

Untuk Guru  
**SD**

# Energi dan Perubahannya



**BERMUTU**

*Better Education through Reformed Management and Universal Teacher Upgrading*  
Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Kandi, M.A.,  
Drs. Yamin Winduono, M.Pd.

# Energi dan Perubahannya

UNTUK GURU SD

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik  
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)  
untuk Program BERMUTU



Hak Cipta pada PPPPTK IPA  
Dilindungi Undang-Undang

# Energi dan Perubahannya

UNTUK GURU SD

Pembina

Prof. Dr. Syawal Gultom, M.Pd.

Pengarah

Dr. Sediono Abdullah, M.Si.

Penanggung Jawab Program

Dr. I Made Alit Mariana, M.Pd.

Penanggung Jawab Subtansi

Erly Tjahja Widjajanto T, S.Pd.

Penulis

Drs. Kandi, M.A.,

Drs. Yamin Winduono, M.Pd.

Editor

Dra. Lidya Br. Sinulingga, M.Si.

Penyelia

Drs. Darliana, M.Pd., Dr. Ida Kaniawati, M.Si.

Desainer Grafis / Ilustrator / Layouter

Agus Maulani, S.Sn., Dani Suhadi, S.Sos., Irman Yusron, S.Sos.,

Robi Suwarga, S.Si., Ridwan Fahrudin, M.T.,

Yoki Ariyana, M.T., Yudi Yanuar, M.T.

Diterbitkan oleh

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik  
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)  
untuk Program BERMUTU

Tahun Cetak

2012

## KATA PENGANTAR

Modul ini disusun untuk dimanfaatkan para guru sebagai perangkat suplemen Bahan Belajar Mandiri (BBM) dalam proses peningkatan kompetensi guru SD di kelompok kerja guru (KKG) yang dikelola melalui program BERMUTU (*Better Education through Reformed Management and Universal Teacher Upgrading*).

Modul untuk guru SD yang disusun pada tahun 2009 berjumlah delapan modul dengan judul-judul: Pengembangan Perangkat Pembelajaran, Penilaian Hasil Belajar, Pembelajaran Aktif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan, Hakikat IPA dan Pendidikan IPA, Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan, Benda, Sifat, dan Kegunaannya, Bumi dan Alam Semesta, dan Energi dan Perubahannya. Penyusunan modul melibatkan unsur Widyaiswara PPPPTK IPA dan Dosen LPTK. Proses penyusunannya diawali dengan workshop dan setelah disusun dikaji kembali dengan melibatkan widyaiswara IPA LPMP, Dosen LPTK, dan Guru SD.

Penghargaan dan terima kasih setinggi-tingginya disampaikan kepada semua pihak yang telah terlibat dalam pengembangan modul ini. Semoga modul ini dapat bermanfaat bagi guru-guru SD yang mengikuti program BERMUTU khususnya dan guru SD pada umumnya, sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan kinerja guru dan kualitas pembelajaran IPA di SD. Saran dan kritik yang membangun terkait modul dapat disampaikan ke PPPPTK IPA dengan alamat email [p4tkipa@yahoo.com](mailto:p4tkipa@yahoo.com).

Bandung, September 2009

Herry Sukarman, MSc.Ed.  
NIP. 19500608 197503 1 002



# DAFTAR ISI

	Hal
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang	1
B. Deskripsi Singkat	2
C. Tujuan	3
<b>BAB II KEGIATAN BELAJAR: ENERGI DAN PERUBAHANNYA</b>	<b>5</b>
A. Pengertian Energi	5
B. Bentuk-bentuk Energi	11
C. Sumber Energi	31
D. Penghematan Energi	63
<b>BAB III RANGKUMAN</b>	<b>71</b>
<b>BAB IV EVALUASI</b>	<b>75</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>81</b>
<b>GLOSARIUM</b>	<b>83</b>







## DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1	Bongkar muat di pelabuhan	5
Gambar 2.a	Kuda menarik delman	7
Gambar 2.b	Benda yang ditarik dengan gaya yang searah perpindahannya	8
Gambar 3.a	Pegolf yang menarik wadah stik golf	8
Gambar 3.b	Benda yang ditarik dengan gaya yang membentuk sudut terhadap perpindahannya	9
Gambar 4	Pemain sirkus yang melempar bola ke atas	13
Gambar 5	Grafik energi potensial dan energi kinetik dari berbagai kedudukan	14
Gambar 6	Pemanah yang menarik busur panahnya	15
Gambar 7	Pegas yang ditarik/diregangkan	16
Gambar 8	Berbagai posisi benda jatuh bebas	17
Gambar 9	Muatan uji yang menjauhi muatan sumber	19
Gambar 10	Rangkaian tertutup catu daya dan resistor	21
Gambar 11	Lampu pijar	23
Gambar 12	Lampu tabung	23
Gambar 13	Peralatan listrik yang mengubah energi listrik menjadi kalor	25
Gambar 14	Alat percobaan Joule	25
Gambar 15	Proses pembentukan batubara	37
Gambar 16	Matahari sumber energi terbesar	42
Gambar 17	Sel surya ( <i>photovoltaic or solar cell</i> ), ala untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik	43
Gambar 18	<i>Parabolic Troughs</i> adalah salah satu alat pengumpul panas ( <i>collector</i> ) yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya yang berada di <i>the Mojave Desert at Kramer Junction, California</i>	44
Gambar 19	Diagram pembangkit listrik tenaga surya	44
Gambar 20	Salah satu contoh ladang turbin angin di <i>Lake Benton, Minnesota, USA</i>	46
Gambar 21	Uap panas	48
Gambar 22	Di dalam proses fotosintesis, tumbuhan mengubah energi radiasi matahari menjadi energi kimia dalam bentuk glukosa atau gula	52
Gambar 23	Jenis-jenis biomassa	53
Gambar 24	Siklus karbon	58
Gambar 25	Station pengisi bahan bakar ethanol yang ada di kota Lexington, USA	59
Gambar 26	Tempat parkir sepeda di kota Groningen	67





## DAFTAR TABEL

		Hal
<b>Tabel 1</b>	Jumlah komponen pencemar dan sumber pencemaran	40
<b>Tabel 2</b>	Perkiraan prosentasi komponen pencemar udara dari sumber pencemar transportasi di Indonesia	40
<b>Gambar 2.b</b>	Benda yang ditarik dengan gaya yang searah perpindahannya	8
<b>Gambar 3.a</b>	Pegolf yang menarik wadah stik golf	8
<b>Gambar 3.b</b>	Benda yang ditarik dengan gaya yang membentuk sudut terhadap perpindahannya	9
<b>Gambar 4</b>	Pemain sirkus yang melempar bola ke atas	13
<b>Gambar 5</b>	Grafik energi potensial dan energi kinetik dari berbagai kedudukan	14
<b>Gambar 6</b>	Pemanah yang menarik busur panahnya	15
<b>Gambar 7</b>	Pegas yang ditarik/diregangkan	16
<b>Gambar 8</b>	Berbagai posisi benda jatuh bebas	17
<b>Gambar 9</b>	Muatan uji yang menjauhi muatan sumber	19
<b>Gambar 10</b>	Rangkaian tertutup catu daya dan resistor	21
<b>Gambar 11</b>	Lampu pijar	23
<b>Gambar 12</b>	Lampu tabung	23
<b>Gambar 13</b>	Peralatan listrik yang mengubah energi listrik menjadi kalor	25
<b>Gambar 14</b>	Alat percobaan Joule	25
<b>Gambar 15</b>	Proses pembentukan batubara	37
<b>Gambar 16</b>	Matahari	43
<b>Gambar 17</b>	Sel surya	44
<b>Gambar 18</b>	Alat pengumpul panas	45
<b>Gambar 19</b>	Diagram pembangkit listrik tenaga surya	45
<b>Gambar 20</b>	Ladang turbin angin	47
<b>Gambar 21</b>	Geyser	49
<b>Gambar 22</b>	Photosynthesis	54
<b>Gambar 23</b>	Jenis-jenis biomassa	54
<b>Gambar 24</b>	Siklus karbon	60
<b>Gambar 25</b>	Station pengisi bahan bakar ethanol	60
<b>Gambar 26</b>	Tempat parkir sepeda di kota Groningen	68



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Dalam rangka mengimplementasikan Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen, Menteri Pendidikan Nasional melalui Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan (Ditjen PMPTK) melaksanakan Program *Better Education through Reformed Management and Universal Teacher Upgrading* (BERMUTU) yang dimulai pada tahun 2008 sampai tahun 2013 yang dilaksanakan di 75 Kabupaten/Kota di 16 provinsi. Program BERMUTU bertujuan untuk meningkatkan mutu pembelajaran sebagai dampak peningkatan kompetensi, kualifikasi, dan kinerja guru. Salah satu komponen strategis Program BERMUTU untuk mencapai tujuan tersebut adalah penguatan peningkatan mutu dan profesional guru secara berkelanjutan.

Lebih dari 1 juta orang guru di Indonesia belum memenuhi kualifikasi minimal S1/D4. Hal ini menjadi dasar pemikiran untuk memberdayakan Kelompok Kerja Guru (KKG) yang mewadahi guru SD dan Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) yang mewadahi guru bidang studi di SMP. Dalam Program BERMUTU, peningkatan kompetensi guru akan ditingkatkan dengan memberdayakan KKG dan MGMP sehingga mampu menyelenggarakan berbagai kegiatan pengembangan profesional guru termasuk pendidikan dan pelatihan yang terakreditasi bagi guru yang belum memiliki ijazah S1/D4.

Supaya kegiatan pendidikan dan pelatihan yang dilaksanakan di KKG dan MGMP ini berjalan dengan baik, maka perlu dilengkapi dengan bahan-bahan pembelajarannya. Bahan Belajar Mandiri BERMUTU telah dikembangkan untuk dimanfaatkan sebagai perangkat utama dalam proses pendidikan dan pelatihan terakreditasi bagi guru di KKG/MGMP. Bahan Belajar Mandiri BERMUTU yang dirancang dengan mengintegrasikan pendekatan penelitian tindakan kelas, *lesson study*, dan studi kasus, diharapkan dapat memandu guru-guru untuk melakukan kajian kritis terhadap proses pembelajaran yang dilaksanakan, memperbaiki dan



mengembangkan kurikulum pembelajarannya, serta mempraktekkan pembelajaran yang baik berdasarkan metode PAKEM dan strategi pembelajaran inovatif lainnya. Disamping Bahan Belajar Mandiri, disusun pula modul-modul pendukung lainnya, yaitu modul pendalaman materi mata pelajaran IPA yang salah satunya adalah Modul Energi dan Perubahannya.

Bahan Belajar Mandiri BERMUTU dikembangkan dengan melibatkan sejumlah widyaiswara dari P4TK, dosen LPTK, guru, kepala sekolah dan pengawas sekolah, serta mengintegrasikan berbagai masukan dari praktisi lapangan dan nara sumber ahli dari LPTK. Sementara modul-modul pendukungnya seperti modul ini disusun oleh widyaiswara dari P4TK IPA. Dengan Bahan Belajar Mandiri BERMUTU beserta modul pendukungnya, beragam kegiatan pengembangan profesional guru di KKG/MGMP dapat dilaksanakan secara aktif.

## B. Deskripsi Singkat

Materi IPA tentang energi merupakan salah satu materi yang sangat penting karena hampir pada setiap pokok bahasan IPA terutama Fisika membahas tentang energi. Pada pokok bahasan listrik terdapat sub pokok bahasan energi listrik. Begitu juga pada pokok bahasan mekanika, gelombang, dan optik terdapat sub pokok bahasan tentang energi. Sehingga dikenal berbagai macam bentuk energi, seperti energi listrik, energi mekanik, energi cahaya, energi nuklir, dan lain sebagainya.

Dalam kehidupan sehari-hari baik manusia, hewan, maupun tumbuhan memerlukan energi untuk melakukan aktivitasnya. Demikian juga dengan berbagai jenis mesin, mesin baru dapat berfungsi jika ada energi untuk menggerakkannya. Energi yang digunakan oleh manusia, hewan, dan tumbuhan berasal dari berbagai makanan dan minuman yang dikonsumsi. Sementara energi yang digunakan mesin mobil berasal dari bahan bakar berupa bensin, solar, atau dapat juga berasal dari bahan bakar bentuk lainnya. Bensin dan solar itu sendiri diperoleh dari sumber energi tak terbarukan, yaitu sumber energi yang berasal dari fosil. Sampai saat ini sumber energi yang berasal dari fosil tersebut merupakan sumber energi yang paling banyak digunakan oleh manusia. Banyaknya penggunaan bahan bakar fosil ini menyebabkan persediaan energi jenis tersebut semakin menipis. Disamping itu, hasil pembakarannya menimbulkan dampak negatif, yaitu pencemaran dan pemanasan global. Untuk menanggulangi kedua hal tersebut, pemerintah disetiap



negara memberlakukan gerakan penghematan energi dan pengurangan ketergantungan pada sumber energi fosil tersebut. Selain itu setiap negara mulai mengembangkan dan menggunakan berbagai macam sumber energi alternatif yang bisa diperbaharui dan tidak terlalu merugikan kehidupan di Bumi.

Di dalam modul ini akan dibahas tentang pengertian energi, bentuk-bentuk energi, sumber energi, dan penghematan energi. Pengertian energi meliputi hubungan energi dengan usaha dan satuan internasional untuk energi. Bentuk-bentuk energi meliputi energi kinetik, energi potensial, energi mekanik, energi termal, energi listrik, energi kimia, dan energi nuklir. Sedangkan pada sumber-sumber energi akan dibahas dua jenis sumber energi yaitu sumber energi tak terbarukan dan sumber energi alternatif serta bagaimana cara penghematan energi dalam kehidupan sehari-hari. Materi-materi yang dibahas di dalam modul ini sesuai dengan ruang lingkup bahan kajian IPA untuk SD/ MI yang salah satu diantaranya membahas energi dan perubahannya meliputi: gaya, bunyi, panas, magnet, listrik, cahaya dan pesawat sederhana. Pada akhir Bab II akan diberikan contoh aplikasi dalam pembelajaran untuk materi energi listrik dan penghematannya.

### C. Tujuan

Setelah menjalankan latihan ini, peserta diharapkan mampu:

1. menjelaskan pengertian energi,
2. menjelaskan hubungan bentuk energi dan perubahannya,
3. menjelaskan hubungan prinsip “usaha dan energi” serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari,
4. mendeskripsikan hubungan energi dan daya listrik serta pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari,
5. mendeskripsikan sumber-sumber energi tak terbarukan,
6. menjelaskan keuntungan dan kerugian penggunaan sumber energi tak terbarukan,
7. mendeskripsikan sumber-sumber energi alternatif,
8. menjelaskan cara-cara penghematan energi dalam kehidupan sehari-hari.





## BAB II

# KEGIATAN BELAJAR:

# ENERGI DAN PERUBAHANNYA

### A. Pengertian Energi

Apakah yang dimaksud dengan energi? Energi dibutuhkan diantaranya untuk menggerakkan mobil, untuk memanaskan dan mendinginkan ruangan, dan menjalankan komputer. Matahari merupakan sumber energi; energi matahari diperlukan antara lain untuk pertumbuhan tanaman dan proses siklus air. Energi yang terdapat dalam makanan menghasilkan energi bagi manusia, baik berjalan, olah raga, bernyanyi, bekerja, belajar, berpikir, saat melamun, bahkan saat tidurpun memerlukan energi. Manusia membutuhkan beberapa ribu kalori setiap harinya untuk melakukan kegiatan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, disarankan setiap pagi sebelum beraktivitas kita harus makan dahulu. Dengan demikian, tubuh kita memiliki cukup energi untuk melakukan segala kegiatan dan kesehatan tubuh akan selalu terjaga.

Seseorang yang terus melakukan kerja, misalnya memindahkan barang lama-kelamaan akan merasa lelah dan akhirnya orang tersebut tidak mampu lagi memindahkan barang. Hal tersebut disebabkan pada saat memindahkan barang setiap orang mengeluarkan energi.



**Gambar 1.** Orang yang memindahkan barang lama-kelamaan akan merasa lelah karena kehabisan energi



Berdasarkan contoh di atas terlihat bahwa energi dan kerja merupakan dua hal yang tidak dapat dipisahkan. Artinya, jika pada suatu benda diberikan energi sehingga benda bergeser, dikatakan pada benda tersebut terjadi kerja atau usaha.

Sebagai gambaran untuk memahami lebih jauh pengertian energi dan bagaimana kaitannya dengan kerja atau usaha, dapat kita rasakan pada saat melaksanakan puasa. Pada saat berpuasa badan terasa lemas kurang bertenaga, sedangkan jika tidak berpuasa badan terasa segar.

Pada saat berpuasa, energi makanan yang dikonsumsi lebih sedikit dibandingkan dengan energi yang dikonsumsi pada saat tidak berpuasa. Badan menjadi segar kembali beberapa saat setelah berbuka puasa. Mengapa hal itu terjadi? Sumber energi yang dimiliki manusia berasal dari makanan dan minuman. Badan menjadi segar kembali, karena kekurangan energi selama berpuasa telah diganti kembali setelah mengkonsumsi makanan dan minuman. Tentunya, makanan dan minuman tidak dapat langsung berubah menjadi energi tetapi harus mengalami suatu proses atau diolah dulu oleh sistem pencernaan tubuh. Setelah mengalami proses pencernaan di dalam tubuh, zat-zat makanan berubah menjadi energi. Selanjutnya, energi yang dihasilkan dari proses pencernaan dapat digunakan untuk melakukan berbagai aktivitas.

## 1. Energi dan Usaha

Manusia, hewan, dan tumbuhan pada saat melakukan aktivitasnya selalu memerlukan energi. Energi yang digunakan manusia, hewan, dan tumbuhan berasal dari berbagai makanan dan minuman yang dikonsumsinya. Mesin-mesin dan alat elektronik dapat beroperasi jika ada energi yang menggerakkannya. Energi yang digunakan mesin mobil berasal dari bahan bakar berupa bensin, solar, atau dapat juga berupa bahan bakar bentuk lainnya; sedangkan alat elektronik dapat beroperasi jika ada sumber energi listrik. Energi yang dimiliki mesin digunakan untuk melakukan usaha, misalkan mesin mobil digunakan untuk menggerakkan roda sehingga mobil dapat bergerak. Mobil dapat bergerak karena adanya perubahan energi, yaitu dari energi kimia yang berasal dari bahan bakar berubah menjadi energi gerak yang dihasilkan oleh mesin.

**Energi dan usaha dalam IPA adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Sedangkan usaha didefinisikan dengan gaya kali jarak**



**perpindahan benda yang dikenai gaya.** Untuk lebih memahami tentang perubahan dan perpindahan energi serta hubungannya dengan usaha, mari kita ambil suatu contoh. Misalkan Kita melakukan usaha terhadap sebuah batu besar dengan cara mengangkatnya. Dalam hal ini Kita telah menyalurkan energi, tetapi energi ini tidak hilang. Energi tersebut tidak habis, melainkan dipindahkan ke batu itu. Batu tersebut sekarang memiliki energi dan bisa melakukan usaha.

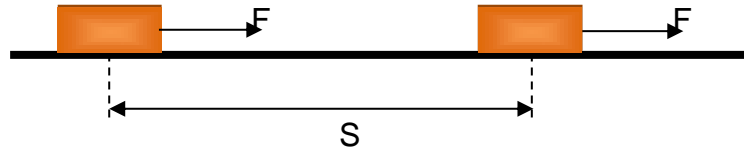
Dari contoh di atas dapat disimpulkan bahwa ketika usaha dilakukan pada sistem, maka energi sistem akan meningkat. Sebaliknya, ketika sistem melakukan usaha, maka energinya akan berkurang. Jadi usaha bisa diartikan sebagai energi yang digunakan atau energi yang dipindahkan. Maka sangat tepat jika satuan energi sama dengan satuan usaha, yaitu joule (J). Jika Kita melakukan usaha sebesar 200 J pada sebuah benda, berarti Kita memindahkan 200 J energi ke benda tersebut. Ketika benda dikenai usaha, maka energi benda akan meningkat. Secara matematik hubungan ini dinyatakan sebagai  $W = \Delta E$ . Dimana  $W$  adalah usaha dan  $\Delta E$  adalah perubahan energi.

## 2. Rumus Usaha

Pengertian kerja atau usaha dalam kehidupan sehari-hari diartikan sebagai suatu tindakan yang sungguh-sungguh untuk mencapai suatu hasil. Hal ini jelas berbeda dengan pengertian kerja atau usaha dalam fisika. Dalam fisika **kerja atau usaha diartikan sebagai hasil perkalian antara gaya yang bekerja pada suatu benda dengan jarak perpindahan benda tersebut.** Usaha dikatakan bekerja pada benda apabila sebuah gaya menyebabkan benda tersebut bergerak searah dengan arah gaya tersebut. Contoh pada Gambar 2.a., delman dapat bergerak karena kuda memberikan gaya, sehingga delman dapat bergerak searah dengan arah gerak kuda tersebut.



