

Untuk Guru  
**SMP**

# 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 SMP

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 SMP

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. Lidiya Br. Sinulingga, M.Pd.

Penyelia

Dra. Lidiya Br. Sinulingga, 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 SMP di Musyawarah Guru Mata Pelajaran IPA (MGMP IPA) yang dikelola melalui program BERMUTU (*Better Education through Reformed Management and Universal Teacher Upgrading*).

Modul untuk guru IPA SMP yang disusun pada tahun 2009 berjumlah sebelas modul dengan judul-judul: Pengembangan Perangkat Pembelajaran, Penilaian Hasil Belajar, Model Pembelajaran Langsung dan Kooperatif, Hakikat IPA dan Pendidikan IPA, Materi dan Sifatnya, Kegunaan Bahan Kimia dalam kehidupan, Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan, Sistem Tata Surya, Media Pembelajaran IPA, Model Pembelajaran IPA Terpadu, 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 IPA SMP yang mengikuti program BERMUTU khususnya dan guru IPA SMP pada umumnya, sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan kinerja guru dan kualitas pembelajaran IPA di SMP. 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>	iii
<b>DAFTAR ISI</b>	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
A. Latar Belakang	1
B. Deskripsi Singkat	2
C. Tujuan	3
<b>BAB II ENERGI DAN PERUBAHANNYA</b>	5
A. Pengertian Energi	5
B. Bentuk-bentuk Energi	11
C. Sumber Energi	37
D. Penghematan Energi	69
E. Aplikasi dalam Pembelajaran	77
<b>BAB III RANGKUMAN</b>	85
<b>BAB IV EVALUASI</b>	89
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	97
<b>GLOSARIUM</b>	99





## 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 bermain bola	14
Gambar 5	Grafik energi potensial dan energi kinetik dari berbagai kedudukan	16
Gambar 6	Pemanah yang menarik busur panahnya	17
Gambar 7	Pegas yang ditarik/diregangkan	17
Gambar 8	Berbagai posisi benda jatuh bebas	19
Gambar 9	Muatan uji yang menjauhi muatan sumber	21
Gambar 10	Rangkaian tertutup catu daya dan resistor	23
Gambar 11	Lampu pijar	25
Gambar 12	Lampu tabung	25
Gambar 13	Peralatan listrik yang mengubah energi listrik menjadi kalor	27
Gambar 14	Alat percobaan Joule	27
Gambar 15	Reaksi fusi nuklir	34
Gambar 16	Berat inti atom sebelum dan sesudah reaksi fusi nuklir	34
Gambar 17	Proses pembentukan batubara	43
Gambar 18	Matahari	48
Gambar 19	Sel surya	49
Gambar 20	Alat pengumpul panas	50
Gambar 21	Diagram pembangkit listrik tenaga surya	49
Gambar 22	Ladang turbin angin	52
Gambar 23	Geyser (Uap panas)	54
Gambar 24	Fotosintesis	59
Gambar 25	Jenis-jenis biomasa	59
Gambar 26	Siklus Karbon	65
Gambar 27	Stasiun pengisi bahan bakar ethanol yang ada di kota Lexington, Amerika.	65
Gambar 28	Tempat parkir sepeda di kota Groningen	73





## DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1	Jumlah komponen pencemar dan sumber pencemaran	45
Tabel 2	Perkiraan prosentasi komponen pencemar udara dari sumber pencemar transportasi di Indonesia	46



# 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 untuk mencapai tujuan strategis Program BERMUTU 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, salah satu diantaranya modul tentang pendalaman materi mata pelajaran IPA, yaitu 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. 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 terbarui, 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 SMP/ MTs 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.



## BAB II

# ENERGI DAN PERUBAHANNYA

### A. Pengertian Energi

Apakah yang dimaksud dengan energi? Energi dibutuhkan diantaranya untuk menggerakkan mobil, untuk memanaskan dan mendinginkan ruangan, dan untuk mengoperasikan komputer. Energi matahari diperlukan untuk pertumbuhan tanaman dan proses siklus air. Energi yang terdapat dalam makanan menyediakan energi bagi manusia baik untuk kegiatan jasmani maupun kegiatan rohani. Berjalan, olah raga, bernyanyi, bekerja, belajar, berpikir, saat melamun, bahkan saat tidurnya memerlukan energi. Manusia membutuhkan berjuta-juta kalori setiap harinya untuk melakukan kegiatan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, disarankan setiap pagi sebelum beraktivitas kita harus makan terlebih dahulu. Dengan demikian, tubuh kita 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 setiap barang dikeluarkan energi.



**Gambar 1.** Bongkar muat di pelabuhan



Seseorang yang memindahkan barang terus menerus lama-kelamaan akan merasa lelah karena kehabisan energi seperti gambar 1. Dari contoh di atas terlihat bahwa energi dan kerja merupakan dua hal yang tidak dapat dipisahkan. Artinya, jika pada suatu benda diberikan energi, pada benda tersebut timbul 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 dapat digunakan sehingga badan dapat melakukan aktivitas kembali.

## 1. Energi dan Usaha

Manusia, hewan, tumbuhan, dan mesin pada saat melakukan aktivitasnya selalu memerlukan energi. Energi yang digunakan manusia, hewan, dan tumbuhan berasal dari berbagai makanan dan minuman yang dikonsumsinya. Energi yang digunakan mesin mobil berasal dari bahan bakar berupa bensin, solar, atau dapat juga berupa bahan bakar bentuk lainnya. Kemudian energi yang dimiliki mesin digunakan untuk melakukan usaha, misalkan mesin mobil digunakan untuk menggerakkan mesin – mesin mobil sehingga mobil dapat bergerak. Peristiwa bergeraknya mobil terjadi karena adanya perubahan energi, yaitu dari energi kimia yang berasal dari bahan bakar berubah menjadi energi gerak.

