**Gambar 4.10** Beberapa Jenis Semikonduktor: Resistor, Diode, Transistor, dan IC (*integrated circuit*/rangkaian listrik perpaduan).

Sumber: pixabay.com/Joshua Robins

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 4.1**.

**Tabel 4.1. Hambatan Jenis Bahan**

Bahan	Hambatan Jenis pada Suhu 20°C ( $\Omega \text{ m}$ )
<b>Konduktor</b>	
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	$49 \times 10^{-8}$
Nikrom	$100 \times 10^{-8}$
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$
Perak	$1,59 \times 10^{-8}$
Tungsten	$5,65 \times 10^{-8}$
<b>Semikonduktor</b>	
Karbon (grafit)	$3,5 \times 10^{-5}$
Germanium (murni)	$5 \times 10^{-4}$
Silikon (murni)	$6,4 \times 10^2$
<b>Isolator</b>	
Kaca	$10^{10} - 10^{14}$
Kuarsa	$7,5 \times 10^{17}$

Besar hambatan setiap jenis kawat yang panjangnya satu satuan panjang per satu satuan luas penampang disebut hambatan jenis ( $\rho$ ).

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (6)$$

Keterangan:

$R$  = hambatan kawat ( $\Omega$ )

$\rho$  = hambatan jenis kawat ( $\Omega\text{m}$ )

$L$  = panjang kawat (m)

$A$  = luas penampang kawat ( $\text{m}^2$ )

## 6. Arus Listrik

Kita telah mengetahui bahwa elektron mengalir dari benda yang kelebihan muatan elektron/kekurangan proton (berpotensi rendah) ke benda yang kekurangan elektron/kelebihan proton (berpotensi tinggi) atau dengan kata lain dari kutub negatif ke kutub positif. Sedangkan arus listrik disepakati adalah arus yang mengalir karena pada ujung-ujung rangkaian ada perbedaan potensi listrik dari sumber tegangan. Arus listrik berkebalikan dari aliran elektron, yaitu mengalir dari potensi tinggi ke potensi rendah.

Pada rangkaian listrik tertutup, dapat ditentukan besar arus listrik yang mengalir pada rangkaian dengan menghitung besar muatan listrik yang mengalir pada rangkaian setiap detiknya. Hal ini dikarenakan dalam suatu rangkaian tertutup besar arus listrik yang mengalir sebanding dengan besarnya muatan listrik yang mengalir pada setiap detik, atau secara matematis besar arus listrik ditulis sebagai berikut.

$$i = \frac{q}{t} \quad (7)$$

Keterangan:

$i$  = arus listrik (Ampere)

$q$  = muatan listrik (Coulomb)

$t$  = waktu (detik)

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

$$q = N \cdot e$$

Sehingga:

$$i = \frac{N \cdot e}{t}$$

Keterangan:

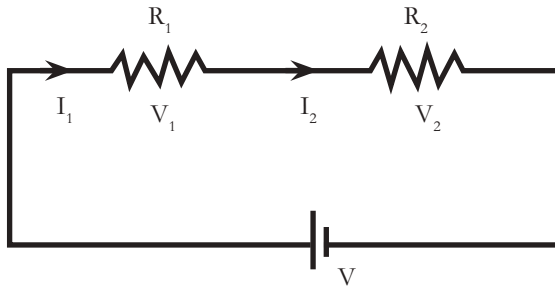
- $i$  = Arus listrik (Ampere)
- $N$  = jumlah muatan listrik
- $e$  = muatan elektron (Coulomb)
- $t$  = waktu (detik)

## 7. Rangkaian Listrik

Rangkaian listrik yang tidak memiliki percabangan kabel disebut dengan rangkaian seri. Tidak adanya percabangan kabel pada rangkaian listrik seri mengakibatkan aliran listrik akan terputus jika salah satu ujung kabel terputus, sehingga tidak ada arus yang mengalir di dalam rangkaian dan seluruh lampu akan mati. Sedangkan rangkaian listrik yang memiliki percabangan kabel, disebut dengan rangkaian paralel. Jika salah satu ujung kabel terputus, maka arus listrik akan tetap mengalir pada kabel lainnya yang masih terhubung dan beberapa lampu lainnya akan tetap menyala.

## 8. Rangkaian Hambatan Listrik Seri

Pada rangkaian seri, kuat arusnya bernilai sama tetapi tegangannya berbeda-beda, rangkaian seri dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



**Gambar 4.11** Rangkaian seri hambatan listrik.

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

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

$$V_s = I_s \cdot R_s$$

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

karena

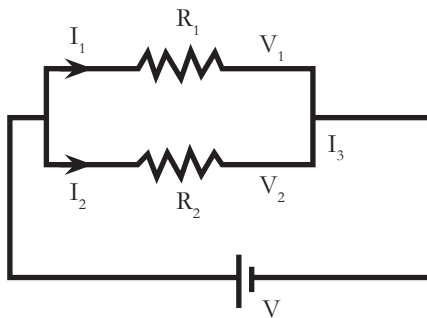
$$I_s = I_1 = I_2$$

maka,  $R_s$

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

## 9. Rangkaian Hambatan Listrik Paralel

Pada rangkaian paralel, tegangan listrik bernilai sama tetapi besar kuat arusnya berbeda, rangkaian paralel dapat dilihat pada **Gambar 4.12**.



**Gambar 4.12** Rangkaian paralel hambatan listrik.

$$V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

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

$$I_p = I_1 + I_2$$

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

karena

$$V_p = V_1 = V_2$$

maka,

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

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

Untuk menguji bentuk rangkaian listrik, kamu dapat melakukan **Aktivitas 4.3** berikut dengan penuh semangat.



### Ayo Buat Aktivitas 4.3



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 saklar.

Sebelum merancang, mari lakukan percobaan sederhana berikut. **Membuat rangkaian listrik dengan goresan pensil sebagai penghantarnya.** Siapkan alat dan bahan terlebih dahulu. Kemudian buatlah rangkaian 1, 2 dan 3 seperti pada gambar. Gunakan alumunium foil sebagai saklar penghubung untuk rangkaian 2 dan 3.

Amati nyala lampu LED pada masing-masing rangkaian. Rangkaian mana yang sesuai dengan yang kamu inginkan untuk rumah barumu.

## 10. Sumber Arus Listrik

Listrik adalah energi, sehingga sesuai dengan hukum kekekalan energi untuk menghasilkan energi listrik perlu adanya alat yang dapat mengubah energi lain menjadi energi listrik. Secara umum, sumber arus listrik terdiri dari dua jenis, yaitu sumber arus bolak-balik (AC) dan sumber arus searah (DC).

**Tabel 4.2.** 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)	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.

## 11. Daya Listrik

Besarnya energi listrik yang mengalir atau diserap dalam sebuah rangkaian atau sirkuit listrik setiap detik disebut dengan daya listrik. Sedangkan jika dilihat dari konsep usaha, pengertian daya listrik yaitu besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau jumlah energi listrik yang dipakai setiap detik.

$$P = \frac{E}{t}$$

Keterangan:

$P$  = Daya listrik (Watt)

$E$  = Energi listrik (Joule)

$t$  = waktu (detik)

Daya listrik dapat dikonversi/diubah menjadi energi gerak pada mesin mobil listrik. Energi listrik yang tersimpan di dalam baterai, akan dikeluarkan untuk menggerakkan mesin sehingga mobil dapat berjalan. **Gambar 4.13** menunjukkan baterai yang digunakan mobil listrik untuk menyimpan energi listrik.





**Gambar 4.13** Baterai pada mobil listrik.

Sumber: 3u.com/3uTools



### Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Apakah petir termasuk fenomena listrik statis? Jika iya, dapatkan kamu menjelaskannya secara sederhana terjadinya petir!
2. Dapatkah kamu menyebutkan contoh dari bahan-bahan konduktor dan isolator yang ada di sekitar rumah/sekolah.

## B. Magnet

Perkembangan peradaban manusia erat kaitannya dengan penemuan magnet. Berbagai peralatan yang biasa kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari banyak memanfaatkan magnet sebagai komponen utamanya seperti speaker, telepon, televisi, bel rumah. Akan tetapi tahukah kamu apa yang dimaksud dengan magnet? Dari manakah magnet berasal? Apakah sifat kemagnetan suatu bahan dapat hilang? Atau, apakah magnet dapat kita buat? Agar dapat menjawab semua permasalahan tersebut, mari pelajari materi selanjutnya dengan penuh semangat!

### 1. Sejarah Magnet

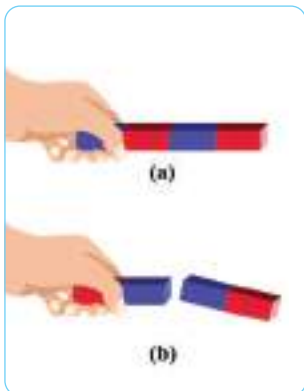
Sejak zaman dahulu telah diketahui beberapa bijih mineral atau batuan warna metalik bersifat menarik partikel besi. Mineral atau batuan itu disebut magnetik atau batuan bermuatan. Seorang filosof Yunani bernama Thales, yang hidup pada abad VI SM merupakan orang pertama yang mengamati

sifat biji besi. Akan tetapi, kemungkinan sebelum itu pun telah banyak diketahui. Setelah masa Thales, batuan bermuatan itu sering disebut dalam tulisan kuno. Batu bermuatan itu disebut dengan magnet, kata magnet berasal dari bahasa Greek “magnítis líthos” yang berarti “batu magnesita” juga berarti sebuah wilayah di Asia kecil, tempat ditemukannya banyak endapan magmatik.

Magnet terbuat dari logam seperti besi dan baja. Magnet memiliki berbagai bentuk dan dinamakan sesuai dengan bentuknya, seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 4.14**.

**Gambar 4.14** Contoh magnet U dan magnet batang.

Sumber: canstockphoto.com/merzavka

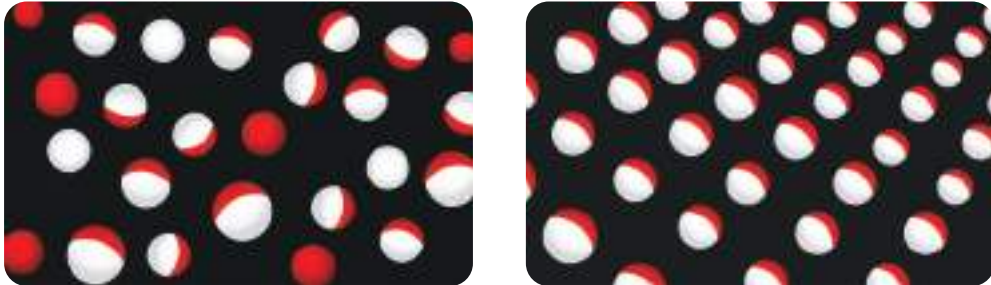


**Gambar 4.15** Interaksi antar dua kutub magnet (a) beda jenis dan (b) sejenis.

Magnet selalu memiliki dua kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Kutub-kutub yang sejenis akan saling tolak menolak bila didekatkan, sedangkan kutub-kutub yang berbeda jenis akan saling 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 4.15**!

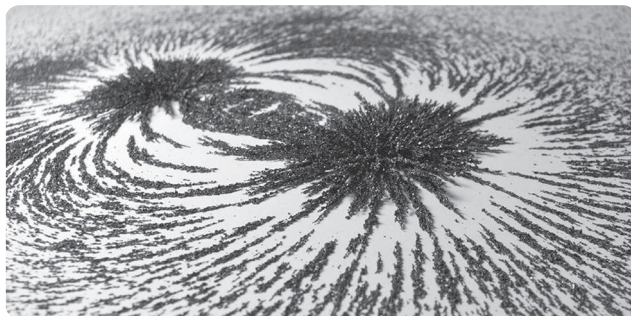
Dari manakah kekuatan magnet berasal? Apa bedanya gaya magnet dengan gaya listrik? Mari mengingat kembali materi tentang gaya listrik! Gaya listrik berasal dari adanya interaksi antara muatan listrik, sedangkan gaya magnet berasal dari adanya interaksi antara kutub-kutub magnet yang ditimbulkan oleh gerakan muatan listrik (elektron) pada benda.

Pada **Gambar 4.16(a)**, kutub utara dan kutub selatan partikel elementer magnet pada benda tersebut tersebar secara acak, sehingga benda tidak memiliki sifat magnet. Pada beberapa jenis logam tertentu, seperti besi dan baja, sejumlah elementer magnet dapat disusun berbaris pada arah tertentu hingga benda bersifat sebagai magnet pada **Gambar 4.16(b)**.



**Gambar 4.16** (a) Atom tersusun secara acak, dan (b) atom tersusun secara teratur.

Bagaimana cara mendeteksi medan magnet di sekitar benda? Bagaimana kamu dapat membedakan besar medan magnet jika magnet yang kita pelajari pada bab ini berbentuk jarum, batang, dan tapal kuda (U)? Daerah di sekitar magnet yang dapat mempengaruhi magnet atau benda lain disebut medan magnet. Pola-pola yang dibentuk oleh pasir besi pada gambar 4.17 merupakan bentuk garis gaya magnet yang digunakan untuk menggambarkan medan magnet. Medan magnet terbesar terletak pada ujung-ujung kutub magnet. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya pasir besi yang ditarik oleh ujung-ujung kutub magnet (garis-garis gaya magnetnya sangat rapat). Apakah kamu menemukan pola seperti pada **Gambar 4.17**?



**Gambar 4.17** Pola serbuk besi yang ditebarkan di sekitar magnet batang.

Sumber: [news.berkeley.edu/](https://news.berkeley.edu/2018/01/04/magnetic-field-lines/) Kara Manke (2018)



## Fakta Sains



Sumber: vox.com/Zoran Milich

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 yang ada tidak dipilah dengan baik oleh petugas kebersihan. Plastik, aluminium, baja, kertas semuanya menumpuk menjadi satu.

Kamu harus menemukan metode untuk mengambil besi dari tumpukan sampah tersebut agar dapat diproses dengan benar dibawa ke pabrik daur ulang untuk mewujudkan tujuan pembangunan berkelanjutan. Sesuai tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) nomor 11 untuk menjadikan kota dan pemukiman manusia aman, tangguh, inklusif, dan berkelanjutan. Serta nomor 12 untuk memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan.

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



### Ayo Buat Aktivitas 4.4

#### Pisahkan sampah-sampah besi

Dekatkan berbagai jenis magnet berdasarkan bentuknya ke atas tumpukan ratusan klip kertas, potongan kertas, potongan plastik dan potongan kayu. Jangan lupa untuk mencatat hasil pengujian kemudian buatlah laporannya dalam bentuk tabel dan grafik.



Sumber: [www.nicepng.com](http://www.nicepng.com); [www.pngaaa.com](http://www.pngaaa.com); [www.psdgraphics.com](http://www.psdgraphics.com)

**Tabel 4.3** 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				

**Grafik 1.** Jumlah rata-rata klip kertas yang berhasil dipindahkan tiap magnet terhadap jenis magnet.

**Grafik 2.** Jumlah rata-rata klip kertas yang berhasil dipindahkan masing-masing magnet pada setiap percobaan

Presentasikan hasil pengujian di depan teman-teman dan guru, benda apa saja yang berhasil dipindahkan oleh magnet? Magnet mana yang mampu memindahkan klip kertas paling banyak? Apakah dengan menggabungkan magnet mampu meningkatkan kekuatan magnet? Sesuailah hasil pengujiannya dengan hipotesismu?

## 2. Perkembangan Elektromagnet

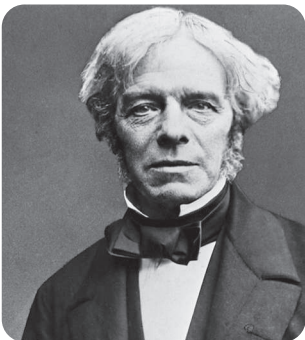


**Gambar 4.18** Hans Christian Oersted.

Sumber: [nationalmaglab.org/...](http://nationalmaglab.org/)

Pada tahun 1820, Hans Christian Oersted menemukan bahwa kawat dapat menolak jarum kompas apabila dialiri arus listrik. Hal ini menunjukkan bahwa di sekitar kawat berarus timbul medan magnetik.

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 menjelaskan bahwa kawat akan terus-menerus berputar berdekatan dengan magnet sepanjang arus listrik 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.**



**Gambar 4.19** Michael Faraday.

Sumber: [theguardian.com/HultonDeutsch/Corbis](http://theguardian.com/HultonDeutsch/Corbis) via Getty Images

Penemuannya membuat suatu benda bergerak dengan menggunakan arus listrik adalah pembuka jalan yang luar biasa untuk penemuan-penemuan motor listrik selanjutnya. Namun masih terbatas dalam kegunaan praktisnya 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, dan beliau terus-menerus mencari jalan bagaimana menemukan metode tersebut.

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



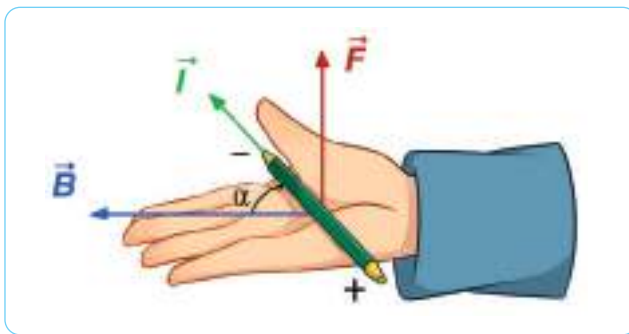
elektromagnetik” dan penemuan ini disebut “Hukum Faraday” yang dikenal dengan penemuan Faraday yang terpenting dan terbesar. Jadi gagasan elektromagnetik adalah prinsip kerja dari kendaraan listrik, yang mengubah menjadi energi gerak atau sebaliknya.

### 3. Gaya Magnet/ Gaya Lorentz

Lorentz adalah sebuah bentuk gaya yang diambil dari nama belakang seorang ahli fisika Belanda yang bernama Hendrik Antoon Lorentz. Ahli fisika asal negeri kincir angin ini meneliti tentang sebuah interaksi penghantar berarus yang diletakkan di dalam sebuah medan magnet. Hasil dari penelitian tersebut, ia berhasil menemukan sebuah gaya yang kemudian disebut dengan gaya lorentz. Gaya inilah yang kemudian banyak bermanfaat untuk menggerakkan motor listrik untuk berbagai keperluan seperti kipas angin, blender, dan lain sebagainya.

### 4. Menentukan Arah Gaya Lorentz

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



**Gambar 4.20** 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 seperti yang ada di bawah ini. Rumus ini berlaku untuk panjang kawat 1 meter.

Besar gaya Lorentz dapat dihitung dengan rumus:

$$F = i \cdot l \cdot B \sin \theta$$

Keterangan:

$F$  = gaya Lorentz (Newton)

$i$  = kuat arus listrik (Ampere)

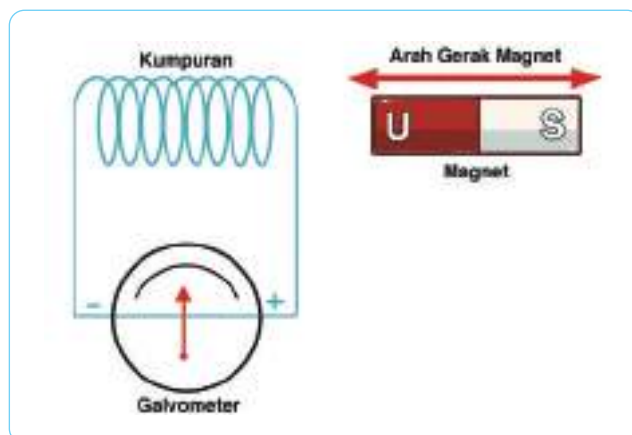
$l$  = panjang kawat (meter)

$B$  = kuat medan magnet ( $\text{Wb}/\text{m}^2$ ) atau Tesla (T)

$\theta$  = sudut antara arah I dan B

## 5. Induksi Elektromagnetik

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 konduktor yang digerakan di dalam medan magnet yang tetap. Hal tersebut menyebabkan kehadiran tegangan atau gaya gerak listrik (GGL) pada konduktor. Berikut merupakan ilustrasi induksi elektromagnetik yang dihasilkan dengan menggerakkan sebuah magnet ke dalam kumparan kawat berarus:



**Gambar 4.21** Arah Induksi elektromagnetik oleh magnet.



Susunan magnet dan kabel di atas merupakan percobaan induksi elektromagnetik yang dilakukan oleh Michael Faraday pada tahun 1830. Hasil yang didapat 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 gaya gerak listrik (GGL) yang diinduksi oleh kumparan tersebut. Tegangan GGL induksi di dalam rangkaian tertutup sebanding dengan kecepatan perubahan fluks terhadap waktu yang dapat dirumuskan menjadi

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Keterangan:

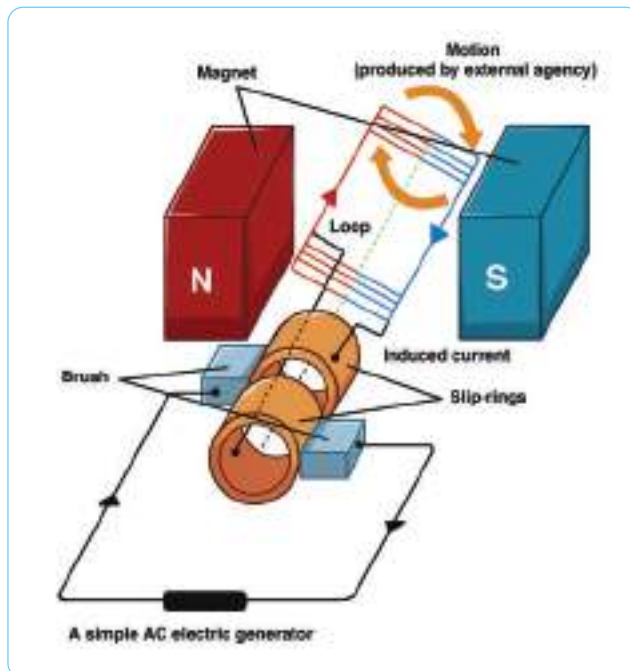
- $\varepsilon$  = merupakan GGL induksi (Volt)
- $N$  = jumlah lilitan kumparan
- $\Delta\Phi$  = perubahan fluks magnetik (Weber)
- $\Delta t$  = selang waktu (s)

Tanda negatif menunjukkan arah gaya gerak listrik (GGL) induksi berdasarkan hukum Lorentz.

## 6. Generator

Mesin dengan energi gerak (mekanik) yang kemudian mampu menghasilkan energi listrik (elektrik) disebut dengan Generator. Generator memiliki sumber energi gerak yang bermacam-macam, misalnya pada listrik tenaga angin, generator mampu bergerak karena adanya angin yang menggerakkan kincir untuk berputar. Sama halnya dengan listrik pembangkit tenaga air yang memanfaatkan aliran air untuk menggerakkan kincir sehingga dapat berputar. Pada generator, sumber tenaga untuk menggerakkan adalah dari proses pembakaran menggunakan diesel sehingga menghasilkan listrik.

**Gambar 4.22** Generator elektrik AC sederhana.



Perlu diingat bahwa generator tidak mampu memproduksi listrik, hanya mengubah bentuk energi ke bentuk lain. Prinsipnya adalah memanfaatkan energi gerak sesuai hukum faraday yaitu:

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



**Gambar 4.23** Cara kerja generator.

## 7. 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 hembusan angin, kincir air yang memanfaatkan aliran air hingga mesin yang menggunakan bahan bakar diesel.

## 8. Bagian-Bagian Generator

Untuk mengubah energi kinetik menjadi listrik diperlukan komponen utama generator sebagai berikut:

- **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 mempunyai fungsi 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 terdapat 2 buah dan ikut berputar dengan rotor dan poros generator, terbuat dari tembaga atau kuningan sebagai bahan utamanya. Komponen inilah yang mempunyai peran untuk mentransfer listrik dari motor.

Ada berbagai macam ukuran dari generator AC tergantung dengan kebutuhan. Misalnya generator PLTA yang mempunyai ukuran besar karena kapasitasnya hingga ribuan kilowatt. Contoh sederhana yaitu pada dinamo sepeda yang ada pada bagian depan berfungsi untuk menyalakan lampu.

## C. Energi Alternatif/ Terbarukan

Mengapa saat ini banyak bermunculan mobil-mobil/kendaraan yang digerakkan dengan energi listrik? Kenapa 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

Pembangkit Listrik Tenaga Angin mengubah energi angin menjadi energi listrik melalui sebuah turbin angin.