**Gambar 2.a.** Kuda menarik delman



[http://www.jakarta.go.id/v22//dataimg/image/foto\\_jakarta//delman-monas.jpg](http://www.jakarta.go.id/v22//dataimg/image/foto_jakarta//delman-monas.jpg)

**Gambar 2b.** Gaya  $F$  menyebabkan benda bergerak sejauh  $S$  pada arah gaya  $F$  tersebut

Jika kita perhatikan Gambar 2.b., arah gaya yang bekerja pada benda searah dengan arah perpindahannya. Karena pengaruh gaya sebesar  $F$ , benda berpindah sejauh  $S$ . Besarnya kerja atau usaha yang bekerja pada benda dapat ditentukan dengan persamaan :

$$W = F \cdot S \quad (1)$$

dimana :

$W$  = kerja atau usaha (joule)

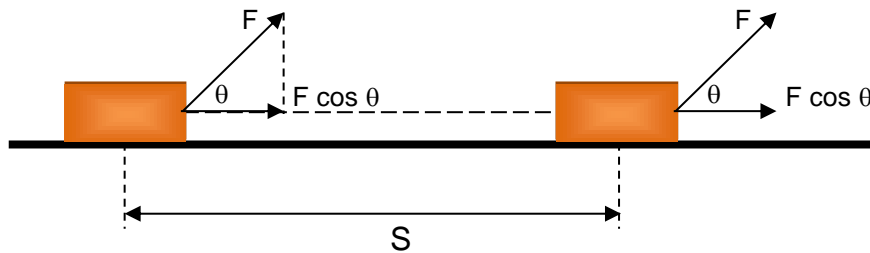
$F$  = gaya (newton)

$S$  = jarak perpindahan (meter)

Jika arah gaya yang bekerja pada benda membentuk sudut terhadap arah perpindahannya, maka untuk menentukan besar kerja atau usahanya tidak dapat langsung menggunakan persamaan di atas. Besarnya gaya yang menyebabkan benda berpindah sejauh  $S$  adalah komponen  $F$  pada arah mendatar (arah perpindahan  $S$ ), yaitu  $F \cos \theta$ . Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut ini.



**Gambar 3a.** Arah gaya yang dikerjakan pegolf pada roda tidak searah dengan perpindahan roda.



**Gambar 3b.** Benda dikenai gaya sebesar  $F$  yang arahnya membentuk sudut  $\theta$  terhadap arah mendatar. Besar gaya yang menyebabkan benda tersebut berpindah adalah komponen gaya  $F$ , yaitu  $F \cos \theta$

Selanjutnya, untuk menentukan kerja atau usaha pada benda dapat kita gunakan persamaan :

$$W = F \cos \theta \cdot S \quad (2)$$

Dimana :

$W$  = kerja atau usaha (joule)

$F \cos \theta$  = gaya efektif (newton)

$S$  = jarak perpindahan (meter)

### 3. Satuan Energi

Satuan internasional untuk energi adalah joule. Satuan joule merupakan satuan yang diturunkan dari satuan gaya dan satuan jarak dalam sistem MKS, yaitu newton dan meter. Dalam fisika ada beberapa satuan lainnya yang dapat dikonversikan ke dalam satuan joule. Satuan-satuan tersebut antara lain: erg, kalori, kilokalori, elektronvolt, MeV, dan kWh.

Secara rinci hubungan antara satuan joule dengan satuan energi lainnya adalah:

#### a. Hubungan Joule – erg

Seperti telah diuraikan di atas, satuan joule diperoleh dari satuan newton dan meter. Berarti, 1 joule adalah besarnya usaha yang ditimbulkan gaya sebesar 1 newton yang menyebabkan benda berpindah sejauh 1 meter. Untuk menentukan hubungan antara joule dengan erg dapat kita lakukan dengan mengkonversikan satuan besaran-besaran energi dalam sistem MKS ke dalam satuan besaran-besaran energi dalam sistem cgs.



Satuan erg sudah jarang digunakan karena yang lazim adalah satuan SI, yaitu Joule.

$$\begin{aligned}1 \text{ joule} &= 1 \text{ newton} \times 1 \text{ meter} \\&= 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ meter} \\&= 1000 \text{ gram} \cdot 100 \text{ cm/s}^2 \times 100 \text{ cm} \\&= 10.000.000 \text{ gram cm}^2 / \text{s}^2 \\&= 10^7 \text{ gram cm}^2 / \text{s}^2 \\&= 10^7 \text{ erg}\end{aligned}$$

#### b. Hubungan Joule – kalori

Peninjauan hubungan satuan energi antara joule dengan kalori dapat kita peroleh dengan cara sebagai berikut.

$$1 \text{ joule} = 0,24 \text{ kalori}$$

$$1 \text{ kalori} = 4,2 \text{ joule}$$

karena

$$1 \text{ kalori} = 10^{-3} \text{ kkal}$$

$$1 \text{ kkal} = 10^3 \text{ kalori}$$

maka

$$1 \text{ kkal} = 4,2 \times 10^3 \text{ joule}$$

Satuan kalori digunakan untuk energi panas

#### c. Hubungan Joule – elektronvolt

Peninjauan hubungan satuan energi antara joule dengan elektronvolt dapat kita peroleh dengan cara sebagai berikut.

$$1 \text{ joule} = 0,625 \times 10^{19} \text{ eV}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ joule}$$

karena

$$1 \text{ eV} = 10^{-6} \text{ MeV}$$

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$$

maka



$$1 \text{ MeV} = 10^6 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ joule}$$

$$= 1,6 \times 10^{-13} \text{ joule}$$

Satuan elektronvolt sering digunakan pada perhitungan energi pada kasus sinar katoda, sinar-X, dan lain-lain.

#### d. Hubungan Joule – kWh

Peninjauan hubungan satuan energi antara joule dengan kWh dapat kita peroleh dengan cara sebagai berikut.

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

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule/s}$$

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ watt.s}$$

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ watt}$$

$$1 \text{ kWh} = 10^3 \times 3600 \text{ watt.s}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ watt .s}$$

$$\text{watt.s} = 1/3,6 \times 10^{-6} \text{ kWh}$$

$$\text{watt.s} = 0,278 \times 10^{-6} \text{ kWh}$$

$$\text{watt.s} = 2,78 \times 10^{-7} \text{ kWh}$$

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ watt.s}$$

$$1 \text{ joule} = 2,78 \times 10^{-7} \text{ kWh}$$

Satuan kWh sering dipakai pada perhitungan energi listrik yang digunakan di rumah-rumah atau pabrik.

## B. Bentuk - Bentuk Energi

Energi yang dimiliki oleh suatu benda bisa bermacam-macam bentuk, diantaranya energi kinetik, energi potensial, energi mekanik, energi panas, energi listrik, energi kimia, dan energi nuklir.

### 1. Energi Kinetik

Jika kita perhatikan seseorang yang sedang berlari, maka posisi orang tersebut akan berubah setiap detiknya, perubahan posisi ini menunjukkan



bahwa orang itu memiliki energi. Energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak disebut **energi kinetik**. Besar kecilnya energi kinetik suatu benda bergantung kepada massa dan kelajuan benda tersebut. Secara matematis energi kinetik dirumuskan sebagai

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \dots\dots\dots(3)$$

dimana

$E_k$  = energi kinetik (joule)

$m$  = massa benda (kg)

$v$  = kecepatan benda (m/s)

Dari persamaan (3) terlihat bahwa energi kinetik suatu benda berbanding lurus dengan massa benda tersebut. Sehingga sebuah batu dengan massa 2 kg memiliki energi kinetik yang lebih besar dibandingkan dengan sebuah bola baseball dengan massa 148 gram yang dilemparkan dengan kecepatan sama. Energi kinetik suatu benda juga berbanding lurus dengan kuadrat kecepatannya. Mobil yang bergerak dengan kecepatan 20 m/s mempunyai energi kinetik empat kali lipat dibandingkan ketika mobil tersebut bergerak dengan kecepatan 10 m/s.

## 2. Energi Potensial

Energi potensial merupakan energi yang dimiliki oleh benda karena kedudukannya atau kondisinya. Energi potensial memiliki beberapa bentuk diantaranya: energi potensial gravitasi, energi potensial pegas, energi potensial listrik, dan lain-lain. Pada bagian ini terlebih dahulu akan dibahas tentang energi potensial gravitasi.

Jika benda berada di sekitar bumi, maka energi yang dimilikinya disebut energi potensial gravitasi.





### a. Energi Potensial Gravitasi



**Gambar 4.** Energi kinetik dan energi potensial berubah-ubah secara konstan ketika bola dilemparkan dan kembali ke tangan

**Gambar 4.** Menunjukkan bola yang sedang dilemparkan oleh seseorang. Anggap saja sistem hanya terdiri dari satu bola saja, dan tentu pada bola ini bekerja beberapa gaya. Gaya yang dilakukan oleh tangan orang tersebut menyebabkan bola memiliki energi kinetik. Setelah meninggalkan tangan, hanya gaya gravitasi bumi yang bekerja pada bola tersebut. Berapa besarkah usaha yang dilakukan oleh gravitasi terhadap bola sehingga ketinggiannya berubah?

Ketinggian bola dari tangan orang tersebut adalah  $h$ . Bola mengalami perpindahan ke atas, sementara gaya gravitasi yang bekerja pada bola,  $F_g = m \cdot g$  arahnya ke bawah. Sehingga usaha yang dilakukan oleh gravitasi adalah  $W = -mgh$ , nilainya negatif karena gaya gravitasi berlawanan arah dengan perpindahannya. Ketika bola kembali ke bawah, gaya dan perpindahannya searah, sehingga usaha yang dilakukan oleh gravitasi bernilai positif,  $W = mgh$ . Besar kedua usaha ini sama, tetapi tandanya berlawanan. Jadi ketika bola bergerak ke atas, gravitasi melakukan usaha negatif, kelajuan bola berkurang dan akhirnya berhenti di titik tertinggi. Pada saat bola kembali jatuh, gravitasi melakukan usaha positif, kelajuan bola bertambah dan energi kinetik bola bertambah besar. Energi kinetik ini kembali ke harga semula ketika bola bergerak ke atas meninggalkan tangan pesulap. Jadi energi kinetik bola berubah menjadi



bentuk energi lain ketika bergerak ke atas dan berubah kembali menjadi energi kinetik ketika kembali jatuh.

Jika Kita menganggap sistem terdiri dari bola dan bumi, maka gaya tarik gravitasi antara bola dan bumi merupakan interaksi gaya antara anggota sistem. Jika benda bergerak menjauhi bumi, maka energi yang tersimpan dalam sistem merupakan hasil interaksi gravitasi antara benda dan bumi. Energi yang tersimpan dalam sistem ini disebut **energi potensial gravitasi** yang disimbolkan dengan  $E_p$ . Pada contoh bola yang dilempar ke atas, gravitasi merupakan gaya luar, perubahan energi potensial bola adalah negatif usaha yang dilakukan, sehingga energi potensial gravitasi dinyatakan sebagai

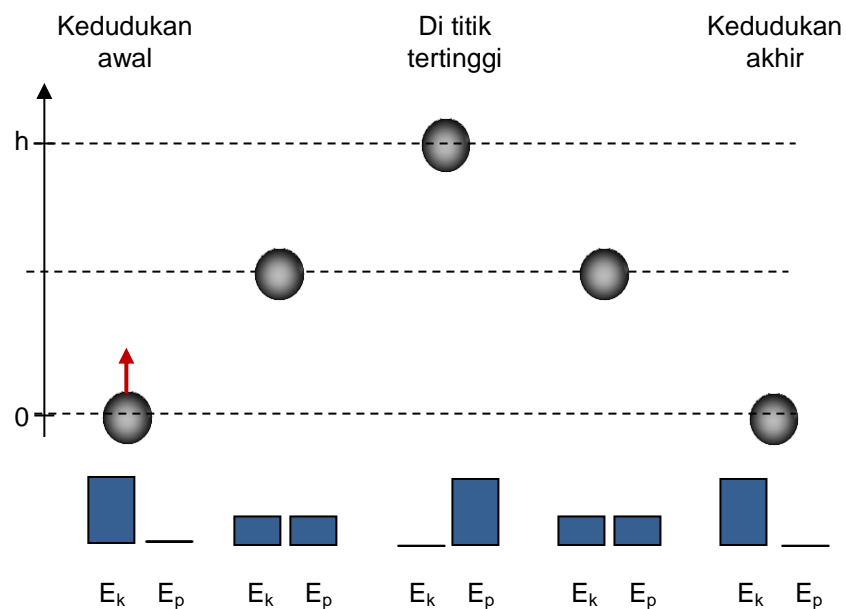
$$E_p = mgh \dots\dots\dots(6)$$

dimana

m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

h = ketinggian benda (m)



**Gambar 5.** Perubahan energi potensial dan energi kinetik yang bergerak vertikal



**Gambar 5** menunjukkan energi sistem yang terdiri dari bola dan Bumi. Energi sistem terdiri dari dua jenis energi, yaitu energi kinetik dan energi potensial gravitasi. Pada saat bola mulai bergerak ke atas, seluruh energi berbentuk energi kinetik. Makin ke atas bola makin diperlambat, dan energi kinetik berubah menjadi energi potensial. Di titik tertinggi bola berhenti sesaat. Pada waktu sesaat tersebut, pulalah seluruh energi berbentuk energi potensial gravitasi. Pada saat bola kembali bergerak ke bawah, energi potensial gravitasi berubah kembali menjadi energi kinetik. Jumlah energi kinetik dan energi potensial gravitasi adalah tetap karena tidak ada usaha yang bekerja pada sistem oleh gaya lain dari luar sistem.

#### b. Energi Potensial Elastis

Perhatikan tali busur yang ditarik seperti ditunjukkan pada **Gambar 6**, usaha di lakukan oleh pemanah pada tali busur, sehingga tali busur menyimpan energi. Misalkan sistem terdiri dari tali busur, anak panah, bumi. Pada sistem tersebut energinya bertambah. Ketika tali busur dan anak panah dilepaskan, energi berubah menjadi energi kinetik. Energi yang tersimpan dalam tali busur yang meregang disebut **energi potensial elastis**. Energi potensial elastis ini dimiliki oleh benda-benda elastis, seperti karet, bola karet, pegas, dan lain-lain.



**Gambar 6.** Energi potensial elastis dimiliki oleh tali busur. Sebelum tali busur dilepaskan, semua energi berbentuk energi potensial. Setelah tali busur dilepaskan, energi potensial tali busur berubah menjadi energi kinetik anak panah

Pegas yang ditarik seperti terlihat pada **Gambar 7** memiliki energi potensial elastis atau biasa disebut juga energi potensial pegas. Jika tarikan pada pegas ini tidak melewati daerah elastisitasnya, maka pegas tersebut dapat kembali ke keadaan semula.



**Gambar 7.** Ketika pegas diregangkan, pegas tersebut menyimpan energi potensial.

Misalkan panjang pegas sebelum mendapatkan gaya luar adalah  $x$  cm. Jika pada pegas dikerjakan gaya yang meregangkan pegas sehingga panjangnya menjadi  $x + \Delta x$  cm dan jika dengan cara menekan panjangnya menjadi  $x - \Delta x$  cm. Berarti, ada perbedaan panjang pegas yang dikenai gaya jika dibandingkan dengan panjang pegas sebelum dikenai gaya atau pegas dalam keadaan normal.

Jika kita meletakkan sebuah benda yang ukurannya kecil pada pegas yang kita tekan, kemudian kita lepaskan tekanannya ternyata benda terdorong oleh pegas tersebut. Mengapa hal tersebut terjadi?

Benda terdorong oleh pegas karena pegas yang tertekan memiliki energi potensial pegas. Besarnya energi potensial pegas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$E_p = \frac{1}{2} k \Delta x^2 \dots\dots\dots(8)$$

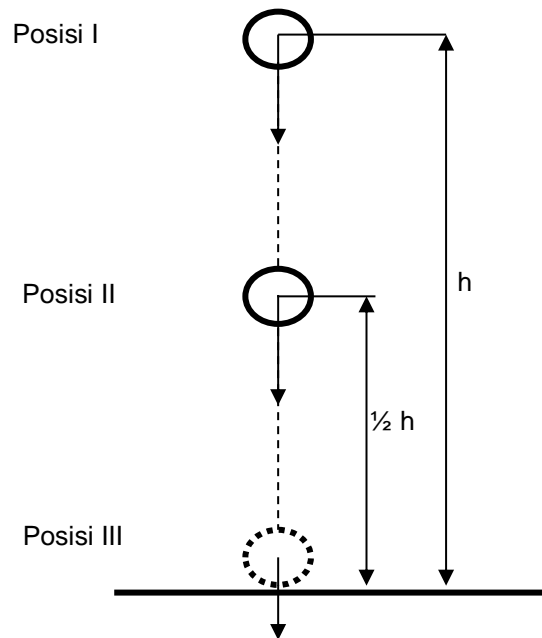
dimana :

- $E_p$  = energi potensial pegas (joule)
- $k$  = konstanta pegas (N/m)
- $\Delta x$  = perubahan panjang pegas (m)



### 3. Energi Mekanik

Sebuah benda yang sedang jatuh bebas sekaligus memiliki dua buah energi, yaitu energi kinetik dan energi potensial gravitasi. Penjumlahan kedua energi tersebut dinamakan energi mekanik. Besarnya energi mekanik yang dimiliki oleh suatu benda pada setiap perubahan posisi selalu tetap. Pernyataan ini dikenal sebagai **hukum kekekalan energi mekanik**. Artinya jika pada suatu posisi energi potensial yang dimiliki benda maksimal, maka pada posisi tersebut energi kinetiknya minimal. Sebaliknya jika pada saat posisi energi kinetik maksimal, maka energi potensialnya minimal, seperti terlihat pada **Gambar 8**.



**Gambar 8.** Benda jatuh bebas memiliki dua jenis energi yang berubah-ubah secara konstan, yaitu energi potensial gravitasi dan energi kinetik.

Coba kita pikirkan bagaimana keadaan energi potensial gravitasi dan energi kinetik benda pada posisi I, posisi II, dan posisi III? Pada posisi manakah yang energi potensial gravitasinya maksimal dan pada posisi manakah yang energi kinetiknya maksimal? Kemukakan alasannya untuk setiap posisi yang Kita pilih!

### 4. Energi Termal

Energi termal didefinisikan sebagai jumlah energi potensial dan energi kinetik yang dimiliki oleh atom-atom dan molekul-molekul yang membentuk zat. Menurut teori kinetik-molekul, benda panas memiliki energi yang lebih besar dibandingkan dengan benda yang dingin. Jika kedua buah benda yang memiliki perbedaan suhu tersebut disentuh, maka sejumlah energi akan mengalir dari benda panas (bersuhu tinggi) ke benda yang dingin (suhunya lebih rendah). Misalkan kita memanaskan air dalam panci dengan menggunakan



kompur listrik. Begitu proses pemanasan dimulai, elemen kompor listrik secara bertahap suhunya meningkat sebab energi kinetik rata-rata molekul-molekul elemen listrik meningkat sebanding dengan kenaikan suhunya. Energi panas dari elemen kompor listrik mengenai molekul-molekul air; akibatnya suhu panci dan air meningkat sebanding dengan jumlah energi panas yang disalurkan oleh elemen kompor ke panci dan air. Hal sejenis terjadi jika ketika air panas dalam panci diletakkan di atas es. Air panas dalam panci molekul-molekulnya memiliki energi kinetik tinggi; sedangkan es molekul-molekulnya memiliki energi kinetik yang rendah. Akibatnya ada aliran energi dari air panas dalam panci ke es. Berdasarkan dua kasus tersebut, energi panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Energi yang berpindah dari benda satu ke benda lainnya karena perbedaan suhu disebut **kalor** (*heat*).

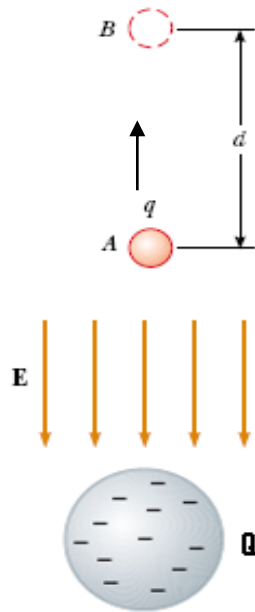
Kalor adalah salah satu bentuk energi seperti halnya energi kinetik atau energi potensial, maka satuan kalor sama dengan satuan energi, yaitu *joule* (disingkat **J**). Satuan lebih besar yang sering digunakan adalah *kilojoule* (disingkat **kJ**).

## 5. Energi Listrik

### a. Energi Potensial Listrik

Energi listrik adalah energi yang ditimbulkan oleh benda yang bermuatan listrik. Muatan listrik yang diam (statis) menimbulkan energi potensial listrik, sedangkan muatan listrik yang bergerak (dinamis) menimbulkan arus listrik dan energi magnet.

Sama halnya dengan energi potensial gravitasi yang sudah dibahas di bagian 2, energi potensial listrik pun akan dimiliki oleh suatu muatan jika berada pada posisi tertentu terhadap muatan yang lain. Berbeda halnya dengan energi potensial gravitasi yang timbulkan oleh benda yang memiliki massa, energi potensial listrik timbul karena adanya benda yang bermuatan listrik. Seperti kita ketahui bahwa besar energi potensial gravitasi suatu benda berbanding lurus dengan massa dan jarak benda tersebut dari Bumi. Jadi energi potensial gravitasi berhubungan dengan massa benda yang dipengaruhi oleh medan gravitasi. Bagaimanakah dengan energi potensial listrik?