Untuk lebih memahami tentang perubahan dan perpindahan energi serta hubungannya dengan usaha, mari kita ambil suatu contoh. Misalkan Anda melakukan usaha terhadap sebuah batu besar dengan cara mengangkatnya ke



udara. Dalam hal ini Anda 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 perpindahan energi. Maka sangat tepat jika satuan energi sama dengan satuan usaha, yaitu joule (J). Jika Anda melakukan usaha sebesar 200 J pada sebuah benda, berarti Anda 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.

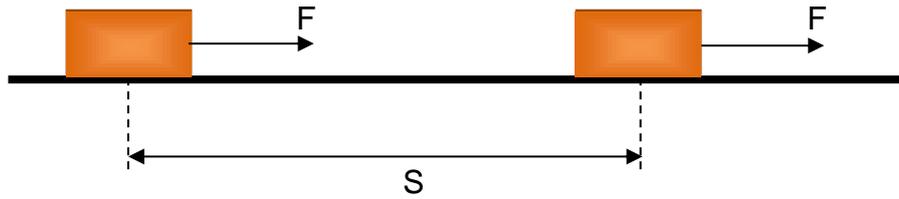
## 2. Rumus Usaha

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 2a, kuda memberikan gaya pada kereta sehingga kereta bergerak searah dengan arah gaya yang dilakukan oleh kuda terhadap kereta tersebut.



**Gambar 2a.** Kuda menarik delman

Sumber: [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.** Benda yang ditarik dengan gaya yang searah perpindahannya

Gaya  $F$  menyebabkan benda bergerak sejauh  $S$  pada arah gaya  $F$  tersebut.

Jika kita perhatikan Gambar 2b, arah gaya yang bekerja pada benda searah dengan arah perpindahannya. Benda berpindah sejauh  $S$  karena pengaruh gaya sebesar  $F$ . 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)

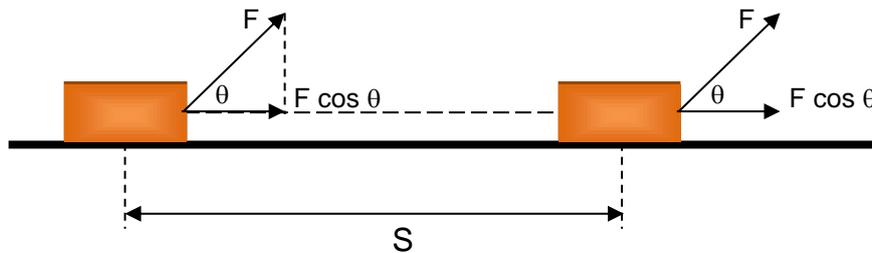
$S$  = jarak perpindahan (meter)

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  $F \cos \theta$ , perhatikan Gambar 3.



**Gambar 3a.** Pegolf yang menarik wadah stik golf

Arah gaya yang dikerjakan pegolf pada roda tidak searah dengan perpindahan roda.



**Gambar 3b.** Benda yang ditarik dengan gaya yang membentuk sudut terhadap perpindahannya

Benda dikenai gaya sebesar  $F$  yang arahnya  $\theta$  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-besarnya dalam sistem MKS ke dalam satuan besaran-besaran dalam sistem cgs.



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

### 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

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

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

$$\begin{aligned}1 \text{ MeV} &= 10^6 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ joule} \\&= 1,6 \times 10^{-13} \text{ joule}\end{aligned}$$



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**. Untuk menjelaskan energi kinetik secara matematis, Anda perlu menggunakan persamaan gerak dan hukum kedua Newton tentang gerak.



Pada benda yang bergerak lurus berubah beraturan dengan kecepatan awal  $v_0$  dan kecepatan akhir  $v_1$  berlaku persamaan sebagai berikut:

$$v_1^2 = v_0^2 + 2aS \dots\dots\dots (1)$$

Untuk mengetahui bagaimana energi tersirat di dalam persamaan (1) di atas, Anda perlu mengubah persamaan (1) menjadi persamaan di bawah ini.

$$v_1^2 - v_0^2 = 2aS \dots\dots\dots(2)$$

Dengan menggunakan persamaan Hukum II Newton,  $F = ma$ , dimana  $a = \frac{F}{m}$  maka persamaan di atas menjadi:

$$v_1^2 - v_0^2 = \frac{2FS}{m} \dots\dots\dots(3)$$

Jika kedua ruas persamaan tersebut dikalikan dengan  $\frac{1}{2} m$ , maka akhirnya akan didapat:

$$\frac{1}{2} mv_1^2 - \frac{1}{2} mv_0^2 = FS \dots\dots\dots(4)$$

Ruas kiri pada persamaan (4) menunjukkan perubahan energi benda. Dimana energi ini dihasilkan dari gerak dan biasanya disimbolkan dengan  $E_k$ , yang berarti energi kinetik. Jadi secara umum energi kinetik dirumuskan sebagai

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \dots\dots\dots(5)$$

dimana

$E_k$  = energi kinetik (joule)

$m$  = massa benda (kg)

$v$  = kecepatan benda (m/s)

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.



Karena massa dan kecepatan merupakan sesuatu yang dimiliki oleh suatu benda, maka energi kinetik pun merupakan milik dari benda tersebut. Sementara itu ruas kiri dari persamaan (4) berhubungan dengan lingkungan, dimana  $F$  gaya yang dikerjakan oleh lingkungan kepada benda dan  $S$  perpindahan. Jadi bisa disimpulkan bahwa lingkungan mengubah energi benda (sistem). Proses perubahan energi suatu benda (sistem) disebut usaha. Hal ini sudah dirumuskan pada persamaan  $W = F \cdot S$ .