**Gambar 4.24** Pembangkit listrik tenaga angin.

Sumber: pixabay.com/Ed White

## 2. Komponen-Komponen dan Cara Kerja PLTA

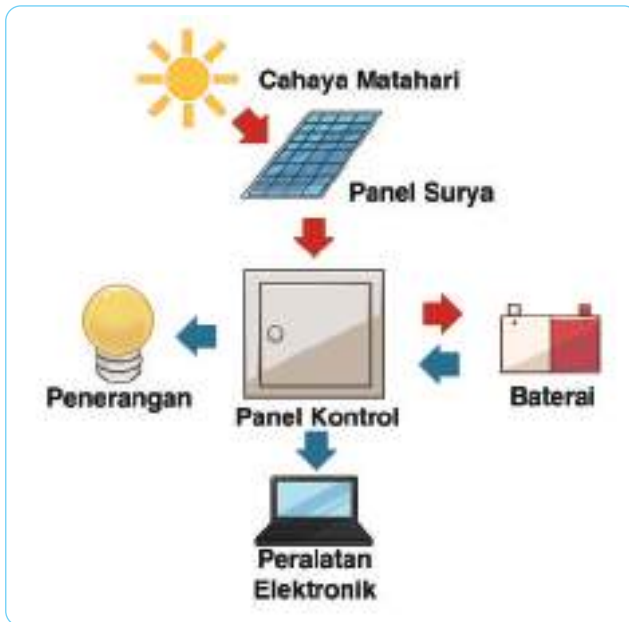
Pertama, angin akan memutar bilah turbin. Kemudian bilah turbin ini akan memutar sebuah generator, lalu menghasilkan listrik. Lengkapnya, sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Angin bisa terdiri dari satu buah turbin angin atau beberapa turbin angin yang gaya listriknya digabungkan dan disalurkan ke satu unit penyalur listrik. Gaya listrik kemudian dialirkan melalui kabel transfusi dan didistribusikan ke rumah-rumah, kantor, sekolah, dan gedung lainnya.

## 3. Sel Surya

### a. Pengertian Sel Surya (*Solar Cell*) dan Prinsip Kerjanya

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 elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, Sel Surya atau *Solar Cell* sering disebut juga dengan Sel Photovoltaic (PV).



Gambar 4.25 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 atau *Solar Cell* ini juga memiliki kaki Positif dan kaki Negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik sama seperti Dioda Foto (Photodiode),

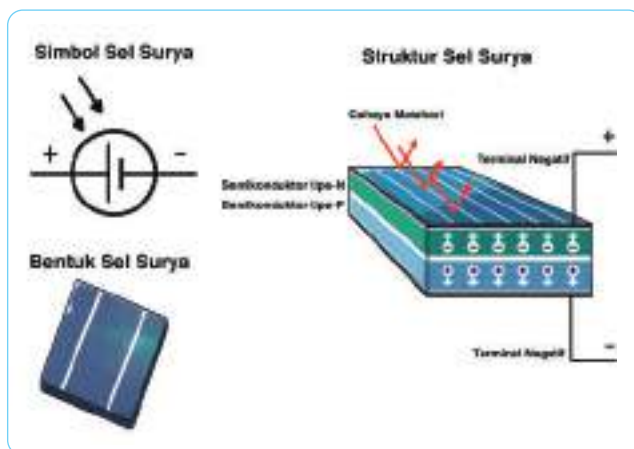
Pada dasarnya, Sel Surya merupakan Dioda Foto (Photodiode) yang memiliki permukaan yang sangat besar. Permukaan luas Sel Surya tersebut menjadikan perangkat Sel Surya ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan Tegangan dan Arus yang lebih kuat dari Dioda Foto pada umumnya. Contohnya adalah sebuah

Sel Surya yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon mampu menghasilkan tegangan setinggi 0,5V dan arus setinggi 0,1A saat terkena (*expose*) cahaya matahari.

Saat ini telah banyak perangkat Sel Surya yang diaplikasikan ke berbagai macam penggunaan, mulai dari sumber listrik untuk kalkulator, mainan, pengisi baterai, hingga ke pembangkit listrik dan bahkan sebagai sumber listrik untuk menggerakkan satelit yang mengorbit bumi.

#### b. Struktur Dasar dan Simbol Sel Surya (*Solar Cell*)

Berikut ini adalah Struktur Dasar, bentuk dan Simbol Sel Surya (*Solar Cell*).



**Gambar 4.26** Struktur dasar dan simbol sel surya.

### 4. Tenaga Nuklir

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, dan putaran turbin inilah yang diubah menjadi energi listrik. Perbedaan antara

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



**Gambar 4.27** Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir.

Sumber: [istockphoto.com/jotily](https://istockphoto.com/jotily)  
istockphoto

Daya sebuah PLTN berkisar antara 40 MWe sampai mencapai 2000 MWe, dan untuk PLTN yang dibangun pada tahun 2005 sebaran dayanya 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 28 unit, Rusia 11 unit, India 7 unit, Uni Emirat Arab 4 unit, Korea Selatan 4 unit, Pakistan dan Taiwan masing-masing 2 unit.



**Gambar 4.28** Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Uni Emirat Arab.

Sumber: [middleeastmonitor.com/Middle East, News, UAE](https://middleeastmonitor.com/Middle-East-News-UAE)

PLTN dikategorikan berdasarkan jenis reaktor yang digunakan. Akan tetapi pada pembangkit yang memiliki beberapa unit reaktor yang terpisah memungkinkan untuk menggunakan jenis reaktor yang berbahan bakar seperti Uranium dan Plutonium.



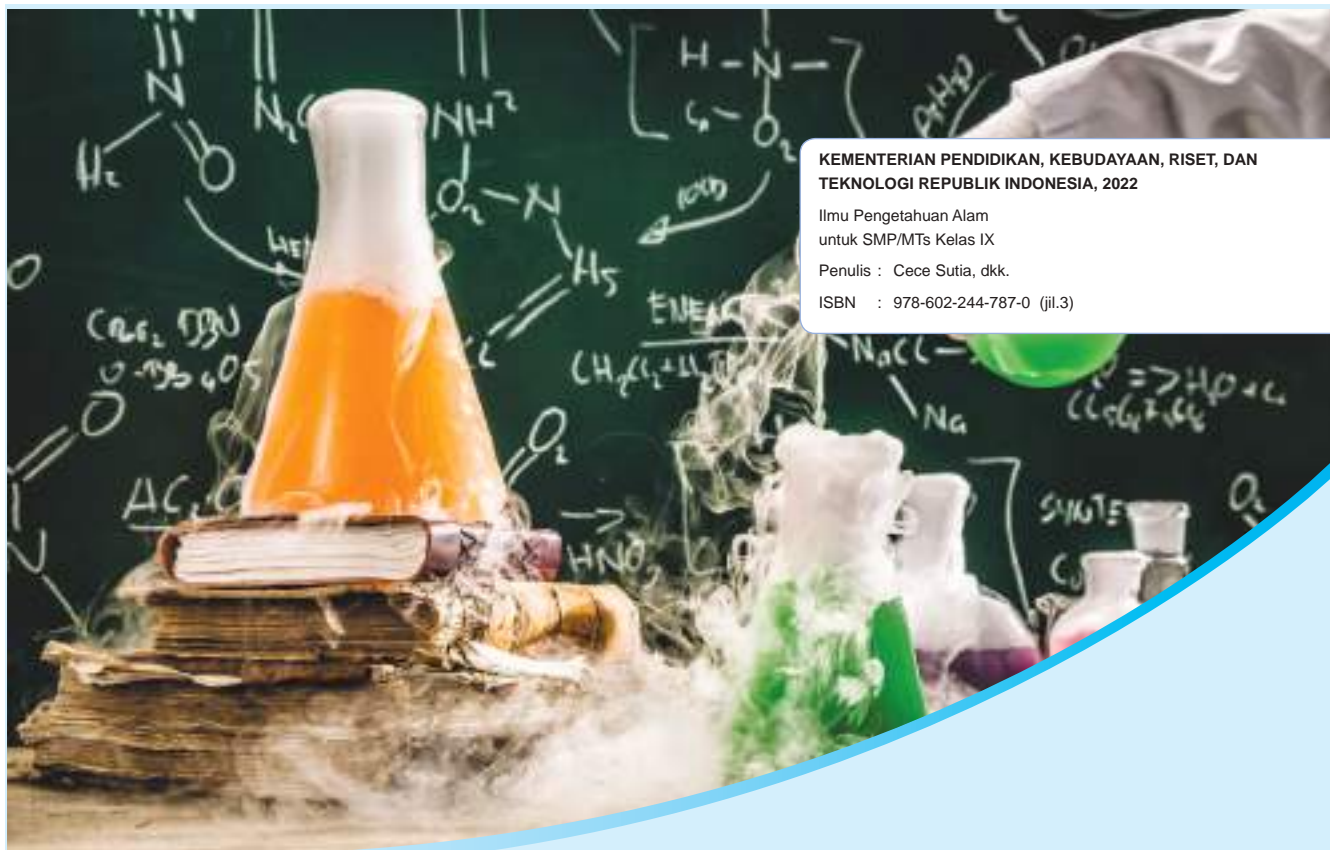
### Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Carilah klipring berita dari sumber-sumber energi terbarukan lainnya!
2. Lakukan analisis mengapa sumber energi tersebut dapat berlangsung lama dalam penggunaannya!
3. Dapatkah kamu menyebutkan sumber-sumber energi alternatif yang berpotensi besar yang ada di daerah tempat tinggalmu!

## Proyek Akhir Bab

Pada tahun 2040, sel surya menjadi sumber energi terbarukan yang paling efektif dan terjangkau untuk memenuhi kebutuhan listrik dunia. Kalian diminta untuk merancang mobil bertenaga surya yang ramah lingkungan. Buatlah rancangan yang inovatif dan efisien. Rancangan ini akan dilombakan di tingkat dunia. Ayo, bersama kelompokmu, buatlah rancangan mobil bertenaga surya terbaik untuk membawa nama Indonesia ke kancah internasional.





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN  
TEKNOLOGI REPUBLIK INDONESIA, 2022

Ilmu Pengetahuan Alam  
untuk SMP/MTs Kelas IX

Penulis : Cece Sutia, dkk.

ISBN : 978-602-244-787-0 (jil.3)

## Bab 5

# Reaksi-Reaksi Kimia dan Dinamikanya

Setiap akhir tahun biasanya kita melihat kembang api dengan berbagai warna yang indah. Mengapa kembang api dapat memiliki berbagai warna? Reaksi di atas juga melibatkan perubahan warna. Kedua contoh di atas adalah reaksi kimia. Ada banyak reaksi kimia yang terjadi dalam kehidupan kita, saat kita bernapas, saat terjadi pembakaran, perkaratan, produksi glukosa melalui fotosintesis, pencernaan dan masih banyak lagi. Apa yang sebenarnya terjadi pada saat reaksi kimia itu berlangsung?

Dalam bab ini kalian akan mengenal berbagai reaksi kimia yang sering terjadi dalam kehidupan, energi dari reaksi dan kecepatan suatu reaksi kimia, termasuk juga cara menuliskan persamaan kimia dengan menggunakan rumus kimia dan simbol-simbol. Tentunya kalian juga akan melakukan berbagai percobaan, salah satunya untuk menyelidiki faktor-faktor yang memengaruhi sebuah kecepatan suatu reaksi kimia.

### Kata Kunci

- pereaksi
- produk
- metatesis
- asam basa



Pertanyaan apakah yang ingin kalian temukan jawabannya dalam bab ini?

1. ....
2. ....

## A. Reaksi Kimia

Pada saat berada di kelas 7, kalian telah mempelajari bab mengenai zat dan perubahannya. Masih ingatkah kalian perbedaan antara perubahan fisika dan perubahan kimia yang telah dibahas dalam bab itu? Waktu itu kamu membandingkan kertas yang disobek-sobek dan kertas yang dibakar. Contoh kertas disobek adalah perubahan fisika dan kertas dibakar adalah perubahan kimia. Coba perhatikan gambar berikut untuk membantumu mengingat perbedaan ini.



**Gambar 5.1** Perbedaan perubahan kimia dan fisika.

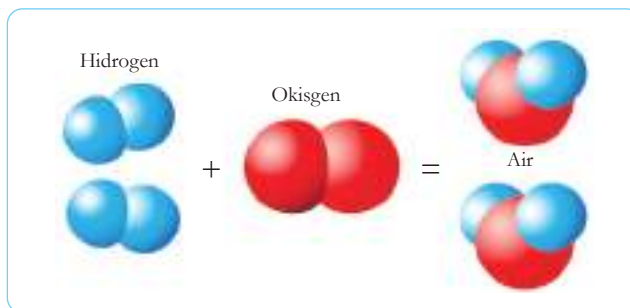
Setelah memerhatikan gambar di atas, kalian pasti bisa mendeskripsikan sedikitnya dua perbedaan antara perubahan fisika dan perubahan kimia. Diskusikanlah bersama temanmu.

Perbedaan utama dari perubahan fisika dan kimia adalah adanya zat baru yang terbentuk dalam perubahan kimia, yang artinya zat yang kita gunakan di awal perubahan akan memiliki sifat yang benar-benar berbeda dengan zat yang dihasilkan setelah perubahan kimia terjadi. Coba kamu bandingkan beras sebelum dimasak dan hasilnya setelah dimasak. Keduanya memiliki sifat yang sangat berbeda. Beras tidak dapat kamu makan karena keras, namun tentunya nasi lebih lunak, dapat dimakan bahkan menjadi bagian dalam makanan kita sehari-hari.

Selain itu, tidak seperti perubahan fisika, dalam perubahan kimia, zat yang dihasilkan tidak dapat kembali ke bentuk semula. Nasi yang telah dimasak, tidak dapat diubah kembali menjadi beras. Keadaan ini disebut ireversibel. **Reaksi kimia** terjadi pada saat adanya perubahan kimia. Dalam reaksi kimia, zat yang kalian gunakan sebelum reaksi disebut sebagai **pereaksi** atau **reaktan** sedangkan zat yang kamu peroleh setelah reaksi disebut sebagai produk suatu reaksi. Saat kamu memasak nasi, beras, dan air adalah pereaksi sedangkan nasi adalah produk dari reaksi kimia.

Mengapa reaksi kimia menghasilkan zat yang baru? Hal ini terjadi karena adanya perubahan pada atom-atom yang terdapat pada zat-zat pereaksi. Kalian telah mempelajari tentang atom pada kelas 8, jadi tentu masih ingat bahwa atom adalah bagian terkecil dari suatu zat. Mari kita ambil contoh pembentukan air dari gas hidrogen dan gas oksigen seperti terlihat pada gambar di bawah ini:

**Gambar 5.2** Reaksi gas hidrogen dan oksigen membentuk air (Tanda sama dengan harus diganti dengan tanda anak panah).



Satu atom gas hidrogen ditunjukkan oleh satu bulatan berwarna biru. Ada dua bulatan berwarna biru yang saling menempel menunjukkan adanya ikatan 2 atom hidrogen membentuk satu molekul gas hidrogen atau disimbolkan sebagai H<sub>2</sub>. Dalam gambar di atas pereaksi pertama adalah 2 molekul gas hidrogen. Sedangkan pereaksi kedua adalah dua atom oksigen yang saling berikatan membentuk satu molekul gas oksigen (O<sub>2</sub>). Baik oksigen maupun hidrogen di udara selalu berada dalam bentuk berpasangan seperti ini atau disebut dengan molekul diatomik. Molekul diatomik pada oksigen artinya dua atom oksigen saling berikatan untuk membentuk molekul yang stabil. Jika kalian perhatikan dari gambar di atas terdapat satu molekul gas oksigen.

Saat reaksi kimia terjadi, molekul gas oksigen memisahkan diri karena tertarik pada dua atom hidrogen. Ikatan-ikatan antara atom mengalami perubahan sehingga menghasilkan molekul baru yaitu air atau H<sub>2</sub>O. Di dalam gambar di atas ada dua molekul air yang dihasilkan. Sifat air yang dihasilkan sangat berbeda dengan sifat gas oksigen maupun gas hidrogen.

Jadi saat reaksi kimia terjadi ada perubahan ikatan antara atom dari zat pereaksi sehingga menghasilkan senyawa atau molekul baru, yakni produk reaksi tersebut. Ada banyak reaksi kimia yang terjadi dalam diri kita maupun di sekitar kita. Coba lakukan aktivitas berikut ini untuk mengenalinya.



## Ayo Diskusi Aktivitas 5.1

Beberapa contoh reaksi kimia terlihat dalam gambar berikut. Dapatkah kalian menyebutkan pereaksi dan produk dari masing-masing contoh reaksi kimia itu? Tuliskanlah di buku catatanmu lalu diskusikanlah dengan teman-teman dan gurumu.

### Reaksi Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari



Pembakaran



Berkarat



Pencernaan



Fotosintesis



Baterai



Fermentasi



Mencuci



Memasak Kue

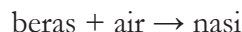
**Gambar 5.3** Reaksi-reaksi kimia yang sering terjadi dalam kehidupan.

## 1. Persamaan Kimia

Para ahli menuliskan suatu reaksi kimia dalam bentuk persamaan kimia untuk menunjukkan apa yang terjadi sebelum dan sesudah reaksi tersebut. Persamaan kimia dimulai dengan menuliskan pereaksi-pereaksi yang digunakan lalu diberi tanda anak panah, dan diikuti oleh semua produk yang terbentuk. Persamaan kimia dapat ditulis sebagai berikut:

pereaksi  $\rightarrow$  produk

Dari contoh memasak nasi di atas, maka persamaan reaksinya dapat dituliskan sebagai:

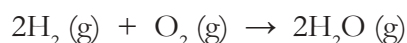


Dari persamaan reaksi di atas dapat disimpulkan bahwa reaksi antara beras dan air sebagai pereaksi menghasilkan nasi sebagai produk. Perhatikanlah bahwa dalam menuliskan persamaan kimia, digunakan tanda anak panah ( $\rightarrow$ ) yang digunakan, bukan tanda sama dengan ( $=$ ) karena seperti kalian ketahui dari pembahasan sebelumnya, sifat-sifat pereaksi tidak sama dengan sifat produk.

Persamaan kimia sering dituliskan sebagai simbol untuk memudahkan para ahli kimia. Semua pereaksi dituliskan dalam bentuk rumus kimianya, misalnya untuk pembentukan molekul air pada **Gambar 5.2** pada halaman 110 dapat dituliskan persamaan reaksinya dalam bentuk kata-kata:



Sementara itu persamaan reaksi dalam bentuk simbol adalah sebagai berikut:



Dari persamaan di atas dapat diartikan bahwa 2 molekul gas hidrogen bereaksi dengan 1 molekul gas oksigen menghasilkan 2 molekul air. Tanda g pada persamaan di atas menunjukkan wujud zat yang direaksikan dan dihasilkan semuanya adalah gas. Wujud-wujud zat dan penulisan simbolnya dalam persamaan kimia adalah sebagai berikut:

Wujud Zat	Simbol	Dalam Bahasa Inggris
padat	<i>s</i>	<i>solid</i>
cair	<i>l</i>	<i>liquid</i>
gas	<i>g</i>	<i>gas</i>
zat yang telah dilarutkan dalam air	<i>aq</i>	<i>aqueous</i>

## 2. Jenis-Jenis Reaksi Kimia

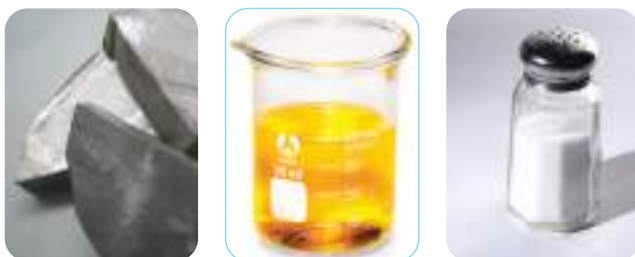
Reaksi kimia dibagi menjadi 7 jenis, yaitu:

### a. Reaksi Kombinasi atau Sintesis

Reaksi ini melibatkan lebih dari satu zat pereaksi yang bergabung untuk membentuk produk yang merupakan gabungan dari kedua zat pereaksi, dengan rumus umum:



Contoh pembentukan molekul air pada halaman sebelumnya adalah salah satu reaksi sintesis. Selain itu garam dapur yang kita konsumsi juga terbentuk dari unsur-unsur penyusunnya melalui reaksi kombinasi, yaitu sebagai berikut:



**Gambar 5.4** Perbandingan antara logam natrium, gas klorin, dan garam.

Sumber: [id.wikipedia.org/Selfmade](https://id.wikipedia.org/Selfmade) photo; [scienceshopusa.com/....](https://scienceshopusa.com/) ; [duluthnewstribune.com/Reuters Media](https://duluthnewstribune.com/Reuters%20Media) (2017)

Apabila diperhatikan dari gambar di atas, terlihat bahwa natrium adalah logam yang lunak, yang memiliki sifat sangat mudah bereaksi dengan unsur lain, sedangkan klorin ( $\text{Cl}_2$ ) adalah gas berwarna kuning yang beracun. Ketika bereaksi dihasilkanlah garam yang tidak bersifat reaktif maupun tidak beracun. Kita mengonsumsi garam tiap hari dalam makanan kita kan? Dari contoh ini kalian dapat melihat istimewanya reaksi kimia. Zat sebelum reaksi memiliki sifat yang berbeda dengan zat yang dihasilkan setelah reaksi. Inilah manfaat mempelajari reaksi kimia.

Persamaan di atas dapat dituliskan dalam bentuk rumus kimia:



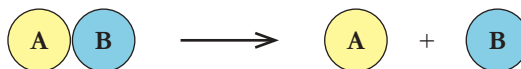
Bentuk persamaan kimia di atas belum seimbang karena jumlah pereaksi tidak sama dengan jumlah atom pada produk. Bentuk seimbang dari reaksi di atas adalah:



Kalian akan mempelajari lebih jauh cara menyeimbangkan persamaan kimia saat SMA nanti.

### **b. Reaksi Penguraian atau Dekomposisi**

Jika reaksi kombinasi adalah proses pembentukan, maka reaksi penguraian adalah kebalikannya, yaitu suatu zat atau senyawa yang lebih kompleks atau lebih besar diuraikan menjadi zat-zat baru yang lebih sederhana, bentuk persamaan reaksi penguraian secara umum adalah:



Contoh reaksi penguraian air menjadi gas hidrogen dan gas oksigen:



Apabila kamu menuangkan minuman bersoda pasti kamu menjumpai gelembung gas seperti pada gambar di bawah ini, kamu juga mendengar bunyi gas yang terbentuk. Hal ini terjadi karena reaksi penguraian asam karbonat menjadi air dan gas karbon dioksida, sesuai persamaan reaksi berikut ini:







**Gambar 5.5** Minuman bersoda menunjukkan adanya reaksi kimia.

Sumber: pixabay.com/Ernesto Rodriguez; pexels.com/Marta Dzedyshko.

### c. Reaksi Pembakaran

Reaksi ini selalu melibatkan nyala api yang menghasilkan oksigen akibat pelepasan energi panas secara cepat. Reaksi ini terjadi saat kita menggunakan api untuk memasak, juga dalam proses pembakaran mesin kendaraan bermotor, pesawat, dan roket. Semua reaksi ini membutuhkan oksigen, perbedaannya hanyalah jenis zat yang dibakar. Pada saat kita menggunakan gas elpiji atau LPG (*liquid petroleum gas*) untuk memasak, maka gas propana yang terbakar.



Di beberapa tempat, gas metana juga digunakan untuk memasak, seperti ditunjukkan dalam gambar di bawah ini. Gas metana dapat dihasilkan dari pembusukan sampah maupun dari kotoran hewan.

**Gambar 5.6** Tabung gas elpiji untuk memasak mengandung gas propana.

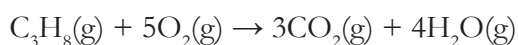
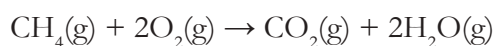
Sumber: medan.tribunnews.com/PERTAMINAMORI (2019)

**Gambar 5.7** Memasak menggunakan gas metana.

Sumber: banjarmasin.tribunnews.com/melhami



Perhatikan perbandingan dua persamaan reaksi pembakaran gas pembakaran metana ( $\text{CH}_4$ ) dan propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ):

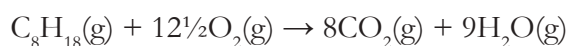


Dengan membandingkan kedua reaksi di atas, maka kita mengetahui bahwa untuk membakar 1 molekul gas metana diperlukan 2 molekul oksigen, sementara pembakaran 1 molekul gas propana membutuhkan lebih banyak molekul oksigen, yaitu 5 molekul. Produk yang dihasilkan sama-sama berupa karbon dioksida,  $\text{CO}_2$ , dan air,  $\text{H}_2\text{O}$ . Namun kandungan  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan dari pembakaran propana lebih banyak dibandingkan dengan gas metana.



### Ayo Bandingkan Aktivitas 5.2

Sekarang coba perhatikan reaksi pembakaran bensin, yang mengandung senyawa oktana ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ), pada mesin kendaraan bermotor:

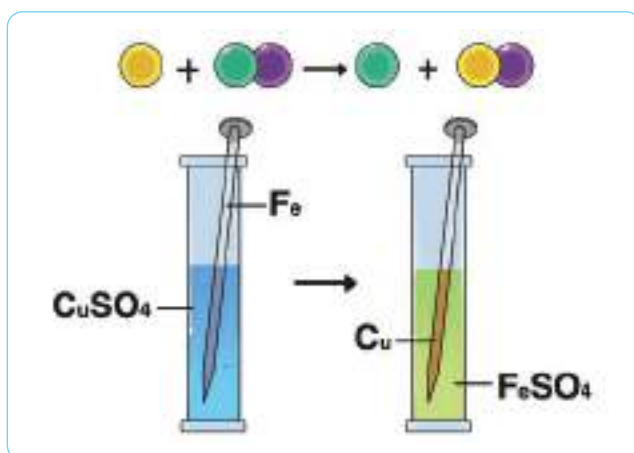


Bandingkanlah banyaknya oksigen yang dibutuhkan dan jumlah molekul yang dihasilkan.