**Gambar 9.** Muatan uji  $q$  digerakkan menjauhi muatan sumber  $Q$  menentang gaya Coulomb  $F$ . Ini memerlukan usaha  $W$  dan terjadi pertambahan energi potensial

Gambar di atas memperlihatkan suatu muatan uji yang diletakkan di sekitar muatan sumber. Jika suatu muatan uji  $q$  berada disekitar benda lain yang bermuatan  $Q$  dimana muatan  $Q$  lebih besar  $q$ , maka  $q$  sebagai muatan uji akan ditarik oleh muatan  $Q$ . Gaya tarik ini timbul karena muatan uji berada dalam pengaruh medan listrik muatan yang lebih besar. Jika muatan uji dipindahkan dari titik  $A$  ke titik  $B$  sejauh  $d$ , maka diperlukan usaha sebesar:

$$W = Fd$$

Usaha ini sama dengan perubahan energi potensial muatan uji.

$$W = \Delta E_{pAB} = E_{pB} - E_{pA}$$

dimana

$E_{pA}$  = energi potensial muatan uji di titik A (joule)

$E_{pB}$  = energi potensial muatan uji di titik B (joule)

Energi potensial yang dimiliki oleh benda bermuatan listrik disebut energi potensial listrik. Secara matematis dirumuskan sebagai:

$$E_p = qV \dots\dots\dots(8)$$



dimana

$q$  = muatan listrik (coulomb)

$V$  = potensial listrik (volt)

$E_p$  = energi potensial listrik (joule)

**b. Energi Listrik dalam Rangkaian**

Ketika sebuah baterai digunakan untuk mengalirkan arus listrik di dalam suatu konduktor, energi kimia yang berada di dalam baterai diubah menjadi energi kinetik sehingga muatan listrik bergerak. Di dalam konduktor, energi kinetik ini cepat menghilang karena tumbukkan antara muatan yang mengalir dan atom-atom penyusun konduktor, sehingga menyebabkan suhu konduktor meningkat. Dengan kata lain energi kimia yang berasal dari baterai diubah menjadi **energi dalam** sehingga suhu konduktor meningkat.

**Energi dalam adalah energi kinetik yang dihubungkan dengan gerakan molekul-molekul, dan energi potensial yang dihubungkan dengan getaran rotasi dan energi listrik dari atom-atom di dalam molekul. Sama seperti energi, energi dalam adalah sebuah fungsi keadaan yang dapat dihitung dalam sebuah sistem.**

Misalkan sebuah rangkaian sederhana terdiri dari baterai dan resistor, seperti tampak pada **Gambar 10**. Energi kimia di dalam baterai menyebabkan muatan bergerak dari potensial rendah (kutub negatif) ke potensial tinggi (kutub positif). Untuk melakukan ini, baterai harus melakukan usaha yang sama dengan kenaikan energi potensial listrik.

$$W = \Delta E_p = q\Delta V \dots\dots\dots(9)$$

Dimana  $\Delta V$  adalah beda potensial antara titik *a* dan *b*. Begitu muatan listrik bergerak dari titik *d* ke titik *c* melalui resistor, muatan kehilangan energi potensial listriknya akibat tumbukan dengan atom-atom dalam resistor, sehingga muncul energi termal (kalor). Dengan demikian, kita peroleh persamaan untuk energi listrik yang hilang ketika kuat arus *I* melalui sebuah resistor *R*, yaitu:

$$W = \Delta VIt = I^2Rt \dots\dots\dots (11)$$





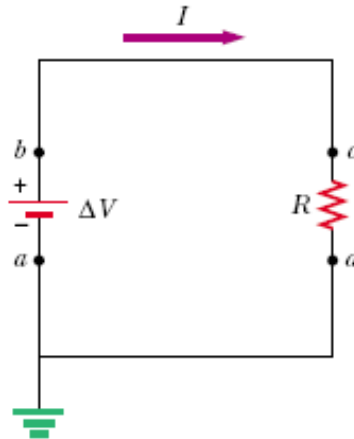
dimana

$\Delta V$  = beda potensial (volt)

$I$  = kuat arus listrik (ampere)

$t$  = selang waktu (sekon)

$R$  = hambatan (ohm)



**Gambar 10.** Rangkaian terdiri dari resistor dengan hambatan  $R$  dan baterai dengan beda potensial  $\Delta V$ . Titik  $a$  dan  $d$  di bumikan.

### 1) Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai energi persatuan waktu. Jika energi listrik yang diberikan oleh baterai adalah  $W = \Delta VIt$ , maka daya listrik,  $P$ , yang diberikan oleh baterai tersebut, adalah:  $P = \Delta VI$ .

Begitu muatan listrik bergerak dari  $d$  ke  $c$  melalui resistor  $R$ , seperti ditunjukkan pada Gambar 10, maka daya tersebut hilang dalam bentuk panas pada resistor  $R$ , disebut daya disipasi. Daya disipasi dalam resistor dirumuskan oleh:

$$P = \Delta VI = I^2 R = \frac{\Delta V^2}{R}$$

Satuan daya  $P$  dalam SI adalah watt (disingkat W).  $1 \text{ watt} = 1 \text{ Js}^{-1}$ . Satuan energi yang lebih besar adalah *kilowatt hour* (disingkat kWh).

Satu kWh adalah energi yang dihasilkan oleh daya satu kilowatt yang bekerja selama satu jam.

Jadi,  $1 \text{ kWh} = (1 \text{ kW}) \times (1 \text{ jam})$



$$= (1000 \text{ W}) \times (3600 \text{ s})$$

$$1 \text{ kWh} = 3600000 \text{ J} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

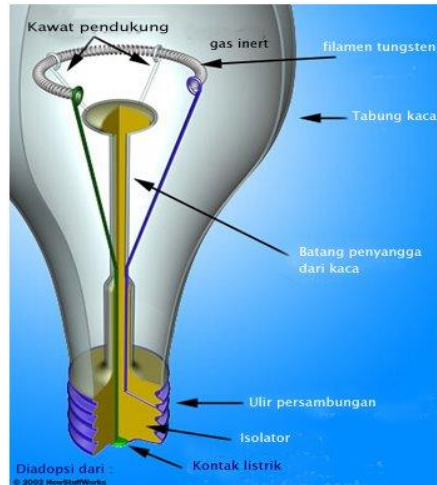
## 2) Perubahan Energi Listrik

Dari sekian banyak bentuk energi yang kita ketahui, energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang paling banyak dimanfaatkan oleh manusia karena energi listrik adalah energi yang mudah diubah ke bentuk energi yang lain. Perubahan energi listrik menjadi energi bentuk lain, misalnya:

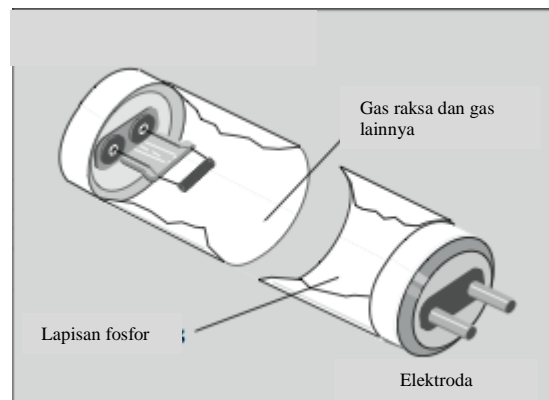
- Energi listrik berubah menjadi energi cahaya, contoh: lampu
- Energi listrik berubah menjadi energi kalor, contoh: setrika, solder, dan kompor
- Energi listrik berubah menjadi energi mekanik, contoh: motor tape
- Energi listrik berubah menjadi energi kimia, contoh: peristiwa pengisian accu, peristiwa penyepuhan (peristiwa melapisi logam dengan logam lain)

### a) Perubahan Energi Listrik Menjadi Energi Cahaya

Lampu pijar dan lampu tabung (TL) merupakan alat listrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi cahaya dan energi kalor. Di dalam ruang kaca lampu pijar, terdapat filamen yang mudah terbakar yang terbuat dari kawat wolfram halus yang dibuat spiral. Di dalam bola kaca diisi gas argon dan nitrogen bertekanan rendah yang berguna untuk menyerap energi kalor dari filamen yang berpijar, sehingga filamen tidak cepat putus. Ketika arus listrik mengalir, filamen berpijar sampai suhu  $1.000 \text{ }^{\circ}\text{C}$  menghasilkan cahaya dan kalor. Lampu ini apabila digunakan terasa panas karena banyak energi listrik yang berubah menjadi energi kalor, sehingga lampu tidak hemat energi.



**Gambar 11.** Lampu Pijar



**Gambar 12.** Lampu Tabung

Lampu tabung (TL) sering disebut lampu neon. Lampu ini terbuat dari tabung kaca yang bentuknya bermacam-macam. Di dalam tabung kaca diisi gas raksa dan pada kedua ujungnya terdapat elektrode. Jika kedua elektrode dihubungkan dengan tegangan tinggi menyebabkan terjadinya loncatan elektron yang menimbulkan api listrik. Loncatan elektron ini dapat menyebabkan gas raksa memancarkan sinar ultraviolet yang tidak tampak oleh mata. Agar sinar yang dihasilkan dapat dilihat, dinding tabung kaca bagian dalam dilapisi zat fluoresens. Dinding kaca berlapis zat itu akan memancarkan cahaya ketika terkena sinar ultraviolet. Cahaya yang dipancarkan berupa cahaya putih dan tidak panas. Dibandingkan lampu pijar, lampu TL memiliki kelebihan. Pada lampu TL lebih banyak energi listrik yang berubah menjadi energi



cahaya. Lampu TL lebih hemat energi listrik jika dibandingkan dengan lampu pijar karena kalor yang ditimbulkan kecil dan tidak terlalu memanaskan ruang di sekitarnya. Sekarang ini, lampu TL dibuat dalam berbagai bentuk dan memiliki keunggulan hemat energi.

### Kegiatan 1

#### Menyelidiki Energi Panas pada Dua Lampu

##### Alat dan Bahan

Lampu pijar 10 watt	1 buah
Lampu tabung ( TL) 9 watt	1 buah
Termometer	2 buah



##### Langkah Kerja:

1. Nyalakan kedua lampu itu (lampu pijar dan lampu TL) secara bersamaan
2. Dekatkan masing-masing termometer pada masing-masing lampu tersebut pada jarak  $\pm 10$  cm
3. Amati lampu mana yang menunjukkan kenaikan temperaturnya lebih besar
4. Apa yang dapat kita simpulkan dari kegiatan ini?

#### b) Perubahan Energi Listrik Menjadi Kalor

Kompur listrik, setrika listrik, pengering rambut listrik, dan solder merupakan alat-alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi kalor. Pada alat-alat tersebut terdapat elemen pemanas yang terbuat dari bahan konduktor yang hambat jenisnya besar. Ketika dialiri arus listrik, elemen tersebut akan menghasilkan energi kalor dan suhunya naik. Dalam setrika listrik, energi kalor yang dihasilkan dihantarkan ke lapisan besi, sehingga lapisan besi ikut panas. Panas ini dimanfaatkan untuk memanaskan pakaian. Dalam kompor listrik, energi panas pada elemen tersebut digunakan

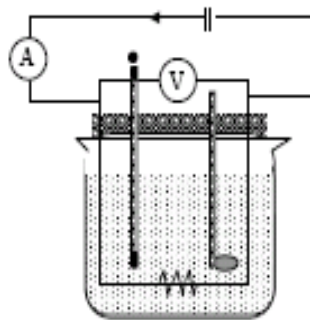


untuk memanaskan penggorengan atau panci, yang selanjutnya memanaskan makanan atau air.



**Gambar 13.** Peralatan listrik yang mengubah energi listrik menjadi kalor

Besar energi listrik yang berubah menjadi kalor itu telah diselidiki oleh James **Prescott Joule** (1818-1889).



**Gambar 14.** Percobaan Joule

Di dalam percobaannya Joule menggunakan rangkaian alat terdiri atas kalorimeter yang berisi air serta penghantar yang berarus listrik. Jika dalam percobaan Joule dialirkan arus listrik selama  $t$  detik, ternyata kalor yang terjadi karena ada perubahan energi listrik berubah menjadi energi kalor. Jadi energi kalor akan berbanding lurus dengan beda potensial antara kedua ujung kawat penghantar ( $V$ ), kuat arus yang melalui kawat penghantar ( $I$ ), dan waktu selama arus mengalir ( $t$ ).

Secara matematis ditulis sebagai  $W = VIt$ , dimana  $V = IR$  sehingga energi listrik yang berubah menjadi kalor dapat ditulis juga sebagai  $W = I^2Rt$ . Banyaknya kalor yang dihasilkan oleh energi listrik melalui percobaan Joule mendapatkan adanya angka



kesetaraan antara energi mekanik dan energi kalor yang disebut dengan Tara Kalor Mekanik yang besarnya adalah :

$$1 \text{ joule} = 0,24 \text{ kalori} \quad \text{atau} \quad 1 \text{ kalori} = 4,2 \text{ joule}$$

Satuan yang lebih besar untuk energi kalor adalah kilokalori (kcal), dimana 1 kcal sama dengan  $10^3$  kalori.

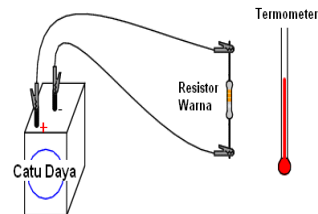
Faktor apa saja yang mempengaruhi besar energi listrik yang dilepaskan oleh sumber tagangan untuk diubah menjadi energi kalor oleh alat listrik? Untuk mengetahuinya mari kita lakukan kegiatan berikut.

### Kegiatan 2

#### Menyelidiki Perubahan Energi Listrik Menjadi Energi Panas

##### Alat dan Bahan

- Catu Daya 1 buah
- Resistor 10  $\Omega$  1 buah
- Resistor 47  $\Omega$  1 buah
- Resistor 100  $\Omega$  1 buah
- Kabel penjepit buaya 4 buah
- Termometer Alkohol 1 buah
- Stopwatch 1 buah



##### Perhatian !!!!

**Jangan menyentuh resistor dengan tangan**



### Langkah Kerja

1. Sentuhkan bola (bagian bawah) termometer ke resistor.
2. Alirkan arus listrik dari Catu daya menggunakan tegangan 12 volt selama 1 menit.
3. Gunakan stopwatch untuk menentukan waktu 1 menit
4. Catat penunjukkan termometer ke dalam tabel.
5. Ulangi langkah 1 sampai 4 untuk resistor kedua dan resistor ketiga..

### Tabel Pengamatan

Kegiatan	Waktu	Resistor	Suhu Termometer
1	1 menit	10 ohm	
2	1 menit	47 ohm	
3	1 menit	100 ohm	

### Bahan Diskusi

1. Apa yang menyebabkan naiknya suhu resistor?
2. Berdasarkan tabel pengamatan, resistor manakah yang suhunya paling tinggi?
3. Apa sebabnya resistor yang nilai hambatannya paling lebih kecil akan lebih cepat panas? Jelaskan !
4. Tuliskan kesimpulannya, buat laporannya dan presentasikan hasil percobaan kelompok anda.

## 6. Energi Kimia

Energi kimia adalah energi yang tersimpan secara kimiawi. Makanan yang kita makan menghasilkan energi kimia yang sangat bermanfaat bagi tubuh. Dengan adanya energi kimia ini kita bisa beraktivitas. Minyak bumi mengandung energi kimia yang sangat bermanfaat untuk bahan bakar. Baik energi kimia dalam makanan maupun energi kimia dalam minyak bumi berasal dari energi matahari. Energi cahaya matahari sangat diperlukan untuk proses fotosintesis pada tumbuhan sehingga mengandung energi kimia. Tumbuhan



dimakan oleh manusia dan hewan sehingga tumbuhan dan hewan memiliki energi. Tumbuhan dan hewan yang mati milyaran tahun yang lalu menghasilkan minyak bumi. Energi kimia dalam minyak bumi sangat bermanfaat untuk menggerakkan kendaraan, alat-alat pabrik, ataupun kegiatan memasak.

## 7. Energi Nuklir

Pada reaksi kimia jumlah total nomor atom dan jumlah total nomor massa atom dari seluruh partikel yang terlibat di dalam reaksi tidak mengalami perubahan. Hal ini menunjukkan bahwa massa dan muatan listrik adalah kekal. Apakah hal ini berlaku pada reaksi nuklir?

Di dalam setiap reaksi kimia selalu terjadi penyerapan atau pelepasan energi. Contoh, pada pembakaran bensin terjadi pelepasan energi, dan terjadi pemisahan air menjadi hidrogen dan oksigen melalui penyerapan energi elektrolisis. Pada reaksi nuklir dapat pula terjadi pelepasan atau penyerapan energi, tetapi pada umumnya kita lebih tertarik pada pelepasan energi, karena ketika hal itu terjadi kuantitas pelepasannya sangat dahsyat. Energi yang dilepaskan pada reaksi nuklir ini sangat besar, hal ini melanggar Hukum Kekekalan Energi.

Pada tahun 1905, Albert Einstein mempublikasikan **Teori Relativitas**. Menurut Einstein, massa merupakan bentuk lain dari energi berkurangnya massa dalam suatu sistem akan diiringi dengan meningkatnya energi. Kesetaraan antara massa dan energi ini dirumuskan sebagai:

$$E = mc^2 \quad (12)$$

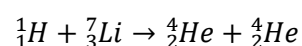
dimana

E = energi yang dilepaskan (joule)

m = massa yang hilang (kg)

c = kelajuan cahaya (m/s)

Pada tahun 1932 Cockcroft dan Walton, dengan menggunakan akselerator menembak lithium dengan menggunakan proton dan menghasilkan dua buah partikel alpha untuk setiap satu proton.







Ternyata massa dua partikel alpha lebih kecil daripada jumlah massa proton dan massa inti litium. Didapatkan bahwa energi kinetik kedua partikel alpha jauh lebih besar daripada energi kinetik awal proton. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa energi ekstra yang dimiliki oleh partikel alpha tepat sebanding dengan massa yang hilang, hal ini sesuai dengan persamaan energi dari Einstein. Hukum Kekekalan Energi yang telah dikenal sebelum Einstein, telah dilanggar: energi muncul karena diciptakan. Faktanya, energi tidak dapat diciptakan, melainkan massa berubah menjadi energi.

Sejak tahun 1932, ratusan eksperimen nuklir yang sejenis telah dilakukan untuk mengecek hubungan massa-energi dari Einstein, ternyata hasilnya selalu valid. Energi yang dihasilkan dari perubahan massa nuklir disebut **energi nuklir**. Reaksi fisi dan reaksi fusi adalah dua jenis reaksi nuklir yang menghasilkan energi nuklir yang sangat besar.

#### a. Reaksi Fisi

Reaksi fisi adalah pembelahan sebuah inti berat menjadi dua inti yang lebih ringan. Pembelahan ini dilakukan dengan cara inti berat ditumbuk oleh sebuah partikel, neutron. Dalam reaksi fisi, massa total produk lebih kecil daripada massa total reaktan. Selisih massa ini akan muncul sebagai energi. Pada umumnya, pembangkitan energi nuklir saat ini memanfaatkan reaksi fisi antara neutron dengan isotop uranium-235 ( $^{235}\text{U}$ ) atau menggunakan isotop plutonium-239 ( $^{239}\text{Pu}$ ). Tidak setiap tumbukan antara neutron dan unsur radioaktif akan menghasilkan reaksi fisi. Ternyata, hanya neutron dengan energi berkisar 0,025 eV atau sebanding dengan neutron berkecepatan 2200 m/s saja yang akan memiliki probabilitas sangat besar untuk bereaksi fisi dengan  $^{235}\text{U}$  atau dengan  $^{239}\text{Pu}$ .

Neutron merupakan produk fisi yang memiliki energi dalam kisaran 2 MeV. Agar neutron tersebut dapat beraksi fisi dengan uranium ataupun plutonium diperlukan suatu media untuk menurunkan energi neutron ke kisaran 0,025 eV, media ini dinamakan moderator. Neutron yang melewati moderator akan mendisipasikan energi yang dimilikinya kepada moderator, setelah neutron berinteraksi dengan atom-atom moderator, energi neutron akan berkisar pada 0,025 eV.



Pada pembelahan satu inti uranium menghasilkan rata-rata 2,5 neutron. Tiap neutron yang dibebaskan dapat diserap oleh inti uranium untuk menghasilkan pembelahan inti lainnya, yang selanjutnya menghasilkan lebih banyak pembelahan inti uranium. Sederetan pembelahan inti dimana beberapa neutron yang dihasilkan oleh tiap pembelahan inti menyebabkan pembelahan inti lainnya dinamakan reaksi berantai. Jika dalam satu pembelahan inti menghasilkan rata-rata energi 208 MeV, maka bisa dibayangkan betapa dahsyatnya energi yang akan dihasilkan pada suatu reaksi berantai yang tidak terkendali, seperti yang terjadi pada peristiwa ledakan bom atom.

Suatu reaksi berantai bisa dikendalikan, yaitu dengan cara membatasi jumlah neutron yang membelah inti. Hal ini dilakukan dengan menetapkan suatu kondisi dimana tiap kejadian pembelahan inti menyumbang hanya satu neutron yang akan menyebabkan pembelahan satu inti lainnya. Reaksi berantai yang terkendali seperti ini adalah prinsip dasar dari reaktor atom yang digunakan dalam PLTN. Energi listrik yang dihasilkan PLTN jauh lebih besar dibandingkan dengan energi yang dihasilkan oleh batubara ataupun minyak bumi. Sebagai ilustrasi, dalam 1 gram uranium dapat menghasilkan energi listrik sebesar 50.000 kWh bahkan dengan proses lebih lanjut dapat mencapai 3.500.000 kWh. Sementara 1 kg batubara dan 1 kg minyak bumi hanya dapat menghasilkan energi sebesar 3 kWh dan 4 kWh. Pada sebuah pembangkit listrik non-nuklir berkapasitas 1000 MWe diperlukan 2.600.000 ton batubara atau 2.000.000 ton minyak bumi sebagai bahan bakarnya. Sementara pada pembangkit listrik tenaga nuklir dengan kapasitas listrik yang sama hanya memerlukan 30 ton uranium dengan teras reaktor 10 m<sup>3</sup>, sebagai bahan bakarnya. Saat ini, kontribusi energi nuklir terhadap pasokan kebutuhan energi primer dunia sekitar 6% dan pasokan kebutuhan energi listrik global sekitar 17%.