Dengan mensubstitusikan  $W$  dan  $E_k$  kedalam persamaan (4), maka akan didapat  $E_{k1} - E_{k0} = W$ . Ruas kiri dari persamaan ini merupakan perubahan energi kinetik dan dapat dinyatakan dengan delta.

$$\Delta E_k = W \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa ketika usaha dilakukan pada suatu benda, maka akan menghasilkan perubahan energi kinetik. Hipotesa ini,  $\Delta E_k = W$ , telah diuji berkali-kali dan hasilnya selalu benar. Pernyataan ini disebut **teorema usaha-energi**. Hubungan usaha dan perubahan energi ini telah dikembangkan sejak abad ke-19 oleh fisikawan James Prescott Joule. Oleh karena itulah satuan energi menggunakan namanya **joule** sebagai penghargaan atas jasa-jasanya.

### Bahan Diskusi

- ✓ Tukang sol sepatu memikul perlengkapan solnya mengelilingi kampung. Apakah dia melakukan usaha terhadap barang yang dipikulnya? Jelaskan!
- ✓ Adi memindahkan peti keatas mobil dengan cara diangkat. Raka memindahkan peti yang sama dengan cara didorong menggunakan bidang miring. Apakah besar usaha yang dikeluarkan Adi dan Raka sama besar? Jelaskan!

## 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, dan energi potensial listrik. 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.** Menunjukkan bola yang sedang dilemparkan oleh seorang pesulap. Anggap saja sistem hanya terdiri dari satu bola saja, dan tentu pada bola ini bekerja beberapa gaya. Gaya yang dilakukan oleh tangan pesulap 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?



**Gambar 4.** Pemain sirkus yang bermain bola

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

Ketinggian bola dari tangan pesulap adalah  $h$ . Bola mengalami perpindahan ke atas, sementara gaya gravitasi yang bekerja pada bola,  $F_g$  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 Anda 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 pemain sulap, gravitasi merupakan gaya luar, perubahan energi potensial bola adalah negatif usaha yang dilakukan, sehingga energi potensial gravitasi dinyatakan sebagai

$$E_p = mgh \dots\dots\dots(7)$$

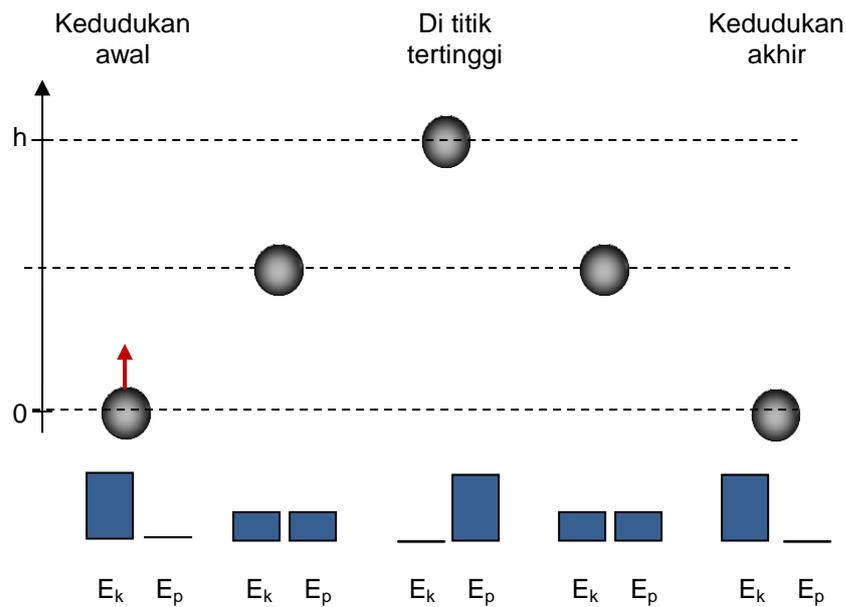
dimana

m = massa benda (kg)

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

h = ketinggian benda (m)

**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 dan 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.



**Gambar 5.** Grafik energi potensial dan energi kinetik dari berbagai kedudukan Energi yang dimiliki bola berubah bentuk dari bentuk satu ke bentuk lainnya di setiap kedudukan

#### Bahan Diskusi

Seorang anak menjatuhkan bola pingpong dari lantai 3 sebuah gedung. Jelaskan perubahan energi kinetik dan energi potensial bola, dari saat hendak dijatuhkan sampai akhirnya diam tidak bergerak lagi di lantai dasar!

#### b. Energi Potensial Elastis

Perhatikan tali busur yang ditarik seperti ditunjukkan pada **Gambar 6**, usaha dilakukan 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.** Pemanah yang menarik busur panahnya

Energi potensial elastis dimiliki oleh tali busur. Sebelum tali busur dilepaskan, semua energi berbentuk energi potensial. Setelah tali busur dilepaskan, energi diberikan kepada anak panah sebagai energi kinetik.

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.** Pegas yang ditarik/diregangkan

Ketika pegas diregangkan, pegas tersebut menyimpan energi potensial.