Sekarang carilah reaksi pembakaran bahan bakar pesawat dan roket, kemudian bandingkanlah kebutuhan oksigen dan emisi  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan.

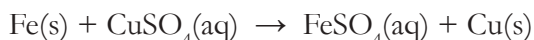
#### d. Reaksi Penggantian Tunggal

Reaksi ini memiliki dua pereaksi yang salah satunya adalah unsur pengganti pereaksi lain sehingga dihasilkan unsur dan senyawa baru sebagai produk reaksi. Contoh reaksi penggantian tunggal terdapat pada gambar berikut ini, yaitu reaksi antara paku yang terbuat dari besi (Fe) yang ditempatkan dalam larutan tembaga (II) sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ). Warna larutan tembaga (II) sulfat adalah biru. Apabila dibiarkan dalam keadaan terendam, maka lama kelamaan bagian paku yang terendam dalam larutan itu akan menjadi coklat kemerahan seperti warna tembaga.



**Gambar 5.8** Reaksi antara paku besi dengan larutan  $\text{CuSO}_4$ .

Reaksi yang terjadi dapat dituliskan dalam persamaan berikut:



Dari persamaan reaksi di atas, terlihat bahwa atom tembaga (Cu) pada senyawa  $\text{CuSO}_4$  digantikan oleh atom Fe sehingga terbentuklah unsur bebas tembaga berupa lapisan kuning kecoklatan yang melapisi paku besi. Produk lainnya yaitu larutan besi (II) sulfat yang membuat warna larutan dari biru menjadi kekuningan. Hal ini dapat terjadi karena logam besi lebih reaktif atau mudah bereaksi dibandingkan atom tembaga sehingga besi mengambil alih posisi tembaga untuk bersenyawa dengan ion sulfat.



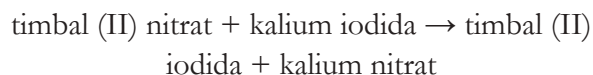
**Gambar 5.9** Contoh reaksi pertukaran ganda atau metatesis.

Sumber: shutterstock.com/shuttertun

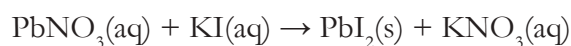
### e. Reaksi Pertukaran Ganda atau Metatesis

Reaksi ini dapat diumpamakan seperti kamu sedang berpasangan dengan seorang temanmu mendiskusikan mengenai reaksi kimia, kemudian kamu bertukar pasangan dengan temanmu yang lain untuk melanjutkan diskusi. Reaksi pada gambar di samping ini merupakan hasil dari reaksi metatesis.

Pereaksi yang digunakan dalam percobaan di atas yaitu larutan timbal (II) nitrat,  $\text{PbNO}_3$ , dan larutan kalium iodida (KI) yang keduanya bening, tidak berwarna. Ketika kalium iodida dituangkan ke dalam timbal (II) nitrat maka terlihat warna kuning yang menunjukkan terbentuknya larutan timbal (II) iodida. Produk lainnya yaitu larutan kalium nitrat yang tidak berwarna. Apabila ditinggalkan beberapa saat maka padatan berwarna kuning timbal iodida akan mengendap di dasar gelas kimia yang digunakan. Karena itulah reaksi metatesis juga sering disebut reaksi pengendapan. Persamaan reaksi yang terjadi:



atau disimbolkan:



Nah kalau begitu, bagaimanakah persamaan umum dari reaksi ini? Lakukanlah aktivitas berikut untuk menentukannya.



### Ayo Buat Aktivitas 5.3

Coba buatlah persamaan umum dari reaksi penggantian tunggal dan reaksi pertukaran ganda dengan menggunakan simbol bulat dan huruf seperti pada reaksi kombinasi dan dekomposisi.

Selain reaksi pengendapan, reaksi netralisasi juga termasuk jenis reaksi metatesis. Reaksi netralisasi adalah reaksi antara suatu larutan asam dengan senyawa basa. Apakah kalian sudah mengetahui apa yang dimaksud dengan larutan asam dan basa? Mari kita bahas pada sub bab selanjutnya.



### Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Tulislah reaksi penguraian untuk:
  - a. garam, natrium klorida, atau NaCl
  - b. karbon dioksida, CO<sub>2</sub>
2. Ada beberapa reaksi kimia yang dapat dikategorikan sebagai dua jenis reaksi sekaligus. Contohnya reaksi antara magnesium dan oksigen di udara dengan nyala api untuk menghasilkan senyawa baru yaitu magnesium oksida. Jelaskan mengapa reaksi ini merupakan reaksi sintesis dan juga pembakaran?
3. Di dalam kelompok kecil (2-3 orang), pilihlah salah satu reaksi kimia di bawah ini. Kumpulkanlah informasi mengenai reaksi yang kamu pilih kemudian buatlah poster pada karton manila untuk meringkas informasi mengenai reaksi tersebut, meliputi: di mana terjadinya reaksi, jenis reaksi, persamaan reaksi (dalam kata-kata maupun rumus kimia), kegunaan dan dampak reaksi, serta informasi lain yang menarik atau menurutmu patut diketahui teman-temanmu. Jangan lupa menulis keterangan referensi yang kamu gunakan. Pilihan reaksi yang dapat kamu pilih:
  - Fotosintesis
  - Respirasi aerobik dalam sel
  - Fermentasi
  - Oksidasi termasuk perkaratan pada besi
  - Reaksi antara asam dengan soda kue
  - Reaksi dalam baterai
  - Pencernaan di lambung
  - Reaksi sabun dan deterjen
  - Memasak (pilih 2 contoh yang spesifik)
  - Reaksi pada kembang api
  - Pembusukan makanan

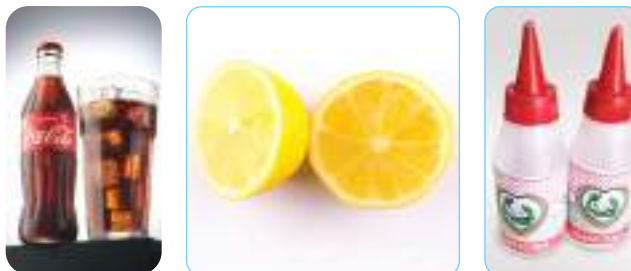
- Pelapisan logam
  - Pewarnaan rambut
  - Perubahan warna daun saat ada perubahan musim di wilayah subtropis (negara 4-musim)
4. Buatlah suatu peta berpikir dengan bentuk jaring laba-laba untuk meringkas jenis-jenis reaksi kimia yang telah kamu pelajari dalam bab ini.

## B. Asam dan Basa

Apakah kesamaan antara lemon, minuman bersoda, dan cuka untuk memasak pada gambar di bawah ini?

**Gambar 5.10** Lemon, minuman bersoda, dan cuka masak.

Sumber: [unsplash.com/Andrey Ilkevich](https://unsplash.com/Andrey Ilkevich) on Unsplash; [pexels.com/Lukas](https://pexels.com/Lukas) from Pexels.



Ketiga larutan di atas termasuk dalam larutan asam. Masih banyak lagi larutan di sekitar kita yang bersifat asam. Dapatkah kalian menyebutkan beberapa contoh larutan?

Asam dan basa adalah sifat yang dimiliki larutan tergantung pada kandungan bahan kimia di dalamnya. Mari kita pelajari perbedaannya seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Sifat Larutan	Asam	Basa
Rasa	Masam	Pahit
pH	Antara 0 - 7	Antara 8 - 14

Terasa di kulit	Mengiritasi atau merusak kulit (korosif)	Licin, ada beberapa yang juga merusak kulit
Menghantarkan listrik	Dapat menghantarkan listrik	Dapat menghantarkan listrik
Mengubah warna kertas lakmus	Menjadi merah	Menjadi biru
Reaksi	Dapat bereaksi dengan logam dan basa untuk membentuk garam	Dapat bereaksi dengan asam untuk membentuk garam

## 1. Asam

Larutan yang bersifat asam biasanya memiliki rasa masam. Namun jangan sampai kalian mengecap suatu larutan di laboratorium untuk mengetahui apakah larutan tersebut bersifat asam. Ada beberapa asam di laboratorium yang sangat berbahaya sehingga tidak boleh berkontak dengan kulit kita. Sifat berbahaya asam disebut sebagai korosif, artinya menyebabkan kerusakan pada jaringan kulit, mata, dan organ pernapasan, bahkan asam sulfat pekat dapat membuat pakaian kita sobek ketika ditetesi larutan asam ini. Ada beberapa *video online* yang dapat kalian saksikan tentang berbahayanya beberapa asam yang ada di laboratorium. Karena itulah kalian perlu selalu mengenakan perlengkapan keamanan lab ketika bekerja dengan asam, juga segera melaporkan apabila ada tumpahan larutan asam serta memperhatikan petunjuk gurumu mengenai pembuangan larutan asam maupun basa. Contoh asam yang biasanya terdapat di laboratorium IPA adalah **asam klorida**(HCl), **asam nitrat**, dan **asam sulfat**(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Larutan asam-asam ini disebut asam kuat yang berbahaya dalam keadaan pekat. Walaupun sangat berbahaya namun asam sulfat terus diproduksi untuk bahan kimia dalam aki

mobil, pembuatan bahan tekstil, cat, kertas, plastik, pupuk, untuk mengekstraksi bijih logam dan juga untuk menghasilkan *microchip*. Sedangkan larutan HCl sering digunakan untuk membersihkan logam.



#### Ayo Cari Aktivitas 5.4

Asam klorida, HCl, adalah salah satu asam yang cukup berbahaya dalam keadaan pekat. Tubuh kita memiliki asam klorida pekat dalam lambung yang membantu proses pencernaan makanan. Mengapa lambung kita tidak rusak meskipun ada kandungan HCl di dalamnya? Coba cari sebabnya dengan menggunakan buku-buku, ensiklopedia, atau sumber internet.

Ada beberapa larutan asam yang tidak berbahaya bagi tubuh manusia sehingga aman untuk dikonsumsi, yaitu senyawa asam sitrat,  $C_6H_8O_7$  yang terdapat pada lemon, asam karbonat  $H_2CO_3$ , asam fosfat, dalam minuman bersoda serta asam asetat, yang ada dalam cuka masak. Semua asam tersebut adalah asam lemah. Beberapa minuman dan makanan biasanya juga mengandung asam lemah, misalnya asam laktat, dalam yogurt, asam benzoat, yang digunakan untuk mengawetkan minuman bersoda, jelly, jus, minuman kemasan, saus sambal, dan kecap. Selain terkandung dalam makanan dan minuman, asam juga terdapat dalam vitamin C (asam askorbat,  $C_6H_8O_6$ ) obat aspirin, yaitu berupa asam salisilat,  $C_7H_6O_3$ .



#### Ayo Cari Aktivitas 5.5

Banyak contoh asam yang telah dibahas pada sub-bab ini. Carilah kesamaan dari asam-asam yang telah disebutkan.



## 2. Basa

Berbeda dari larutan asam yang mengandung unsur hidrogen berupa ion  $H^+$ , maka unsur basa biasanya memiliki ion hidroksida,  $OH^-$ . Ion adalah atom atau senyawa yang memiliki muatan. Kalian akan mempelajari mengenai ion secara lebih dalam pada saat SMA nanti. Basa yang dapat larut dalam air disebut sebagai alkali. Beberapa basa kuat yang pekat sangat berbahaya jika digunakan tanpa sarung tangan karena dapat menyebabkan luka bakar, misalnya natrium hidroksida ( $NaOH$ ), kalium hidroksida ( $KOH$ ), magnesium hidroksida, dan kalsium hidroksida ( $Ca(OH)_2$ ). Pada skala laboratorium tingkat sekolah menengah, larutan asam maupun basa yang digunakan biasanya diencerkan untuk meminimalkan potensi bahaya.

Penggunaan natrium hidroksida sangat umum dalam pembuatan sabun dan deterjen, tekstil, plastik, serta pengolahan bahan bakar. Magnesium hidroksida digunakan sebagai obat maag. Sementara itu kalsium hidroksida digunakan oleh petani untuk menetralkan tanah yang terlalu asam. Tanah yang terlalu asam mengandung sedikit sekali zat hara sehingga tanaman tidak dapat tumbuh dengan subur. Oleh karena itulah tanah itu perlu ditambahkan basa.

Beberapa basa lemah yang sering digunakan adalah ammonia ( $NH_3$  atau  $NH_4OH$  setelah dilarutkan dalam air) untuk pembuatan pupuk, deterjen, dan cairan pembersih penghilang noda. Sedangkan natrium karbonat ( $Na_2CO_3$ ) digunakan dalam proses produksi kaca serta pembuatan sabun cuci dan deterjen bubuk. Bubuk soda kue yang biasanya digunakan untuk membuat kue juga terbuat dari senyawa basa, yaitu natrium hidrogen karbonat ( $NaHCO_3$ ).



**Gambar 5.11** Penggunaan bubuk kalsium hidroksida untuk menetralkan tanah yang terlalu asam.

Sumber: [kompasiana.com/wahyudi richwan](https://kompasiana.com/wahyudi-richwan)

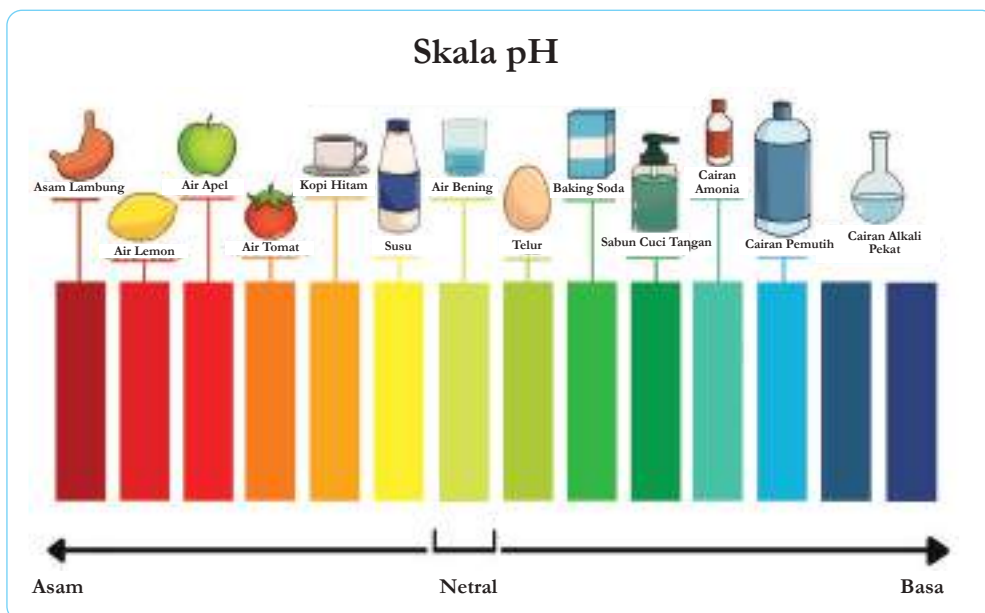
### 3. *pH* dan Indikator

Untuk menentukan apakah suatu larutan asam atau basa, kita dapat mengukur *pH* suatu larutan atau menggunakan indikator asam-basa.

Alat pengukur *pH* disebut *pH* meter yang bekerja dengan cara mengukur derajat keasaman melalui berapa banyak ion hidrogen dalam larutan. Semakin banyak ion hidrogen dalam larutan, semakin rendah *pH* larutan tersebut. Pada suhu 25°C ukuran *pH* dimulai dari skala 0 sampai 14 seperti terlihat pada **Gambar 5.12**.

- Larutan kimia yang bersifat asam memiliki *pH* antara 0 sampai di bawah 7. Semakin rendah *pH* semakin asam larutan tersebut.
- Larutan kimia yang *pH*-nya 7 bersifat netral atau tidak bersifat asam maupun basa.
- Sedangkan larutan kimia yang bersifat basa memiliki *pH* yang lebih besar, yakni 7 sampai 14.

Kamu bisa melihat contoh-contoh bahan yang bersifat asam, etral, dan basa pada gambar berikut.



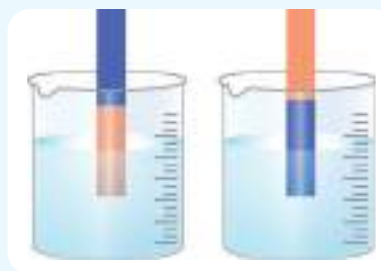
Sifat keasaman juga dapat diketahui dengan menggunakan berbagai indikator, walaupun hasilnya tidak akan seakurat menggunakan *pH* meter. Salah satunya dengan menggunakan kertas lakmus. Dengan menggunakan kertas lakmus, kita tidak dapat mengetahui *pH* larutan, namun hanya dapat mengidentifikasi apakah suatu larutan bersifat asam atau basa dari perubahan warna pada kertas lakmus tersebut..

Bagaimanakah perubahan warna yang akan terjadi pada kertas lakmus dalam larutan asam atau basa? Lakukanlah aktivitas berikut untuk mengetahuinya.



### Ayo Buat Aktivitas 5.6

Buatlah tabel di bawah ini di buku catatanmu, kemudian celupkan 1 lembar kertas lakmus ke dalam larutan seperti pada **Gambar 5.13**. Catat perubahan warna pada kertas lakmus yang terjadi. Ganti kertas lakmus untuk menguji larutan yang selanjutnya.



**Gambar 5.13** Pengujian sifat asam-basa menggunakan kertas lakmus.

Larutan yang Diuji	Apabila Dichelupkan dalam Larutan	
	Warna Lakmus Merah	Warna Lakmus Biru
Asam klorida		
Natrium hidroksida		
Natrium klorida		

Apakah kesimpulan yang dapat kamu ambil dari percobaan di atas?

Indikator lainnya yang dapat digunakan untuk mengukur  $pH$  larutan adalah indikator universal, baik berupa kertas uji berwarna maupun berupa cairan yang diteteskan pada larutan yang akan diuji. Kertas atau cairan tersebut akan mengalami perubahan warna yang menunjukkan  $pH$  larutan dengan membandingkan pada standar warna yang disediakan. Ada beberapa indikator cair lainnya yang dapat digunakan juga, misalnya metil oranye, metil merah, fenolftalein, bromtimol biru, dan lain sebagainya.

Selain kertas lakmus dan indikator universal, kita juga dapat menggunakan bahan alami untuk membuat indikator asam-basa, misalnya dengan cairan dari kunyit, bunga kembang sepatu, buah bit, bunga mawar, bayam merah, atau kol ungu. Kalian akan membuat indikator alami dalam kegiatan berikut ini.



### Ayo Amati Aktivitas 5.7

Pilihlah salah satu jenis tanaman seperti yang tertera di atas.

1. Letakkan indikator yang dipilih bunga/daun/kunyit (kira-kira satu gengam bunga atau daun atau 2 ruas kunyit) ke dalam suatu panci kecil.
2. Tambahkan 1 gelas air
3. Rebus sampai mendidih kemudian biarkan dingin, kurang lebih selama 5 menit.
4. Ambil bagian cairannya untuk digunakan sebagai indikator.

Indikatormu sudah jadi. Sekarang kalian akan menentukan warna indikator dalam larutan asam dan basa yang ada di sekitarmu. Untuk larutan asam dengan warna bening dan transparan, agar perubahan warna lebih mudah diamati, misalnya minuman bersoda yang bening, air jeruk (jenis apapun), atau minuman jus kemasan. Sedangkan untuk larutan basa, kalian dapat menggunakan sabun cuci tangan atau deterjen.

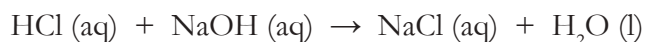
5. Tuanglah larutan yang akan diuji ke dalam suatu wadah kecil yang tersedia di rumah
6. Tambahkan larutan indikator alami yang telah kamu buat pada langkah nomor 1-4.
7. Amati perubahan warna yang terjadi kemudian catat hasil pengamatanmu.
8. Tulislah kesimpulanmu.

Diadaptasi dari <https://percobaansainsterbaik.com/percobaan-membuat-indikator-alami/> tanggal akses 10 Januari 2021

#### 4. Reaksi Netralisasi

Penggunaan basa untuk mengatasi sakit maag maupun proses menaikkan *pH* tanah yang terlalu asam menggunakan reaksi netralisasi. Reaksi ini melibatkan asam dan basa sebagai zat pereaksi untuk menghasilkan garam dan air sebagai produk. Contoh reaksi netralisasi antara asam klorida dan natrium hidroksida adalah sebagai berikut:

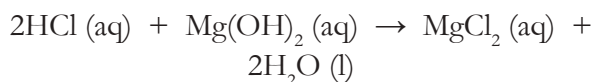
Asam klorida + natrium hidroksida → natrium  
klorida + air



Produk reaksi netralisasi ini adalah garam natrium klorida dan air.

Sedangkan reaksi kimia yang terjadi di dalam lambung saat kita menggunakan obat maag yang mengandung magnesium hidroksida,  $\text{Mg(OH)}_2$  adalah sebagai berikut:

Asam klorida + magnesium hidroksida →  
magnesium klorida + air



Produk yang dihasilkan dari suatu reaksi netralisasi adalah berupa garam. Dalam reaksi di atas, garam yang terlibat adalah magnesium klorida. Garam dalam istilah IPA tidak selalu sama dengan garam yang kalian konsumsi dalam makanan. Garam yang dimaksud di sini adalah hasil reaksi dari asam dan basa.

Inilah akhir dari pembahasan semua jenis reaksi. Dari subbab 5.1 dan 5.2 kalian telah mempelajari reaksi kombinasi, pembakaran, dekomposisi, penggantian tunggal, dan pertukaran ganda. Reaksi pertukaran ganda dapat dibedakan menjadi reaksi pengendapan dan reaksi netralisasi. Untuk memperdalam pengetahuan dan keterampilanmu mengenai reaksi-reaksi kimia, ayo lakukan percobaan-percobaan berikut dalam kelompok sesuai arahan gurumu. Kalian akan mengerjakan di laboratorium, jadi jangan lupa untuk menaati peraturan keselamatan kerja di laboratorium IPA.



### Percobaan Aktivitas 5.8

#### Tujuan:

Menyelidiki berbagai jenis reaksi kimia, mengelompokkannya, serta menuliskan persamaan reaksinya.

#### Prosedur:

- Pos 1: Tambahkan 3 cm pita magnesium ke dalam tabung reaksi yang berisi asam nitrat sebanyak 5 mL. Amati perubahan yang dapat kamu lihat dan rasakan, apakah ada larutan yang menjadi lebih panas atau dingin. Catat hasil pengamatanmu.
- Pos 2: Isilah suatu tabung reaksi dengan larutan kalium iodida, KI sampai kedalaman 1 cm. Catat warna larutan KI. Tambahkan larutan timbal (II) nitrat dengan volume yang sama ke dalam tabung reaksi tersebut. Catat perubahan yang terjadi.

Pos 3: Tuang 3 mL larutan encer asam klorida ke dalam suatu tabung reaksi. Tambahkan indikator fenolftalein. Catat warna campuran ini. Kemudian tambahkan larutan natrium hidroksida secara perlahan sampai kamu memperoleh perubahan warna yang menetap selama lebih dari 15 detik. Rasakan juga apakah ada larutan yang menjadi lebih panas atau dingin. Catat pengamatanmu.

Pos 4: Ke dalam tabung reaksi yang berisi 3 mL kobalt (II) klorida, tambahkan larutan 3 mL tembaga (II) sulfat. Amati perubahan yang terjadi dan catat hasil pengamatanmu.

Pos 5: Gunakan penjepit tong untuk memegang 5 cm pita magnesium yang telah dibersihkan lapisan berwarna hitamnya. Dekatkan ujung pita magnesium pada api (gunakan api dari pembakar spiritus, bunsen, atau lilin). Ingat, kalian tidak boleh melihat apinya dengan mata telanjang karena cahaya api sangat terang sehingga dapat merusak mata. Lakukan hal ini di atas gelas kimia atau keramik. Catat perbedaan yang terjadi pada pita magnesium setelah reaksi.

Pos 6: Masukkan 30 mL larutan cuka ke dalam gelas kimia. Tambahkan baking soda sebanyak satu sendok teh ke dalamnya. Amati apa yang terjadi dan rasakan suhu gelas kimia. Catat pengamatanmu.

### Kesimpulan:

Untuk setiap reaksi yang telah kalian lakukan, tulislah laporan singkat yang menyatakan:

1. Jenis reaksi yang terjadi
2. Persamaan kimia dalam bentuk kata-kata dan dalam bentuk rumus kimia
3. Bukti terjadinya reaksi kimia.



### Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Tulislah reaksi netralisasi yang terjadi pada saat petani mencampurkan kalsium hidroksida di atas tanah yang mengandung asam. Gunakan rumus kimia HX untuk asam dalam tanah.
2. Saat tersengat lebah ada cairan asam yang diinjeksikan atau dimasukkan ke dalam lapisan kulit kita. Bagaimana cara meredakan sengatan tersebut ditinjau dari konsep asam-basa?

3. Hujan asam memberikan dampak yang kurang baik pada lingkungan, baik pada tumbuhan, hewan perairan, maupun pada bangunan dan monument/patung yang ada di luar ruangan. Mengapa bisa demikian? Jelaskan semua dampak yang ditimbulkan.
4. Suatu kolam renang perlu selalu dicek  $pH$ -nya sebelum digunakan agar tidak membahayakan orang yang berenang.  $pH$  terbaik adalah antara 7,0-7,5. Suatu ketika  $pH$  kolam terdeteksi 5,0. Apa yang akan kamu lakukan untuk membuat  $pH$  naik?



## Refleksi

Sebelum melanjutkan ke subbab berikutnya, ini saatnya kalian berhenti sejenak dan kembali melihat pertanyaan-pertanyaan yang kalian tuliskan pada awal bab ini.

Apakah semua pertanyaan sudah terjawab?

Apakah ada pertanyaan baru mengenai Reaksi-reaksi Kimia yang ingin kalian temukan jawabannya?

Berdiskusi dengan teman dan guru dapat membantumu melengkapi pemahaman pada materi ini. Mencari tahu dari sumber belajar lain pun dapat kalian lakukan. Ayo, lanjutkan belajar Sains yang ada di sekitar kita.



**Gambar 5.14** Reaksi pembakaran pita magnesium dengan adanya oksigen di udara.

Sumber: [www.sciencesource.com/](http://www.sciencesource.com/)  
Charles D. Winters

## C. Energi dan Laju Reaksi Kimia

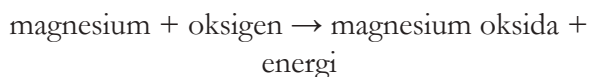
Pada reaksi pembakaran pita magnesium yang telah kalian lakukan pada subbab sebelumnya, apakah menurutmu ada energi yang dilepaskan atau dibutuhkan? Bagaimana kalian mengetahuinya?

### 1. Reaksi Eksotermik dan Endotermik

Banyak reaksi kimia yang menimbulkan perubahan energi. Perubahan energi dapat terjadi dalam bentuk panas, cahaya, maupun bunyi. Untuk mengetahui apakah suatu reaksi melepaskan atau membutuhkan panas, dapat diamati dari kenaikan atau penurunan suhu di sekitar reaksi.

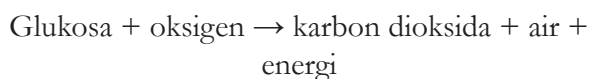


Reaksi yang menghasilkan energi panas atau disebut sebagai reaksi eksotermik. Reaksi eksotermik ditandai dengan adanya kenaikan suhu di sekitar tempat terjadinya reaksi karena energi dikeluarkan. Dalam percobaan yang kalian lakukan pada subbab sebelumnya, kalian dapat merasakan suhu larutan menjadi lebih hangat pada pos 1, 3, dan 6 saat terjadi reaksi netralisasi. Salah satu contoh reaksi eksotermik terjadi pada reaksi netralisasi, demikian pula saat kalian menyalakan korek api, pasti kalian dapat merasakan panas, bukan? Proses pembakaran ketika kalian menggunakan bahan bakar, minyak maupun gas, juga menghasilkan energi panas sehingga reaksi pembakaran juga merupakan reaksi eksotermik. Termasuk juga pembakaran magnesium yang terjadi sesuai persamaan reaksi berikut:



Walaupun membutuhkan energi panas di awal agar reaksi mulai terjadi, namun energi yang dihasilkan dalam bentuk cahaya dan panas lebih besar, sehingga secara keseluruhan reaksi ini adalah reaksi eksotermik.

Dalam tubuh makhluk hidup selalu terjadi proses respirasi yang telah kalian pelajari pada saat kelas 8. Proses ini juga menghasilkan energi panas untuk menjaga tubuh kita tetap hangat. Dalam proses respirasi sel, terjadi reaksi kimia sebagai berikut:



Reaksi kimia yang membutuhkan energi panas disebut reaksi endotermik. Apabila reaksi endotermik terjadi saat kalian mereaksikan zat, maka kalian akan merasakan suhu gelas kimia menjadi lebih dingin karena reaksi kimia yang terjadi mengambil panas dari sekitarnya sehingga suhu sekitarnya mengalami penurunan.



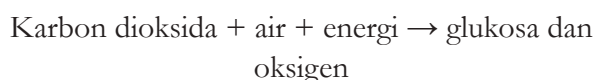
**Gambar 5.15** Reaksi kompres dingin.

Sumber: [unsplash.com/Andrey Ilkevich](https://unsplash.com/Andrey-Ilkevich) on Unsplash!; [pexels.com/Lukas from Pexels](https://pexels.com/Lukas-from-Pexels/);

Pada suatu kecelakaan di lapangan, para atlet biasanya diberikan *chemical cold pack* atau kompres dingin yang berisi ammonium nitrat,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Senyawa ini bersama terkandung dalam kantong plastik yang telah dikemas seperti pada **Gambar 5.15**. Namun ammonium nitrat dan air dipisahkan oleh suatu tabung tipis.

Saat kamu meremas kantong ini tabung itu patah sehingga terjadi reaksi antara ammonium nitrat dengan air, yang membutuhkan panas sehingga membuat kantong menjadi dingin lalu digunakan untuk mengompres.

Reaksi endotermik yang sangat penting bagi kehidupan adalah fotosintesis. Seperti telah kalian ketahui, tumbuhan adalah makhluk hidup yang bersifat autotrof yang memproduksi sendiri makanannya dalam bentuk glukosa. Sebagai makhluk heterotrof, hewan dan manusia memperoleh makanan dari tumbuhan. Keistimewaan tumbuhan adalah memiliki zat hijau daun atau klorofil yang dapat menyerap energi dari matahari. Tanpa klorofil, reaksi fotosintesis tidak dapat terjadi. Apabila tidak ada reaksi fotosintesis maka hewan dan manusia tidak dapat memperoleh glukosa. Tidak hanya menghasilkan makanan, dalam proses fotosintesis tumbuhan bahkan memanfaatkan karbon dioksida yang merupakan zat buangan dalam proses respirasi. Dari proses fotosintesis dihasilkan oksigen yang dapat kita hirup saat pernapasan. Jadi manfaat adanya tumbuhan sangat besar bagi kelangsungan kehidupan. Karena itulah kita perlu menjaga tumbuhan di sekitar kita dengan tidak menebang pohon sembarangan, merawat, dan ikut menanam berbagai tumbuhan hijau. Reaksi fotosintesis adalah sebagai berikut:



atau:



## 2. Laju Reaksi Kimia

Suatu reaksi kimia dapat berjalan apabila ada tumbukan antara atom-atom pereaksi dan energi yang cukup untuk memulai reaksi tersebut. Energi dapat diperoleh dari tumbukan antara partikel. Energi ini disebut sebagai energi aktivasi, yaitu energi minimum yang diperlukan untuk memulai suatu reaksi kimia. Simbol untuk energi aktivasi adalah  $E_a$ . Reaksi dapat mulai berjalan hanya jika energi aktivasi telah dicapai. Seperti telah kalian ketahui dalam suatu reaksi kimia, ketika pereaksi bertumbukan maka akan terbentuk produk. Jadi semakin lama suatu reaksi berjalan, makin sedikit zat pereaksinya (karena sudah berubah menjadi produk) dan karena itu makin lama reaksi, makin banyak produknya.

Laju reaksi didefinisikan sebagai perubahan banyaknya pereaksi yang berkurang dalam rentang waktu tertentu atau bisa juga berarti: perubahan pada banyaknya produk yang bertambah dalam selang waktu tertentu. Dengan kata lain, laju reaksi adalah perubahan jumlah pereaksi atau produk dalam selang waktu tertentu. Reaksi kimia antara magnesium dan asam nitrat yang telah kalian lakukan pada subbab 5.2 berjalan lebih lambat dibandingkan dengan reaksi pada kembang api yang sangat cepat. Reaksi kimia ada yang berjalan cepat dan juga ada yang lebih lambat. Perkaratan pada besi juga terjadi dalam jangka waktu yang panjang, namun membakar kayu dapat berlangsung sangat cepat.

Mengapa penting untuk belajar laju reaksi? Dalam skala industri, pasti kita ingin reaksi berjalan cepat supaya tidak buang-buang energi. Kalau

reaksinya lama maka akan butuh energi yang lebih banyak, artinya biaya produksi tinggi, yang berakhir pada meningkatnya harga produk yang dijual pada konsumen. Padahal kalau produk mahal, susah bersaing di pasaran. Jadi dengan mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, kita bisa mempercepat reaksi yang berjalan lambat dan memperlambat reaksi-reaksi berbahaya, contohnya: pada mobil yang sedang berjalan, sebenarnya ada gas beracun yang dihasilkan, para ahli menambahkan katalis yang mempercepat reaksi yang mengubah gas-gas beracun menjadi gas tidak beracun. Kalau reaksi tidak dibuat cepat, kita bisa menghasilkan terlalu banyak gas beracun di udara. Efek rumah kaca akan makin buruk. Ini contoh reaksi yang dipercepat. Namun ada juga reaksi yang diperlambat, misalnya agar makanan tidak cepat basi kita letakkan di kulkas agar pembusukan oleh bakteri diperlambat. Lakukanlah aktivitas berikut ini untuk menyelidiki waktu reaksi antara kapur dengan asam asetat.



### **Ayo Rancang Aktivitas 5.9**

Di dalam kelompok kecil (4-5 orang), rancanglah suatu percobaan untuk menyelidiki faktor yang mempengaruhi waktu yang dibutuhkan untuk reaksi kimia antara kapur dengan cuka. Kalian dapat memilih salah satu variabel bebas dari pilihan berikut.

1. Banyaknya cuka yang ditambahkan
2. Banyaknya kapur yang ditambahkan dalam bentuk serbuk
3. Bentuk kapur dalam bentuk serbuk, utuh atau setengah bagian (jumlah kapur yang digunakan harus sama)
4. Suhu cuka yang digunakan

Rancangan percobaanmu memiliki bagian-bagian sebagai berikut:

a) Tujuan Percobaan

Dapat dituliskan dalam bentuk pernyataan atau pertanyaan, misalnya: “menyelidiki pengaruh (variabel bebas) terhadap (variabel terikat)” atau “Bagaimana pengaruh (variabel bebas) terhadap “variabel terikat?”

b) Hipotesis

Suatu perkiraan hasil percobaan berdasarkan variabel bebas dan terikat, disertai dengan alasan secara saintifik.

c) Variabel

Terdiri dari variabel bebas, terikat dan kontrol secara terperinci

d) Alat dan Bahan

Daftar alat-alat dan bahan yang akan digunakan dalam percobaan, disertai dengan jumlah alat/bahan yang diperlukan.

e) Prosedur

Tuliskan langkah-langkah percobaan secara berurutan.

Setelah rancanganmu memperoleh persetujuan dari gurumu, maka kalian dapat melakukan percobaan tersebut, mencatat data, dan melaporkan hasil percobaan kalian.

Diadaptasi dari <https://www.perkinselearning.org/accessible-science/activities/rate-reaction-lab> tanggal akses 11 Januari 2021

### 3. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Laju Reaksi Kimia

Ada empat faktor yang mempengaruhi laju reaksi kimia, yaitu:

**a. Suhu**

Coba bayangkan kalian berada di tempat yang dingin. Pasti kita ingin selalu dalam kamar yang hangat, kalau bisa di bawah selimut supaya tetap hangat. Gerakan kalian menjadi terbatas karena kedinginan. Sebaliknya, jika ada di tempat yang panas, kita jadi lebih semangat beraktivitas. Atau kalau kita dalam keadaan lapar, pasti kita kurang semangat olahraga. Tapi setelah ada asupan makanan, kita jadi semangat. Nah, begitu juga dengan partikel-partikel pereaksi, jika diberi suhu yang panas, sebagai salah satu bentuk energi, maka partikelnya punya energi yang lebih tinggi untuk bergerak. Apabila partikel lebih sering dan cepat bergerak, maka tumbukan antar partikel makin sering terjadi. Ini berarti frekuensi

tumbukan antar partikel lebih tinggi. Bukan itu saja, coba bayangkan dua mobil yang bergerak dengan kecepatan pelan, sekitar 20 km/jam saling tabrakan, apa yang akan terjadi? Bayangkan pula apa yang akan terjadi jika mobil-mobil yang bertabrakan itu keduanya sedang dalam kecepatan tinggi. Pasti bunyi dan kerusakan yang dihasilkan lebih dahsyat. Artinya jika partikel-partikel bergerak cepat karena suhu tinggi lalu bertumbukan, maka energi yang dihasilkan akan jauh lebih besar dibandingkan pada suhu rendah. Sebagai contoh, suatu reaksi memiliki  $E_a$  700 J, partikel-partikel pereaksi yang bertumbukan masing-masing memiliki energi 400 J dan 500 J. Dengan kuantitas energi seperti itu, pastilah energi hasil tumbukan akan lebih besar daripada  $E_a$  700 J dan produk reaksi pun akan lebih cepat dihasilkan. Berbeda halnya jika energi pereaksi rendah, misal 100 J dan 200 J, tentu akan lebih sulit mencapai  $E_a$  700 J seperti contoh reaksi sebelumnya. Produk reaksi pun akan lebih lama dihasilkan.

#### **b. Banyaknya Zat Pereaksi**

Pada suatu ruangan kelas ukuran normal ada 50 orang siswa, di kelas lain yang berukuran sama hanya berisi 10 orang. Apabila di kedua kelas itu semua siswa bergerak, di kelas mana lebih memungkinkan terjadinya tabrakan? Dalam suatu larutan yang memiliki lebih banyak partikel (larutan berkonsentrasi tinggi), tumbukan akan lebih banyak terjadi sehingga reaksi akan berjalan lebih cepat. Kebalikannya pada larutan dengan konsentrasi rendah terdapat lebih sedikit partikel, kemungkinan terjadinya tumbukan lebih rendah sehingga reaksi berjalan lambat.



**Gambar 5.16** Gula aren.

Sumber: food.detik.com/Getty Images/  
Raats

#### **c. Luas Permukaan**

Suatu sore kita akan membuat kolak manis memakai gula aren atau gula merah atau gula lempeng. Jika kita masukkan langsung satu bongkah gula berbentuk bulat itu ke dalam air, pasti lebih susah

larut dibandingkan kalau gula itu sudah kita potong kecil-kecil dulu. Dengan ukuran gula yang besar berarti luas permukaan gula untuk kontak dengan air sebagai pelarut lebih sedikit. Sedangkan gula yang sudah terpotong-potong, meski ukurannya lebih kecil tapi luas permukaannya lebih besar.

Perlu kalian ingat bahwa luas permukaan tidak sama dengan ukuran partikel. Untuk membantu kita, coba bayangkan kamu melihat suatu rumah yang besar dari luarnya. Berapa banyak pintu masuk yang bisa kamu temui untuk masuk ke dalam rumah itu? 1, 2, mungkin paling banyak 3. Sekarang bayangkan seandainya kita potong-potong rumahnya sehingga setiap ruangan dalam rumah tersebut terpisah-pisah, sekarang ada berapa banyak pintu yang bisa kamu temui? Lebih banyak kan? Nah anggaplah pintu tersebut adalah area untuk kontak supaya terjadi tumbukan. Ukuran ruangan memang lebih kecil dari ukuran rumah tapi area atau tempat untuk kontak akan semakin banyak. Ini yang disebut sebagai luas permukaan. Lebih banyak sisi yang tersedia untuk kontak atau bertumbukan antara zat pereaksi bila ukuran partikel lebih kecil. Jadi makin besar luas permukaan suatu zat pereaksi, maka makin mudalah reaksi itu terjadi, dengan demikian laju reaksi makin tinggi. Karena itulah, biasanya kamu atau ibumu menambahkan garam pada masakan dalam bentuk bubuk (luas permukaan atau area kontak) bukan dalam bentuk balok.

#### **d. Penambahan Katalis**

Katalis istimewa karena dapat memberikan jalur reaksi lain yang energi aktivasinya lebih rendah tanpa adanya katalis. Semacam jalan pintas sehingga energi yang dibutuhkan untuk bereaksi lebih sedikit, sehingga reaksi akan berjalan lebih cepat. Katalis biasanya bereaksi dulu dengan pereaksi lalu dilepaskan kembali ketika produk sudah terbentuk, jadi katalis bisa diperoleh kembali setelah suatu

reaksi terjadi. Hemat, bukan? Karena itulah katalis sering sekali dimanfaatkan dalam industri, misalnya dalam pembuatan pupuk terdapat proses produksi ammonia dari gas nitrogen dan hidrogen. Proses ini dipercepat dengan menggunakan katalis besi. Sedangkan dalam produksi asam sulfat sering digunakan katalis vanadium oksida,  $V_2O_5$ .

Katalis juga berperan penting dalam proses biologi, khususnya dalam tubuh manusia. Bentuk katalis biologi itu adalah enzim. Nah kamu pasti ingat berbagai enzim yang membantu pencernaan sesuai yang telah kamu pelajari pada saat di kelas.



## Fakta Sains

### Perbandingan Waktu Reaksi tanpa Adanya Katalis

Tanpa adanya katalis, suatu reaksi akan berjalan lama. Namun seberapa lama perbandingannya? Penelitian terhadap pengaruh enzim fosfatase terhadap laju reaksi dalam pembentukan DNA dan RNA dilakukan oleh Dr. Richard Wolfenden, seorang professor biokimia dan biofisika di Universitas North Carolina pada tahun 1998. Ia melaporkan tanpa adanya enzim maka reaksi ini akan memerlukan 78 juta tahun dalam air. Sementara dengan adanya enzim reaksi ini hanya berlangsung 10 milisekon.

Sumber: University Of North Carolina School Of Medicine. "Without Enzyme Catalyst, Slowest Known Biological Reaction Takes 1 Trillion Years." ScienceDaily. ScienceDaily, 6 May 2003. <[www.sciencedaily.com/releases/2003/05/030506073321.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2003/05/030506073321.htm)>.



## Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Jelaskanlah pengamatan-pengamatan berikut ini:
  - a) Dengan menggunakan bubuk magnesium maka reaksi dengan larutan asam berjalan lebih cepat dibandingkan dengan jika menggunakan pita magnesium.
  - b) Reaksi antara kapur dengan asam klorida akan makin cepat apabila kita menggunakan asam klorida pekat.



- c) Reaksi antara seng dengan asam sulfat akan berjalan lebih cepat apabila ditambahkan beberapa tetes larutan tembaga (II) sulfat.
  - d) Makanan dapat dimasak lebih cepat dalam panci bertekanan tinggi dibandingkan panci biasa.
  - e) Semakin banyak mengonsumsi makanan dan minuman manis maka gigimu akan lebih cepat mengalami kerusakan.  
(Gallagher and Ingram, 2001)
2. Hujan asam yang memiliki  $pH$  di bawah 5,6 membentuk puncak-puncak tajam pada gunung batu yang ada di Gunung Mulu, Serawak, Malaysia.



**Gambar 5.17** Gunung Mulu, Malaysia.

Sumber: [panorama-destination.com/...](http://panorama-destination.com/...)

Ahli sains menemukan bahwa batuan kapur pada gunung ini mengalami pengikisan pada ketinggian dengan kecepatan 1,7 cm setiap 1.000 tahun.

- a) Apabila tinggi puncak batuan saat ini adalah 6.000 cm, perkirakanlah tinggi gunung 5 juta tahun yang lalu ketika gunung ini terbentuk.
- b) Bandingkanlah kecepatan pengikisan apabila gunung kapur ini terdapat di Alaska.
- c) Jelaskan mengapa kecepatan pengikisan batuan kapur oleh hujan asam terjadi lebih cepat di tempat-tempat yang memiliki banyak pabrik dan industri. (Briggs, 2002)

## Proyek Akhir Bab

Setelah mempelajari mengenai berbagai reaksi kimia, pilihlah salah satu reaksi kimia yang akan kamu selidiki. Kamu juga bisa memilih salah satu reaksi dari percobaan yang telah kamu lakukan atau kamu baca di buku ini atau juga dari berbagai sumber lainnya. Rancanglah suatu percobaan untuk menyelidiki salah satu faktor dalam menentukan waktu reaksi tersebut berjalan. Diskusikan pilihan reaksi dan variabel bebas dengan gurumu, demikian pula semua bagian lain rancangan percobaanmu (tujuan percobaan, hipotesis, serta prosedur percobaan). Setelah memperoleh persetujuan guru, kamu dapat melakukan percobaan tersebut dan pada akhirnya membuat suatu laporan percobaan untuk menyajikan hasil penyelidikanmu.



### Refleksi

Di sinilah akhir dari pembahasan mengenai Reaksi-reaksi Kimia dan Dinamikanya. Sekarang saatnya kamu melihat lagi pertanyaan-pertanyaan yang kamu tulis pada awal bab atau juga yang muncul saat pembahasan bab ini. Apakah ada pertanyaan yang belum terjawab?

Apakah hal terpenting yang kamu pelajari pada bab ini? Kegiatan pembelajaran yang mana yang paling menambah pemahamanmu tentang konsep reaksi kimia?

Apakah keterampilan baru yang kamu peroleh selama belajar bab ini?

Kegiatan pembelajaran yang manakah yang paling menarik untukmu?

Adakah sikap tertentu yang kamu kembangkan dalam bab ini? Sikap apa itu?



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN  
TEKNOLOGI REPUBLIK INDONESIA, 2022

Ilmu Pengetahuan Alam  
untuk SMP/MTs Kelas IX

Penulis : Cece Sutia, dkk.

ISBN : 978-602-244-787-0 (jil.3)


## Bab 6

# Pewarisan Sifat dan Bioteknologi

Apakah kalian memiliki kakak atau adik? Perhatikan wajah kakak atau adik kalian dengan seksama. Apakah terdapat persamaan dan perbedaan secara fisik? Jika kalian perhatikan dengan seksama maka terdapat persamaan dan perbedaan di antara kakak beradik yang memiliki orang tua yang sama. Mengapa dapat terjadi perbedaan bentuk fisik di antara kakak beradik padahal memiliki orang tua yang sama? Nah, untuk mengetahui jawabannya kalian harus mempelajari terlebih dulu bab ini. Di dalam bab ini kalian akan belajar tentang pewarisan sifat pada makhluk hidup. Selamat belajar.

### Kata Kunci

- pewarisan sifat
- DNA
- kromosom
- monohibrid
- dihibrid
- rekayasa genetika



Pertanyaan apakah yang ingin kalian temukan jawabannya dalam bab ini?

1. ....
2. ....

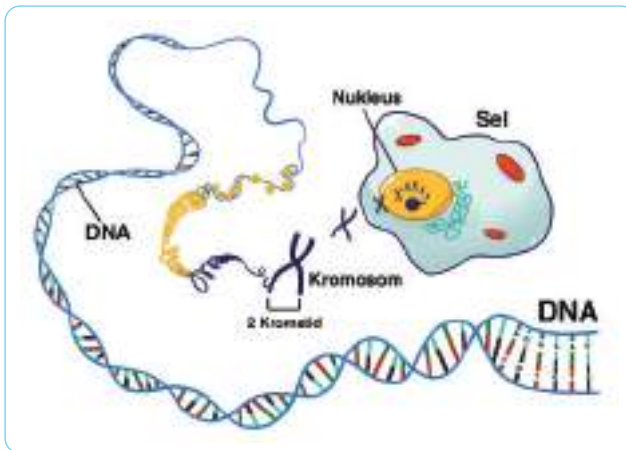
## A. Kromosom, DNA, dan Gen

Perhatikan wajah rekan kalian dengan seksama! Tidak ada satupun rekan kalian yang memiliki wajah yang sama persis kecuali kembar identik. Bahkan tidak ada satupun manusia yang sama atau individu yang sama persis di dunia ini. Apa yang menyebabkannya? 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 saat di kelas 8, kalian sudah belajar tentang struktur dan fungsi sel. Di dalam sel terdapat organel yang berfungsi untuk mengatur semua aktivitas sel yaitu inti sel (**nukleus**). Di dalam inti sel terdapat struktur seperti benang yang disebut **kromosom**, yang terlihat dengan jelas pada saat sel membelah. Setiap kromosom tersusun atas dua kromatid, bergabung pada satu titik yang disebut dengan sentromer (**Gambar 6.1**). Manusia memiliki 23 pasang/46 buah kromosom di setiap selnya, kecuali sel sperma dan ovum yang memiliki 23 buah kromosom.

Di dalam kromatid terdapat benang *double helix* yang disebut dengan **DNA**. DNA dikemas di dalam kromosom dengan cara melilit pada protein histon. Potongan DNA yang menentukan satu sifat atau mengkode 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 6.1** Kromosom, DNA, dan gen.