Walaupun energi yang dihasilkan oleh reaksi fisi pada reaktor atom ini sangat besar, tetapi masih ada kekurangannya. Salah satu yang paling dikhawatirkan dari reaktor atom adalah bahan bakar, unsur hasil reaksi, dan limbahnya bersifat radioaktif. Seperti kita ketahui bahan-bahan radioaktif ini sangat berbahaya bagi manusia, sehingga perlu penanganan khusus terutama limbahnya.



Limbah radioaktif adalah bahan radioaktif sisa atau yang sudah tidak terpakai, atau bahan yang terkontaminasi dengan sejumlah zat radioaktif pada kadar atau tingkat radioaktivitas yang melampaui nilai batas keselamatan yang ditetapkan. Benda-benda yang dapat menjadi limbah radioaktif, diantaranya pakaian kerja bekas, limbah kertas, potongan kain, bahan bekas, perkakas, cairan dan sebagainya. Limbah radioaktif secara volumetrik jauh lebih sedikit jika dibandingkan dengan limbah industri dan limbah perkotaan. Namun demikian cara penanganan limbah ini berbeda dengan cara penanganan jenis limbah non radioaktif. Limbah radioaktif ini sebelum diamankan terlebih dahulu harus diolah atau didaur ulang, kemudian disimpan sementara di gudang penyimpanan limbah yang kedap air selama 10-50 tahun dan selanjutnya disimpan secara lestari. Tempat penyimpanan limbah lestari dipilih di tempat khusus, dengan kondisi geologi yang stabil. Penyimpanan limbah radioaktif bertujuan untuk mengisolasi tingkat radioaktivitas dari lingkungan sekitar kita pada jangka waktu tertentu.

#### **b. Reaksi Fusi**

Reaksi fusi atau disebut juga reaksi termonuklir adalah reaksi penggabungan dua atau beberapa inti ringan menjadi sebuah inti yang lebih berat. Biasanya pada setiap reaksi fusi selalu diikuti dengan dihasilkannya energi. Dalam reaksi fusi terjadi penurunan massa sebelum dan sesudah reaksi (lihat gambar), massa yang hilang berubah menjadi energi sesuai dengan teori relativitas Einstein tentang Kekekalan Massa dan Energi. Bila 1 gram bahan bakar campuran deuterium dan tritium direaksikan secara fusi nuklir, akan dihasilkan energi dalam jumlah besar yang setara dengan 8 ton minyak bumi.

### **C. Sumber Energi**

#### **1. Sumber Energi Tak Terbaharui**

Sumber energi tidak terbaharui (*nonrenewable*) didefinisikan sebagai sumber energi yang tidak dapat diisi atau dibuat kembali oleh alam dalam waktu yang singkat, bukan proses berkelanjutan. Sumber energi tak terbaharui diperoleh dari perut bumi dalam bentuk cair, gas, dan padat. Sumber energi tak terbaharui diantaranya: minyak bumi, gas alam, propane, batubara, dan



uranium. Saat ini, minyak bumi adalah satu-satunya bahan bakar fosil bentuk cair yang diperjual belikan. Bahan bakar fosil yang berbentuk gas adalah gas alam dan propane, sementara yang berbentuk padat adalah batubara. Batubara, minyak bumi, gas alam, dan propane disebut bahan bakar fosil karena dibentuk dari sisa-sisa binatang dan tumbuhan yang hidup jutaan tahun yang lalu. Uranium adalah bahan bakar berbentuk padat, tetapi uranium tidak termasuk bahan bakar fosil.

#### a. Minyak Bumi

Minyak bumi adalah zat cair licin dan mudah terbakar yang terjadi sebagian besar karena hidrokarbon. Jumlah hidrokarbon dalam minyak berkisar antara 50% sampai 90%. Sisanya terdiri atas senyawa organik yang berisi oksigen, nitrogen, atau belerang.

Bagaimana minyak bumi dapat terbentuk? Menurut teori, minyak bumi berasal dari sisa-sisa hewan kecil dan tumbuhan yang hidup di laut jutaan tahun yang lalu. Bangkai-bangkai makhluk hidup tersebut mengendap di dasar laut dan tertutup lumpur dalam jangka waktu yang lama. Endapan ini mendapat tekanan dan panas yang besar, dan sering terhimpit dan berubah bersamaan dengan bergerakaknya kerak bumi. Secara bertahap mereka diubah menjadi lapisan batuan sedimen. Akhirnya, bangkai-bangkai hewan kecil dan tumbuhan ini secara alami berubah menjadi minyak bumi dan gas alam.

Secara umum ada tiga faktor utama dalam pembentukan minyak bumi, yaitu: Pertama, ada "bebatuan asal" (*source rock*) yang secara geologis memungkinkan terjadinya pembentukan minyak bumi. Kedua, adanya perpindahan (migrasi) hidrokarbon dari bebatuan asal menuju ke "bebatuan reservoir" (*reservoir rock*), umumnya *sandstone* atau *limestone* yang berpori-pori (*porous*) dan ukurannya cukup untuk menampung hidrokarbon tersebut. Ketiga, adanya jebakan (*entrapment*) geologis. Struktur geologis kulit bumi yang tidak teratur bentuknya, akibat pergerakan dari bumi sendiri (misalnya gempa bumi dan erupsi gunung api) dan erosi oleh air dan angin secara terus menerus, dapat menciptakan suatu "ruangan" bawah tanah yang menjadi jebakan hidrokarbon. Kalau jebakan ini dilingkupi oleh lapisan yang tidak dapat ditembus (*impermeable*), maka



hidrokarbon tadi akan diam di tempat dan tidak bisa bergerak kemana-mana lagi.

Temperatur bawah tanah, yang semakin dalam semakin tinggi, merupakan faktor penting lainnya dalam pembentukan hidrokarbon. Hidrokarbon jarang terbentuk pada temperatur kurang dari 65 °C dan umumnya terurai pada suhu di atas 260 °C. Hidrokarbon kebanyakan ditemukan pada suhu moderat, dari 107 °C sampai dengan 177 °C.

Minyak bumi yang dipompa dari perut bumi disebut minyak mentah (*crude oil*). Sebelum menjadi suatu produk yang siap pakai, minyak mentah dikirim ke pabrik (*refinery*) dengan menggunakan pipa atau kapal dan selanjutnya dipanaskan. Berdasarkan pada perbedaan pemanasannya, minyak mentah dapat dipisahkan menjadi gas alam, *kerosene*, bahan bakar pesawat udara, bensin, minyak tanah, minyak pemanas, minyak diesel, gas-gas hidrokarbon, minyak pelumas, lilin, batu arang, dan aspal. Semua produk-produk ini siap pakai.

Sifat-sifat penting dari minyak bumi serta turunannya:

- Nilai pembakaran dinyatakan dalam satuan kilojoule per kilogram atau kilojoule per liter.
- Bobot jenis yaitu kerapatan cairan tersebut dibagi dengan kerapatan air pada 15,6 °C.
- Titik nyala dari suatu cairan bahan bakar adalah temperatur minimum fluida pada waktu uap yang keluar dari permukaan fluida langsung akan menyala.
- Titik lumer dari suatu produk minyak bumi adalah temperatur terendah dimana suatu minyak atau produk minyak akan mengalir di bawah kondisi standar.

Minyak bumi merupakan salah satu sumber energi yang paling banyak digunakan oleh negara-negara di seluruh dunia. Tetapi penggunaan minyak bumi menimbulkan efek yang tidak diinginkan baik bagi manusia itu sendiri maupun bagi lingkungan. Beberapa persoalan yang muncul pada waktu pembakaran bahan bakar minyak, diantaranya:

- Abu yang dihasilkan walaupun sangat sedikit sulit untuk membuangnya.



- Beberapa minyak mentah mempunyai sulfur yang cukup tinggi dan proses pembuangannya mahal.
- Unsur vanadium yang dihasilkan menyebabkan korosi yang cepat pada bahan-bahan ferrous.

#### b. Gas Alam

Seperti halnya minyak bumi, gas alam merupakan salah satu bahan bakar fosil yang terperangkap dalam lapisan batu kapur di atas reservoir minyak bumi. Gas alam dapat ditemukan di ladang minyak, ladang gas bumi, dan juga tambang batubara. Unsur utama penyusun gas alam adalah metana ( $\text{CH}_4$ ) yang merupakan molekul hidrokarbon rantai terpendek dan teringan. Gas alam juga mengandung molekul-molekul hidrokarbon yang lebih berat seperti etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) dan butana ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ). Gas alam merupakan sumber utama untuk sumber gas helium. Sementara itu kandungan energi gas alam cukup besar, dimana pembakaran satu meter kubik gas alam komersial menghasilkan 38 MJ (10,6 kWh).

Metana sebagai unsur utama penyusun gas alam merupakan gas rumah kaca yang dapat menciptakan pemanasan global ketika terlepas ke atmosfer, dan umumnya dianggap sebagai polutan ketimbang sumber energi yang berguna. Meskipun begitu, metana di atmosfer bereaksi dengan ozon, memproduksi karbon dioksida dan air, sehingga efek rumah kaca dari metana yang terlepas ke udara relatif hanya berlangsung sesaat.

Gas alam yang telah diproses dan akan dijual bersifat tidak berasa dan tidak berbau. Akan tetapi, sebelum gas tersebut didistribusikan ke pengguna akhir, biasanya gas tersebut diberi bau dengan menambahkan thiol, agar dapat terdeteksi bila terjadi kebocoran. Gas alam yang telah diproses itu sendiri sebenarnya tidak berbahaya, akan tetapi gas alam tanpa diproses dapat menyebabkan tercekiknya pernafasan karena ia dapat mengurangi kandungan oksigen di udara pada level yang dapat membahayakan. Gas alam dapat berbahaya karena sifatnya yang sangat mudah terbakar dan menimbulkan ledakan. Gas alam lebih ringan dari udara, sehingga cenderung mudah tersebar di atmosfer. Akan tetapi bila ia berada dalam ruang tertutup, seperti dalam rumah, konsentrasi gas dapat



mencapai titik campuran yang mudah meledak jika tersulut api, dan dapat menyebabkan ledakan yang dapat menghancurkan bangunan.

Gas alam mempunyai kelebihan dibanding dengan minyak, yaitu:

- Merupakan bahan paling mudah terbakar dan bercampur dengan udara secara baik.
- Dapat terbakar secara bersih dengan sedikit abu
- Mudah transportasinya.

Sedangkan kekurangan gas alam adalah sulit dalam penyimpanannya terutama dalam jumlah besar.

Metode penyimpanan gas alam dilakukan dengan "Natural Gas Underground Storage", yakni suatu ruangan raksasa di bawah tanah yang lazim disebut sebagai "salt dome" yakni kubah-kubah di bawah tanah yang terjadi dari reservoir sumber-sumber gas alam yang telah dikosongkan. Hal ini sangat tepat untuk negeri empat musim. Pada musim panas saat pemakaian gas untuk pemanas jauh berkurang, gas alam diinjeksikan melalui kompresor-kompresor gas kedalam kubah di dalam tanah tersebut. Pada musim dingin, dimana terjadi kebutuhan yang sangat mendesak, gas alam yang disimpan didalam kubah bawah tanah dikeluarkan untuk disalurkan kepada konsumen yang membutuhkan. Bagi perusahaan penyedia gas alam, cara ini sangat membantu untuk menjaga stabilitas operasional pasokan gas alam melalui jaringan pipa gas alam.

Berbeda dengan sistem penyimpanannya, sistem transportasi gas alam dari sumber sampai ke konsumen jauh lebih mudah. Pada dasarnya sistem transportasi gas alam meliputi: (1) transportasi melalui pipa salur, (2) transportasi dalam bentuk *Liquefied Natural Gas* (LNG) dengan kapal tanker LNG untuk pengangkutan jarak jauh, dan (3) transportasi dalam bentuk *Compressed Natural Gas* (CNG), baik di daratan dengan *road tanker* maupun dengan kapal tanker CNG di laut, untuk jarak dekat dan menengah (antar pulau).

Di Indonesia, Satuan Kerja Khusus Minyak dan Gas (SKK Migas) telah menyusun Master Plan "Sistem Jaringan Induk Transmisi Gas Nasional Terpadu". Dalam waktu yang tidak lama lagi sistem jaringan pipa gas alam akan membentang sambung menyambung dari Nangroe Aceh Darussalam-Sumatera Utara-Sumatera Tengah-Sumatera Selatan-Jawa-



Sulawesi dan Kalimantan. Saat ini jaringan pipa gas di Indonesia dimiliki oleh PERTAMINA dan PGN dan masih terlokalisir terpisah-pisah pada daerah-daerah tertentu, misalnya di Sumatera Utara, Sumatera Tengah, Sumatera Selatan, Jawa Barat, Jawa Timur, dan Kalimantan Timur.

Gas alam memiliki manfaat yang cukup banyak. Secara garis besar pemanfaatan gas alam dibagi atas 3 kelompok yaitu :

- Sebagai bahan bakar, antara lain sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Gas/Uap (PLTG/PLTU), bahan bakar industri ringan, menengah dan berat, serta bahan bakar kendaraan bermotor, sebagai gas kota untuk kebutuhan rumah tangga hotel, restoran dan sebagainya.
- Sebagai bahan baku, antara lain bahan baku pabrik pupuk, petrokimia, methanol, plastik, cat, photo film, obat-obatan, karbondioksida untuk *soft drink*, *dry ice* pengawet makanan, hujan buatan, industri besi tuang, pengelasan dan bahan pemadam api ringan.
- Sebagai komoditas energi untuk ekspor, yakni *Liquefied Natural Gas* (LNG).

Di negara kita Indonesia, pemanfaatan gas alam selama ini sebagian besar untuk energi yang berorientasi ekspor, yaitu diekspor dalam bentuk LNG. Sedangkan untuk pemakaian di dalam negeri, gas alam lebih banyak digunakan untuk kebutuhan pabrik. Sebagai contoh, pipa gas alam yang membentang dari kawasan Cirebon menuju Cilegon, Banten memasok gas alam antara lain ke pabrik semen, pabrik pupuk, pabrik keramik, pabrik baja dan pembangkit listrik tenaga gas dan uap. Pemanfaatan gas alam sebagai bahan bakar dan sekaligus sebagai bahan baku industri yang mempunyai nilai tambah yang tinggi ini perlu didorong agar dicapai nilai pemanfaatan yang optimal.

### c. Batubara

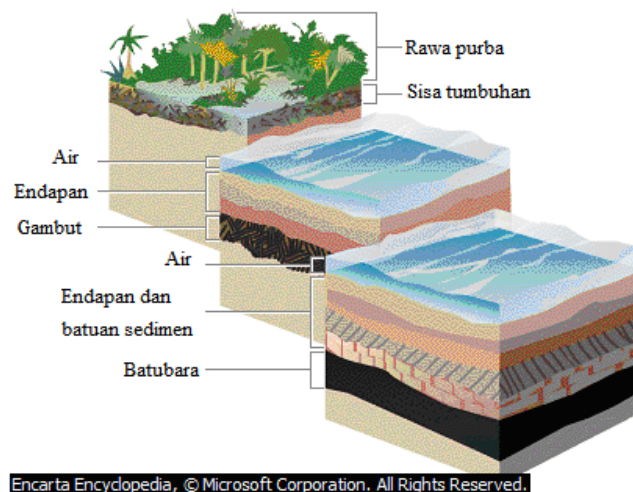
Apa itu batubara? Secara definisi, batubara adalah batuan sedimen yang berasal dari material organik (*organoclastic sedimentary rock*), dapat dibakar dan memiliki kandungan utama berupa karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Secara proses (geneses), batubara adalah lapisan yang merupakan hasil akumulasi tumbuhan dan material organik pada suatu lingkungan pengendapan tertentu, yang disebabkan oleh proses





*syn-sedimentary* dan *post-sedimentary*, sehingga menghasilkan *rank* dan tipe tertentu.

Pembentukan batubara yang paling produktif dimana hampir seluruh deposit batubara (*black coal*) yang ekonomis di belahan bumi bagian utara terbentuk terjadi pada zaman Karbon, yaitu sekitar 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Batubara termasuk batuan sedimen berwarna hitam atau kecoklat-coklatan yang mudah terbakar. Energi pada batubara berasal dari energi yang disimpan oleh tumbuhan yang hidup ratusan juta tahun yang lalu, ketika sebagian bumi tertutup oleh hutan rawa. Selama jutaan tahun lapisan sisa-sisa tumbuhan yang berada di dasar rawa tertutup oleh lapisan air dan kotoran sehingga memerangkap energi sisa-sisa tumbuhan tersebut. Akibat tekanan dan pemanasan dari lapisan bagian atas, sisa-sisa tumbuhan tersebut berubah menjadi batubara.



**Gambar 15.** Proses pembentukan batubara

Batubara yang kita kenal sekarang dibentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang terkubur di dasar rawa selama jutaan tahun yang lalu. Pertama, sisa-sisa tumbuhan berubah menjadi bahan yang padat disebut gambut. Akibat tekanan dan pemanasan dari lapisan bagian atas, sisa-sisa tumbuhan tersebut berubah menjadi batubara.

Selain menguntungkan, penggunaan batubara sebagai sumber energi juga menimbulkan dampak yang kurang baik. Pada saat batubara dibakar akan muncul gas  $\text{CO}_2$  yang menyebabkan penurunan kualitas udara dan abu yang terlepas ke udara jumlahnya lebih besar dari minyak



dan gas. Selain itu pembakaran batubara juga akan melepaskan sulfur dan nitrogen. Ketika kedua zat ini mengapung di udara maka kedua gas tersebut akan bergabung dengan uap air kemudian menetes jatuh ke tanah mirip dengan asam sulfurik dan nitrit, yang dikenal sebagai "hujan asam" (*acid rain*). Di lain pihak, penambangan batubara membutuhkan tempat yang luas untuk penyimpanannya dan transportasi untuk mengangkat dari tempat penambangan ke tempat pembangkit listrik sangat sulit. Sebagian besar batubara ditambang secara terbuka, sedang di lain pihak lahan untuk kepentingan lainnya (pertanian, kehutanan, pemukiman, dan lain-lain) semakin meningkat, sehingga memerlukan penataan ruang yang baik, karena bila tidak dapat menimbulkan masalah tumpang tindih penggunaan lahan.

#### d. Nuklir

Energi nuklir termasuk energi yang tidak dapat diperbaharui. Energi nuklir diperoleh dari hasil reaksi inti, yaitu reaksi yang terjadi pada inti atom dimana partikel-partikel berenergi tinggi bertumbukkan dengan inti atom tersebut sehingga terbentuklah inti baru yang berbeda dengan inti semula. Berbeda dengan reaksi kimia biasa yang hanya mengubah komposisi molekul setiap unsurnya dan tidak mengubah struktur dasar unsur penyusun molekulnya, pada reaksi inti, terjadi perubahan struktur inti atom menjadi unsur atom yang sama sekali berbeda. Ada dua jenis reaksi inti, yaitu reaksi fisi (pembelahan inti) dan reaksi fusi (penggabungan inti).

## 2. Energi Alternatif (Sumber Energi Terbaharui)

Sumber energi alternatif adalah sumber energi sebagai pengganti sumber energi tak terbaharui. Semua sumber energi terbaharui termasuk sumber energi alternatif. Sumber energi terbaharui (*renewable*) didefinisikan sebagai sumber energi yang dapat dengan cepat diisi kembali oleh alam, proses berkelanjutan. Berikut ini adalah yang termasuk sumber energi terbaharui, yaitu: matahari, angin, air, biomassa, dan panas bumi.

Penggunaan sumber energi terbaharui bukanlah hal yang baru. Sejak 125 tahun yang lalu, 90% kebutuhan energi di dunia berasal dari kayu. Seiring dengan semakin murahnya harga bahan bakar fosil, penggunaan kayu sebagai bahan bakar semakin berkurang. Terbatasnya penggunaan sumber energi



terbaharui juga disebabkan oleh fakta bahwa sumber energi ini tidak selalu tersedia setiap saat. Sebagai contoh, sumber energi matahari akan berkurang pada saat langit berawan dan kincir angin tidak akan berfungsi pada saat tidak ada angin. Tetapi saat ini negara-negara di dunia termasuk Indonesia mulai memikirkan energi alternatif, sehingga banyak negara yang beralih kembali untuk menggunakan sumber energi terbarui. Hal ini didasari oleh dua hal, yaitu:

Pertama, semakin berkurangnya sumber energi yang berasal dari fosil yang disebabkan tidak lagi ditemukannya sumber cadangan baru. Cadangan sumber energi yang berasal dari fosil di seluruh dunia diperkirakan hanya dapat mencukupi kebutuhan sampai 40 tahun untuk minyak bumi, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batubara. Bagaimana dengan Indonesia? Indonesia memiliki cadangan minyak bumi sekitar 9,7 miliar barel, dari jumlah itu 4,7 miliar barel cadangan itu diperkirakan habis sekitar 15 tahun lagi. Sementara, cadangan potensial gas alam Indonesia sebesar 170 – 180 triliun kaki kubik (TCF). Jumlah itu diperkirakan dapat mencukupi kebutuhan energi nasional hingga 60 tahun ke depan. Sedangkan cadangan batubara Indonesia sekitar 50 miliar ton (3 persen dari potensi dunia). Cadangan itu diperkirakan bisa digunakan hingga 150 tahun mendatang.