Misalkan panjang pegas sebelum mendapatkan gaya luar adalah  $x$  cm. Jika pada pegas dikerjakan gaya dengan cara meregangkannya. 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 Anda meletakkan sebuah benda yang ukurannya kecil pada pegas yang tertekan, kemudian gaya yang menekan pegas kita hilangkan ternyata benda akan 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 :

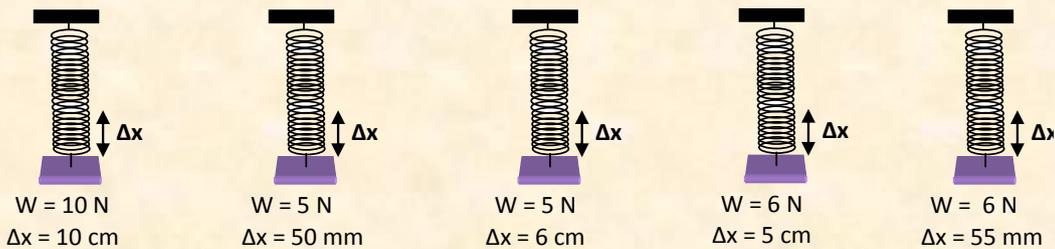
$E_p$  = energi potensial pegas (joule)

$k$  = konstanta pegas (N/m)

$\Delta x$  = perubahan panjang pegas (m)

### Bahan Diskusi

Lima buah pegas diregangkan oleh sebuah beban dengan berat yang berbeda seperti gambar di bawah ini!



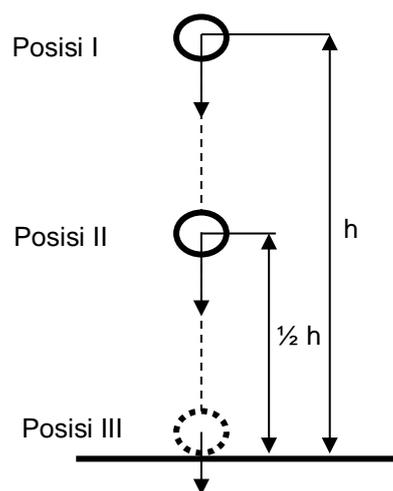
Dari kelima pegas tersebut di atas tentukan pegas manakah yang:

1. Paling lunak dan paling keras! Mengapa demikian!
2. Memiliki energi potensial pegas terbesar dan terkecil! Buktikan!



### 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 **kekekalan energi**. 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**.

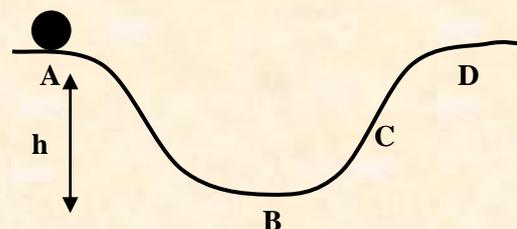


**Gambar 8.** Berbagai posisi benda jatuh bebas

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

#### Bahan Diskusi

- ✓ Berdasarkan gambar 8, coba anda pikirkan bagaimanakah 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 Anda pilih secara matematis!
- ✓ Sebuah bola dilepaskan dari titik A yang ketinggiannya  $h$ . Jika tidak ada gesekan antara bola dengan lintasan, di titik manakah bola akan berhenti? Jelaskan!





#### 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 yang bersuhu tinggi ke benda yang suhunya lebih rendah. Sebagai contoh sepanci air yang dimasak dengan menggunakan kompor listrik. Ketika elemen kompor listrik suhunya meningkat, rata-rata energi kinetik molekul-molekulnya meningkat sebanding dengan kenaikan suhunya. Pada saat sepanci air dingin diletakkan di atas elemen kompor listrik tersebut, maka terjadi kontak antara molekul-molekul elemen kompor yang berenergi kinetik tinggi dengan molekul-molekul panci dan air yang berenergi kinetik rendah. Suhu panci dan air meningkat sebanding dengan jumlah energi yang disalurkan ketika dari elemen kompor ke panci dan air tersebut. Sesuai dengan hal itu, ketika sepanci air diletakkan di atas es, molekul-molekul panci dan air yang berenergi kinetik tinggi akan menyalurkan sebagian energinya kepada molekul-molekul es yang berenergi kinetik rendah. Dari dua kasus ini, energi pindah 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**).

##### Bahan Diskusi

- ✓ Jelaskan proses terjadinya perubahan energi listrik menjadi energi kalor pada alat listrik berikut:
  - a. setrika
  - b. dispenser
  - c. hair dryer
  
- ✓ Apakah panas matahari yang sampai ke bumi termasuk dalam energi termal? Jelaskan perbedaannya dengan panas yang diterima dari bola lampu listrik! Bagaimanakah prosesnya?

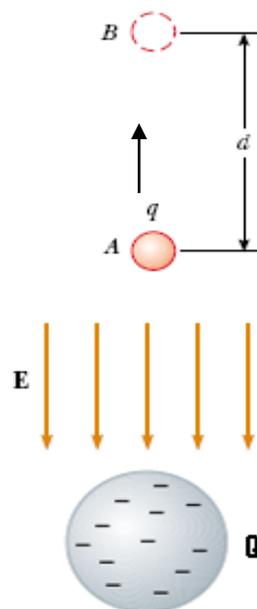


## 5. Energi Listrik

### 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 di bahas di bagian 2, energi potensial listrik pun akan dimiliki oleh suatu benda jika berada pada posisi tertentu dari benda lain. Tetapi berbeda dengan energi potensial gravitasi yang timbul pada benda karena benda tersebut memiliki massa, energi potensial listrik dimiliki oleh benda-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 yang menjauhi muatan sumber

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

Gambar diatas memperlihatkan suatu muatan uji yang diletakkan di sekitar muatan sumber. Jika suatu muatan uji  $q$  diletakkan disekitar benda lain yang bermuatan lebih besar  $Q$ , maka muatan uji tersebut 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:

$$E_p = qV \dots\dots\dots(9)$$

dimana

$q$  = muatan listrik (coulomb)

$V$  = potensial listrik (volt)

$E_p$  = energi potensial listrik (joule)

## b. Energi Listrik

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. 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.