### Fakta Sains

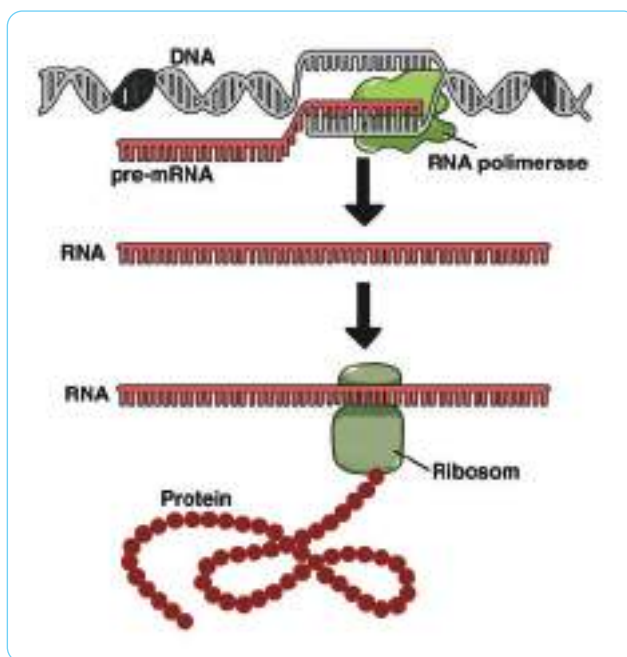
DNA pertama kali ditemukan pada 1869 namun sampai dengan tahun 1950-an belum ada penelitian lebih lanjut. Baru pada awal 1950-an, James Watson dan Francis Crick mulai mengembangkan penelitian tentang DNA dengan menggunakan mikroskop elektron. Pada tahun 1953, mereka mengumumkan ke publik bahwa DNA berbentuk *double helix*, 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. Oleh karena itulah, pada tahun 1962, Watson dan Crick mendapatkan penghargaan Nobel.

Sumber: internasional.kompas.com

## 2. Ekspresi Gen

Seperti yang sudah dijelaskan pada materi sebelumnya, bahwa 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 pada **Gambar 6.2**.



**Gambar 6.2** 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 ini disebut dengan tahapan translasi. Protein yang dihasilkan kemudian akan diproses di RE dan Badan Golgi sebagai bahan baku pembuatan enzim, hormon atau struktur sel yang dapat mempengaruhi sifat setiap individu.





## Mari Uji Kemampuan Kalian

### Mengingat dan Memahami

1. Apa perbedaan antara kromosom, DNA, dan gen?
2. Bagaimana mekanisme ekspresi gen?

### Mengaplikasikan

3. Pada sel eukariotik, kromosom terdapat di dalam inti sel. Jika inti sel dirusak bioproses apa yang akan terjadi di dalam sel tersebut?

### Menalar

4. Apa yang akan terjadi jika terdapat kesalahan pada saat penyalinan kode genetik dari DNA menjadi RNA?

## B. Persilangan Monohibrid dan Dihibrid

Pernahkah kalian memperhatikan adik atau kakak kalian? Mengapa antara adik, kakak, dan kalian sendiri terdapat perbedaan sifat padahal memiliki 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. Jika terjadi perkawinan antar negara maka akan dihasilkan keturunan dengan ciri fisik campuran antar keduanya. Nah, pada bab ini kalian akan mempelajari pewarisan sifat pada makhluk hidup. Selamat belajar.

### 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. Pemilihan kacang kapri berdasarkan

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 yang dilakukan Mendel, ditemukan fakta bahwa pada generasi kedua selalu menghasilkan pola perbandingan tertentu.

Terdapat beberapa istilah yang harus kalian pahami dalam mempelajari pewarisan sifat, yaitu sebagai berikut:

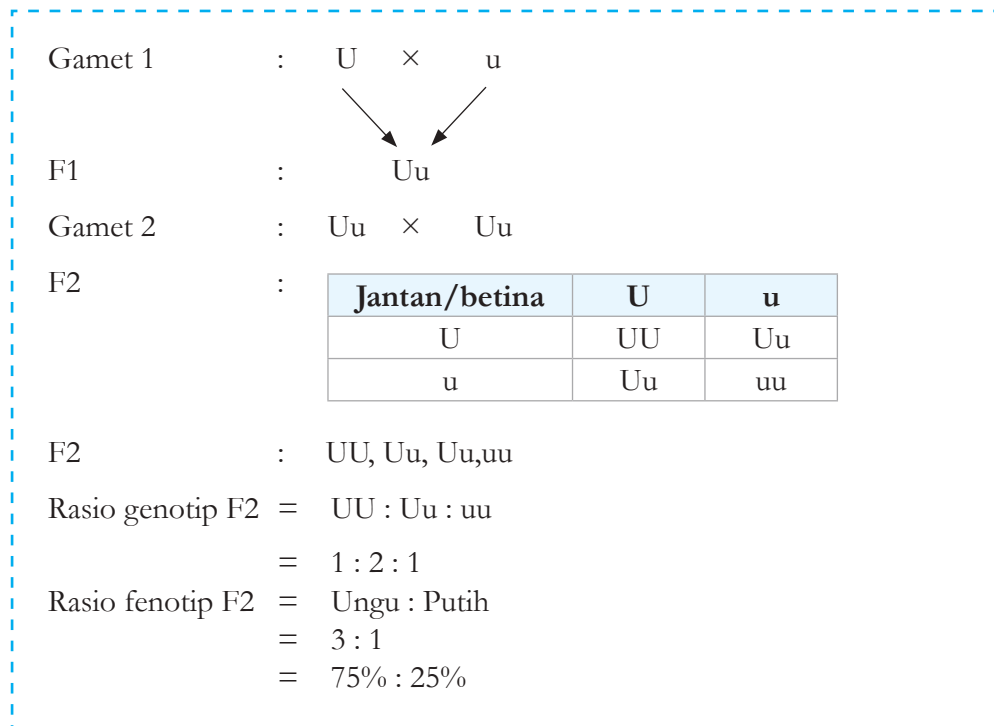
- **Parental (P)** adalah induk yang disilangkan.
- **Gamet (G)** adalah sel kelamin jantan atau betina.
- **Filial (F)** adalah keturunan. F1 berarti keturunan generasi pertama (anak) dan F2 berarti keturunan generasi kedua (cucu).
- **Gen** adalah faktor keturunan atau pembawa sifat. Gen selalu berpasangan. 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.
- **Genotip** adalah susunan gen dari suatu individu. Terdapat tiga jenis genotip 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).
- **Fenotip** adalah sifat yang muncul dari suatu organisme. Misalnya genotip MM maka fenotipnya manis, genotip Mm maka fenotipnya manis, dan genotip mm maka fenotipnya asam.



## 2. Persilangan Monohibrid

Di dalam ilmu genetika dikenal dengan istilah hukum Mendel I atau hukum segregasi (pemisahan). Hukum Mendel I menyatakan bahwa pasangan alel berpisah secara bebas pada saat pembentukan gamet. Hukum Mendel I 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%. Contoh diagram monohibrid adalah sebagai berikut:



Selanjutnya untuk memperdalam pengetahuan kalian tentang persilangan monohibrid, lakukanlah kegiatan “Ayo Kita Simulasikan Persilangan Monohibrid” pada **Aktivitas 6.1** berikut.



### Ayo Bandingkan Aktivitas 6.1

1. Siapkan 100 kancing merah dan 100 kancing 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) ambillah 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 berarti genotipnya MM fenotipnya berarti merah.
  - b. Jika yang terambil pasangan merah-putih berarti genotipnya Mm fenotipnya berarti merah.
  - c. Jika yang terambil pasangan merah-merah berarti genotipnya mm fenotipnya berarti putih.

#### Jawablah pertanyaan berikut:

1. Warna apa yang bersifat dominan dan resesif?
2. Berapa perbandingan genotip yang dihasilkan?
3. Berapa perbandingan fenotip yang dihasilkan?
4. Apakah data yang dihasilkan mendekati persilangan yang dilakukan oleh Mendel yaitu untuk genotip 1:2:1 dan untuk fenotip 3:1?



## Fakta Sains

### 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 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 polong. Hasil pengamatan Mendel menunjukkan adanya pola pewarisan sifat dari induk ke anaknya. Hasil percobaan Mendel dipublikasikan dalam pertemuan ilmiah dan jurnal namun respon dari para ilmuwan lainnya datar saja. Baru setelah ada penelitian serupa pada tahun 1900, hasil percobaan Mendel menjadi rujukan utama.

Sumber: tirtoid

### 3. Persilangan Dihibrid

Di dalam genetika juga dikenal dengan hukum Mendel II atau hukum asortasi (berpasangan secara bebas). Hukum Mendel II menyatakan bahwa setiap alel dapat berpasangan secara bebas dengan alel lainnya yang bukan pasangannya pada saat pembentukan gamet. Hukum Mendel II 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 (F<sub>2</sub>), bunga ungu batang tinggi, bunga ungu batang pendek, bunga putih batang tinggi, bunga putih batang pendek, dengan perbandingan 9:3:3:1. Contoh diagram persilangan dihibrid adalah sebagai berikut.

P2	:	UuTt × UuTt																									
Gamet	:	UT,Ut, uT, ut																									
F2	:	<table><tr><th>Jantan/betina</th><th>UT</th><th>Ut</th><th>uT</th><th>ut</th></tr><tr><td>UT</td><td>UUT<sup>+</sup>T</td><td>UUTt</td><td>UuT<sup>+</sup>T</td><td>UuTt</td></tr><tr><td>Ut</td><td>UUTt</td><td>UUtt</td><td>UuTt</td><td>Uutt</td></tr><tr><td>uT</td><td>UuT<sup>+</sup>T</td><td>UuTt</td><td>uuT<sup>+</sup>T</td><td>uuTt</td></tr><tr><td>ut</td><td>UuTt</td><td>Uutt</td><td>uuTt</td><td>uutt</td></tr></table>	Jantan/betina	UT	Ut	uT	ut	UT	UUT <sup>+</sup> T	UUTt	UuT <sup>+</sup> T	UuTt	Ut	UUTt	UUtt	UuTt	Uutt	uT	UuT <sup>+</sup> T	UuTt	uuT <sup>+</sup> T	uuTt	ut	UuTt	Uutt	uuTt	uutt
Jantan/betina	UT	Ut	uT	ut																							
UT	UUT <sup>+</sup> T	UUTt	UuT <sup>+</sup> T	UuTt																							
Ut	UUTt	UUtt	UuTt	Uutt																							
uT	UuT <sup>+</sup> T	UuTt	uuT <sup>+</sup> T	uuTt																							
ut	UuTt	Uutt	uuTt	uutt																							



## Mari Uji Kemampuan Kalian

### Mengingat dan Memahami

1. Mengapa Mendel melakukan percobaan terkait pewarisan sifat menggunakan kacang ercis?
2. Apa perbedaan antara persilangan monohibrid dengan dihibrid?

### Mengaplikasikan

3. Seorang pasangan suami istri memiliki rambut keriting heterozigot. Karakter rambut lurus bersifat resesif. Berapakah persentase kemungkinannya mereka memiliki anak dengan rambut lurus?

### Menalar

4. Sepasang suami istri berkulit normal terkejut ketika mendapatkan anak yang albino. Albino adalah kelainan yang ditandai dengan tidak adanya pigmen melanin pada kulit seseorang dan bersifat resesif. Apakah mungkin hal ini terjadi pada pasangan tersebut? Buatlah diagram persilangan untuk mendukung argumentasi kalian!

## C. Bioteknologi

Pernahkah kalian mengonsumsi tempe, yoghurt, cuka, atau keju? Bagaimana proses pembuatan makanan/minuman tersebut? Jika kita mengamati proses pembuatan makanan tersebut maka dalam prosesnya memerlukan mikroba tertentu. Misalnya pada saat kita membuat tempe maka akan ditambahkan ragi. Ragi itu sendiri mengandung mikroorganisme berupa jamur yang dapat tumbuh pada media kacang yang kita siapkan. Serat putih pada tempe yang kalian lihat adalah jamur yang sudah berkembang. Nah, pada materi ini kalian akan belajar tentang pemanfaatan agen biologis termasuk mikroba dalam menghasilkan produk/jasa. Selamat belajar.

### 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 kita siapkan. 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, tauco seperti pada **Gambar 6.3**.



**Gambar 6.3** Produk bioteknologi konvensional.

Sumber: [wikimedia.org/Dmitry Makeev](https://www.wikimedia.org/); [iStockphoto/HandmadePicture](https://www.iStockphoto.com/HandmadePicture); [shutterstock/....](https://www.shutterstock.com/); [shutterstock/Maharani afifah](https://www.shutterstock.com/Maharani afifah); [wandercooks.com/...](https://www.wandercooks.com/)

Selanjutnya untuk memperdalam pengetahuan kalian tentang bioteknologi konvensional, lakukanlah kegiatan “Ayo Kita Buat Produk Fermentasi” pada **Aktivitas 6.2**. berikut.



### Ayo Buat Aktivitas 6.2

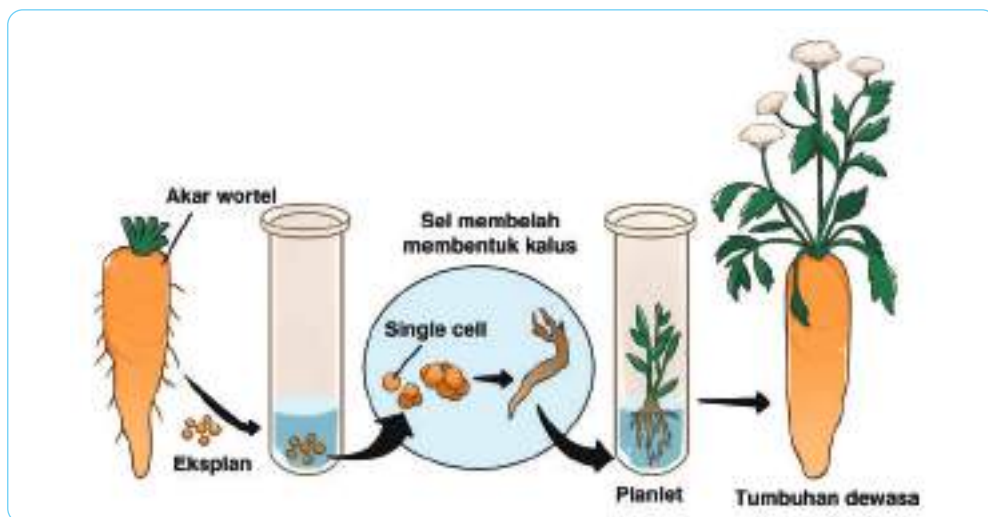
1. Secara berkelompok buatlah produk fermentasi sesuai potensi lokal masing-masing sekolah.
2. Proses praktik yang dilakukan harus menerapkan adanya proses rekayasa variabel misalnya pengaruh jumlah ragi terhadap kualitas roti yang dihasilkan.
3. Hasil percobaan dipresentasikan dalam bentuk poster dengan isi meliputi judul, tujuan percobaan, alat bahan, cara kerja, pembahasan, dan hasil percobaan.
4. Poster dapat disajikan di depan rekan satu kelas dan ditempel di dinding kelas masing-masing.
5. Pelajar lainnya menuliskan mikroorganisme yang terlibat dan proses yang terjadi selama fermentasi ketika ada kelompok yang sedang presentasi.

## 2. Bioteknologi Modern

Berbeda dengan bioteknologi konvensional, yang menggunakan mikroorganisme secara langsung, bioteknologi modern ditandai dengan adanya rekayasa. Bioteknologi modern berkembang sejak ditemukannya struktur DNA, adanya rekayasa genetika/sel, membutuhkan peralatan modern dan dilakukan dalam keadaan steril. Beberapa contoh bioteknologi modern di antaranya kultur jaringan, bayi tabung, kloning, teknologi hibridoma dan DNA rekombinan.

### a. Kultur Jaringan

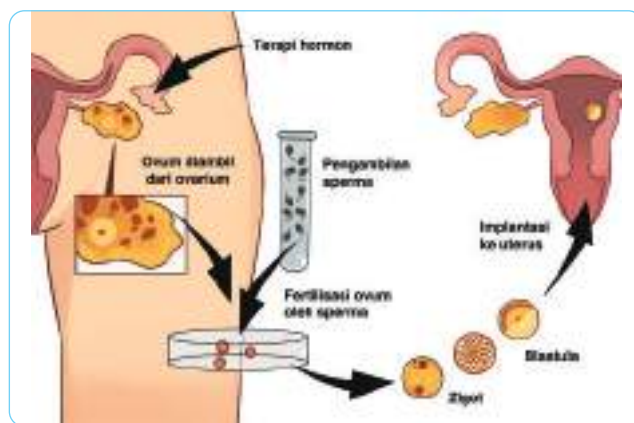
Kultur jaringan adalah teknik memperbanyak tumbuhan dari jaringan/organ tertentu dalam media bernutrisi dan steril seperti pada **Gambar 6.4**. Teknik kultur jaringan memanfaatkan sifat totipotensi tumbuhan yang tinggi karena tumbuhan memiliki sifat meristematik (aktif membelah) yang tinggi. Tujuan kultur jaringan adalah untuk mendapatkan keturunan dalam jumlah besar, cepat, dan seragam.



**Gambar 6.4** Proses kultur jaringan.

### b. Bayi Tabung

Bayi tabung bertujuan untuk mengatasi pasangan yang kesulitan mendapatkan keturunan. Bayi tabung dilakukan dengan cara mempertemukan sperma dan ovum dalam sebuah media (*fertilisasi in vitro*) seperti pada **Gambar 6.5**. Oleh karena itulah disebut bayi tabung. Setelah ovum dibuahi dan mengalami pembelahan, saat embrio berada pada tahap blastula maka akan diimplantasikan pada rahim ibu yang sah.

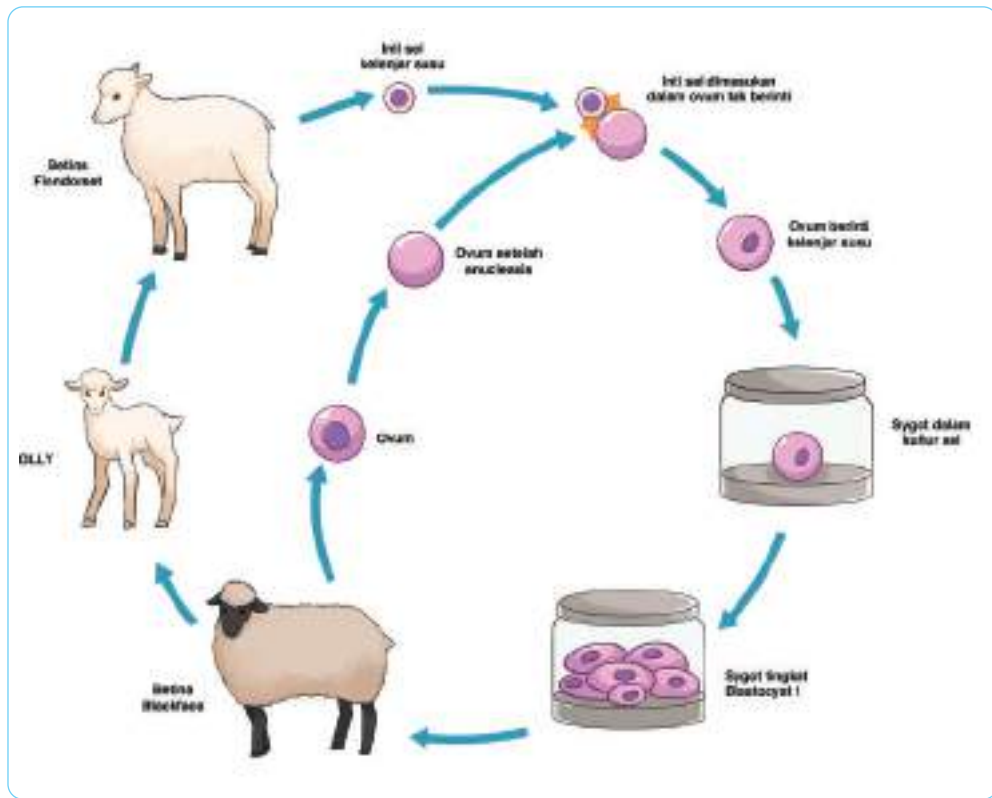


**Gambar 6.5** Proses bayi tabung.

### c. Kloning

Salah satu hewan yang sangat terkenal hasil kloning adalah domba Dolly. **Kloning** (transfer inti) dilakukan dengan cara memindahkan sel inti somatik (inti sel tubuh) ke dalam ovum yang sudah dihilangkan intinya. Sel ini kemudian distimulasi sehingga membelah dan membentuk embrio. Embrio yang terbentuk kemudian dimasukkan ke dalam rahim hewan yang sejenis. Individu hasil kloning akan mirip sifatnya dengan individu pendonor inti sel. Untuk lebih jelasnya tentang tahapan kloning, perhatikan **Gambar 6.6**.

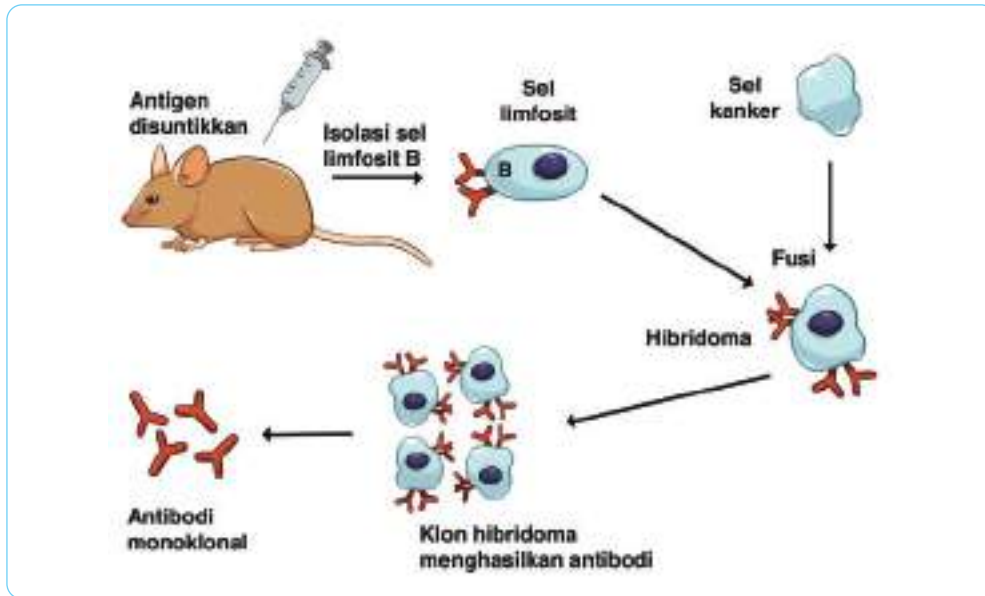




#### d. Teknologi Hibridoma

Gambar 6.6 Proses kloning.

**Hibridoma** (fusi sel) adalah penggabungan dua jenis sel untuk tujuan tertentu. Misalnya untuk membuat antibodi monoklonal para ilmuwan menggabungkan sel kanker dengan sel limfosit B. Sel kanker memiliki sifat cepat membelah sedangkan sel limfosit B dapat menghasilkan antibodi. Hasil penggabungan kedua sel ini akan menghasilkan sel hibridoma yang cepat membelah dan menghasilkan antibodi dalam jumlah banyak. Untuk lebih jelasnya, perhatikan **Gambar 6.7**.

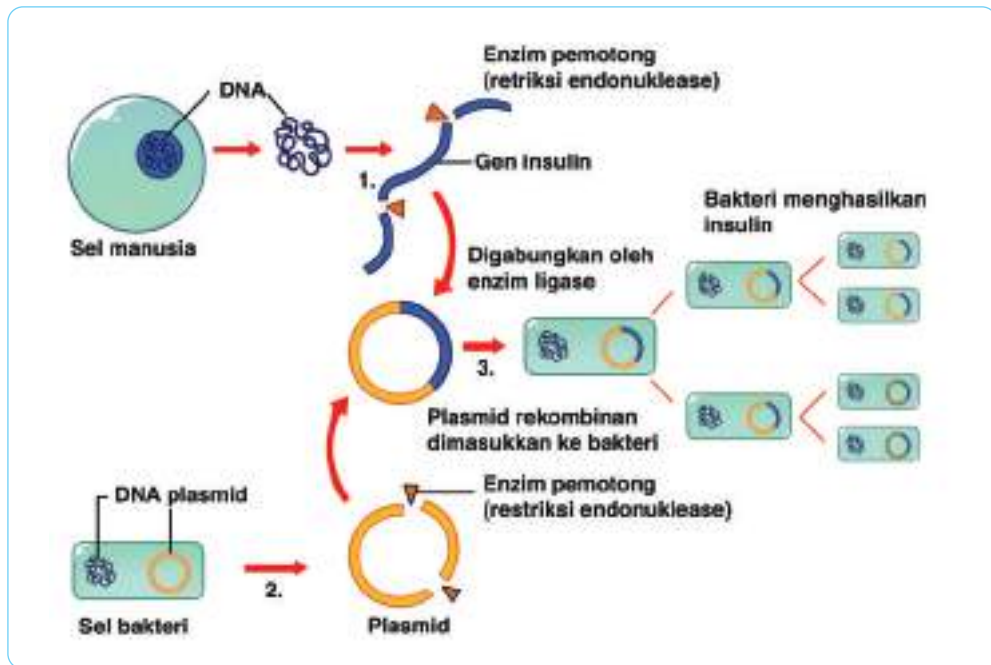


**Gambar 6.7** Proses teknologi hibridoma.

#### e. DNA Rekombinan

Pada dasarnya DNA rekombinan sering terjadi di alam. Misalnya saja pada saat virus menginfeksi bakteri, DNA virus akan bergabung dengan DNA bakteri sehingga terjadilah **DNA rekombinan**. Teknologi DNA rekombinan adalah teknik penggabungan dua jenis DNA yang bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu. Di dalam teknik DNA rekombinan diperlukan DNA target dan plasmid. DNA target adalah DNA yang akan disisipkan misalnya DNA manusia yang mengandung gen insulin. Sedangkan plasmid adalah DNA sirkuler pada bakteri di luar kromosom. Pemilihan plasmid ini dikarenakan bentuknya sederhana, mudah direkayasa, dan dapat memperbanyak sendiri.