Kedua, dampak yang ditimbulkan oleh penggunaan sumber energi yang berasal dari fosil sangat besar, baik terhadap manusia maupun lingkungan. Bahan bakar fosil ini menimbulkan pencemaran sehingga mengakibatkan pemanasan global (*global warming*). Saat ini udara di daerah perkotaan yang mempunyai banyak kegiatan industri dan berlalulintas padat pada umumnya sudah tidak bersih lagi. Udara tersebut telah tercemari oleh berbagai macam pencemar dan yang paling banyak berpengaruh dalam pencemaran udara adalah komponen-komponen berikut ini.

- Karbon monoksida (CO)
- Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)
- Belerang Oksida (SO<sub>x</sub>)
- Hidro Karbon (HC)
- Partikel (*Particulate*)

Komponen pencemar udara tersebut di atas dapat mencemari udara secara sendiri-sendiri atau dapat pula mencemari udara secara bersama-sama.



Komposisi komponen pencemar udara tergantung pada sumbernya. Untuk mendapatkan gambaran komposisi komponen pencemar udara berikut asal sumbernya, dapat dilihat pada Tabel 1 yang diambil dari daerah industri di Amerika, sedangkan data untuk Indonesia masih terus diteliti.

**Tabel 1.** Jumlah komponen pencemar dan sumber pencemaran.

Sumber Pencemaran	Jumlah komponen pencemar (juta ton / tahun)					
	CO	NOx	Sox	HC	Partikel	Total
Transportasi	63,8	8,1	0,8	16,6	1,2	90,5
Industri	9,7	0,2	7,3	4,6	7,5	29,3
Pembuangan Sampah	7,8	0,6	0,1	1,6	1,1	11,2
Pembakaran Stasioner	1,9	10,0	24,4	0,7	8,9	45,9
Lain-lain	16,9	1,7	0,6	8,5	9,6	37,3

Dari Tabel 1 tersebut tampak bahwa sumber pencemaran terbesar berasal dari transportasi, kemudian disusul oleh pembakaran stationer yaitu pembakaran bahan bakar fosil pada mesin-mesin pembangkit tenaga listrik (diesel). Seperti telah dikatakan di muka bahwa data komponen pencemar dan sumber pencemaran untuk Indonesia sampai saat ini masih dalam penelitian, namun khusus untuk bidang transportasi dapat diperkirakan prosentasi komponen pencemar seperti tersebut dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Perkiraan prosentasi komponen pencemar udara dari sumber pencemar transportasi di Indonesia.

Komponen Pencemar	Persentase (%)
CO	70,50
NOx	8,89
SOx	0,88
HC	18,34
Partikel	1,33
Total	100,00

Sebagai tambahan dapat dikemukakan bahwa pemakaian bahan bakar fosil (misalnya batubara) untuk pembangkit tenaga listrik (PLTU berdaya 1000 MW) akan menghasilkan bahan pencemar sebagai berikut : CO<sub>2</sub> sebanyak 6,5



juta ton, SO<sub>x</sub> sebanyak 44.000 ton, No<sub>x</sub> sebanyak 22.000 ton, dan Abu logam berat (Hg, Cd, Pb, As dan Va) sebanyak 320.000 ton.

Pencemaran udara seringkali tidak dapat ditangkap oleh panca indera manusia, namun demikian potensi bahayanya tetap saja ada. Kalau panca indera manusia sudah dapat menangkap merasakan adanya pencemaran udara, maka pencemaran udara tersebut pastilah sudah sangat parah atau sangat "mengerikan". Misalnya indera mata dapat melihat bentuk pencemaran, misalnya asap tebal hasil pembakaran (baik dari industri, mesin, maupun bentuk pembakaran lainnya), berarti komponen partikel-partikel di dalam asap tebal tersebut sudah sangat banyak. Seandainya indera penciuman dapat mencium bau pencemaran udara atau bahkan merasakan sesak pada dada akibat mencium gas tersebut, maka tingkat pencemaran sudah sangat berbahaya dan mungkin saja sudah menjadi racun yang dapat mematikan bila terjadi kontak dalam waktu cukup lama. Kalau indera perasa (tangan) dapat merasakan pencemaran udara, misalnya adanya butir-butir minyak atau partikel yang lain, berarti komponen pencemar udara banyak mengandung HC dan partikel.

Seringkali bentuk pencemaran udara yang tidak tertangkap oleh panca indera, justru lebih berbahaya dan bersifat racun. Sebagai contoh pencemaran gas CO adalah pencemaran yang tidak tampak oleh mata karena tidak berwarna dan juga tidak berbau, akan tetapi sifat racunnya sangat tinggi karena dapat mengganggu kesehatan sampai kepada kematian karena mencium gas CO tersebut. Begitu juga bentuk pencemar gas NO, tidak berwarna dan tidak berbau tapi sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan, tumbuhan.

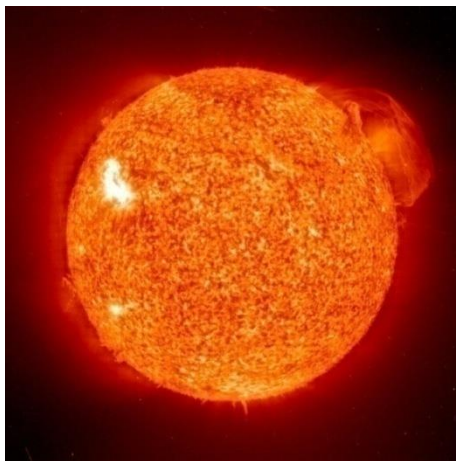
Kondisi seperti yang di uraikan di atas, kita dituntut untuk segera mewujudkan teknologi baru bagi pemanfaatan sumber energi yang terbarui sebagai sumber energi alternatif. Penggunaan sumber energi terbarui mempunyai kelebihan, salah satunya dapat mengurangi dampak lingkungan yang lebih parah, karena tidak seperti bahan bakar fosil, hampir semua sumber energi terbarui tidak langsung memancarkan gas rumah kaca (*greenhouse gases*).

### **Potensi Sumber Energi Alternatif**

Sebagian besar negara di dunia termasuk Indonesia sesungguhnya memiliki potensi sumber energi terbarui dalam jumlah besar. Beberapa

diantaranya bisa segera diterapkan, seperti: tenaga surya, tenaga angin, tenaga panas bumi, mikrohidro, bioethanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, bahkan sampah/limbah pun bisa digunakan untuk membangkitkan listrik. Hampir semua sumber energi tersebut sudah dicoba diterapkan dalam skala kecil di negara-negara di dunia. Momentum krisis BBM saat ini merupakan waktu yang tepat untuk menata dan menerapkan dengan serius berbagai potensi tersebut. Meski saat ini sangat sulit untuk melakukan substitusi total terhadap bahan bakar fosil, namun implementasi sumber energi terbaru sangat penting untuk segera dimulai. Di bawah ini dibahas secara singkat berbagai sumber energi terbaru tersebut.

#### a. Matahari



<http://www-istp.gsfc.nasa.gov/istp/outreach/images/Solar/sun2big.jpg>

**Gambar 16.** Matahari sumber energi terbesar

Energi matahari merupakan sumber energi yang paling utama bagi kehidupan manusia dan terjamin keberadaannya di muka bumi. Berbagai jenis energi, baik yang terbarukan maupun tak terbarukan merupakan bentuk turunan dari energi matahari baik secara langsung maupun tidak langsung. Energi yang dipancarkan oleh matahari dihasilkan dari reaksi fusi, yaitu penggabungan 4 inti Hidrogen menjadi inti Helium yang terjadi di dalam inti matahari. Jika dihitung dengan menggunakan Hukum Stefan-Boltzmann, total energi yang memancar dari seluruh permukaan Matahari pada saat ini sama dengan  $3,8 \times 10^{26}$  watt. Bayangkan berapa jumlah rumah yang dapat diterangi oleh energi Matahari apabila setiap rumah membutuhkan daya 1000 watt. Tentu saja energi ini memancar ke segala arah dan hanya 1400 watt per meter persegi yang sampai ke Bumi. Energi



ini masih dapat dinikmati oleh manusia dalam jangka waktu yang masih lama. Menurut para ahli astronomi dan astrofisika, secara teori energi radiasi matahari diperkirakan masih dapat bertahan untuk jangka waktu kurang lebih 10.000.000.000 tahun lagi.

Energi matahari dapat dikonversi ke bentuk energi lain, seperti panas dan listrik. Pada tahun 1830, astronom Inggris, John Herschel menggunakan kotak pengumpul panas matahari untuk memasak selama melakukan ekspedisi di Afrika. Saat ini, orang-orang menggunakan energi matahari untuk berbagai keperluan. Energi matahari yang dikonversi ke energi panas digunakan untuk memanaskan air di rumah-rumah, gedung, atau kolam renang. Selain memanaskan air, energi matahari juga bisa digunakan untuk memanaskan udara, seperti udara pada ruangan *greenhouses*.

Mengubah energi matahari menjadi listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- Sel surya (*photovoltaic or solar cell*), alat ini mengubah sinar matahari langsung menjadi listrik.



<http://www.fdlcc.edu/cet/solar-cell-intro.jpg>

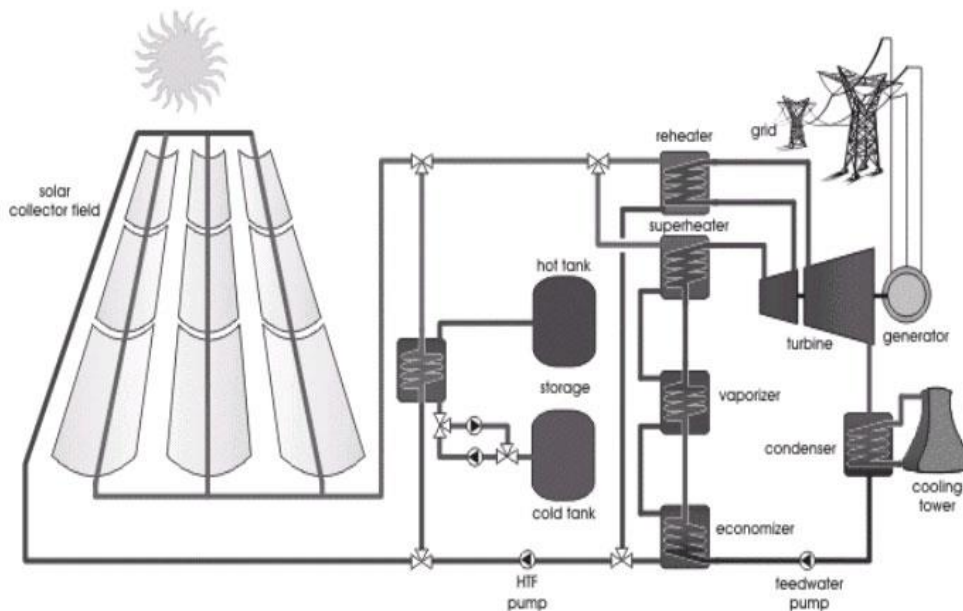
**Gambar 17.** Sel surya (*photovoltaic or solar cell*), alat untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik

- Pembangkit listrik tenaga matahari (*Solar power plants*), alat ini tidak langsung mengubah sinar matahari menjadi listrik melainkan energi panas dari matahari dikumpulkan terlebih dahulu oleh alat pengumpul

panas untuk memanaskan fluida. Selanjutnya fluida yang sudah dipanaskan ini akan menghasilkan uap untuk menghidupkan generator.



**Gambar 18.** *Parabolic Troughs* adalah salah satu alat pengumpul panas (*collector*) yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya yang berada di *the Mojave Desert at Kramer Junction, California*.



**Gambar 19.** Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial untuk dikelola dan dikembangkan lebih lanjut, terutama bagi negara-negara tropis seperti Indonesia. Indonesia diuntungkan dengan intensitas radiasi matahari yang hampir sama sepanjang tahun, yakni dengan intensitas harian rata-rata sekitar  $4,8 \text{ kWh/m}^2$ . Pembangkit listrik tenaga surya ini sudah diterapkan di berbagai negara maju serta terus mendapatkan perhatian serius dari kalangan ilmuwan untuk meminimalkan





kendala yang ada. Di Indonesia, pengembangannya sudah dilakukan sejak tahun 1980-an. Penerapan pertama pemanfaatan energi surya oleh Lembaga Elektronika Nasional (LEN).

Dengan kondisi saat ini dimana dunia termasuk Indonesia mengalami krisis energi, maka pemanfaatan matahari sebagai sumber energi tidak bisa ditawar lagi. Pengembangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) harus segera kita realisasikan terutama bagi masyarakat di daerah terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Selain sumber energinya (matahari) begitu melimpah sehingga pemanfaatannya tak terbatas, PLTS relatif lebih mudah dipasang dan dipelihara, ramah lingkungan, tahan lama, dan tak menimbulkan radiasi elektromagnetik yang berbahaya bagi kesehatan. Selain itu, PLTS bisa digunakan untuk segala kebutuhan, seperti penerangan rumah tangga, pompa air, atau telekomunikasi.

Keuntungan dari penggunaan energi panas matahari antara lain:

- 1) Energi panas matahari merupakan energi yang tersedia hampir diseluruh bagian permukaan bumi dan tidak habis (*renewable energy*).
- 2) Penggunaan energi panas matahari tidak menghasilkan polutan dan emisi yang berbahaya baik bagi manusia maupun lingkungan.
- 3) Penggunaan energi panas matahari untuk pemanas air dan pengeringan hasil panen akan dapat mengurangi kebutuhan akan energi fosil.
- 4) Pembangunan pemanas air tenaga matahari cukup sederhana dan memiliki nilai ekonomis.

Kerugian dari penggunaan energi panas matahari antara lain:

- 1) Sistem pemanas air dan pembangkit listrik tenaga panas matahari tidak efektif digunakan pada daerah yang memiliki cuaca berawan untuk waktu yang lama.
- 2) Pada musim dingin, pipa-pipa pada sistem pemanas ini akan pecah karena air di dalamnya membeku.
- 3) Membutuhkan lahan yang sangat luas yang seharusnya digunakan untuk pertanian, perumahan, dan kegiatan ekonomi lainnya. Hal ini karena rapat energi matahari sangat rendah.



- 4) Lapisan kolektor yang menyilaukan bisa mengganggu dan membahayakan penglihatan, misalnya penerbangan.
- 5) Sistem pembangkit listrik tenaga surya hanya bisa digunakan pada saat matahari bersinar dan tidak bisa digunakan ketika malam hari atau pada saat cuaca berawan.
- 6) Penyimpanan air panas untuk perumahan bukan merupakan masalah, tetapi penyimpanan uap air pada pembangkit listrik memerlukan teknologi yang sulit.

#### b. Angin

Energi angin adalah energi yang dihasilkan oleh gaya angin yang berhembus dipermukaan bumi. Energi angin merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui karena angin akan terus berhembus selama matahari bersinar. Energi angin dapat diubah menjadi energi mekanik untuk menghasilkan usaha. Penggunaan energi angin telah dimulai sejak abad ke 7 SM oleh bangsa Persia, yaitu dengan membuat kincir angin yang pertama di dunia. Kincir angin ini digunakan untuk menggiling padi, memompa air, memotong kayu, dan menghasilkan bentuk energi mekanik lainnya. Saat ini turbin angin dapat mengubah energi angin menjadi energi listrik.



**Gambar 20.** Salah satu contoh ladang turbin angin di *Lake Benton, Minnesota, USA*



Energi angin tidak menimbulkan polusi dan termasuk sumber energi yang dapat diperbaharui, maka banyak negara di bumi seperti Jerman, Denmark, India, China, dan Amerika Serikat membangun turbin angin sebagai sumber tenaga listrik tambahan. Pembangkit listrik tenaga angin disinyalir sebagai jenis pembangkitan energi dengan laju pertumbuhan tercepat di dunia dewasa ini. Saat ini kapasitas total pembangkit listrik yang berasal dari tenaga angin di seluruh dunia berkisar 17,5 GW. Jerman merupakan negara dengan kapasitas pembangkit listrik tenaga angin terbesar, yakni 6 GW, kemudian disusul oleh Denmark dengan kapasitas 2 GW. Listrik tenaga angin menyumbang sekitar 12% kebutuhan energi nasional di Denmark, angka ini hendak ditingkatkan hingga 50% pada beberapa tahun yang akan datang.

Berdasar kapasitas pembangkitan listriknya, turbin angin dibagi dua, yakni skala besar (orde beberapa ratus kW) dan skala kecil (dibawah 100 kW). Perbedaan kapasitas tersebut mempengaruhi kebutuhan kecepatan angin minimal awal (*cut-in win speed*) yang diperlukan: turbin skala besar beroperasi pada *cut-in win speed* 5 m/s sedangkan turbin skala kecil bisa bekerja mulai 3 m/s. Untuk Indonesia dengan estimasi kecepatan angin rata-rata sekitar 3 m/s, turbin skala kecil lebih cocok digunakan. Tetapi untuk daerah-daerah tertentu, seperti Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa dapat dibangun turbin skala besar, karena menurut data hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (Lapan) pada 120 lokasi menunjukkan bahwa kecepatan angin di daerah-daerah tersebut di atas 5 m/s.

### c. Panas Bumi

Energi panas bumi adalah energi panas yang berasal dari dalam bumi. Energi panas ini tepatnya dihasilkan di dalam inti bumi, yaitu kira-kira pada kedalaman 6.400 km dari permukaan bumi. Panas bumi tersebut ditimbulkan oleh peristiwa peluruhan partikel-partikel radioaktif di dalam batuan.

Inti bumi terdiri dari dua lapisan, yaitu inti dalam dan inti luar. Inti luar terbentuk dari batuan cair yang sangat panas, disebut magma. Dari magma inilah panas bumi berasal. Panas tersebut akan mengalir



menembus berbagai lapisan batuan di bawah tanah. Bila panas tersebut mencapai reservoir air bawah tanah, maka akan terbentuk air panas bertekanan tinggi. Bila air panas tadi bisa keluar ke permukaan bumi karena ada celah atau terjadi retakan di kulit bumi, maka timbul sumber air panas yang biasa disebut dengan *hot spring*. Air panas alam (*hot spring*) ini biasa dimanfaatkan sebagai kolam air panas, dan banyak pula yang sekaligus menjadi tempat wisata. Di Indonesia banyak juga air panas alami yang dimanfaatkan sebagai sarana pemandian dan tempat wisata seperti Ciater, Cipanas-Garut, Sipoholon dan Desa Hutabarat di Tarutung serta beberapa tempat lainnya di penjuru tanah air.



**Gambar 21.** Uap panas

Selain dalam bentuk air panas, panas bumi juga bisa keluar menuju permukaan bumi dalam bentuk *geyser*, gunung berapi dan *fumarol*. Dimanakah sumber panas bumi dapat ditemukan? Sumber panas bumi sering ditemukan di sepanjang lempengan tempat terjadinya gempa bumi dan gunung berapi. Hampir semua aktivitas panas bumi atau geothermal di dunia terjadi di area yang disebut dengan *ring of fire*.

Energi panas bumi digunakan manusia sejak sekitar 2000 tahun SM, yaitu berupa sumber air panas untuk pengobatan yang sampai saat ini masih banyak dilakukan orang, terutama sumber air panas yang banyak mengandung garam dan belerang. Di Amerika, sekitar 10.000 tahun yang lalu suku Indian menggunakan air panas alam (*hot spring*) untuk memasak. Beberapa sumber air panas dan *geyser* malah dikeramatkan suku Indian pada masa lalu seperti *California Hot Springs* dan *Geyser* di daerah wisata Napa, California. Saat ini panas alam bahkan digunakan sebagai pemanas



ruangan di kala musim dingin seperti yang terdapat di San Bernardino, California Selatan. Hal yang sama juga dapat kita temui di Islandia (*country of Iceland*) dimana gedung-gedung dan kolam renang dipanaskan dengan air panas alam yang disebut juga *geothermal hot water*.

Selain sebagai pemanas, panas bumi ternyata dapat juga menghasilkan tenaga listrik. Air panas alam bila bercampur dengan udara karena terjadi retakan, maka selain air panas akan keluar juga uap panas (*steam*). Air panas dan uap panas inilah yang kemudian dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit tenaga listrik. Penggunaan energi panas bumi sebagai pembangkit tenaga listrik baru dimulai di Italia pada tahun 1904. Sejak itu energi panas bumi mulai dipikirkan secara komersial untuk pembangkit tenaga listrik. Agar panas bumi (*geothermal*) tersebut bisa dikonversi menjadi energi listrik tentu diperlukan pembangkit (*power plants*).

*Reservoir* panas bumi biasanya diklasifikasikan ke dalam dua golongan yaitu yang bersuhu rendah (*low temperature*) dengan suhu < 1500 °C dan yang bersuhu tinggi (*high temperature*) dengan suhu diatas 1500 °C. Sumber pembangkit tenaga listrik yang paling baik digunakan adalah yang masuk kategori *high temperature*. Namun dengan perkembangan teknologi, sumber panas bumi dengan kategori *low temperature* juga dapat digunakan asalkan suhunya melebihi 500 °C.