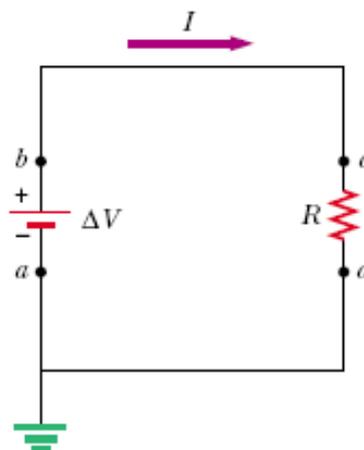
$$W = \Delta E_p = q\Delta V \dots\dots\dots(10)$$

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 dalam bentuk panas). 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 tertutup catu daya dan resistor

Rangkaian terdiri dari resistor dengan hambatan  $R$  dan baterai dengan beda potensial  $\Delta V$ . Titik  $a$  dan  $d$  dibumikan.



## 1) Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai energi persatuan waktu. Jika energi listrik yang diberikan oleh baterai adalah  $W = \Delta VI t$  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 watt = 1 Js<sup>-1</sup>. 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.

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } 1 \text{ kWh} &= (1 \text{ kW}) \times (1 \text{ jam}) \\ &= (1000 \text{ W}) \times (3600 \text{ s}) \end{aligned}$$

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

## 2) Perubahan Energi Listrik

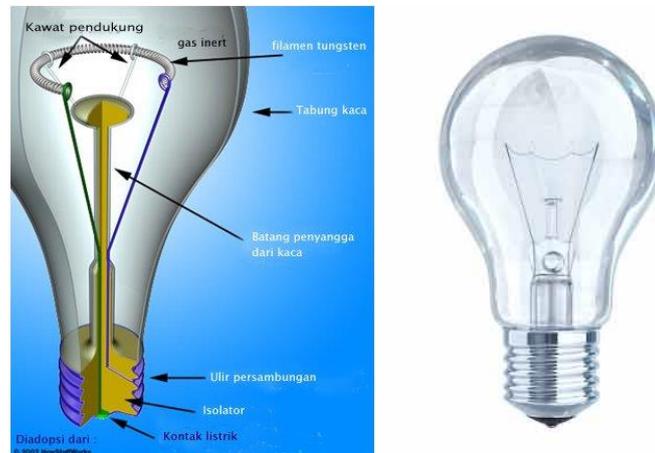
Dari sekian banyak bentuk energi yang kita ketahui, energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang paling banyak dimanfaatkan oleh manusia karena energi ini paling mudah diubah ke dalam bentuk energi yang lain. Energi listrik dapat diubah ke berbagai bentuk energi antara lain energi cahaya, energi kalor, energi bunyi, energi kinetik, dan energi kimia. Untuk mengubah bentuk energi listrik diperlukan alat listrik.

### a) Perubahan Energi Listrik Menjadi Energi Cahaya

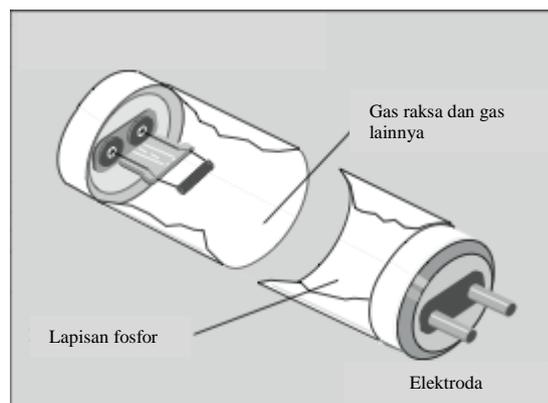
Lampu pijar dan lampu tabung (TL) merupakan alat listrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi cahaya dan energi kalor. Di dalam ruang kaca lampu pijar, terdapat filamen yang mudah terbakar yang terbuat dari kawat wolfram halus yang dibuat spiral. Di dalam bola kaca diisi gas argon dan nitrogen 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 listrik.



**Gambar 11.** Lampu Pijar



**Gambar 12.** Lampu Tabung

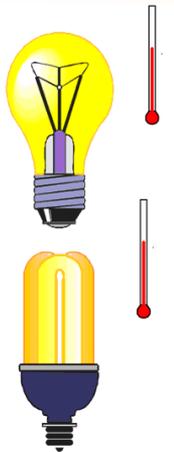
Lampu tabung (TL) sering disebut lampu neon. Lampu ini terbuat dari tabung kaca yang bentuknya bermacam-macam. Di dalam tabung kaca diisi gas raksa dan pada kedua ujungnya terdapat elektrode. Jika kedua elektrode dihubungkan dengan tegangan tinggi menyebabkan terjadinya loncatan elektron yang menimbulkan 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 fluoresensi. 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 ini hemat listrik karena kalor yang ditimbulkan kecil dan tidak terlalu memanaskan ruang di sekitarnya. Sekarang ini, lampu jenis 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

#### 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.



Setrika



Kompor

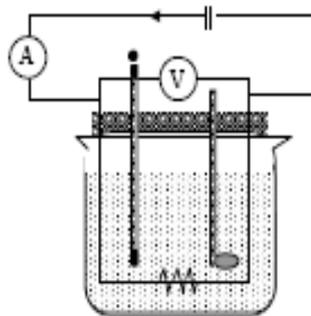


Solder

Pengering  
Rambut

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

Besar energi listrik yang berubah menjadi kalor itu telah diselidiki oleh James **Prescott Joule** (1914-1889).