DNA target yang akan disisipkan digabungkan dengan plasmid bakteri. Plasmid rekombinan (yang telah ada DNA asingnya) ini akan ditransformasikan ke dalam sel bakteri. Bakteri inilah yang akan digunakan sebagai sumber penghasil produk, misalnya untuk membuat hormon insulin atau menghasilkan tanaman transgenik yang tahan hama, tanaman yang dapat memupuk sendiri. Untuk lebih jelasnya perhatikan **Gambar 6.8**.



Gambar 6.8 Proses teknologi hibridoma.



## Mari Uji Kemampuan Kalian

### Mengingat dan Memahami

1. Apa perbedaan antara bioteknologi konvensional dengan bioteknologi modern?
2. Tulislah enam produk fermentasi dan mikroorganisme yang berperan dalam pembuatan produk tersebut!

### Mengaplikasikan

3. Kloning (transfer inti) dilakukan dengan cara memindahkan sel inti somatik (inti sel tubuh) ke dalam ovum yang sudah dihilangkan intinya. Sel ini kemudian distimulasi sehingga membelah dan membentuk embrio. Embrio yang terbentuk kemudian dimasukkan ke dalam rahim hewan yang sejenis. Mengapa proses kloning tidak diperkenankan dilakukan pada manusia? Jelaskan argumentasi kalian!

### Menalar

4. Pada saat melakukan teknik DNA rekombinan, peneliti menggunakan plasmid yang sudah disisipi gen resisten antibiotik. Setelah terjadinya ligasi antara gen target dengan plasmid maka plasmid rekombinan ditranformasi ke dalam bakteri. Bakteri tersebut kemudian ditumbuhkan pada media yang mengandung antibiotik. Apa akibatnya jika dalam tahapan teknik DNA rekombinan tidak disisipkan gen resisten antibiotik?

## Proyek Akhir Bab

Setelah mempelajari bab ini kalian akan melakukan sebuah proyek untuk memperdalam pengetahuan yang telah didapatkan. Proyek dilakukan secara berkelompok. Proyek 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 kacang lainnya selain kedelai maka analisis potensinya sebagai bahan baku pembuatan tempe.
2. Proyek dilakukan secara berkelompok di bawah bimbingan guru kalian.
3. Buatlah laporan proyek tentang potensi bahan pangan alternatif sebagai bahan baku pembuatan makanan berbasis fermentasi dalam bentuk poster.
4. Presentasikan di depan rekan lainnya dan mintalah masukan untuk memperbaiki proses pembuatan produk tersebut.
5. Poster yang sudah diperbaiki diunggah ke media sosial sebagai sumber informasi bagi masyarakat di lingkungan sekitar tempat tinggal kalian.



### Refleksi

Setelah menyelesaikan proyek 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?



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN  
TEKNOLOGI REPUBLIK INDONESIA, 2022

Ilmu Pengetahuan Alam  
untuk SMP/MTs Kelas IX

Penulis : Cece Sutia, dkk.

ISBN : 978-602-244-787-0 (jil.3)

## Bab 7

# Isu-Isu Lingkungan

Pernahkah kalian menggunakan sedotan plastik? Setelah membaca infografis di atas, apa pelajaran yang dapat diambil oleh kalian? Sedotan plastik yang ukurannya kecil dan sering kita abaikan dapat merusak ekosistem di bumi. Banyak aktivitas manusia yang tanpa disadari dapat mengancam keanekaragaman hayati. Lalu, aktivitas apa saja yang dapat kita lakukan sebagai bagian dari makhluk di bumi ini untuk menyelamatkan bumi dari kerusakan? Nah, pada bab ini kalian akan belajar tentang isu-isu lingkungan yang meliputi kesehatan lingkungan, pemanasan global, krisis energi di dunia, dan ketersediaan pangan. Seru kan? Ayo pelajari bab ini dengan semangat.

### Kata Kunci

- kesehatan lingkungan
- krisis energi
- pemanasan global
- ketersediaan pangan



Pertanyaan apakah yang ingin kalian temukan jawabannya dalam bab ini?

1. ....  
.....
2. ....  
.....

## A. Kesehatan Lingkungan di Indonesia

Pandemi Covid-19 telah menyadarkan kita semua bahwa penyebaran suatu penyakit tidak boleh dianggap hal sepele. Sampai dengan bulan November 2020, lebih dari 60 juta jiwa telah terpapar virus ini. Berbagai upaya telah dilakukan masyarakat untuk mencegah penyebaran Covid-19 dengan perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS), menggunakan masker, *physical distancing*, mengonsumsi rempah, vitamin, dan lain sebagainya. Lalu, mengapa jumlah pasien di Indonesia terus bertambah sementara di negara lain ada yang cenderung menurun? Masalah penyebaran penyakit di masyarakat merupakan salah satu isu kesehatan lingkungan. Kesehatan lingkungan merupakan masalah kompleks yang penyelesaiannya membutuhkan integrasi dari berbagai sektor terkait. Pada bagian ini isu lingkungan yang akan kita bahas di antaranya adalah penyebaran penyakit, ketersediaan air bersih, dan pembuangan sampah.

## 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 antara 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 10 besar penyakit di puskesmas. Misalnya saja penyakit seperti diare dan ISPA masih banyak diderita masyarakat Indonesia ([kemkes.go.id](http://kemkes.go.id)).

Selanjutnya untuk memperdalam pengetahuan kalian tentang pengaruh penyebaran penyakit berbasis lingkungan, lakukanlah aktivitas pembelajaran “Ayo Kita ke Puskesmas! (Aktivitas 7.1)” berikut ini!



### Ayo Buat Aktivitas 7.1

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

1. Data 10 penyakit terbanyak yang diderita di Puskesmas tersebut beserta jumlah pasiennya.
2. Adakah penyakit berbasis lingkungan yang termasuk ke dalam 10 besar penyakit di Puskesmas tersebut? Galilah informasi lebih dalam tentang penyebab, gejala, penanganan, dan pencegahan dari penyakit tersebut.
3. Buatlah laporan sederhana dan dikumpulkan 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.



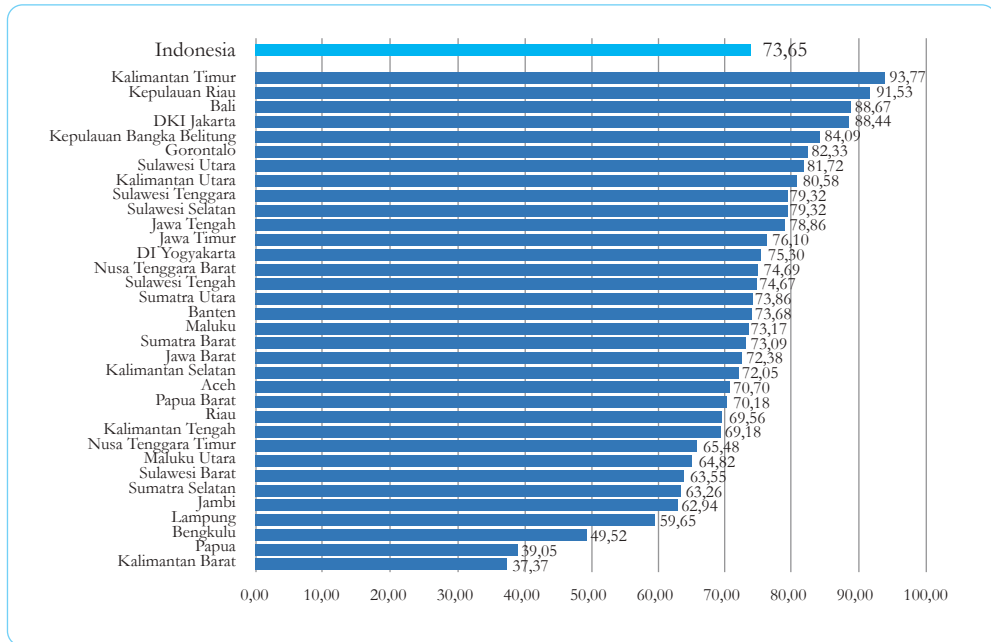
Berdasarkan Aktivitas 7.1, kalian akan menemukan fakta bahwa pada umumnya terdapat hubungan antara kualitas kesehatan lingkungan dengan terjadinya penyakit berbasis lingkungan. Lingkungan dapat berperan sebagai sumber penyakit, penunjang, bahkan media transmisi penyakit yang dapat memperberat penyakit 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 maka tidak 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 juga. Namun demikian, masih banyak masyarakat Indonesia yang belum memiliki akses air yang layak minum seperti yang ditunjukkan **Gambar 7.1.** berikut.





**Gambar 7.1** Persentase rumah tangga yang memiliki akses air layak minum.

Setelah membaca grafik pada gambar 7.1. di atas, jelaskanlah dalam satu paragraf yang utuh dan bermakna, tiga daerah yang memiliki akses tertinggi dan terendah terhadap air layak minum. Bila memungkinkan cari data tambahan dari sumber informasi lainnya.

Selanjutnya untuk memperdalam pengetahuan kalian tentang ketersediaan air bersih, lakukanlah aktivitas pembelajaran “Ayo Periksa Air Kita! (Aktivitas 7.2)” berikut ini!



### Ayo Amati Aktivitas 7.2

Kegiatan ini bertujuan untuk menentukan akses rumah siswa terhadap air minum yang layak. Secara perseorangan lakukanlah kegiatan berikut ini!

1. Amati sumber air minum kalian. Apakah sumbernya dari air sumur, sumur bor, keran umum, ledeng, terminal air, atau penampungan air hujan?
2. Apakah sumber air minum kalian dari air mineral kemasan atau dari pedagang air keliling?

3. Ukurlah jarak sumber air minum kalian di rumah dari tempat penampungan kotoran/sampah/limbah.
4. Bagaimana pengamatan secara fisik air minum di rumah kalian, 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, keran umum, ledeng, terminal air, atau penampungan air hujan. Air minum dalam kemasan atau dari penjual air minum keliling tidak termasuk ke dalam akses air minum yang layak. Sumber air minum yang layak harus berjarak minimal 10 meter dari tempat penampungan kotoran/sampah/limbah. Selain itu tentu saja memenuhi kriteria secara fisik, biologis, kimia, dan radioaktif.

### 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, 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 masyarakat Indonesia dalam membuang sampah masih tergolong tidak baik. Sampah masih dengan mudah ditemukan berserakan di berbagai tempat. Banyak bencana terutama banjir diakibatkan oleh tersumbatnya aliran air oleh sampah. Infografis pada **Gambar 7.2.** berikut menunjukkan data tentang perilaku masyarakat Indonesia dalam membuang sampah pada tahun 2018.



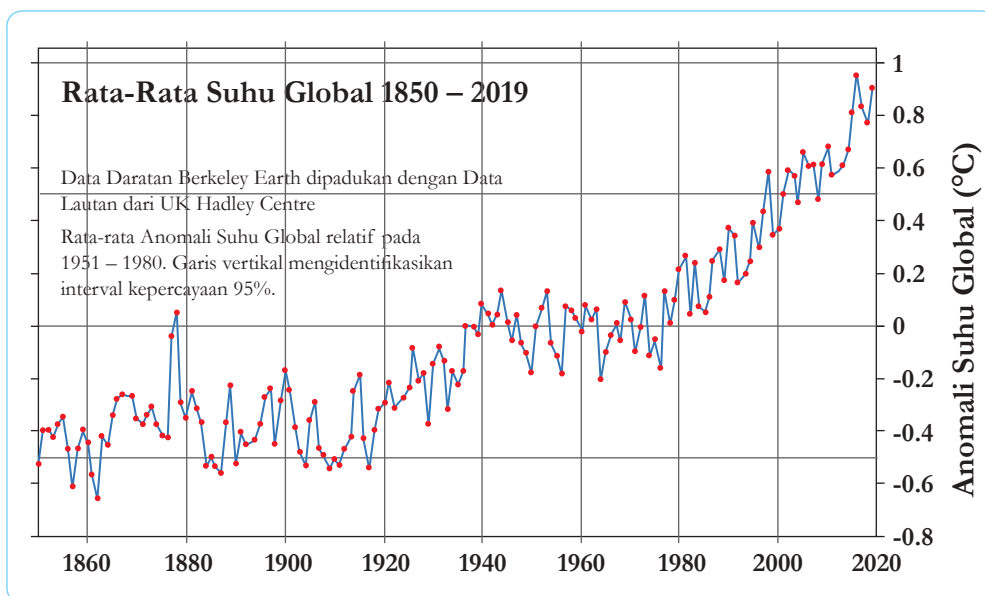
**Gambar 7.2** Infografis Indonesia darurat sampah plastik.

## B. Pemanasan Global

Pernahkah kalian menggunakan jas hujan di saat terik matahari? Pakailah jas hujan saat terik matahari di lapangan sekolah. Apa perbedaan yang dapat kalian rasakan saat menggunakan jas hujan dengan tidak menggunakan jas hujan? Apa yang akan terjadi pada bumi jika diselimuti senyawa yang dapat memerangkap panas seperti jas hujan yang kalian gunakan? Nah, pada bagian ini kalian akan belajar tentang penyebab pemanasan global, akibat, dan cara menanggulangnya.

### 1. Penyebab dan Dampak Pemanasan Global

Suhu rata-rata bumi telah meningkat dalam kurun waktu 100 tahun terakhir. Data NASA menunjukkan bahwa tahun 2016 merupakan tahun terhangat yang pernah tercatat. Sedangkan tahun 2019 adalah tahun kedua terhangat yang pernah tercatat seperti yang ditunjukkan grafik pada **Gambar 7.3**. berikut.



**Gambar 7.3** Grafik rata-rata suhu bumi.

Berdasarkan grafik pada gambar 7.3. peningkatan suhu bumi terus meningkat selama 100 tahun terakhir. Kenaikan suhu rata-rata bumi ini dikenal dengan istilah pemanasan global atau efek rumah kaca. Pemanasan global erat kaitannya dengan perubahan iklim dunia. Carilah data pendukung penyebab dari terjadinya pemanasan global!

Pemanasan global terjadi akibat aktivitas manusia yang menghasilkan gas buangan seperti karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), nitrogen oksida ( $\text{NO}_3$ ), sulfur oksida ( $\text{SO}_4$ ) dan metana ( $\text{CH}_4$ ). Gas buangan ini dihasilkan dari berbagai aktivitas terutama pembakaran bahan bakar fosil dan industri. Gas-gas ini terakumulasi di atmosfer yang menyebabkan energi matahari terperangkap di bumi dan tidak dapat dipantulkan ke luar angkasa lagi. Akibatnya suhu bumi akan meningkat.

Terjadinya pemanasan global juga diperparah oleh kerusakan hutan (deforestasi) dan menipisnya lapisan ozon. Hutan memiliki fungsi untuk menyerap karbondioksida sehingga jika rusak maka perannya semakin berkurang dan karbondioksida masih banyak terdapat di atmosfer. Menipisnya lapisan ozon menyebabkan semakin banyaknya energi matahari yang masuk ke bumi.

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, cuaca ekstrim, dan mewabahnya penyakit tertentu. Informasi lebih lengkap dapat dibaca infografis pada **Gambar 7.4.** berikut.



**Gambar 7.4** Dampak pemanasan global.

Selanjutnya untuk memperdalam pengetahuan kalian tentang pemanasan global, lakukanlah aktivitas pembelajaran “Ayo Amati Suhu dalam Toples! (Aktivitas 7.3)” berikut ini!



### Ayo Amati Aktivitas 7.3

Kegiatan ini bertujuan untuk menggambarkan pemodelan efek rumah kaca terhadap kenaikan suhu. Secara berkelompok, lakukanlah langkah-langkah kegiatan berikut ini.

1. Masukkan masing-masing sebuah termometer ke dalam toples kaca.
2. Satu toples 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.

**Jawablah pertanyaan berikut:**

1. Apa variabel bebas dan terikat dari percobaan ini?
2. Apa rumusan masalah yang dapat dibuat percobaan ini?
3. Perangkat manakah yang berfungsi sebagai kontrol?
4. Berdasarkan grafik yang dibuat, bagaimana hasil percobaan ini?
5. Carilah dasar teori/kajian teoritis yang mendukung hasil percobaan (alasan terjadinya sebuah proses/kejadian)
6. Apa kesimpulan dari percobaan ini?

## 2. Usaha Mencegah Pemanasan Global

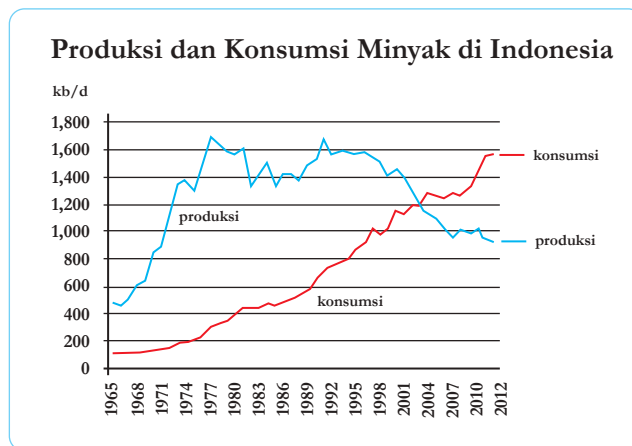
Seperti yang sudah dibahas sebelumnya, pemanasan global diakibatkan oleh meningkatnya emisi gas buangan seperti karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), nitrogen oksida ( $\text{NO}_3$ ), sulfur oksida ( $\text{SO}_4$ ) dan metana ( $\text{CH}_4$ ). Sebagai siswa, kalian tentu saja dapat berperan langsung mengurangi emisi gas buangan tersebut. Aksi nyata kalian akan sangat berpengaruh terhadap perubahan iklim dunia jika dilakukan secara bersama-sama. Buatlah poster kampanye tentang berbagai kegiatan sederhana yang dapat dilakukan semua orang untuk mencegah pemanasan global. Tempelkan di berbagai tempat strategis/unggah di media sosial. Lakukan kegiatan tersebut dan ajaklah orang lain untuk melakukan aksi nyata kalian.



## C. Krisis Energi

Sumber energi utama Indonesia masih tergantung pada minyak bumi dan batubara. Cadangan minyak bumi dan batubara terus berkurang sementara tingkat konsumsi semakin meningkat. Sejak tahun 2004, Indonesia menyandang status sebagai net importir minyak dunia seperti yang terlihat pada gambar 7.5. Apa yang akan terjadi jika negara kita terus bergantung pada minyak bumi dan batubara sebagai sumber energi utama? Nah, pada bagian ini kalian akan membahas tentang krisis energi yang terjadi di Indonesia dan dunia serta alternatif pemecahan masalahnya.

**Gambar 7.5** Produksi dan konsumsi minyak di Indonesia.



### 1. Krisis Energi

Sumber energi di Indonesia masih tergantung kepada bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batubara. 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 rekan kalian 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 kepada 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 seperti pada **Gambar 7.6**. Kekurangan dari matahari sebagai sumber energi adalah hanya dapat dipanen pada siang hari dan cuaca cerah.



**Gambar 7.6** Panel surya di atap rumah.

Sumber: pixabay.com/Reijo Telaranta



**Gambar 7.7** PLTB Sidrap.

Sumber: jawapos.com/Biro Pers Istana (2018)

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 China, Amerika Serikat, dan Jerman. Kini negara kita juga mulai memanfaatkan energi dari angin sebagai pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) seperti di Sidrap (**Gambar 7.7**).

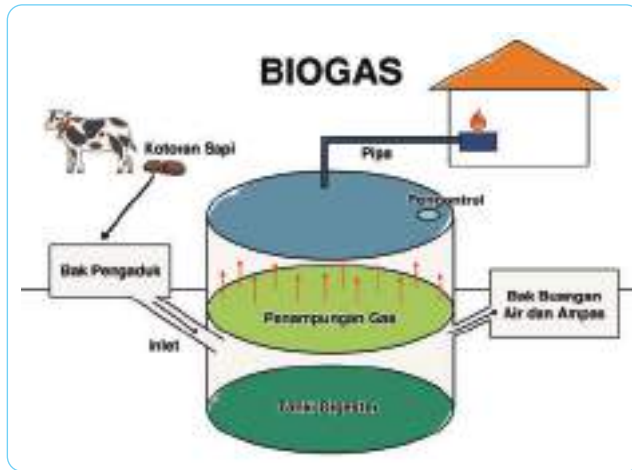
Panas bumi atau geotermal dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Semburan uap yang kencang dari perut bumi dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTPB) seperti pada **Gambar 7.8**.



**Gambar 7.8** PLTPB memanfaatkan panas bumi.

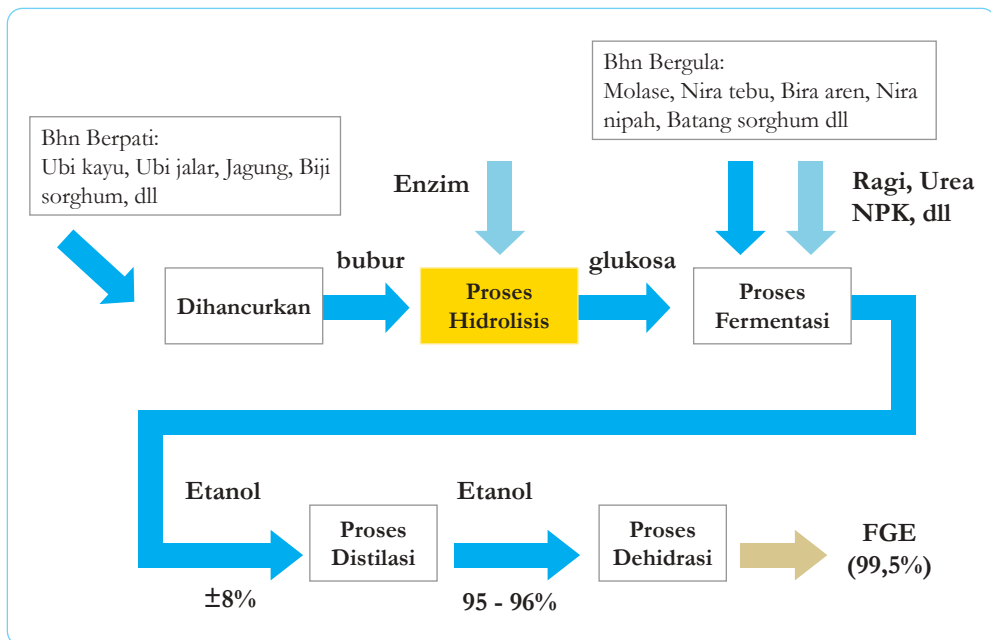
Sumber: money.kompas.com/Yulvianus Harjono (2013)

Biogas dihasilkan dari fermentasi secara anaerobik dari kotoran manusia/hewan ternak dengan bantuan mikroorganisme. Mikroorganisme yang digunakan adalah bakteri *Methanobacterium*. Bakteri ini hidup secara anaerob dan dapat mengubah karbondioksida menjadi gas metana ( $\text{CH}_4$ ). Gas metana inilah yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil. Proses pembuatan biogas ditunjukkan oleh **Gambar 7.9**.



**Gambar 7.9** Pembuatan biogas dari kotoran hewan.

Pembuatan bioetanol tidak terlalu jauh berbeda dengan pembuatan biogas. Bahan dasar pembuatan bioetanol adalah biomasa yang banyak mengandung gula, pati, atau selulosa. Pembuatan bioetanol memanfaatkan proses fermentasi yang dilakukan oleh ragi seperti pada **Gambar 7.10**.



**Gambar 7.10** Proses pembuatan bioetanol.

Nuklir diprediksi sebagai sumber energi masa depan. Beberapa negara sudah menggunakan nuklir sebagai pembangkit listrik seperti pada **Gambar 7.11**. 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 banyak yang kontra terhadap penggunaan nuklir sebagai sumber energi.



**Gambar 7.11** Pembangkit listrik tenaga nuklir.

Sumber: [edition.cnn.com/Mary Ilyushina and Niamh Kennedy, CNN](https://edition.cnn.com/Mary-Ilyushina-and-Niamh-Kennedy/CNN) (2020)

Selanjutnya untuk memperdalam pengetahuan dan mengasah rasa peduli terhadap lingkungan, lakukanlah aktivitas pembelajaran “Ini Aksiku, Mana Aksimu? (**Aktivitas 7.4**)” berikut ini!