Pembangkit listrik tenaga panas bumi dapat beroperasi pada suhu yang relatif rendah yaitu berkisar antara 50 °C s.d 2500 °C. Bandingkan dengan pembangkit pada PLTN yang akan beroperasi pada suhu sekitar 5500 °C. Inilah salah satu keunggulan pembangkit listrik *geothermal*. Pembangkit yang digunakan untuk mengkonversi energi panas bumi menjadi tenaga listrik secara umum mempunyai komponen yang sama dengan pembangkit listrik lain yang bukan berbasis *geothermal*, yaitu terdiri dari generator, turbin sebagai penggerak generator, *heat exchanger*, *chiller*, pompa, dan sebagainya. Saat ini terdapat tiga macam teknologi pembangkit panas bumi (*geothermal power plants*) yang dapat mengkonversi panas bumi menjadi sumber daya listrik, yaitu *dry steam*, *flash steam*, dan *binary cycle*. Ketiga macam teknologi ini pada dasarnya digunakan pada kondisi yang berbeda-beda.



### 1) Dry Steam Power Plants

Pembangkit tipe ini adalah yang pertama kali ada. Pada tipe ini uap panas (*steam*) langsung diarahkan ke turbin dan mengaktifkan generator untuk bekerja menghasilkan listrik. Sisa panas yang datang dari *production well* dialirkan kembali ke dalam *reservoir* melalui *injection well*. Pembangkit tipe tertua ini pertama kali digunakan di Lardarello, Italia, pada 1904 dimana saat ini masih berfungsi dengan baik. Di Amerika Serikat pun *dry steam power* masih digunakan seperti yang ada di Geysers, California Utara.

### 2) Flash Steam Power Plants

Panas bumi yang berupa fluida misalnya air panas alam di atas suhu 1750 °C dapat digunakan sebagai sumber pembangkit *Flash Steam Power Plants*. Fluida panas tersebut dialirkan kedalam tangki *flash* yang tekanannya lebih rendah sehingga terjadi uap panas secara cepat. Uap panas yang disebut dengan *flash* inilah yang menggerakkan turbin untuk mengaktifkan generator yang kemudian menghasilkan listrik. Sisa panas yang tidak terpakai masuk kembali ke reservoir melalui *injection well*. Contoh dari *Flash Steam Power Plants* adalah *Cal-Energy Navy I flash geothermal power plants* di Coso Geothermal field, California, USA.

### 3) Binary Cycle Power Plants (BCPP)

BCPP menggunakan teknologi yang berbeda dengan kedua teknologi sebelumnya yaitu *dry steam* dan *flash steam*. Pada BCPP air panas atau uap panas yang berasal dari sumur produksi (*production well*) tidak pernah menyentuh turbin. Air panas bumi digunakan untuk memanaskan apa yang disebut dengan *working fluid* pada *heat exchanger*. *Working fluid* kemudian menjadi panas dan menghasilkan uap berupa *flash*. Uap yang dihasilkan di *heat exchanger* tadi lalu dialirkan untuk memutar turbin dan selanjutnya menggerakkan generator untuk menghasilkan sumber daya listrik. Uap panas yang dihasilkan di *heat exchanger* inilah yang disebut sebagai *secondary (binary) fluid*. *Binary Cycle Power Plants* ini sebetulnya merupakan



sistem tertutup. Jadi tidak ada yang dilepas ke atmosfer. Keunggulan dari BCPP ialah dapat dioperasikan pada suhu rendah yaitu 90-1750 °C. Contoh penerapan teknologi tipe BCPP ini ada di Mammoth Pacific Binary Geothermal Power Plants di Casa Diablo *geothermal field*, USA. Diperkirakan pembangkit listrik panas bumi BCPP akan semakin banyak digunakan dimasa yang akan datang.

Bagaimana dengan Indonesia? Panas bumi merupakan salah satu sumber energi alternatif yang cukup potensial untuk dikembangkan di Indonesia mengingat Indonesia terletak di daerah *ring of fire*. Penggunaan panas bumi yang utama adalah untuk pembangkit tenaga listrik guna memenuhi permintaan yang terus meningkat. Indonesia memiliki cadangan potensial panas bumi sebesar 25.875 MW, dimana 30% dari cadangan tersebut terdapat di pulau Jawa dan sisanya tersebar di berbagai wilayah yang dapat dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan listrik wilayah setempat. Dari jumlah tersebut, baru sebesar 589,5 MW (7,28%) yang sudah dikembangkan. Lambatnya percepatan pengembangan pemanfaatan energi panas bumi ini secara umum juga terjadi di berbagai negara baik di kawasan ASEAN maupun APEC.

### **Keuntungan Penggunaan Panas Bumi**

Penggunaan panas bumi sebagai salah satu sumber tenaga listrik memiliki banyak keuntungan di sektor lingkungan maupun ekonomi bila dibandingkan dengan sumber daya alam lainnya seperti batubara, minyak bumi, air dan sebagainya. Tidak seperti sumber daya alam lainnya, sifat panas bumi sebagai energi terbarukan menjamin kehandalan operasional pembangkit karena fluida panas bumi sebagai sumber tenaga yang digunakan sebagai penggeraknya akan selalu tersedia dan tidak akan mengalami penurunan jumlah.

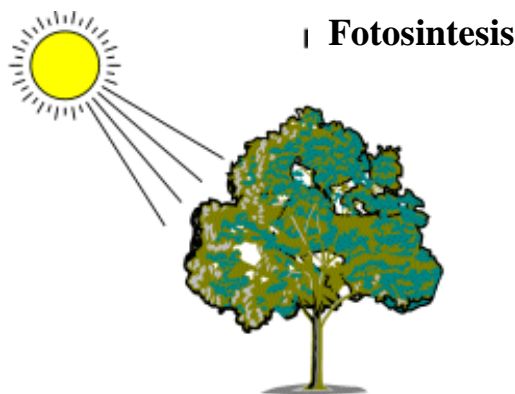
Pada sektor lingkungan, berdirinya pembangkit panas bumi tidak akan mempengaruhi persediaan air tanah di daerah tersebut karena sisa buangan air disuntikkan ke bumi dengan kedalaman yang jauh dari lapisan aliran air tanah. Limbah yang dihasilkan juga hanya berupa air sehingga tidak mengotori udara dan merusak atmosfer. Kebersihan lingkungan sekitar pembangkit pun tetap terjaga karena pengoperasiannya tidak

memerlukan bahan bakar, tidak seperti pembangkit listrik tenaga lain yang memiliki gas buangan berbahaya akibat pembakaran.

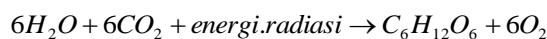
Sedangkan di sektor ekonomi, pengembangan energi panas bumi dapat meningkatkan devisa negara. Penggunaannya dapat meminimalkan pemakaian bahan bakar yang berasal dari fosil (minyak bumi, gas, dan batubara) di dalam negeri sehingga, mereka dapat diekspor dan menjadikan pemasukan bagi negara. Hal ini mengingat sifat energi panas bumi yang tidak dapat diangkut jauh dari sumbernya.

**d. Biomassa**

*Biomassa* adalah bahan organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Energi yang tersimpan di dalam *biomassa* berasal dari matahari. Energi matahari diserap oleh tumbuh-tumbuhan melalui proses fotosintesis. Pada proses fotosintesis diperlukan air, karbondioksida dan sinar matahari yang akan menghasilkan glukosa dan oksigen seperti tampak pada gambar 22. Energi kimia di dalam tumbuh-tumbuhan diteruskan ke binatang dan manusia ketika mereka memakannya. Biomassa merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui karena tumbuh-tumbuhan dapat kita tanam setiap saat. Beberapa contoh bahan bakar biomassa, diantaranya kayu, tanaman palawija, dan sampah. Jenis-jenis biomassa ini ditunjukkan pada gambar 23. Sisa-sisa kayu atau sampah organik dapat dibakar sehingga menghasilkan uap. Uap dari hasil pembakaran ini juga dapat digunakan untuk membangkitkan listrik.



air + karbon dioksida + sinar matahari → glukosa + oksigen



**Gambar 22.** Didalam proses fotosintesis, tumbuhan mengubah energi radiasi matahari menjadi energi kimia dalam bentuk glukosa atau gula.





Membakar biomassa bukan cara satu-satunya untuk menghasilkan energi. Biomassa dapat juga dikonversi ke bentuk energi lain yang bermanfaat, diantaranya gas metana atau bahan bakar untuk transportasi seperti ethanol dan biodiesel. Ethanol dan biodiesel ini biasa disebut sebagai bahan bakar yang berasal dari makhluk hidup (*biofuel*).

### Jenis-jenis Biomasa



**Gambar 23.** Jenis-jenis biomassa

#### 1) Biogas

Gas metana terbentuk karena proses fermentasi secara anaerobik (tanpa udara) oleh bakteri metan atau disebut juga bakteri anaerobik. Bakteri biogas mengurai sampah-sampah yang banyak mengandung bahan organik (biomassa) sehingga terbentuk gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang apabila dibakar dapat menghasilkan energi panas. Sebetulnya di tempat-tempat tertentu proses ini terjadi secara alamiah sebagaimana peristiwa ledakan gas yang terbentuk di bawah tumpukan sampah di Tempat Pembuangan Sampah Akhir (TPA) Leuwigajah, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, (Kompas, 17 Maret 2005). Gas metan sama dengan gas elpiji (*liquified petroleum gas/LPG*), perbedaannya adalah gas metan mempunyai satu atom C, sedangkan elpiji lebih banyak.



Biogas sudah digunakan orang sejak jaman dahulu. Tercatat, orang pertama yang mengaitkan gas bakar ini dengan proses pembusukan bahan sayuran adalah Alessandro Volta (1776), sedangkan Willam Henry pada tahun 1806 mengidentifikasi gas yang dapat terbakar tersebut sebagai metan. Becham (1868), murid Louis Pasteur dan Tappeiner (1882), memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan metan.

Pada akhir abad ke-19 ada beberapa riset yang dilakukan dalam bidang ini. Jerman dan Perancis melakukan riset pada masa antara dua Perang Dunia dengan membangun beberapa unit pembangkit biogas dengan memanfaatkan limbah pertanian. Selama Perang Dunia II banyak petani di Inggris dan benua Eropa yang membuat digester kecil untuk menghasilkan biogas yang digunakan untuk menggerakkan traktor. Karena harga BBM semakin murah dan mudah memperolehnya, pada tahun 1950-an pemakaian biogas di Eropa ditinggalkan.

Beberapa negara berkembang, seperti India, China, Filipina, Korea, Taiwan, dan Papua Niugini, telah melakukan berbagai riset dan pengembangan alat pembangkit gas bio dengan prinsip yang sama, yaitu menciptakan alat yang kedap udara dengan bagian-bagian pokok terdiri atas pencerna (digester), lubang pemasukan bahan baku dan pengeluaran lumpur sisa hasil pencernaan (slurry) dan pipa penyaluran gas bio yang terbentuk.

Gas metan dengan teknologi tertentu dapat dipergunakan untuk menggerakkan turbin yang menghasilkan energi listrik. Secara sederhana, gas metan dapat digunakan untuk keperluan memasak dan penerangan menggunakan kompor gas sebagaimana halnya elpiji.

#### a) Alat Pembangkit Biogas

Ada dua tipe alat pembangkit biogas atau *digester*, yaitu tipe terapung (*floating type*) dan tipe kubah tetap (*fixed dome type*). Tipe terapung dikembangkan di India yang terdiri atas sumur pencerna dan di atasnya ditaruh drum terapung dari besi terbalik yang berfungsi untuk menampung gas yang dihasilkan oleh



*digester*. Sumur dibangun dengan menggunakan bahan-bahan yang biasa digunakan untuk membuat fondasi rumah, seperti pasir, batu bata, dan semen. Karena dikembangkan di India, maka *digester* ini disebut juga tipe India. Pada tahun 1978 di India terdapat kurang lebih 80.000 unit dan selama kurun waktu 1980-85 ditargetkan pembangunan sampai 400.000 unit alat ini.

Tipe kubah adalah berupa *digester* yang dibangun dengan menggali tanah kemudian dibuat bangunan dengan bata, pasir, dan semen yang berbentuk seperti rongga yang ketat udara dan berstruktur seperti kubah (bulatan setengah bola). Tipe ini dikembangkan di China sehingga disebut juga tipe kubah atau tipe China. Tahun 1980 sebanyak tujuh juta unit alat ini telah dibangun di China dan penggunaannya meliputi untuk menggerakkan alat-alat pertanian dan untuk generator tenaga listrik.

Di dalam *digester* bakteri-bakteri methan mengolah limbah bio atau biomassa dan menghasilkan biogas methan. Dengan pipa yang didesain sedemikian rupa, gas tersebut dapat dialirkan ke kompor yang terletak di dapur. Gas tersebut dapat digunakan untuk keperluan memasak dan lain-lain. Biogas dihasilkan dengan mencampur limbah yang sebagian besar terdiri atas kotoran ternak dengan potongan-potongan kecil sisa-sisa tanaman, seperti jerami dan sebagainya, dengan air yang cukup banyak.

Pertama kali dibutuhkan waktu lebih kurang dua minggu sampai satu bulan sebelum dihasilkan gas awal. Campuran tersebut selalu ditambah setiap hari dan sesekali diaduk, sedangkan yang sudah diolah dikeluarkan melalui saluran pengeluaran. Sisa dari limbah yang telah dicerna oleh bakteri methan atau bakteri biogas mempunyai kandungan hara yang sama dengan pupuk organik yang telah matang sebagaimana halnya kompos sehingga dapat langsung digunakan untuk memupuk tanaman, atau jika akan disimpan atau diperjualbelikan dapat dikeringkan di bawah sinar matahari sebelum dimasukkan ke dalam karung.

Biaya memang diperlukan pada permulaan pembangunan pembangkit (*digester*) biogas yang relatif besar bagi penduduk



pedesaan. Namun sekali berdiri, alat tersebut dapat dipergunakan dan menghasilkan biogas selama bertahun-tahun. Untuk ukuran 8 meter kubik tipe kubah alat ini, cocok bagi petani yang memiliki 3 ekor sapi atau 8 ekor kambing atau 100 ekor ayam di samping juga mempunyai sumber air yang cukup dan limbah tanaman sebagai pelengkap biomassa. Setiap unit yang diisi sebanyak 80 kilogram kotoran sapi yang dicampur 80 liter air dan potongan limbah lainnya dapat menghasilkan 1 meter kubik biogas yang dapat dipergunakan untuk memasak dan penerangan. Biogas cocok dikembangkan di daerah-daerah yang memiliki biomassa berlimpah, terutama di sentra-sentra produksi padi dan ternak di Jawa Tengah, Jawa Timur, Sulawesi Selatan, Bali, dan daerah lainnya.

Pembangkit biogas juga cocok dibangun untuk peternakan sapi perah atau peternakan ayam dengan mendesain pengaliran tinja ternak ke dalam digester. Kompleks perumahan juga dapat dirancang untuk menyalurkan tinja ke tempat pengolahan biogas bersama. Negara-negara maju banyak yang menerapkan sistem ini sebagai bagian usaha untuk daur ulang dan mengurangi polusi dan biaya pengelolaan limbah. Jadi dapat disimpulkan bahwa biogas mempunyai berbagai manfaat, yaitu menghasilkan gas, ikut menjaga kelestarian lingkungan, mengurangi polusi dan meningkatkan kebersihan dan kesehatan, serta penghasil pupuk organik yang bermutu.

Untuk menuai hasil yang signifikan, memang diperlukan gerakan secara massal, terarah, dan terencana meliputi pengembangan teknologi, penyuluhan, dan pendampingan. Dalam jangka panjang, gerakan pengembangan biogas dapat membantu penghematan sumber daya minyak bumi dan sumber daya kehutanan. Mengenai pembiayaannya mungkin secara bertahap sebagian subsidi BBM dialihkan untuk pembangunan unit-unit pembangkit biogas. Melalui jalan ini, mungkin imbauan pemerintah mengajak masyarakat untuk bersama-sama memecahkan masalah energi sebagian dapat direalisasikan.



## b) Keuntungan Biogas

Penggunaan biogas lebih menguntungkan dibandingkan dengan bahan bakar fosil dalam hal efek yang ditimbulkannya. Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang ikut memberikan kontribusi bagi efek rumah kaca (*green house effect*) yang bermuara pada pemanasan global (*global warming*). Biogas memberikan perlawanan terhadap efek rumah kaca melalui 3 cara, yaitu:

- Biogas memberikan substitusi atau pengganti dari bahan bakar fosil untuk penerangan, kelistrikan, memasak dan pemanasan.
- Methana ( $\text{CH}_4$ ) yang dihasilkan secara alami oleh kotoran yang menumpuk merupakan gas penyumbang terbesar pada efek rumah kaca, bahkan lebih besar dibandingkan  $\text{CO}_2$ . Pembakaran methana pada biogas mengubahnya menjadi  $\text{CO}_2$  sehingga mengurangi jumlah methana di udara.
- Dengan lestarinya hutan, maka  $\text{CO}_2$  yang ada di udara akan diserap oleh hutan yang menghasilkan oksigen yang melawan efek rumah kaca.

## 2) Ethanol

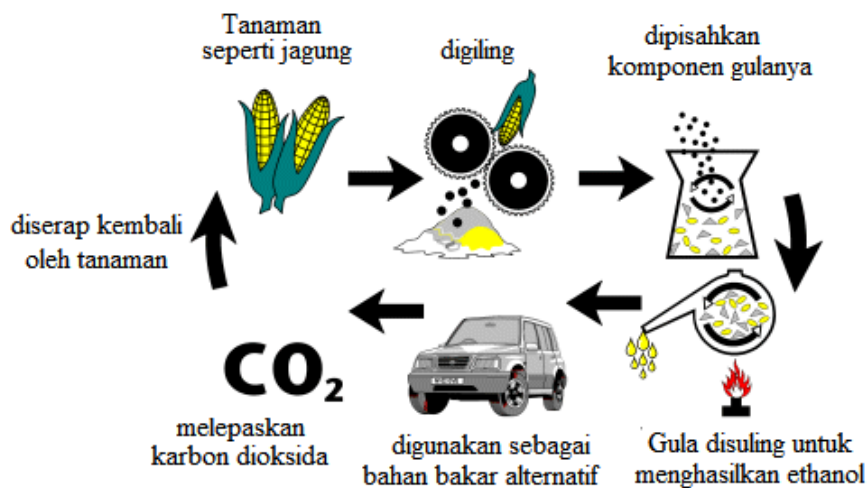
Ethanol adalah bahan bakar alkohol yang terbuat dari gula, dimana gula ini berasal dari tanaman, seperti jagung, gandum, dan kentang. Ada beberapa cara untuk menghasilkan ethanol dari biomassa. Cara yang paling umum digunakan saat ini yaitu dengan menggunakan ragi untuk memfermentasi gula dan zat tepung yang ada di dalam jagung. Zat tepung dalam jagung difermentasi menjadi gula dan kemudian difermentasi menjadi alkohol. Tanaman lain yang dapat digunakan untuk membuat ethanol ini, diantaranya gandum, padi, bunga matahari, kentang, tebu, dan gula bit. Tebu dan gula bit merupakan bahan baku ethanol yang banyak digunakan di beberapa negara.

Saat ini para ilmuwan terus berusaha melakukan penelitian untuk menghasilkan ethanol yang lebih murah yang berasal dari semua bagian dari tumbuhan. Hasil eksperimen terbaru, ternyata ethanol dapat diperoleh dengan cara mengeluarkan selulosa yang ada di dalam

serat kayu, dimana cara ini dikenal sebagai *cellulosic ethanol*. Dengan proses ini kita dapat membuat ethanol dari pepohonan, rumput, dan sampah tanaman palawija.

Pada penggunaan etanol, biasanya dicampur dengan bensin. Campuran ethanol dan bensin yang biasa disebut gasohol dapat mengurangi emisi karbon monoksida yang membahayakan. Selain itu, campuran ini juga dapat mengurangi *pollutant toxic* yang ada di dalam bensin, tetapi hal ini menyebabkan “emisi penguapan” (*evaporative emissions*) untuk mengeluarkannya. Agar emisi penguapan ini berkurang, bensin perlu diproses khusus sebelum dicampurkan dengan ethanol. Ketika dibakar, ethanol menghasilkan karbon dioksida yang merupakan *green house gas*. Tetapi tanaman yang tumbuh sebagai bahan baku ethanol akan mengurangi greenhouse gas ini, karena tanaman tersebut akan menyerap karbon dioksida yang diperlukan untuk pertumbuhannya dan selanjutnya akan menghasilkan oksigen. Oleh karena itu ethanol dapat menyeimbangkan jumlah karbon dioksida yang ada di udara. Proses ini disebut siklus karbon. Selain menguntungkan dari segi lingkungan, ethanol juga membuat mesin bergerak lebih lancar tanpa memerlukan bahan aditif lainnya.

### SIKLUS KARBON



Gambar 24. Siklus Karbon

Ethanol sudah banyak digunakan oleh negara-negara maju, seperti Amerika Serikat. Hampir semua ethanol yang digunakan di Amerika berasal dari jagung. Sekitar 99 persen ethanol yang diproduksi



oleh negara tersebut digunakan untuk membuat "E10" atau "gasohol", yaitu campuran dari 10 persen ethanol dan 90 persen bensin. Banyak mobil yang bermesin bensin dapat menggunakan E10, tetapi hanya kendaraan tertentu saja yang dapat menggunakan E85, yaitu bahan bakar campuran yang terdiri dari 85 persen ethanol dan 15 persen bensin.