**Gambar 14** Alat 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 adalah berbanding lurus dengan:

- beda potensial antara kedua ujung kawat penghantar ( $V$ )
- kuat arus yang melalui kawat penghantar ( $I$ )
- 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 kkal sama dengan  $10^3$  kalori.

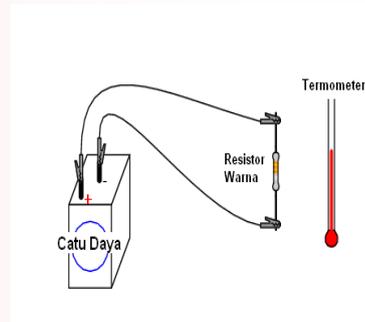
Faktor apa saja yang mempengaruhi besar energi listrik yang dilepaskan oleh sumber tagangan untuk diubah menjadi energi kalor oleh alat listrik? Untuk mengetahuinya mari kita lakukan kegiatan berikut

## Kegiatan 2

### Menyelidiki Perubahan Energi Listrik Menjadi Energi Panas

#### Alat dan Bahan

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



**Perhatian !!!!**  
**Jangan menyentuh resistor dengan tangan**

#### Langkah Kerja

1. Sentuhkan bola (bagian bawah) termometer ke resistor.
2. Alirkan arus dari Catu daya menggunakan tegangan 9 volt atau 12 volt selama 1 menit.
3. Ukur suhu resistor. Dinginkan resistor dengan cara memutuskan arus dari catu daya. Kemudian ulangi langkah-langkah tersebut pada kedua resistor yang lain.

**Bahan Diskusi**

1. Setelah dialiri arus listrik selama 1 menit, mengapa resistor-resistor tersebut menjadi panas?
2. Mengapa resistor yang memiliki resistansi lebih kecil akan lebih cepat panas?
3. 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 mereka akan memiliki energi tersebut. 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.

**Bahan Diskusi**

Deskripsikan proses perubahan energi yang terjadi pada accumulator saat diisi ulang dan saat digunakan pada peralatan listrik!

**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?



Setiap reaksi kimia di dalamnya 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:

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

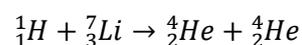
dimana

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



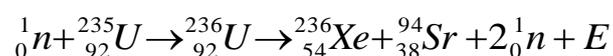
disebut **energi nuklir**. Reaksi fisi dan reaksi fusi adalah dua jenis reaksi nuklir yang menghasilkan energi nuklir yang sangat besar.

#### 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 yang ada saat ini memanfaatkan reaksi fisi antara neutron dengan isotop uranium-235 ( $^{235}\text{U}$ ) atau menggunakan isotop plutonium-239 ( $^{239}\text{Pu}$ ). Perlu diketahui, tidak setiap tumbukan antara neutron dan unsur radioaktif akan menghasilkan reaksi fisi. 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.

Secara garis besar reaksi fisi yang terjadi antara neutron dengan isotop uranium ( $^{235}\text{U}$ ) dalam reaktor nuklir dapat digambarkan sebagai berikut. Neutron dengan energi berkisar 0,025 eV akan bereaksi dengan atom  $^{235}\text{U}$  menjadi  $^{236}\text{U}$  yang sangat tidak stabil, kemudian dalam waktu sangat singkat  $^{236}\text{U}$  pecah (*fission*) menjadi dua buah produk fisi, misalnya  $X_1$  dan  $X_2$  serta 2 atau 3 buah neutron dan energi. Reaksi ini dapat dirumuskan sebagai berikut:



Energi reaksi yang dihasilkan oleh satu inti uranium yang membelah kira-kira 208 MeV ( $1\text{MeV} = 4,45 \times 10^{-20} \text{ kWh}$ ). Energi dari reaksi fisi sebagian besar akan dibawa oleh produk fisi dalam bentuk energi kinetik yang



terdeposisikan di dalam medium bahan bakar nuklir dalam bentuk panas akibat pergerakan produk fisi. Energi panas ini kemudian diambil untuk pembangkitan energi listrik pada sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Pengambilan panas dari inti reaktor bisa dengan mempergunakan media air, seperti yang umum dipergunakan pada PLTN saat ini.

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 disebut 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 dalam suatu 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 tinggi dibandingkan dengan energi yang dihasilkan oleh batu bara 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 batu bara 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 batu bara 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%.

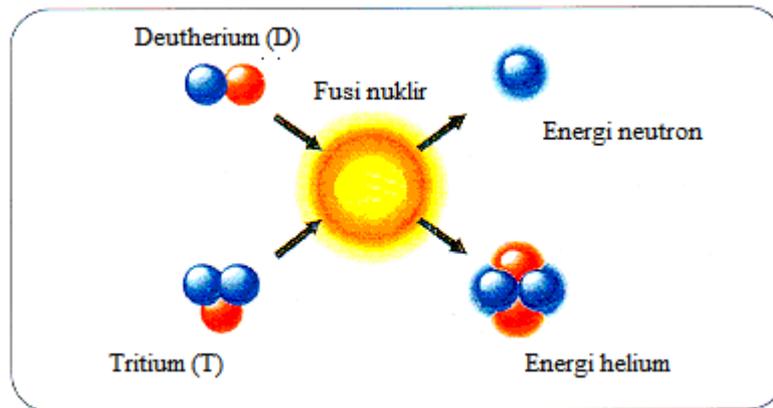


Walaupun energi yang dihasilkan oleh reaksi fisi pada reaktor atom ini sangat besar, tetapi masih ada kekurangannya. Salah satu yang paling dikhawatirkan dari reaktor atom adalah bahan bakar, unsur hasil reaksi, dan limbahnya bersifat radioaktif. Seperti kita ketahui bahan-bahan radioaktif ini sangat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