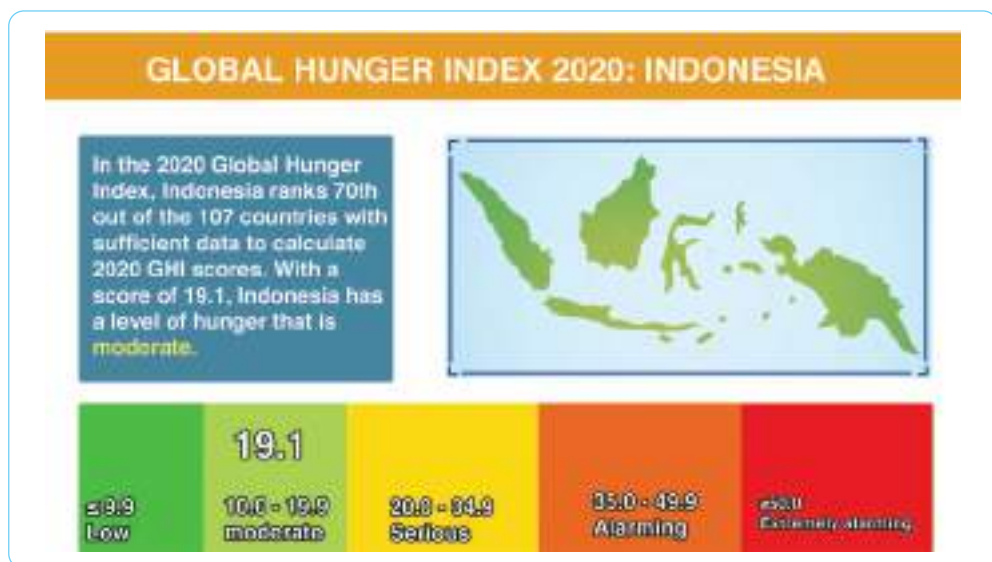


#### Ayo Identifikasi **Aktivitas 7.4**

Secara mandiri, identifikasi kegiatan sehari-hari dalam kehidupan kalian yang 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, 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 maya kalian untuk melakukan aksi nyata yang sama. Selamat mencoba. Ayo semangat menjadi bagian perubahan lingkungan sejak dini.

## D. Ketersediaan Pangan

Hasil riset global hunger index tahun 2020 menunjukkan bahwa nilai indeks kelaparan Indonesia adalah 19,1 seperti yang ditunjukkan **Gambar 7.12**. Nilai tersebut menempatkan Indonesia pada posisi aman dari kelaparan. Namun demikian, nilai 19,1 berada di ambang serius dengan kelaparan. 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, dalam bab ini kalian akan belajar tentang ketahanan pangan. Selamat belajar dengan semangat.



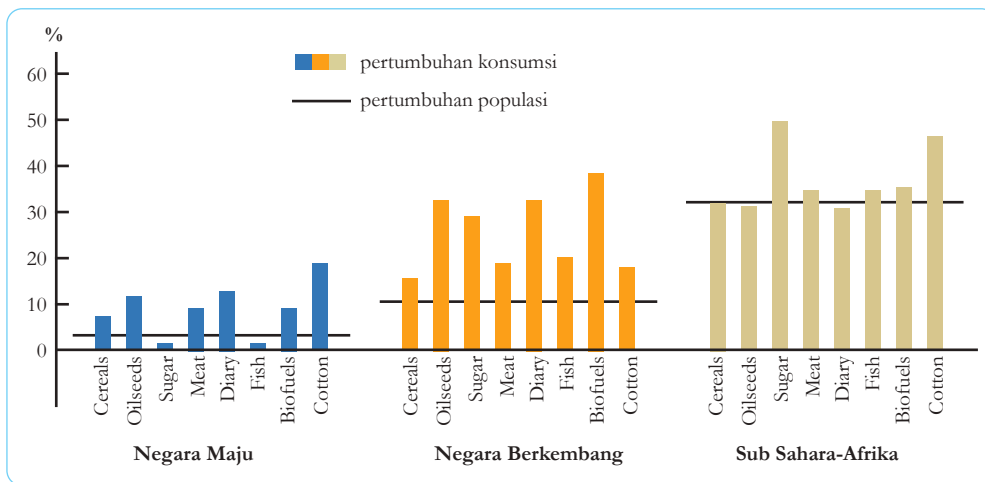
### 1. Tantangan Ketersediaan Pangan

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 7.12**, terlihat bahwa Indonesia tergolong memiliki ketahanan pangan. Namun jika dilihat dari nilai indeks status Indonesia mendekati rawan kelaparan.

**Gambar 7.12** Nilai indeks kelaparan Indonesia.

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 namun tergolong negara 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 pada **Gambar 7.13**. Namun demikian, mengapa masih banyak masyarakat di belahan bumi lainnya yang kelaparan?



**Gambar 7.13** Perbandingan pertumbuhan penduduk dan produksi pangan di dunia.

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 lama 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 ditempuh 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 saja. Masyarakat dapat memanfaatkan lahan di sekitar rumahnya untuk dijadikan sebagai media tanam tumbuhan yang dibutuhkan dalam skala rumah tangga.

Selanjutnya sebagai bagian dari warga negara Indonesia, kalian dapat berkontribusi langsung mendukung ketersediaan pangan dengan melakukan proyek “Ayo Kita Menjadi Petani! (**Aktivitas 7.4**)” berikut ini!





### Ayo Buat Aktivitas 7.5

Secara mandiri, tanamlah berbagai jenis tanaman yang dibutuhkan rumah tangga di sekitar rumah kalian (misalnya halaman rumah). Tanaman yang ditanam dapat berupa rempah, cabai rawit, sayuran, dan lain-lain. Fotokan kegiatan yang kalian lakukan mulai dari penanaman sampai dengan panen. Unggah foto tersebut ke media sosial dan buatlah *caption* untuk mengajak rekan lainnya melakukan hal yang sama. Bilamana tidak ada foto atau media sosial, kalian dapat melaporkan dalam berbagai bentuk media lainnya yang kreatif. Selamat melakukan aksi nyata bagi negeri tercinta.



### Mari Uji Kemampuan Kalian

#### Mengingat dan Memahami

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?

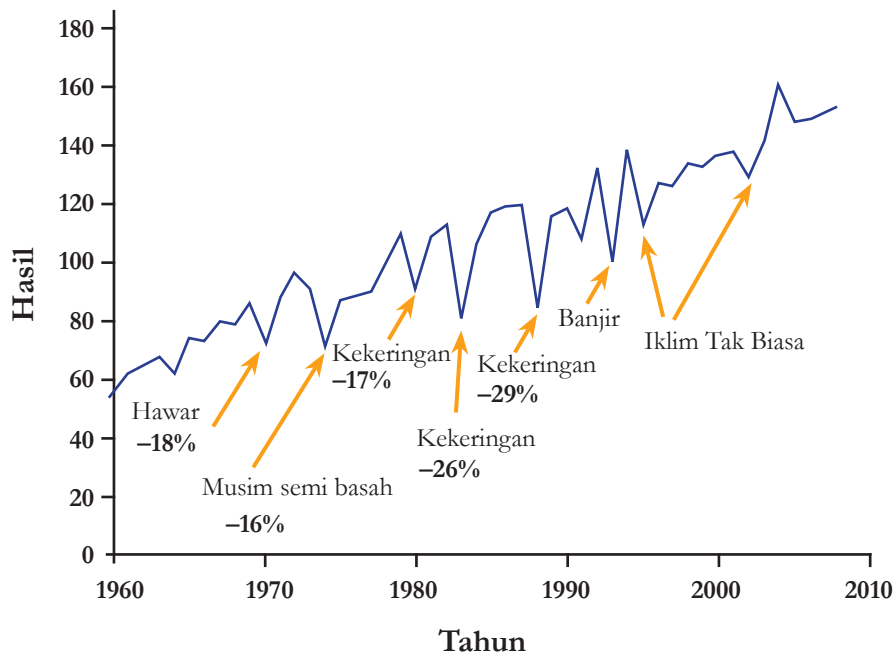
#### Mengaplikasikan

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. Dalam reaktor tersebut dipastikan tidak ada bakteri *Methanobacterium* sp yang hidup sebelumnya. Menurut pendapatmu, reaktor manakah yang akan menghasilkan gas metana paling banyak?

#### Menalar

4. Perhatikan grafik produksi jagung antara tahun 1960 sampai 2010 berikut!





- Apa saja faktor yang mempengaruhi produksi jagung?
- Pada tahun berapakah infeksi patogen menurunkan produktivitas tanaman jagung?
- Jelaskan pengaruh kekeringan terhadap produktivitas tanaman jagung?
- Bagaimana pengaruh perubahan iklim terhadap produktivitas tanaman jagung?
- Apa yang akan terjadi terhadap produksi tanaman jagung jika pemanasan global tidak ditangani secara cermat?

## Proyek 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 proyek penelitian terkait isu lingkungan di sekitar tempat tinggal/sekolah masing-masing. Ikuti langkah-langkah berikut ini:

- Identifikasi komoditas pertanian di sekitar tempat tinggal/sekolah kalian yang harganya sering anjlok sehingga petani mengalami kerugian.
- 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 orang lain 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 daring.
10. Kampanyekan hasil penelitian kepada masyarakat di lingkungan sekitar.



## Refleksi

Setelah menyelesaikan proyek 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?

# Indeks

## A

Asam 31, 120, 121, 122, 124, 125, 127

## B

Basa 120, 123, 124, 182, 183

Bioteknologi 141, 151, 153

Blastosis 3

## D

Dihibrid 145, 149

## E

Eksotermik 130

Embrio 9, 10, 11, 15, 17, 41, 154, 157

Endotermik 130

Energi alternatif 171

## F

Fetus 3

## H

Homeostasis 23, 44, 45, 182, 46, 47, 48

Hormon 6, 19, 32, 33, 38, 39, 41

## K

Katalis 137, 138

Kelenjar 26, 32, 33, 34

Kelenjar endokrin 32, 33

## M

Metamorfosis 13, 14, 15

Monohibrid 145, 147, 148

Morula 3

## N

Netralisasi 127

Neuron 25

## P

Penyakit berbasis lingkungan 161

pH 120, 124, 125, 126, 127, 130, 139

Produk reaksi 127, 136

Pubertas 6

Pupa 14

## S

Sel 17, 18, 25, 28, 31, 37, 38, 47, 67, 102, 103, 104, 154, 155

## T

Telur amniotik 10

## Z

Zigot 3

# Glosarium

**asam:** senyawa kimia dengan pH antara 0 – 7.

**basa:** senyawa kimia dengan pH antara 7 – 14.

**bioteknologi:** Pemanfaatan agen biologis untuk menghasilkan produk/jasa.

**blastosis:** Sel pada fase blastula.

**blastula:** Perkembangan sel hingga membentuk bola berongga.

**dihibrid:** Persilangan dengan dua sifat beda.

**double helix:** untai ganda berpilin.

**efek Stroop:** Proses demonstrasi dalam memperhatikan reaksi serta waktu dari suatu percobaan dengan menyebutkan warna dari tulisan yang dicetak berbeda dengan warnanya, misalnya menyebutkan warna kuning dari kata “merah” yang dicetak kuning.

**eksotermik:** reaksi kimia yang melepaskan energi panas.

**embrio:** Fase setelah zigot.

**endotermik:** reaksi kimia yang membutuhkan energi panas.

**energi aktivasi:** energi minimum yang dibutuhkan untuk memulai suatu reaksi kimia.

**energi alternatif:** Semua sumber energi yang dapat menggantikan peran energi konvensional seperti bahan bakar fosil.

**estrogen:** Hormon pada wanita yang menentukan ciri seks sekunder.

**fetus:** Fase setelah embrio.

**homeostasis:** 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.

**hormon:** Senyawa biokimia pembawa pesan yang diproduksi oleh kelenjar endokrin.

**imbibisi:** Proses masuknya air ke dalam biji.

**katalis:** zat yang ditambahkan dalam suatu reaksi kimia untuk mempercepat laju reaksi tersebut.

**kelenjar:** Organ tubuh yang menghasilkan suatu zat (misalnya keringat, minyak, enzim, dan hormon) untuk dikeluarkan.

**kelenjar endokrin:** Kelenjar yang tidak memiliki saluran khusus.

**menopause:** Berhentinya siklus menstruasi pada wanita.

**metamorfosis:** Proses pertumbuhan dan perkembangan hewan yang sangat berbeda pada struktur tubuhnya pada saat kecil dengan dewasa

**mitosis:** Pembelahan sel tubuh makhluk hidup.

**molekul Diatomik:** zat yang memiliki dua atom yang sama yang membentuk ikatan kimia.

**monohibrid:** Persilangan dengan satu sifat beda.

**morula:** Penambahan jumlah sel pada zigot

**netralisasi:** reaksi antara asam dan basa untuk menghasilkan garam dan air

**neuron:** Sel saraf

**penyakit berbasis:** Kelainan yang terjadi pada tubuh manusia yang

**lingkungan** diakibatkan oleh interaksi antara manusia dengan segala sesuatu disekitarnya yang memiliki potensi penyakit.

**pH:** suatu ukuran tingkat keasaman zat.

**progesteron:** Hormon pada wanita yang terlibat dalam siklus menstruasi.

**pubertas:** Masa peralihan dari anak-anak ke remaja yang ditandai dengan aktifnya hormon reproduksi.

**pupa:** Fase puasa pada serangga yang berfungsi untuk membentuk struktur tubuh.

**produk reaksi:** hasil akhir yang diperoleh dari suatu reaksi kimia berupa unsur, molekul dan/atau senyawa.

**reaktan:** zat-zat yang digunakan di awal reaksi untuk membentuk produk reaksi kimia.

**telur amniotik:** Tipe telur yang membungkus embrio dalam cairan

**testosteron:** Hormon pada laki-laki yang menentukan ciri seks sekunder.

**transkripsi:** Penyalinan kode genetik DNA menjadi mRNA.

**translasi:** Penerjemahan kode genetik mRNA menjadi asam amino.

**zigot:** Sel telur yang terfertilisasi.

# Daftar Pustaka

- Anwardah, T. (17 Mei 2017). *Percobaan Sains Terbaik: Percobaan Membuat Indikator Alami*. Diakses tanggal 10 Januari 2021 dari <https://percobaansainsterbaik.com/percobaan-membuat-indikator-alami/>
- Berwald, Juli. dkk. 2007. *Focus on Life Science Grade 7*. Ohio : McGrawHill Companies CCSSO.
- Biggs, A., Daniel, L., Ortleb, E.P., & Rillero, P. 2004. *Glencoe Science: Life Science*. USA: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Biggs, A., Hagins, W.C., Holliday, W.G., Kapicka, C.L., Lundgren, L., MacKenzie, A.H., Rogers, W.D., Sewer, M.B., & Zike, D. 2008. *Glencoe Science: Biology*. USA: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Briggs, J. G. R. (2002). *Science in Focus Chemistry for Secondary 5 Normal (Academic)*. Longman, Singapore.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V., & Jackson, R.B. 2008. *Biology 8<sup>th</sup> edition*. USA: Pearson Education, Inc.
- Cullen, J. Tanpa tahun. *Student Laboratory Notebook 2<sup>nd</sup> Edition - uniRr & certiffate 6FienFe 6RlutiRnV*.
- Dingrando, L. dkk. 2007. *Focus on Physical Science*. New York: McGraw–Hill Companies. dosenpertanian.com, and Rizhal Pratma. “Struktur Biji dan Fungsinya.” *Struktur Biji dan Fungsinya*, 7 April 2020, <https://dosenpertanian.com/struktur-biji/>. Akses 1 Januari 2021.
- Eddleman, S. 2007. *CPO Focus on Life Science*. New Hampshire: Delta Education LLC. emodul.kemendikbud.go.id diakses pada tanggal 19 Desember 2020
- eprints.ums.ac.id diakses pada tanggal 19 Desember 2020
- Gallagher, R. dan Ingram, P. (2001). *New Coordinated Science: Chemistry for Higher Tier. 3<sup>rd</sup> Edition*. Oxford University Press, Oxford.
- GuruPendidikan.com, and Bitar. “Materi Jaringan Tumbuhan.” *Jaringan Tumbuhan: Materi, Klasifikasi, Ciri, Gambar Lengkap*, 10 Desember 2020, <https://www.gurupendidikan.co.id/jaringan-tumbuhan/>. Akses 2 Januari 2021.
- Haibunda.com. “Bun, Begini Perkembangan Bayi 0-1 Tahun.” Mitu baby official, haibunda.com, 1 Oktober 2018, <https://www.mitubabycare.com/infografis/read/bun-begini-perkembangan-bayi-0-1-tahun>. Akses 1 Januari 2021.
- Haibunda.com. “Perkembangan motorik kasar anak 3-5 th.” Infografis fase tumbuh kembang otak motorik anak 3-5th, Haibunda.com, 13 Maret 2019, <https://playgrouptadikapuri.co.id/2019/03/13/infografis-fase-tumbuh-kembang-otak-motorik-anak-3-5th/>. Akses 1 Januari 2021.
- Hospital, Laura (2 Desember 2015). *Perkins: Rate of Reaction Lab*. Diakses tanggal 11 Januari 2020 dari <https://www.perkinselearning.org/accessible-science/activities/rate-reaction-lab>

- ilmiahku.com. “Bagaimana Proses Daur Hidup Katak?” Bagaimana Proses Daur Hidup Katak?, 2019, <https://www.ilmiahku.com/2019/04/bagaimana-proses-daur-hidup-katak.html>. Akses 1 Januari 2021.
- Jagad.id. “Metamorfosis Tidak Sempurna dan Contoh hewan.” Metamorfosis Tidak Sempurna, <https://jagad.id/metamorfosis-tidak-sempurna/>. Akses 30 Desember 2020.
- James, M., Derbogosian, M., Bowen, S., Raphael, S. dan Moloney, J. (1999). VCE Chemistry Units 1 and 2: *Chemical Connection* 1. 3<sup>rd</sup> Edition. Jacaranda, Queensland.
- Kompas Data. “Siklus Hidup Lobster.” Benur dan lobster, Kompas Data, 11 Desember 2019, <https://twitter.com/KompasData/status/1204743886436028417/photo/1>. Akses 30 Desember 2020.
- Lofts, G. dan Evergreen, M. J. (2000). *Science Quest* 3. 2nd Edition. Jacaranda, Queensland.
- Nablory A. (2011). *Cara Mencegah dan Mengobati Asam Urat dan Hipertensi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Niz, Ellen Sturm. “10 Mind-Blowing Facts About Your Baby.” Explore Parents, 17 Agustus 2016, <https://www.parents.com/baby/development/growth/10-mind-blowing-facts-about-your-baby/>. Akses 31 Desember 2020.
- pbc Expo. “16 Incredibly Cool Facts About Your Baby.” 16 Incredibly Cool Facts About Your Baby, <https://www.pbcexpo.com.au/blog/16-incredibly-cool-facts-about-your-baby>. Akses 30 Desember 2020.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010.
- Reece, Jane B., Lisa A. Urry, Michael Lee Cain, Steven Alexander Wasserman, Peter V. Minorsky, and Robert B. Jackson. *Campbell biology*. No. s 1309. Boston: Pearson, 2014.
- Reece, Jane B. dkk. 2012. *Biology 7th Edition*. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.
- Rickard, G., Burger, N., Clarke, W., Geelan, D., Loveday, D., Moncton, S., . . . Whalley, K. (n.d.). *Science Focus* 3. Pearson Heinemann, Sydney.
- Siswapedia.com, and Desi Lestari. “Perbedaan Pertumbuhan Primer dan Sekunder.” Perbedaan Pertumbuhan Primer dan Sekunder, 20 Januari 2020, <https://www.siswapedia.com/perbedaan-pertumbuhan-primer-dan-sekunder/>. Akses 30 Desember 2021.
- staff.uny.ac.id diakses pada tanggal 19 Desember 2020
- wikiHow.com. “Cara Merawat Kupu-Kupu.” Cara Merawat Kupu-Kupu: 7 Langkah (dengan gambar), <https://id.wikihow.com/Merawat-Kupu-kupu>. Akses 30 Desember 2020.
- [www.bukusekolah.net](http://www.bukusekolah.net) diakses pada tanggal 4 Januari 2021
- [www.inhabitat.com](http://www.inhabitat.com) diakses pada tanggal 4 Januari 2021
- [www.suara.com](http://www.suara.com) diakses pada tanggal 4 Januari 2021
- [www.usaballoon.com](http://www.usaballoon.com) diakses pada tanggal 4 Januari 2021
- [www.batan.go.id](http://www.batan.go.id) diakses pada tanggal 19 Desember 2020
- [www.kompas.com](http://www.kompas.com) diakses pada tanggal 19 Desember 2020
- [www.marisekolah.com](http://www.marisekolah.com) diakses pada tanggal 19 Desember 2020
- [www.teknikelektronika.com](http://www.teknikelektronika.com) diakses pada tanggal 19 Desember 2020
- [www.zenius.net](http://www.zenius.net) diakses pada tanggal 19 Desember 2020

## Daftar Sumber Gambar

Cover	<a href="https://unsplash.com/photos/vNM_7BKyH9c">https://unsplash.com/photos/vNM_7BKyH9c</a> <a href="https://unsplash.com/photos/Jf8MXyL_TWY">https://unsplash.com/photos/Jf8MXyL_TWY</a>
Gambar Awal Bab 1	<a href="https://www.pexels.com/photo/person-holding-baby-s-feet-3875278/">https://www.pexels.com/photo/person-holding-baby-s-feet-3875278/</a>
Gambar 1.1	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.2	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.3	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.4	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.5	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.6	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.7	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.8	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.9	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.10	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.11	<a href="http://marcottenmarcotte.com/hello-world/sony-dsc-8/">http://marcottenmarcotte.com/hello-world/sony-dsc-8/</a>
Gambar Mari Uji Kemampuan Kalian	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.12	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.13	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.14	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 1.15	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar Awal Bab 2	<a href="https://unsplash.com/photos/4aerIHVyBBE">https://unsplash.com/photos/4aerIHVyBBE</a>
Gambar 2.1	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 2.2	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 2.3	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 2.4	<a href="https://www.shutterstock.com/id/image-vector/human-eye-anatomy-infographics-outside-view-1051429736">https://www.shutterstock.com/id/image-vector/human-eye-anatomy-infographics-outside-view-1051429736</a>
Gambar 2.5	<a href="https://www.shutterstock.com/id/image-vector/vector-medical-illustration-human-ear-crosssection-1375140107">https://www.shutterstock.com/id/image-vector/vector-medical-illustration-human-ear-crosssection-1375140107</a>
Gambar 2.6	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 2.7	<a href="https://www.shutterstock.com/id/image-vector/human-tongue-structure-vector-anatomy-set-523823380">https://www.shutterstock.com/id/image-vector/human-tongue-structure-vector-anatomy-set-523823380</a>
Gambar 2.8	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
Gambar 2.9	Dokumentasi Kemdikbud, 2021



<b>Gambar 2.10</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 2.11</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 2.12</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 2.13</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar Mari Uji Kemampuan Kalian</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 2.14</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 2.15</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 2.16</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar Mari Uji Kemampuan Kalian</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar Awal Bab 3</b>	<a href="https://pixabay.com/photos/sea-submarine-boat-3723885/">https://pixabay.com/photos/sea-submarine-boat-3723885/</a>
<b>Gambar Aktivitas 3.1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. <a href="https://pixabay.com/photos/running-shoe-shoe-brooks-371625/">https://pixabay.com/photos/running-shoe-shoe-brooks-371625/</a></li> <li>b. <a href="https://pixabay.com/photos/high-heels-pumps-women-s-shoes-2781084/">https://pixabay.com/photos/high-heels-pumps-women-s-shoes-2781084/</a></li> </ul>
<b>Gambar 3.1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Dokumentasi Kemdikbud, 2021</li> <li>b. <a href="https://pixabay.com/photos/sea-submarine-boat-3723885/">https://pixabay.com/photos/sea-submarine-boat-3723885/</a></li> </ul>
<b>Gambar 3.2</b>	<a href="https://navalpost.com/france-announces-3rd-generation-ssbn/">https://navalpost.com/france-announces-3rd-generation-ssbn/</a>
<b>Gambar 3.3</b>	<a href="https://wallpapersafari.com/w/sQw5rb">https://wallpapersafari.com/w/sQw5rb</a>
<b>Gambar 3.4</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 3.5</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 3.6</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 3.7</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 3.8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. <a href="https://www.pexels.com/photo/two-hot-air-balloons-flying-on-sky-3102818/">https://www.pexels.com/photo/two-hot-air-balloons-flying-on-sky-3102818/</a></li> <li>b. <a href="https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/article/21837538/startup-to-launch-cubesats-from-hot-air-balloons">https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/article/21837538/startup-to-launch-cubesats-from-hot-air-balloons</a></li> </ul>
<b>Gambar 3.9</b>	<a href="https://www.newsletter.co.uk/business/print-shop-owner-welcomes-latest-easing-of-northern-irelands-lockdown-3198615">https://www.newsletter.co.uk/business/print-shop-owner-welcomes-latest-easing-of-northern-irelands-lockdown-3198615</a>
<b>Gambar 3.10</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 3.11</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 3.12</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 3.13</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021