**Gambar 25.** Station pengisian bahan bakar ethanol yang ada di kota Lexington, USA

Selain Amerika, Brazil dengan 320 pabrik bioethanol merupakan negara yang paling terkemuka dalam penggunaan serta ekspor ethanol saat ini. Tahun 1990-an, bioethanol di Brazil telah menggantikan 50% kebutuhan bensin untuk keperluan transportasi; ini jelas sebuah angka yang sangat signifikan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Bioethanol tidak saja menjadi alternatif yang sangat menarik untuk substitusi bensin, namun dia mampu menurunkan emisi CO<sub>2</sub> hingga 18% di Brazil. Dalam hal prestasi mesin, bioethanol dan gasohol (kombinasi bioethanol dan bensin) tidak kalah dengan bensin; bahkan dalam beberapa hal, bioethanol dan gasohol lebih baik dari bensin. Pada dasarnya pembakaran bioethanol tidak menciptakan CO<sub>2</sub> netto ke lingkungan karena zat yang sama akan diperlukan untuk pertumbuhan tanaman sebagai bahan baku bioethanol.

Indonesia saat ini juga sedang ditingkatkan penggunaan bioethanol. Pemerintah menargetkan produksi ethanol sebanyak 150



juta liter per tahun dengan bahan baku singkong atau tebu. Untuk bisa memproduksi bioethanol sebanyak itu, setidaknya dibutuhkan areal tebu seluas 600.000 hektar. Percepatan produksi ethanol bisa menghemat devisa negara hingga Rp 16 triliun per tahun dan mampu menghasilkan pendapatan dari pajak hingga Rp 7,5 triliun.

### 3) Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar diesel yang berasal dari minyak bumi. Biodiesel dapat dibuat dari minyak tumbuh-tumbuhan, seperti sawit, kelapa, jarak pagar, atau kapuk. Selain itu, biodiesel juga dapat dibuat dari lemak binatang atau lemak lainnya. Sebagian besar biodiesel yang ada saat ini terbuat dari minyak kedelai. Sebagian produsen biodiesel membuat biodiesel dari minyak bekas atau lemak, termasuk lemak-lemak yang berasal dari restoran.

Biodiesel lebih sering dicampur dengan minyak diesel dengan perbandingan 2 persen (B2), 5 persen (B5), atau 20 persen (B20). Tetapi biodiesel juga dapat digunakan tanpa dicampur (B100). Biodiesel dapat digunakan untuk kendaraan bermesin diesel tanpa harus mengubah mesin tersebut. Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar kendaraan ini bukan hal baru, karena perlu diketahui, sebelum bahan bakar diesel dari minyak bumi populer, Rudolf Diesel, penemu mesin diesel, dalam eksperimennya menggunakan minyak tumbuhan (biodiesel) sebagai bahan bakarnya. Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar lebih menguntungkan dibandingkan solar karena kandungan sulfurnya relatif rendah. Seperti telah diketahui, tingginya kandungan sulfur merupakan salah satu kendala dalam penggunaan mesin diesel. Biodiesel juga hanya menghasilkan sedikit polutan udara, seperti karbon monoksida, hidrokarbon, dan partikel lainnya. Selain itu, asap buangan dari biodiesel tidak terlalu hitam dan baunya lebih baik dibandingkan solar.

Saat ini biodiesel sudah banyak digunakan di beberapa negara, seperti Brazil dan Amerika, sebagai pengganti solar. Indonesia pun sudah mulai melihat biodiesel sebagai sumber energi alternatif. Beberapa lembaga riset di Indonesia telah mampu menghasilkan dan





menggunakan biodiesel sebagai pengganti solar, misalnya BPPT serta Pusat Penelitian pendayagunaan Sumber Daya Alam dan Pelestarian Lingkungan ITB. Berdasarkan pola pengembangan energi nasional, pemerintah Indonesia sudah merencanakan penggunaan bioethanol dan biodiesel sekitar 2 persen dari jumlah bahan bakar nasional pada tahun 2010. Jumlah itu meningkat menjadi 5 persen pada 2025. Sekarang masalahnya adalah bagaimana mempopulerkan bahan bakar biofuel itu.

Beberapa negara lain, untuk mendukung pemakaian biodiesel dan bioethanol, pemerintahnya mengeluarkan kebijakan pemberian insentif. Pemerintah Austria dan Australia mengeluarkan kebijakan kemudahan untuk membangun pabrik biofuel, sehingga pengusaha pun tertarik untuk membangun industri bahan bakar alternatif. Bahkan di Swedia, harga bioethanol BE-85 (85 persen ethanol dan 15 persen bensin) dipatok lebih murah 25 persen ketimbang bahan bakar konvensional. Indonesia sendiri bisa belajar dari Brazil yang secara serius mengembangkan teknologi bahan bakar biofuel. Bahkan pabrik mobil pun sangat antusias untuk mengembangkan teknologi pendukungnya. Contohnya, Toyota mulai mengalihkan perhatiannya pada pasar mobil berbahan bakar bensin gasohol untuk Brazil.

Dalam pengembangan biofuel, Indonesia memang tertinggal dari negara-negara lain, seperti Brazil, AS, atau Thailand. Padahal, sebagai negara dengan keanekaragaman hayati kedua terbesar di dunia sejatinya peluang pengembangan biofuel terbuka lebar. Berbeda dengan apa yang terjadi di Brazil. Dengan kapasitas produksi bioethanol mencapai 14,7 miliar liter pada 2005, kini negeri Samba itu merupakan produsen bioethanol terbesar di dunia. Angka produksi sebesar itu diperoleh dari penanaman tebu di lahan seluas 5,5 juta hektar dan akan meningkat sekitar dua kali lipat pada 2015. Sementara di AS, hampir 90 persen bioethanol yang dihasilkan dari jagung dan gandum itu telah digunakan sebagai bahan bakar. Sejak tiga tahun lalu AS memproduksi mobil *Flexi Fuel Vehicle* menggunakan bahan bakar gasohol atau ethanol saja. Tak kalah gencar, di Thailand kini ada 800 stasiun pengisian BBM yang menyediakan pencampuran biodiesel dan



bioethanol. Pemerintah Thailand menargetkan sampai akhir 2006 mampu mencapai kapasitas produksi 1 miliar liter per tahun.

#### e. Air

Tenaga air (*hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Tenaga air yang memanfaatkan gerakan air biasanya didapat dari sungai yang dibendung. Pada bagian bawah bendungan tersebut terdapat lubang-lubang saluran air. Pada lubang-lubang tersebut terdapat turbin yang berfungsi mengubah energi kinetik dari gerakan air menjadi energi mekanik yang dapat menggerakkan generator listrik. Energi listrik yang berasal dari energi kinetik air disebut "*hydroelectric*" (listrik tenaga air). Listrik tenaga air ini menyumbang sekitar 715.000 MW atau sekitar 19% kebutuhan listrik dunia, bahkan di Kanada, 61% dari kebutuhan listrik negara berasal dari listrik tenaga air.

Indonesia yang dua per tiga wilayahnya berupa perairan sangat potensial untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga air. Selain ramah lingkungan karena tidak menyumbangkan polusi karbon ke atmosfer, tenaga air ini juga lebih efektif karena tidak menimbulkan ketergantungan terhadap minyak bumi atau batubara yang harganya ditentukan pasar internasional. Dalam arti sebenarnya perairan Indonesia pun menyimpan energi terbarukan yang antipolusi, ramah lingkungan, dan bisa bertahan sepanjang masa. Meski potensinya relatif besar, sayangnya hingga kini belum banyak pembangkit listrik tenaga air dibangun di Indonesia, terutama energi yang berasal dari laut.

#### Mikrohidro

Saat ini sudah banyak orang mengembangkan teknologi mikrohidro. Mikrohidro adalah pembangkit listrik tenaga air skala kecil (bisa mencapai beberapa ratus kW). Relatif kecilnya energi yang dihasilkan mikrohidro (dibandingkan dengan PLTA skala besar) berimplikasi pada relatif sederhananya peralatan serta kecilnya areal tanah yang diperlukan guna instalasi dan pengoperasian mikrohidro. Hal tersebut merupakan salah satu keunggulan mikrohidro, yakni tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Mikrohidro cocok diterapkan di pedesaan yang belum terjangkau listrik dari PT PLN. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran



air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Energi tersebut dimanfaatkan untuk memutar turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Mikrohidro bisa memanfaatkan ketinggian air yang tidak terlalu besar, misalnya dengan ketinggian air 2,5 m bisa dihasilkan listrik 400 W. Potensi pemanfaatan mikrohidro secara nasional diperkirakan mencapai 7.500 MW, sedangkan yang dimanfaatkan saat ini baru sekitar 600 MW. Meski potensi energinya tidak terlalu besar, namun mikrohidro patut dipertimbangkan untuk memperluas jangkauan listrik di seluruh pelosok nusantara.

#### D. Penghematan Energi

Seperti sudah dijelaskan di atas, saat ini dunia sedang menghadapi krisis energi. Krisis energi yang dikenal secara internasional sebagai "*peak oil*" merupakan saat dimana kapasitas produksi energi terutama minyak di beberapa belahan benua mencapai puncaknya, kemudian menurun drastis, dan akhirnya habis sama sekali. Menurut hasil penelitian, benua pertama yang kehabisan produksi minyak yaitu benua Eropa dan Amerika, disusul Asia dan Afrika (terakhir Timur Tengah). Walaupun secara pasti tidak diketahui kapan *peak oil* secara internasional ini akan terjadi, namun menurut prediksi beberapa peneliti fenomenan yang sangat ditakutkan ini akan terjadi secara global sekitar tahun 2010. Sebetulnya *peak oil* di Amerika sudah terjadi sekitar tahun 1970-an dan merupakan masalah Nasional negara ini sampai sekarang dengan ketergantungannya terhadap pasokan luar negeri.

Saat ini kelangkaan BBM merupakan pemandangan yang bisa dijumpai di berbagai negara termasuk daerah-daerah di tanah air. Untuk Indonesia, ada tiga data yang sebenarnya bisa digunakan untuk memprediksi kemelut BBM saat ini, yakni: (1) Setelah mencapai puncaknya pada tahun 1980-an, produksi minyak Indonesia terus menurun; dari hampir 1,6 juta barel/hari, saat ini hanya 1,2 juta barel/hari, (2) Pertumbuhan konsumsi energi dalam negeri yang mencapai 10% per tahun, dan (3) Kecenderungan harga minyak dunia yang terus meningkat setelah krisis moneter yang melanda Asia pada tahun 1998.

Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil setidaknya memiliki tiga ancaman serius, yakni: (1) Menipisnya cadangan minyak bumi yang diketahui (bila tanpa temuan sumur minyak baru), (2) Kenaikan atau ketidakstabilan harga akibat laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak, dan (3) Polusi gas rumah kaca



(terutama CO<sub>2</sub>) akibat pembakaran bahan bakar fosil. Kadar CO<sub>2</sub> saat ini disebut sebagai yang tertinggi selama 125,000 tahun belakangan. Bila ilmuwan masih memperdebatkan besarnya cadangan minyak yang masih bisa dieksplorasi, efek buruk CO<sub>2</sub> terhadap pemanasan global telah disepakati hampir oleh semua kalangan. Hal ini menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Meningkatnya emisi karbon, akibat penggunaan energi fosil menimbulkan pemanasan global (*global warming*) sehingga terjadi perubahan iklim.

Menurut temuan *Intergovernmental Panel and Climate Change* (IPCC). Sebuah lembaga panel internasional yang beranggotakan lebih dari 100 negara di seluruh dunia. Menyatakan pada tahun 2005 terjadi peningkatan suhu di dunia 0,60 – 0,70 sedangkan di Asia lebih tinggi, yaitu 1,0. Selain itu, ketersediaan air di negeri-negeri tropis berkurang 10 – 30 persen dan melelehnya Gleser (gunung es) di Himalaya dan Kutub Selatan. Secara general yang juga dirasakan oleh seluruh dunia saat ini adalah makin panjangnya musim panas dan makin pendeknya musim hujan, selain itu makin maraknya badai dan banjir di kota-kota besar (el Nino) di seluruh dunia. Serta meningkatnya cuaca secara ekstrem, yang tentunya sangat dirasakan di negara-negara tropis. Meningkatnya suhu ini, ternyata telah menimbulkan makin banyaknya wabah penyakit endemik “lama dan baru” yang merata dan terus bermunculan; seperti leptospirosis, demam berdarah, diare, malaria. Padahal penyakit-penyakit seperti malaria, demam berdarah dan diare adalah penyakit lama yang seharusnya sudah lewat dan mampu ditangani dan kini telah mengakibatkan ribuan orang terinfeksi dan meninggal. Selain itu, ratusan desa yang ada di pesisir pantai terancam tenggelam akibat naiknya permukaan air laut. Untuk negara-negara lain meningkatnya permukaan air laut bisa dilihat dengan makin tingginya ombak di pantai-pantai Asia dan Afrika. Apalagi hal itu di tambah dengan melelehnya gleser di gunung Himalaya Tibet dan di kutub utara. IPCC mensinyalir bahwa hal ini berkontribusi langsung meningkatkan permukaan air laut setinggi 4-6 meter. Dan jika benar-benar meleleh semuanya, maka akan meningkatkan permukaan air laut setinggi 7 meter pada tahun 2012.

### **Revolusi Gaya Hidup**

Menghadapi situasi yang sedemikian rupa, apa yang dibutuhkan oleh kita sebagai individu penghuni planet bumi? Yang dibutuhkan adalah revolusi gaya hidup, sebab dengan demikian akan mengurangi penggunaan energi, terutama energi tak terbarui. Selanjutnya kita harus mulai menggunakan bahan bakar dari



energi terbarui. Sedangkan untuk para pengambil kebijakan harusnya mengeluarkan kebijakan yang jelas orientasinya untuk mengurangi pemanasan global. Misalnya menetapkan jeda tebang hutan di seluruh Indonesia agar tidak mengalami kepunahan dan wilayah kita makin panas, serta menghentikan pertambangan mineral dan batubara.

Pengembangan dan implementasi bahan bakar dari energi terbarui yang ramah lingkungan perlu mendapatkan perhatian serius dari berbagai negara. Ada beberapa pertimbangan yang perlu diambil dalam menentukan pemilihan energi alternatif. Beberapa isu yang cukup penting untuk dipertimbangkan adalah:

1. Harga produksi sebuah energi alternatif dibandingkan dengan bahan bakar minyak.
2. Keberadaannya di bumi, dan jenis energi yang dihasilkan; apakah termasuk energi terbarukan atau tidak?
3. Kemudahan pengolahan atau proses produksi untuk bisa digunakan.
4. Keberadaan sumber energi yang menjadi bahan baku bagi sumber energi alternatif tersebut (jika bukan merupakan energi yang langsung diambil dari alam).
5. Manfaat tambahan yang bisa ditawarkan oleh energi alternatif tersebut.
6. Nilai keamanan bagi penggunaan energi tersebut.
7. Kemudahan proses modifikasi peralatan yang akan menggunakan energi tersebut.

Berbagai cara untuk menghemat energi yang berasal dari fosil, selain mencari sumber energi alternatif, kita pun bisa melakukan langkah-langkah yang mencerminkan penghematan energi. Misalnya, untuk sarana angkutan umum sebaiknya dikembangkan kendaraan masal yang berbahan bakar ethanol atau biodiesel, sehingga selain dapat membawa banyak penumpang juga hemat energi dan ramah lingkungan. Untuk berpergian dengan jarak yang tidak terlalu jauh, sebaiknya dikurangi penggunaan kendaraan bermotor dan beralih dengan berjalan kaki atau menggunakan kendaraan yang tidak berbahan bakar, seperti sepeda, sehingga selain hemat juga tidak menimbulkan polusi. Lebih dari itu, baik bersepeda maupun berjalan kaki dapat dilakukan oleh siapa saja dari semua golongan baik kaya atau miskin, tua atau muda. Jika makin banyak pengguna sepeda atau pejalan kaki, akan sangat mungkin mengurangi masalah kemacetan di kota-kota besar yang selama ini telah menjadi masalah sehari-hari yang sulit terpecahkan. Untuk sepeda, tak salah jika ia juga disebut-sebut termasuk sebagai alat transportasi yang paling berkelanjutan (*sustainable transportation*). Tentu saja



pemerintah harus menyediakan sarana untuk pengendara sepeda ini, yakni dengan membangun jalur sepeda dan pejalan kaki yang aman dan nyaman serta menyediakan berbagai fasilitas pendukungnya. Namun sungguh disayangkan, di kota-kota besar di Indonesia, justru hampir tidak ada sarana dan fasilitas jalur bersepeda dan berjalan kaki yang aman dan nyaman, apalagi sarana pendukung lainnya seperti parkir sepeda.

Selain kekeliruan-kekeliruan itu, berkembang pula anggapan yang kuat di masyarakat bahwa bersepeda identik dengan kemiskinan sehingga hanya orang miskinlah yang bersepeda. Anggapan ini menambah kekeliruan lain, yakni kebijakan diskriminatif, yang dianggap kaya (bermobil) semakin dilayani dan dimanjakan, sementara yang dianggap miskin (bersepeda) semakin terabaikan dan tak terlindungi. Wajarlah jika akhirnya sangat sedikit jumlah pengguna sepeda di kota-kota besar di Indonesia. Sebagai gambaran, menurut Darmaningtyas melalui survey INSTRAN di akhir Juni 2005, dalam sehari jumlah sepeda yang melewati Jalan Sudirman Jakarta dari arah Jalan Thamrin hanya 52 unit, sedangkan yang menuju ke arah Jalan Thamrin hanya mencapai 122 unit. Mereka itu adalah para pedagang keliling, seperti siomay, bakso, dan roti. Terlalu minim pelajar dan pekerja kantoran yang bersepeda. (Darmaningtyas, Kompas, 4 Agustus 2005).

Hal ini sangat berbeda dengan kota-kota di banyak negara maju maupun di beberapa negara berkembang lainnya. Pemerintah kotanya secara serius menyediakan jalur-jalur khusus sepeda dan pejalan kaki, hingga persentase pengguna sepedanya menempati jumlah yang signifikan dibanding dengan pengguna jalan lainnya. Kota-kota di Cina seperti Tianjin dan Shenyang menempati persentase terbesar yakni 77% dan 65% penduduk yang mengendarai sepeda untuk perjalanan mereka. Sepeda memang sangat penting di Cina sehingga di banyak kotanya memiliki jalan sepeda hingga lima atau enam jalur. Sebagai gambaran, dari pemantauan lalu lintas di kota Tianjin, konon lebih dari 50.000 sepeda melintas di satu persimpangan jalan dalam waktu satu jam.

Urutan ketiga terbesar adalah kota Groningen di negeri Belanda dengan jumlah persentase 50% penduduk yang mengendarai sepeda untuk perjalanan keseharian mereka. Kemudian berturut-turut Beijing di China (49%), Dhaka di Bangladesh (40%), Erlangen di Jerman (26%), Odense di Denmark (25%), Moscow di Rusia (24%), New Delhi di India (22%), Copenhagen di Denmark dan Basel di Switzerland (20%), Strasboug di Perancis (15%), dan lain-lain. Sekadar catatan, jumlah pengguna sepeda di Erlangen, Jerman tersebut meningkat tajam setelah jalur sepeda sepanjang 160 km selesai dibangun. Tak ketinggalan, menurut data



itu, kota yang dikenal terpadat dan termahal di dunia, Tokyo di Jepang, pengguna sepedanya juga tercatat mencapai persentase 25%, sama dengan kota Odense di Denmark. (WALCYNG, Report 1. no.4, 1997).



Foto: Bambang Setia Budi

**Gambar 26.** Tempat parkir sepeda di kota Groningen.

Namun yang paling fenomenal dan menarik untuk dicermati adalah upaya yang dilakukan pemerintah Kota Bogota, ibukota Colombia di Amerika Tengah. Untuk menghemat energi dan mengurangi polusi udara kota, Enrique Penalosa - walikota Bogota tahun 1998-2001 - membangun jalur sepeda sepanjang 350 km. Ini merupakan kota yang memiliki jalur sepeda terpanjang di Amerika Latin maupun di kota-kota negara berkembang lainnya.

Selain di jalan, penghematan energi juga harus dilakukan di rumah, yaitu dalam penggunaan energi listrik. Untuk menghemat energi listrik di rumah diperlukan suatu metoda pengaturan pemakaian tenaga listrik, yaitu dengan cara:

1. Efisiensi penerangan
  - Menggunakan lampu hemat energi
  - Menghidupkan lampu hanya pada saat diperlukan saja
  - Mewarnai dinding, lantai, dan langit-langit dengan warna terang, sehingga tidak membutuhkan penerangan yang berlebihan.
  - Memasang lampu penerangan dalam jarak yang tepat dengan obyek yang akan diterangi.
  - Mengatur perlengkapan rumah agar tidak menghalangi penerangan.



## 2. Lemari pendingin

- Memilih lemari es dengan ukuran/kapasitas yang sesuai.
- Membuka pintu lemari es seperlunya, dan pada kondisi tertentu dijaga agar dapat tertutup rapat.
- Mengisi lemari es secukupnya (tidak melebihi kapasitas).
- Menempatkan lemari es jauh dari sumber panas, seperti sinar matahari, kompor.
- Meletakkan lemari es minimal 15 cm dari dinding/tembok rumah.
- Tidak memasukkan makanan/minuman yang masih panas ke dalam lemari es.
- Membersihkan kondensor (terletak di belakang lemari es) secara teratur dari debu dan kotoran, agar proses pelepasan panas berjalan baik.
- Mengatur suhu lemari es sesuai kebutuhan karena semakin rendah/dingin temperatur, semakin banyak konsumsi energi listrik.
- Mematikan lemari es bila tidak digunakan dalam waktu lama.