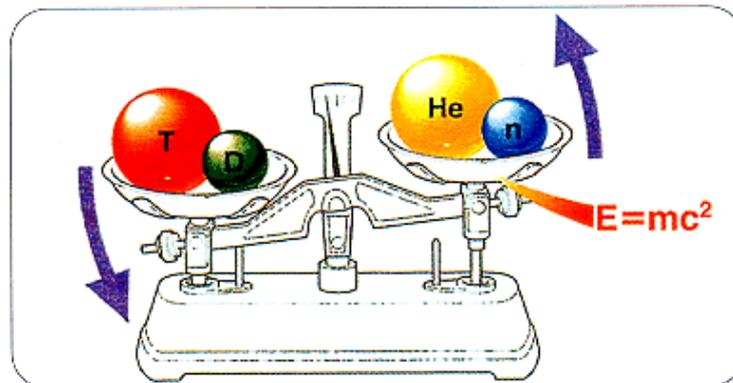
Limbah radioaktif adalah bahan radioaktif sisa atau yang sudah tidak terpakai, atau bahan yang terkontaminasi dengan sejumlah zat radioaktif pada kadar atau tingkat radioaktivitas yang melampaui nilai batas keselamatan yang ditetapkan. Yang termasuk limbah radioaktif, diantaranya pakaian kerja bekas, 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 inti ringan atau lebih menjadi sebuah inti yang lebih berat ditambah 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.



**Gambar 15.** Reaksi fusi nuklir. Bila inti deuterium dan tritium bertumbukan maka terjadi fusi nuklir dan setelah reaksi akan terbentuk helium dan neutron berkecepatan tinggi.



**Gambar 16.** Berat inti atom sebelum dan sesudah reaksi fusi nuklir. Bila terjadi reaksi fusi nuklir, berat (massa) inti atom menjadi ringan. Bagian yang hilang ini berubah menjadi energi.

Reaksi fusi hanya dapat berlangsung pada kondisi ekstrim, yaitu pada temperatur, tekanan, dan kerapatan bahan bakar sangat tinggi (dalam orde ratusan juta kelvin). Oleh karena itulah reaksi fusi banyak terjadi di matahari dan bintang-bintang lain di jagat raya ini. Di dalam inti Matahari, dengan temperatur sekitar 15-20 juta derajat Celsius, tekanan udara sekitar seperempat triliun atmosfer, serta kerapatan yang mencapai delapan kali kerapatan emas, telah menjamin berlangsungnya fusi inti-inti hidrogen menjadi inti helium secara kontinu selama miliaran tahun. Temperatur dan tekanan ekstrim tersebut diperlukan dalam reaksi fusi untuk mengatasi gaya tolak-menolak Coulomb akibat muatan proton yang menjadi luar biasa besar untuk jangkauan reaksi nuklir.



Dapatkah kita di bumi mengembangkan reactor fusi? Jawabannya ya. Saat ini para ilmuwan sudah dapat memecahkan masalah yang dihadapi dalam pengembangan reaktor fusi. Seperti kita ketahui, bahwa reaksi fusi memerlukan suhu sangat tinggi yang diperlukan agar tumbukan antar inti memiliki energi kinetik yang dapat mengatasi gaya tolak-menolak (gaya Coulomb) dalam inti tersebut. Tetapi karena tidak ada material di atas permukaan bumi yang dapat menahan suhu setinggi ini, maka diperlukan teknik super canggih untuk melokalisir plasma (inti bermuatan yang memiliki suhu sangat tinggi) pada proses fusi agar tidak bersentuhan dengan instrumen-instrumen reaktor.

Untuk memecahkan masalah ini, para ilmuwan menggunakan dua cara, yaitu cara magnetis dan cara inersial. Cara pertama dilakukan di dalam instrumen berbentuk seperti donat yang disebut tokamak. Tokamak menggunakan kombinasi dua medan magnet yang sangat kuat, yang dihasilkan oleh superkonduktor, untuk menahan plasma bersuhu sekitar 50 juta derajat celsius agar tetap berada di tengah-tengah "donat" itu. Sebagian besar neutron yang dihasilkan dalam proses fusi akan terhambur ke dinding pertama "donat" yang harus dibuat dari material khusus mengingat beban panas yang dialaminya berkisar 10 juta watt per meter kuadrat. Neutron yang diserap dinding ini akan melepaskan sebagian besar energinya. Energi inilah yang kelak dipergunakan untuk menggerakkan turbin pembangkit listrik.

Cara kedua adalah dengan menggunakan target yang memiliki kerapatan sangat tinggi yang ditembaki dengan puluhan sinar laser terfokus secara simultan. Intensitas sinar laser yang digunakan harus cukup tinggi agar target dapat seketika menguap. Partikel-partikel yang dihasilkan akan berusaha bergerak keluar sehingga menimbulkan tekanan ke dalam yang sangat dahsyat. Tekanan yang naik secara drastis ini akan mengakibatkan naiknya suhu target yang pada akhirnya dapat menyalakan proses fusi. Sebenarnya, proses ini merupakan bentuk miniatur bom hidrogen.

Saat ini para ahli telah mampu melokalisir reaksi fusi tidak hanya dalam hitungan persepuluh detik, melainkan dalam ribuan detik.