<b>Gambar 3.14</b>	a. <a href="https://pixabay.com/photos/sphygmomanometer-blood-pressure-915652/">https://pixabay.com/photos/sphygmomanometer-blood-pressure-915652/</a> b. <a href="https://pixabay.com/photos/sphygmomanometer-blood-pressure-915652/">https://pixabay.com/photos/sphygmomanometer-blood-pressure-915652/</a>
<b>Gambar 3.15</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 3.16</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar Awal Bab 4</b>	<a href="https://pixabay.com/photos/race-car-race-track-dirt-road-car-1031767/">https://pixabay.com/photos/race-car-race-track-dirt-road-car-1031767/</a>
<b>Gambar 4.1</b>	<a href="https://www.verywellfamily.com/science-fair-topic-ideas-in-electricity-electronics-621024">https://www.verywellfamily.com/science-fair-topic-ideas-in-electricity-electronics-621024</a>
<b>Gambar 4.2</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.3</b>	<a href="https://www.teylersmuseum.nl/en/collection/instruments/fk-0556-electrometer-coulomb-balance">https://www.teylersmuseum.nl/en/collection/instruments/fk-0556-electrometer-coulomb-balance</a>
<b>Gambar 4.4</b>	<a href="https://thehamricks.files.wordpress.com/2012/02/balloons.jpg">https://thehamricks.files.wordpress.com/2012/02/balloons.jpg</a>
<b>Gambar 4.5</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.6</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.7</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.8</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.9</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.10</b>	<a href="https://pixabay.com/photos/processor-circuits-green-board-921456/">https://pixabay.com/photos/processor-circuits-green-board-921456/</a>
<b>Gambar 4.11</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.12</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar Aktivitas 4.3</b>	a. <a href="https://vcclite.com/product/vaol-10gwy4/">https://vcclite.com/product/vaol-10gwy4/</a> b. <a href="http://www.flataluminumsheet.com/sale-11440752-18-micron-pre-folding-aluminium-foil-packaging-mill-finish-for-hair-cosmetic.html">http://www.flataluminumsheet.com/sale-11440752-18-micron-pre-folding-aluminium-foil-packaging-mill-finish-for-hair-cosmetic.html</a> c. <a href="https://www.distrelec.de/en/temflex-1500-pvc-electrical-tape-25mm-25m-black-3m-temflex150025x25bk/p/30135429">https://www.distrelec.de/en/temflex-1500-pvc-electrical-tape-25mm-25m-black-3m-temflex150025x25bk/p/30135429</a> d. <a href="https://tr.aliexpress.com/i/32981745442.html">https://tr.aliexpress.com/i/32981745442.html</a> e. <a href="https://www.pixelsquid.com/png/color-pencil-black-2408079950201493272">https://www.pixelsquid.com/png/color-pencil-black-2408079950201493272</a>
<b>Gambar 4.13</b>	<a href="http://www.3u.com/news/articles/2817/apple-is-reportedly-working-on-electric-car-batteries">http://www.3u.com/news/articles/2817/apple-is-reportedly-working-on-electric-car-batteries</a>
<b>Gambar 4.14</b>	<a href="https://www.canstockphoto.com/magnets-5828660.html">https://www.canstockphoto.com/magnets-5828660.html</a>

<b>Gambar 4.15</b>	a. Dokumentasi Kemdikbud, 2021 b. Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.16</b>	a. Dokumentasi Kemdikbud, 2021 b. Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.17</b>	<a href="https://news.berkeley.edu/2018/09/10/diamond-dust-enables-low-cost-high-efficiency-magnetic-field-detection/">https://news.berkeley.edu/2018/09/10/diamond-dust-enables-low-cost-high-efficiency-magnetic-field-detection/</a>
<b>Gambar Fakta Sains</b>	<a href="https://www.vox.com/2016/1/31/10872666/e-waste-solutions">https://www.vox.com/2016/1/31/10872666/e-waste-solutions</a>
<b>Gambar Mari Uji Kemampuan Kalian</b>	tangan : <a href="https://www.nicepng.com/ourpic/u2a9o0u2y3e6y3o0_personwomans-hand-hand-holding-something-png/">https://www.nicepng.com/ourpic/u2a9o0u2y3e6y3o0_personwomans-hand-hand-holding-something-png/</a> Magnet : <a href="https://www.pngaaa.com/detail/3278802">https://www.pngaaa.com/detail/3278802</a> klip : <a href="https://www.psdgraphics.com/3d/paper-clip/">https://www.psdgraphics.com/3d/paper-clip/</a>
<b>Gambar 4.18</b>	<a href="https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/history-of-electricity-magnetism/pioneers/hans-christian-orsted">https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/history-of-electricity-magnetism/pioneers/hans-christian-orsted</a>
<b>Gambar 4.19</b>	<a href="https://www.theguardian.com/science/2017/may/22/michael-faraday-lost-better-call-saul-genius">https://www.theguardian.com/science/2017/may/22/michael-faraday-lost-better-call-saul-genius</a>
<b>Gambar 4.20</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.21</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.22</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.23</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.24</b>	<a href="https://pixabay.com/photos/windmills-rainbow-fields-5643293/">https://pixabay.com/photos/windmills-rainbow-fields-5643293/</a>
<b>Gambar 4.25</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.26</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 4.27</b>	<a href="https://earthandhuman.org/advantages-and-disadvantages-of-non-renewable-energy/">https://earthandhuman.org/advantages-and-disadvantages-of-non-renewable-energy/</a>
<b>Gambar 4.28</b>	<a href="https://www.middleeastmonitor.com/20200806-uae-reactor-will-produce-dangerous-nuclear-waste-says-greenpeace/">https://www.middleeastmonitor.com/20200806-uae-reactor-will-produce-dangerous-nuclear-waste-says-greenpeace/</a>
<b>Gambar Awal Bab 5</b>	<a href="https://www.123rf.com/photo_55643690_checking-the-chemical-formula-in-academic-laboratory.html">https://www.123rf.com/photo_55643690_checking-the-chemical-formula-in-academic-laboratory.html</a>
<b>Gambar 5.1</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 5.2</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 5.3</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021

<b>Gambar 5.4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. <a href="https://id.wikipedia.org/wiki/Natrium">https://id.wikipedia.org/wiki/Natrium</a></li> <li>b. <a href="https://www.scienceshopusa.com/products/bomex-griffin-low-form-beaker-graduated">https://www.scienceshopusa.com/products/bomex-griffin-low-form-beaker-graduated</a></li> <li>c. <a href="https://www.duluthnewtribune.com/news/4265074-looking-cut-back-salt-study-says-dont-start-shaker">https://www.duluthnewtribune.com/news/4265074-looking-cut-back-salt-study-says-dont-start-shaker</a></li> </ul>
<b>Gambar 5.5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. <a href="https://wateristhenewgold.com/wp-content/uploads/2017/01/Coke-on-Ice.jpg">https://wateristhenewgold.com/wp-content/uploads/2017/01/Coke-on-Ice.jpg</a></li> <li>b. <a href="https://www.drjohnlapuma.com/cancer/why-there-is-benzene-in-soda-and-how-to-avoid-it/">https://www.drjohnlapuma.com/cancer/why-there-is-benzene-in-soda-and-how-to-avoid-it/</a></li> </ul>
<b>Gambar 5.6</b>	<a href="http://www.breakthrough-generation.com/info/berita/Be_Smart/443">http://www.breakthrough-generation.com/info/berita/Be_Smart/443</a>
<b>Gambar 5.7</b>	<a href="https://banjarmasin.tribunnews.com/2015/08/19/sampah-di-batumerah-diolah-jadi-gas-metan">https://banjarmasin.tribunnews.com/2015/08/19/sampah-di-batumerah-diolah-jadi-gas-metan</a>
<b>Gambar 5.8</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 5.9</b>	<a href="https://www.shutterstock.com/id/image-photo/laboratory-glassware-science-concept-collection-erlenmeyer-1648057711">https://www.shutterstock.com/id/image-photo/laboratory-glassware-science-concept-collection-erlenmeyer-1648057711</a>
<b>Gambar 5.10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. <a href="https://unsplash.com/photos/Qvnohn4GyJA">https://unsplash.com/photos/Qvnohn4GyJA</a></li> <li>b. <a href="https://www.pexels.com/photo/close-up-photo-of-sliced-yellow-lemon-on-white-surface-1414110/">https://www.pexels.com/photo/close-up-photo-of-sliced-yellow-lemon-on-white-surface-1414110/</a></li> <li>c. Dokumentasi Kemdikbud, 2021</li> </ul>
<b>Gambar 5.11</b>	<a href="https://www.kompasiana.com/yudisahabatpetani/58be5c26e3afbd9104541ff9/sekilas-kapur-pertanian-dan-pengapuran">https://www.kompasiana.com/yudisahabatpetani/58be5c26e3afbd9104541ff9/sekilas-kapur-pertanian-dan-pengapuran</a>
<b>Gambar 5.12</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 5.13</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 5.14</b>	<a href="https://www.sciencesource.com/archive/Burning-Magnesium-SS2223145">https://www.sciencesource.com/archive/Burning-Magnesium-SS2223145</a>
<b>Gambar 5.15</b>	<a href="https://www.herzindagi.com/advice/heat-therapy-vs-cold-therapy-which-is-better-article-168468">https://www.herzindagi.com/advice/heat-therapy-vs-cold-therapy-which-is-better-article-168468</a>
<b>Gambar 5.16</b>	<a href="https://food.detik.com/info-sehat/d-5301826/kalori-gula-merah-vs-gula-putih-mana-yang-lebih-tinggi">https://food.detik.com/info-sehat/d-5301826/kalori-gula-merah-vs-gula-putih-mana-yang-lebih-tinggi</a>
<b>Gambar 5.17</b>	<a href="https://www.panorama-destination.com/destination-news-malaysia/mulu-national-park/#wte">https://www.panorama-destination.com/destination-news-malaysia/mulu-national-park/#wte</a>
<b>Gambar Awal Bab 6</b>	<a href="https://www.shutterstock.com/id/image-photo/happy-asian-family-two-children-taking-278316929">https://www.shutterstock.com/id/image-photo/happy-asian-family-two-children-taking-278316929</a>
<b>Gambar 6.1</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 6.2</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021

<b>Gambar 6.3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. <a href="https://www.shutterstock.com/image-photo/raw-tempeh-soybeans-1268024614">https://www.shutterstock.com/image-photo/raw-tempeh-soybeans-1268024614</a></li> <li>b. <a href="https://www.wandercooks.com/wp-content/uploads/2021/08/kecap-manis-sweet-soy-sauce-process-3.jpg">https://www.wandercooks.com/wp-content/uploads/2021/08/kecap-manis-sweet-soy-sauce-process-3.jpg</a></li> <li>c. <a href="https://www.shutterstock.com/id/image-photo/soy-bean-paste-glass-bowl-closeup-1440752309">https://www.shutterstock.com/id/image-photo/soy-bean-paste-glass-bowl-closeup-1440752309</a></li> <li>d. <a href="https://www.istockphoto.com/photo/portion-of-cheddar-gm531048911-55043734">https://www.istockphoto.com/photo/portion-of-cheddar-gm531048911-55043734</a></li> <li>e. <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Breads_of_Moskovskaya_Oblast._img_071.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Breads_of_Moskovskaya_Oblast._img_071.jpg</a></li> </ul>
<b>Gambar 6.4</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 6.5</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 6.6</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 6.7</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 6.8</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar Awal Bab 7</b>	<a href="https://knowledge.insead.edu/blog/insead-blog/how-blockchain-can-win-the-war-against-plastic-waste-12006">https://knowledge.insead.edu/blog/insead-blog/how-blockchain-can-win-the-war-against-plastic-waste-12006</a>
<b>Gambar 7.1</b>	kemkes.go.id
<b>Gambar 7.2</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 7.3</b>	berkeleyearth.org
<b>Gambar 7.4</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 7.5</b>	researchgate.net
<b>Gambar 7.6</b>	<a href="https://pixabay.com/photos/solar-energy-solar-electricity-4164170/">https://pixabay.com/photos/solar-energy-solar-electricity-4164170/</a>
<b>Gambar 7.7</b>	<a href="https://www.jawapos.com/ekonomi/energi/03/07/2018/mimpi-jokowi-capai-23-persen-energi-baru-terbarukan-dari-pltb-sidrap/">https://www.jawapos.com/ekonomi/energi/03/07/2018/mimpi-jokowi-capai-23-persen-energi-baru-terbarukan-dari-pltb-sidrap/</a>
<b>Gambar 7.8</b>	<a href="https://money.kompas.com/image/2015/12/05/120629126/Rekayasa.Industri.Bantu.Petani.Kopi.Lampung?page=1">https://money.kompas.com/image/2015/12/05/120629126/Rekayasa.Industri.Bantu.Petani.Kopi.Lampung?page=1</a>
<b>Gambar 7.9</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 7.10</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 7.11</b>	<a href="https://edition.cnn.com/2020/06/29/europe/russia-denies-nuclear-leaks-intl/index.html">https://edition.cnn.com/2020/06/29/europe/russia-denies-nuclear-leaks-intl/index.html</a>
<b>Gambar 7.12</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar 7.13</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021
<b>Gambar Mari Uji Kemampuan Kalian</b>	Dokumentasi Kemdikbud, 2021

# Biodata Pelaku Perbukuan

## Profil Penulis

1. Nama Lengkap : Cece Sutia, M.Pd.  
Email : cecesutia@student.upi.edu  
Instansi : SMAN 1 Parongpong  
Alamat Instansi : Jalan Cihanjuang Rahayu No. 39  
Kec. Parongpong Kab. Bandung Barat,  
Jawa Barat.  
Bidang Keahlian: Biologi/ IPA



### Riwayat Pekerjaan/ Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Guru di SMAN 1 Parongpong (2016-sekarang)
2. Guru di SMAN 3 Bandung (2013-2016)
3. Guru di SMAN 1 Sindangkerta (2009-2013)
4. Guru di SMP Talenta
5. Guru di BPK Penabur Cimahi
6. Tim Pembina OSN IPA SD SMP di Dinas Pendidikan Provinsi Jawa Barat

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S2 Pendidikan Biologi UPI tahun 2016-2018
2. S1 Pendidikan Biologi UPI tahun 2002-2006

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. IPA untuk kelas X SMK. Penerbit Grafindo (2010).
2. IPA untuk kelas XI SMK. Penerbit Grafindo (2010).
3. IPA untuk kelas XII SMK. Penerbit Grafindo (2010).

### 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>
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\\_e-publication/papers/525.pdf](http://www.ocerint.org/intcess18_e-publication/papers/525.pdf) (2018)
6. Membangun Keterampilan Riset Abad Ke-21 Siswa Melalui *Learning Management System* Berbasis *Google Classroom* pada Pembelajaran Proyek Biologi (2018)
7. Artikel “Strategi PGRI Kota Sukabumi dan Kerjasamanya dengan Alumni Sekolah dalam Perlindungan Hukum Bagi Guru” [http://simposium.gtk.kemdikbud.go.id/karya/files/dikmen\\_1/CECESUTIA\\_15112016052638.pdf](http://simposium.gtk.kemdikbud.go.id/karya/files/dikmen_1/CECESUTIA_15112016052638.pdf) (2016)

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.  
Bidang Keahlian: Kimia/ IPA



**Riwayat Pekerjaan/ Profesi (10 Tahun Terakhir):**

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 dan Tahun Belajar:**

1. S2 Master of Education University of New South Wales tahun 2012-2013
2. S1 Kimia MIPA Universitas Padjadjaran Bandung tahun 1998-2003

**Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Tidak ada

**Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Tidak ada

**Informasi Lain dari Penulis/Penelaah/Illustrator/Editor:**

*International Baccalaureate Examiner* untuk *Chemistry Extended Essay* dan *Exam Paper 3* (2015-sekarang).

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.  
Bidang Keahlian: Fisika/ IPA



**Riwayat Pekerjaan/ Profesi (10 Tahun Terakhir):**

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 dan Tahun Belajar:**

1. S2 Program Studi Magister Fisika Institut Teknologi Bandung tahun 2013 – 2015
2. S1 Jurusan Fisika Universitas Padjadjaran tahun 2004 – 2008

**Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

1. Fisika Kuantum: Sejarah dan Kisah Inspiratif Para Tokohnya. Penerbit Yrama Widya (2019).
2. Menjadi Ilmuwan Cilik di Rumah Sendiri: Panduan Percobaan Sains untuk Anak dan Orang Tua di Rumah. Penerbit Rumah Pena Pustaka (2018).

**Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

1. Arifin, M., Margareta, D. O., & Trimaryana, O. F. (2017). Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Konversi Sel Surya Berbasis Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC). *Jurnal Integrasi*, 9(1), 24-27.
2. Trimaryana, O. F., & Retinofa, R. R. (2016). The Application of Traditional Game Rorodaan as Learning Tool in Physics Subject: Force and Movement to Improve Learning Results. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 739, No. 1).



4. Nama Lengkap : Budiyantri Dwi Hardanie, S.Si.  
Email : budiyantri@anwari.my.id  
Instansi : Sekolah Mutiara Bunda Bandung  
Alamat Instansi : Jalan Padang Golf No. 14 Arcamanik  
Kota Bandung, Jawa Barat.  
Bidang Keahlian: Kimia/ IPA



**Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Koordinator Tim Pengembang Kurikulum, Divisi Pengembangan Kurikulum dan Pengajaran, Sekolah Mutiara Bunda (2019-Sekarang)
2. Desainer Modul Paruh Waktu Yayasan Guru Belajar (2020-Sekarang)
3. Tim Konsultan dan Pelatih Sekolah Binekas (2018-Sekarang)
4. Koordinator Pengembang Kurikulum dan SDM, Divisi HR, Sekolah Mutiara Bunda (2017-2019)
5. Tim Riset dan Pengembangan Sekolah Mutiara Bunda (2014-2017)
6. Wakil Kepala Sekolah Dasar Mutiara Bunda (2012-2014)
7. Koordinator Level Atas SD Mutiara Bunda (2010-2012)

**Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

1. S1 Kimia FMIPA Universitas Padjadjaran tahun 1998-2003
2. S2 Pengembangan Kurikulum Universitas Pendidikan Indonesia tahun 2017-sekarang

**Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Tidak ada

**Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Tidak ada

5. Nama Lengkap : Sri Handayani Lestari, S.Si.

*Email* : celilestari21@gmail.com

Instansi : Global Jaya School

Alamat Instansi : Jalan. Emerald Boulevard, Bintaro Jaya,  
Kec. Pd. Aren Kota Tangerang Selatan,  
Banten 15227.

Bidang Keahlian: Pendidikan/ Mengajar



**Riwayat Pekerjaan/ Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Global Jaya School (2012-sekarang)
2. Sekolah High/ Scope Indonesia (2008-2012)

**Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

S1 Universitas Negeri Jakarta tahun 2001-2006

**Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Tidak ada

**Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

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

1. Nama Lengkap : Dr. Ida Kaniawati, M.Si.  
Email : kaniawati@upi.edu  
Instansi : Universitas Pendidikan IPA  
Alamat Instansi : Jln. Dr. Setiabudi No 229 Bandung  
Bidang Keahlian: Pendidikan Fisika/ IPA



### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen Pendidikan Fisika dan IPA di S1, S2 dan S3 FPMIPA dan SPs UPI (1992-sekarang)
2. Asesor BAN PT (2018-sekarang)
3. Kaprodi Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana UPI (2021-2024)
4. Ketua Satuan Kendali Mutu SPs UPI Sekolah Pascasarjana UPI (2016-2020)
5. Tim Pengembang Kurikulum UPI (2016-2019)
6. Sekretaris Jurusan Departemen Pendidikan Fisika (2001-2005)

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S3 Pendidikan IPA (2005-2009)
2. S2 Fisika ITB (1997-1998)
3. S1 Pendidikan Fisika IKIP Bandung (1986-1991)

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

Tidak ada

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Pengembangan Pembelajaran STEM Berbasis Education Sustainable Development dalam Meningkatkan Kemampuan Abad 21 dan Kompetensi ESD. Hibah SPs UPI (2021)
2. Upaya Meminimalisir Miskonsepsi Siswa SMA Melalui Pengembangan dan Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Berbantuan Simulasi Komputer. PTUPT Dikti (2020)
3. Pengembangan Model Pendidikan IPA Tingkat SMA di Indonesia dalam Upaya Membentuk Sumbardaya IPTEK Berkompetensi STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). PTUPT Dikti (2020)
4. Analisis Miskonsepsi Siswa SMA Melalui Pengembangan dan Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Berbantuan Simulasi Komputer. Hibah Pasca (2019)
5. Optimasi Pengembangan Simulasi Komputer dalam Model Pembelajaran Kooperatif untuk Meminimalisir Miskonsepsi Fisika pada Siswa SMA di Kota Bandung, Hibah PUPT Dikti tahun 2018. Dikti (2018)
6. Optimasi Pengembangan Simulasi Komputer dalam Model Pembelajaran Kooperatif untuk Meminimalisir Miskonsepsi Fisika pada Siswa SMA di Kota Bandung, Hibah PUPT Dikti tahun 2017. Dikti (2017)

2. Nama Lengkap : Tatang Suratno  
Email : ts@upi.edu  
Instansi : Universitas Pendidikan Indonesia  
Kampus Serang  
Alamat Instansi : Jl. Ciracas 38 Serang-Banten  
Bidang Keahlian: Pendidikan IPA



**Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

Pengajar di UPI (2008–sekarang)

**Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

1. Magister Pendidikan IPA (2002-2004)
2. Sarjana Pendidikan Biologi (1997-2002)

**Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

1. Menjaring Makna 2016
2. Bercermin dari Pembelajaran 2015
3. Kemandirian Pendidik 2014

**Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

1. Towards building multicultural and resilient society (Toyota Foundation 2020-2022)
2. Implementasi Sistem Komunitas Pendidik Berbasis Riset (LPDP 2016)

## Profil Ilustrator

1. Nama lengkap : Aryodhimar Khairu Trihasmoro, S.Ds.

*Email* : aryodhimar@gmail.com

Instansi : Praktisi

Alamat instansi : –

Bidang keahlian : Ilustrasi



### **Riwayat pendidikan:**

S1 Fakultas Seni Rupa dan Desain Institut Teknologi Bandung (2004–2009)

### **Riwayat pekerjaan / Profesi (5 tahun terakhir):**

1. Pengajar Seni Rupa di Villa Merah Jakarta (2017 – sekarang)
2. Project Manager di Rimbun Creative Studio (2019 – sekarang)

2. Nama Lengkap : Bari Ardoko

*Email* : bari.ardoko@gmail.com

Instansi : Praktisi desain grafis

Alamat Instansi : –

Bidang Keahlian: Desain grafis



**Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Desain grafis di PT.Umara Nikmat Boga (2018-sekarang)
2. Desainer grafis & Motion grafis di Shift#3 Studio (2014-2018)
3. Desainer grafis di Sevenam Studio (2010 – 2014)

**Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

S1 Universitas Padjadjaran (2001-2006)

**Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Tidak ada

**Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Tidak ada

## Profil Editor

1. Nama Lengkap : Lala Tansah, S.Si., M.Pd. .  
*Email* : lala.tansah@gmail.com  
Instansi : Sekolah Mutiara Bunda, Bandung  
Alamat Instansi : Jalan Padang Golf No 11, Arcamanik,  
Kota Bandung, Jawa Barat.  
Bidang Keahlian: Matematika, Bahasa Indonesia, Bahasa Inggris



### **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir)**

1. Praktisi dan Pemerhati Kehumasan Sekolah (2019-sekarang)
2. Editor Buku (2019-sekarang)
3. Konsultan Pendidikan (2019-sekarang)
4. Guru di Mutiara Bunda (2002 – sekarang)
5. Kepala Sekolah SMA Mutiara Bunda (2015-2019)
6. Kepala Sekolah SMP Mutiara Bunda (2007-2014)

### **Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar**

1. S2 Administrasi Pendidikan Pasca Sarjana Universitas Pendidikan Indonesia tahun 2016–2018
2. S1 Statistika FMIPA Universitas Padjadjaran tahun 1997–2002

### **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Tidak ada

### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Tidak ada

2. Nama Lengkap : Andri Nurdiansyah, S.Pd., M.MPd.

*Email* : andrznoerd9@gmail.com

Instansi : SMPN 1 Rancakalong

Alamat Instansi : Jalan Rancakalong -Sumedang  
Kec. Rancakalong, Kab. Sumedang,  
Jawa Barat.

Bidang Keahlian: Biologi/ IPA



**Riwayat Pekerjaan/ Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Guru di SMPN 1 Rancakalong (2017-sekarang)
2. Guru di SMPN 1 Jatigede (2009-2017)

**Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

1. S2 Manajemen Pendidikan UNINUS tahun 2012-2014
2. S1 Pendidikan Biologi UPI tahun 2002-2006

**Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Tidak ada

**Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

Tidak ada