## 3. Pengatur suhu udara (AC)

- Memilih AC hemat energi dan daya yang sesuai dengan besarnya ruangan.
- Mematikan AC bila ruangan tidak digunakan.
- Mengatur suhu ruangan secukupnya, tidak menyetel AC terlalu dingin.
- Menutup pintu, jendela dan ventilasi ruangan agar udara panas dari luar tidak masuk.
- Menempatkan AC sejauh mungkin dari sinar matahari langsung agar efek pendingin tidak berkurang.
- Membersihkan saringan (filter) udara dengan teratur.

## 4. Kipas Angin

- Membuka ventilasi / jendela rumah untuk memperlancar udara ke dalam rumah.
- Mematikan kipas angin bila ruangan tidak digunakan, atau gunakan kipas angin yang dilengkapi alat pengatur waktu (*timer*) dan atur timer sesuai kebutuhan.
- Mengatur kecepatan kipas sesuai keperluan.

## 5. Setrika Listrik.

- Mengatur tingkat panas yang diperlukan sesuai dengan bahan pakaian yang akan diseterika.





- Membersihkan bagian bawah setrika dari kerak yang dapat menghambat panas.
  - Mematikan setrika segera setelah selesai menyetrika atau bila akan ditinggalkan untuk mengerjakan yang lain.
6. Televisi, Radio, Tape Recorder
- Mematikan televisi, radio, tape recorder, serta peralatan audio visual lainnya bila tidak ditonton atau tidak didengarkan.
7. Motor-motor
- Memilih motor sesuai dengan kegunaan dan kapasitas.
  - Menentukan seting tegangan yang tidak berlebihan. Untuk motor dengan range tegangan 380 V sampai dengan 400 V, sebaiknya diset pada tegangan 380 ~ 385V.
  - Memilih motor-motor yang mampu mengontrol penyerapan daya listrik sesuai dengan beban. Motor elevator dengan muatan 9 orang, dipilih yang mampu menyerap daya kurang dari spesifikasi maksimum apabila penumpang kurang dari 9 orang.
  - Melakukan pemeriksaan terjadwal agar motor berfungsi sesuai dengan spesifikasinya.
8. Pemakaian tenaga listrik pada beban puncak
- Penyerapan daya listrik, kalau mungkin disebar pada luar waktu beban puncak, sehingga mengurangi pengoperasian pembangkit yang tidak efisien.
9. Audit energi
- Menghitung besarnya konsumsi energi listrik pada bangunan gedung dan mengenali cara-cara untuk penghematannya.
10. Konstruksi bangunan yang efisien
- Dalam rekayasa bangunan gedung diupayakan semaksimal mungkin agar efisiensi penerangan, efisiensi pengaturan suhu udara, pengaturan instalasi listrik, dapat dimaksimalkan. Saat ini banyak orang sudah mengembangkan rumah yang hemat energi, mulai dari energi manusia, energi mineral alam, dan energi listrik. Dalam menghemat energi untuk penerangan, ruangan yang tidak membutuhkan privasi berlebih sebaiknya diusahakan terbuka. Bangunan diberi jarak dengan sekelilingnya agar cahaya bisa masuk dari segala arah, dengan demikian penggunaan lampu mampu ditekan.



# BAB III

## RANGKUMAN

Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja. Jika pada suatu benda diberikan energi, pada benda tersebut timbul kerja atau usaha.

Ketika usaha dilakukan pada sistem, maka energi sistem akan meningkat. Sebaliknya, ketika sistem melakukan usaha, maka energinya akan berkurang. Jadi usaha bisa diartikan sebagai perpindahan energi. Secara matematik hubungan energi dan usaha dinyatakan sebagai  $W = \Delta E$ . Dimana  $W$  adalah usaha dan  $\Delta E$  adalah perubahan energi.

Kita dikatakan melakukan usaha terhadap suatu benda jika kita memberikan gaya kepada benda tersebut sehingga benda tadi berpindah tempat. Dengan demikian usaha diartikan sebagai hasil perkalian antara gaya yang bekerja pada suatu benda dengan jarak perpindahan benda tersebut. Secara matematis pernyataan ini ditulis sebagai:  $W = F \cdot S$

Jika arah gaya yang bekerja tidak sejajar dengan arah perpindahannya, maka untuk menentukan besar kerja atau usahanya digunakan persamaan  $W = F \cos \theta$ .

Satuan internasional untuk energi adalah **joule**. hubungan antara satuan joule dengan satuan energi lainnya adalah:

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ N m} = 10^7 \text{ erg}$$

$$1 \text{ joule} = 0,24 \text{ kalori}$$

$$1 \text{ joule} = 0,625 \times 10^{19} \text{ eV}$$

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ watt.s}$$

$$1 \text{ joule} = 2,78 \times 10^{-7} \text{ kWh}$$

**Energi kinetik** adalah energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak. Secara umum energi kinetik dirumuskan sebagai  $E_k = \frac{1}{2} mv^2$ .

**Energi potensial** merupakan energi yang dimiliki oleh benda karena kedudukannya atau kondisinya. Energi potensial memiliki beberapa bentuk



diantaranya: energi potensial gravitasi, energi potensial pegas, energi potensial listrik, dan lain-lain.

**Energi potensial gravitasi** adalah energi yang tersimpan dalam sistem hasil interaksi gravitasi antara benda dan Bumi. Secara matematis energi potensial gravitasi dinyatakan sebagai  $E_p = mgh$ .

**Energi potensial elastis** adalah energi yang tersimpan dalam benda-benda elastis, seperti karet, bola karet, pegas, dan lain-lain. Besarnya energi potensial pegas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:  $E_p = \frac{1}{2} k \Delta x^2$ .

**Energi termal** didefinisikan sebagai jumlah energi potensial dan energi kinetik yang dimiliki oleh atom-atom dan molekul-molekul yang membentuk zat.

**Energi listrik** adalah energi yang ditimbulkan oleh benda yang bermuatan listrik. Muatan listrik yang diam (statis) menimbulkan **energi potensial listrik**, sedangkan muatan listrik yang bergerak (dinamis) menimbulkan **energi arus listrik dan energi magnet**.

**Energi dalam** adalah energi kinetik dihubungkan dengan gerakan molekul-molekul, dan energi potensial yang dihubungkan dengan getaran rotasi dan energi listrik dari atom-atom di dalam molekul.

**Energi kimia** adalah energi yang tersimpan dalam persenyawaan kimia. Energi kimia terkandung dalam bahan minyak bumi dan makanan.

**Energi nuklir** adalah energi yang dihasilkan dari perubahan massa nuklir. Reaksi fisi dan reaksi fusi adalah dua jenis reaksi nuklir yang menghasilkan energi nuklir yang sangat besar. **Reaksi fisi** adalah pembelahan sebuah inti berat menjadi dua inti yang lebih ringan. Dalam reaksi fisi, massa total produk lebih kecil daripada massa total reaktan. Selisih massa ini akan muncul sebagai energi. **Reaksi fusi** atau disebut juga **reaksi termonuklir** adalah reaksi penggabungan dua inti ringan atau lebih menjadi sebuah inti yang lebih berat ditambah energi. Dalam reaksi fusi terjadi penurunan massa sebelum dan sesudah reaksi. Massa yang hilang berubah menjadi energi sesuai dengan teori Relativitas Einstein tentang Kekekalan Massa dan Energi.

**Sumber energi tak terbarui** (*nonrenewable*) didefinisikan sebagai sumber energi yang tidak dapat diisi atau dibuat kembali oleh alam dalam waktu yang singkat, bukan proses berkelanjutan. Sumber energi tak terbarui diperoleh dari perut bumi dalam bentuk cair, gas, dan padat.



**Sumber energi terbarui** (*renewable*) didefinisikan sebagai sumber energi yang dapat dengan cepat diisi kembali oleh alam dengan proses berkelanjutan. Contoh sumber energi terbarui, diantaranya: matahari, angin, air, biomassa, dan panas bumi. Semua sumber energi terbarui termasuk sumber **energi alternatif**.

**Energi matahari** dihasilkan dari reaksi fusi, yaitu penggabungan 4 inti Hidrogen menjadi inti Helium yang terjadi di dalam inti matahari. Energi matahari dapat diubah menjadi listrik dengan dua cara, yaitu: menggunakan sel surya (*photovoltaic or solar cell*) dan energi panas dari matahari dikumpulkan terlebih dahulu oleh alat pengumpul panas (*collector*) untuk memanaskan fluida, selanjutnya fluida yang sudah dipanaskan ini akan menghasilkan uap untuk menghidupkan generator.

**Energi panas bumi** adalah energi panas yang berasal dari dalam bumi, tepatnya dihasilkan di dalam inti bumi. Panas bumi tersebut ditimbulkan oleh peristiwa peluruhan partikel-partikel radioaktif di dalam bebatuan.

**Biomassa** adalah bahan organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Biomassa dapat dikonversi ke bentuk energi lain yang bermanfaat seperti gas metana atau bahan bakar untuk transportasi seperti ethanol dan biodiesel. Bioethanol adalah ethanol yang diproduksi dari tumbuhan. Bioethanol bisa didapat dari tanaman seperti tebu, jagung, singkong, ubi, dan sagu. Biodiesel didapatkan dari minyak tumbuhan seperti sawit, kelapa, jarak pagar, kapok, dan sebagainya.



# BAB IV

## EVALUASI

### A. Pilihan Ganda

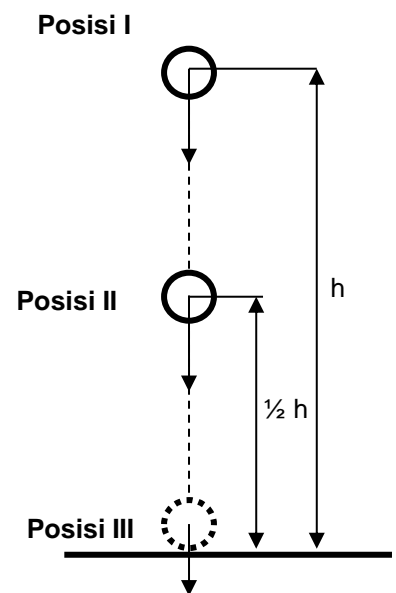
**Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat!**

1. Sebagian besar energi yang kita gunakan berasal dari....

- A. tanah
- B. laut
- C. angin
- D. matahari

2. Sebuah bola dijatuhkan dari posisi I dengan ketinggian  $h$ . Bagaimanakah besar energi potensial dan energi kinetik bola ketika mencapai posisi II dengan ketinggian  $\frac{1}{2}h$  ?

- A. besar energi potensial gravitasi lebih besar dari besar energi kinetiknya.
- B. besar energi potensial gravitasi lebih kecil dari besar energi kinetiknya.
- C. besar energi potensial gravitasi sama dengan besar energi kinetiknya.
- D. besar energi potensial gravitasi bisa lebih besar atau lebih kecil dari energi kinetiknya tergantung pada massa bola.



3. Nadia mendorong sepedanya menaiki suatu bukit. Dari manakah Nadia mendapatkan energi untuk mendorong sepedanya tersebut ?



- A. dari makanan yang dia makan
- B. dari hasil latihan yang dia lakukan sebelumnya
- C. dari tanah yang diinjaknya
- D. dari sepeda yang didorongnya



4. Perhatikan gambar pesawat di bawah ini!



Mixer digunakan pada proses pembuatan kue. Alat ini mengubah energi listrik menjadi ...

- A. energi kalor
  - B. energi bunyi
  - C. energi kimia
  - D. energi kinetik
5. Energi listrik yang dihasilkan oleh batu baterai berasal dari ...
- A. energi mekanik
  - B. energi kimia
  - C. energi radiasi
  - D. energi potensial
6. Bahan bakar yang paling banyak digunakan sebagai sumber energi di dunia adalah....
- A. minyak bumi
  - B. batu bara
  - C. gas alam
  - D. biogas
7. Bensin dihasilkan dengan cara menyuling bahan bakar fosil, yaitu....
- A. gas alam
  - B. batu bara
  - C. minyak bumi
  - D. panas bumi





8. Panas matahari, biomassa, panas bumi, angin, dan tenaga air merupakan sumber energi yang terbarui. Mereka semua disebut energi terbarui karena mereka....
- A. dapat diubah langsung menjadi panas dan listrik
  - B. dapat diganti ulang oleh alam dalam waktu singkat
  - C. tidak menghasilkan polusi udara
  - D. mudah diperoleh
9. Dalam tenaga nuklir, atom uranium....
- A. dicampur dan menghasilkan energi panas
  - B. dibelah dan menghasilkan energi panas
  - C. dibakar dan menghasilkan energi panas
  - D. dibelah dan menghasilkan electron
10. Aktivitas manusia berikut ini yang paling banyak menyebabkan pemanasan global adalah....
- A. menebang pohon
  - B. pembangunan gedung-gedung bertingkat
  - C. penambangan batubara
  - D. menggunakan bahan bakar fosil

## B. Uraian

***Selesaikanlah soal-soal di bawah secara singkat dan benar!***

1. Seorang kuli memanggul sekarung beras sejauh 10 meter, apakah orang tersebut melakukan usaha terhadap beras? Jelaskan!
2. Hukum Kekekalan Energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, energi hanya dapat berubah dari suatu bentuk ke bentuk energi yang lain. Buktikan kebenaran pernyataan ini!
3. (a) Jelaskan bagaimana perubahan energi yang terjadi ketika sebutir buah kelapa jatuh dari pohonnya menuju ke tanah! (b) Ketika buah kelapa tersebut sampai di tanah, apakah energi mekaniknya hilang ? Jika tidak, kemana energi tersebut "pergi" ?



4. Mengapa lebih mudah memanjat bukit melalui jalan yang lintasannya berkeluk-luk daripada jalan yang menanjak lurus ke atas ? Jelaskan!
5. Bagaimanakah proses terjadinya konversi energi air menjadi energi listrik sehingga dapat dimanfaatkan? Jelaskan!
6. Jelaskan bagaimana proses terjadinya konversi energi matahari menjadi energi listrik? Jelaskan!
7. Mengapa sekarang digalakkan penggunaan sumber-sumber energi alternatif? Jelaskan alasannya!
8. Berikan contoh langkah-langkah penghematan energi listrik di rumah!



## Kunci Jawaban

### A. Pilihan Ganda

- |      |       |
|------|-------|
| 1. D | 6. A  |
| 2. C | 7. C  |
| 3. A | 8. B  |
| 4. D | 9. B  |
| 5. B | 10. D |

### B. Uraian

1. Tidak, karena beras tidak mengalami perpindahan terhadap orang tersebut.
2. Contoh, sebuah batu baterai memiliki energi kimia. Ketika baterai ini digunakan untuk menyalakan senter, maka energi akan habis dan berubah menjadi energi cahaya.
3. (a) Buah kelapa yang berada di pohonnya memiliki energi potensial gravitasi. Ketika buah itu jatuh energi potensialnya berkurang seiring dengan perubahan ketinggiannya, energi potensial ini berubah menjadi energi kinetik. Pada saat tepat menyentuh tanah energi potensial gravitasinya menjadi nol dan semuanya berubah menjadi energi kinetik. (b) Tidak, energi mekaniknya berubah menjadi energi lain, yaitu energi panas dan bunyi.
4. Gaya yang dikeluarkan ketika berjalan di lintasan yang menanjak lurus lebih besar dibandingkan dengan gaya yang yang dikeluarkan pada lintasan yang berliku.
5. Energi kinetik yang dimiliki air diubah menjadi energi mekanik oleh turbin. Energi mekanik ini selanjutnya digunakan untuk menggerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik.
6. Energi matahari diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan alat pembangkit listrik tenaga matahari (*Solar power plants*), alat ini tidak langsung mengubah sinar matahari menjadi listrik melainkan energi panas dari matahari dikumpulkan terlebih dahulu oleh alat pengumpul panas untuk memanaskan fluida. Selanjutnya fluida yang sudah dipanaskan ini akan menghasilkan uap untuk menghidupkan generator, generator inilah yang menghasilkan listrik.



7. Karena persediaan energi terbarui semakin berkurang, disamping itu hasil pembakaran dari bahan bakar fosil menimbulkan dampak yang kurang baik bagi kehidupan di Bumi, yaitu pencemaran dan pemanasan global.
8. Untuk menghemat energi listrik di rumah diperlukan suatu metoda pengaturan pemakaian tenaga listrik. Contoh agar penggunaan energi untuk penerangan bisa hemat, maka sebaiknya:
  - a. Menggunakan lampu hemat energi.
  - b. Menghidupkan lampu hanya pada saat diperlukan saja.
  - c. Mewarnai dinding, lantai, dan langit-langit dengan warna terang, sehingga tidak membutuhkan penerangan yang berlebihan.
  - d. Memasang lampu penerangan dalam jarak yang tepat dengan obyek yang akan diterangi.
  - e. Mengatur perlengkapan rumah agar tidak menghalangi penerangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ..... ,1986, *Ilmu Pengetahuan Populer*, Grolier International, Inc.
- Agung Nugroho, 2006, *Metode Pengaturan Penggunaan Tenaga Listrik dalam upaya Penghematan bahan bakar Pembangkit dan Energi*, Fakultas Teknik Undip: Semarang.
- Brian Yulianto, *Energi Surya: Alternatif Sumber Energi Masa Depan di Indonesia*, [www.beritaiptek.com](http://www.beritaiptek.com).
- Bambang Setia Budi, 2005, *Membangun Kota Hemat Energi (2)*, Bandung: ISTECS
- David G. Martindale, 1992, *Heat Physics*, Canada: D.C. Heat and Company.
- Encarta Encyclopedia, 2007
- Jonathan Turk. et al., 1978, *Environmental Science*, Philadelphia: Sanders College Publishing.
- Joel E. Arem. et. al, 1994, *Science and Nature*, Illinois: Louis Weber, C.E.O.
- Kanginan, M., 1995, *Fisika 2000 Jilid 2C*, Jakarta: Erlangga.
- Mohammad Ridwan, Dr., 1996, *Peta Sumber Daya Energi Indonesia dan PLTN sebagai Alternatif Penyedia Energi*, Jakarta: Kantor Menristek.
- Sulasno, Ir., 1992, *Pusat Pembangkit Tenaga Listrik*, Semarang: Penerbit Satya Wacana.
- Wisnu Arya Wardhana, 1995, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Yogyakarta: Andi Offset.
- Yuli Setyo Indartono, *Krisis Energi di Indonesia: Mengapa dan Harus Bagaimana*, <http://io.ppi-jepang.org/article.php?id=104>
- <http://id.wikipedia.org/wiki/>
- <http://www.batan.go.id/>
- <http://www.eia.doe.gov/kids/index.html>



## GLOSARIUM

Biodiesel	: merupakan bahan bakar terbarui yang terbuat dari minyak tumbuh-tumbuhan, seperti sawit, kelapa, atau jarak pagar.
Biogas	: Gas metana yang terbentuk karena proses fermentasi secara anaerobik (tanpa udara) oleh bakteri methan atau disebut juga bakteri anaerobik.
Biomasa	: bahan organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan binatang.
Energi	: kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja.
Energi kinetik	: energi yang dimiliki oleh benda yang bergerak.
Energi potensial	: merupakan energi yang dimiliki oleh benda karena kedudukannya atau kondisinya.
Energi potensial gravitasi	: energi yang tersimpan dalam sistem hasil interaksi gravitasi antara benda dan Bumi.
Energi potensial elastis	: energi yang tersimpan dalam benda-benda elastis.
Energi listrik	: energi yang ditimbulkan oleh benda yang bermuatan listrik.
Energi dalam	: energi kinetik yang dihubungkan dengan gerakan molekul-molekul, dan energi potensial yang dihubungkan dengan getaran rotasi dan energi listrik dari atom-atom di dalam molekul.
Energi kimia	: energi yang tersimpan dalam persenyawaan kimia.
Energi nuklir	: energi yang dihasilkan dari perubahan massa nuklir.
Ethanol	: bahan bakar alkohol yang terbuat dari gula, dimana gula ini berasal dari tanaman, seperti jagung, gandum, dan kentang.
Joule	: satuan internasional untuk energi.
Kalor	: energi yang berpindah dari benda satu ke benda lainnya karena perbedaan suhu.
Mikrohidro	: pembangkit listrik tenaga air skala kecil.



- Reaksi fisi : pembelahan sebuah inti berat menjadi dua inti yang lebih ringan.
- Reaksi fusi : reaksi penggabungan dua inti ringan atau lebih menjadi sebuah inti yang lebih berat ditambah energi.
- Usaha : Hasil kali gaya dengan jarak perpindahan bendanya.





# Energi dan Perubahannya

## **BERMUTU**

*Better  
Education through  
Reformed  
Management and  
Universal  
Teacher  
Upgrading*



**PPPPTK IPA**

**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik  
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam  
untuk Program “BERMUTU”**

**Jl. Diponegoro 12 Bandung 40115**

**Tlp. 022-4231191, Fax. 022-42707922**

**website: [www.p4tkipa.org](http://www.p4tkipa.org) email: [p4tkipa@yahoo.com](mailto:p4tkipa@yahoo.com)**