Keberhasilan ini merupakan pertanda reaktor fusi sudah dapat dioperasikan untuk tujuan komersil. Reaksi fusi yang dapat digunakan untuk tujuan komersil ialah penggabungan deuterium (D) dan tritium (T). Perlu diketahui bahwa cadangan bahan bakar reaksi fusi (D dan T) sangat berlimpah. Deuterium dapat diekstraksi dari air melalui metode elektrolisis. Setiap satu meter kubik air mengandung 30 gram deuterium, sehingga jika seluruh listrik di muka Bumi ini dibangkitkan oleh reaktor fusi, maka cadangan deuterium akan mencukupi kebutuhan lebih dari sejuta tahun. Sementara itu tritium tidak tersedia secara alami, melainkan harus diproduksi (dibiakkan) dalam reaktor dengan litium. Litium adalah metal yang paling ringan yang cukup banyak ditemukan pada kulit bumi serta dalam konsentrasi rendah di lautan. Cadangan litium yang telah diketahui hingga saat ini dapat mencukupi kebutuhan selama lebih dari 1.000 tahun. Selain bahan bakunya yang berlimpah, reaktor fusi juga memiliki kelebihan, yaitu rendahnya problem limbah nuklir.

Dari semua bahan bakar fusi hanya tritium yang radioaktif dengan waktu paruh (*half life*) 12,5 tahun. Sampah radioaktif yang serius di sini hanyalah material dinding reaktor yang menjadi radioaktif karena dihujani oleh partikel neutron. Namun radioaktivitas yang ditimbulkan akan "cepat sekali" dalam kasus terburuk kurang dari 100 tahun. Bandingkan dengan sampah reaktor fisi konvensional yang tetap radioaktif setelah jutaan tahun. Dengan demikian, mayoritas sampah fusi dapat dikubur tidak terlalu dalam dan relatif dengan cepat dilupakan. Selain itu, reaksi fusi secara inheren sangat aman. Kegagalan dalam bentuk apa pun akan cepat mengontaminasi plasma dalam reaktor yang berakibat padamnya reaksi fusi. Tidak ada reaksi berantai di sini yang dapat tumbuh secara eksponensial akibat kegagalan pengendalian titik kritis seperti pada reaktor fisi.



### Bahan Diskusi

- ✓ Jelaskan proses kerja pembangkit listrik tenaga nuklir.
- ✓ Jelaskan kelebihan dan kekurangan dari pembangkit listrik tenaga nuklir
- ✓ Bagaimanakah cara anda menyampaikan kepada masyarakat yang tinggal disekitar tempat yang akan dibangun instalasi pembangkit listrik tenaga nuklir supaya mereka mendukung pembangunan instalasi tersebut.

## 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 binatang kecil dan tumbuhan yang hidup di laut jutaan tahun yang lalu. Bangkai-bangkai makhluk hidup ini 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 Bergeraknya 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 dilindungi 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 ini 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 ini 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 diatas 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. 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, yang jika tersulut api, 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 signifikan, 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).

Badan Pengatur Hilir Migas (BPH Hilir Migas) di Indonesia, 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).

Pemanfaatan gas alam selama ini di Indonesia sebagian besar untuk energi yang berorientasi ekspor, yaitu diekspor dalam bentuk LNG. Sedangkan untuk pemakaian di dalam negeri, gas alam lebih banyak

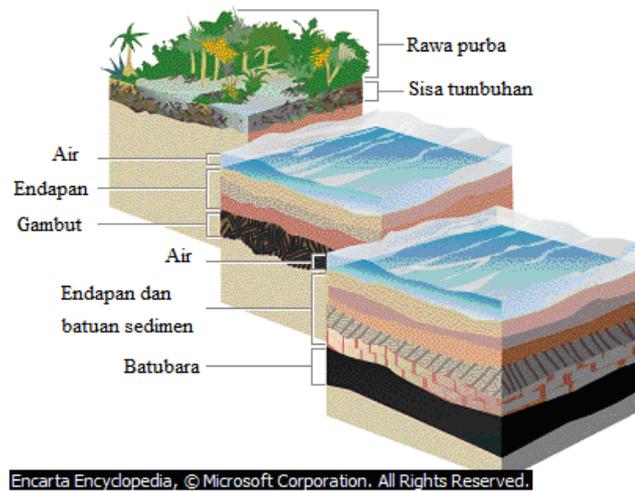


digunakan untuk kebutuhan pabrik. Sebagai contoh, pipa gas alam yang membentang dari kawasan Cirebon menuju Cilegon, Banten memasok gas alam antara lain ke pabrik semen, pabrik pupuk, pabrik keramik, pabrik baja dan pembangkit listrik tenaga gas dan uap. Pemanfaatan gas alam sebagai bahan bakar dan sekaligus 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 17.** 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 mereka 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 ini 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 terbaharui. 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	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	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 dibahas sebelumnya, 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
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

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, SOx sebanyak 44.000 ton, Nox 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.

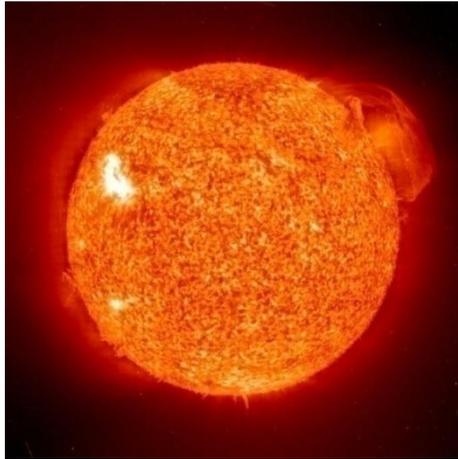
Seringkali bentuk pencemaran udara yang tidak tertangkap oleh panca indera, justru lebih berbahaya dan bersifat racun. Sebagai contoh pencemaran gas CO adalah pencemaran yang tidak tampak oleh mata karena tidak berwarna dan juga tidak berbau, akan tetapi sifat racunnya sangat tinggi karena dapat mengganggu 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, bagi hewan bahkan juga tanaman.

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 terbaru 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 18.** Matahari

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 ini 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 19.** Sel Surya

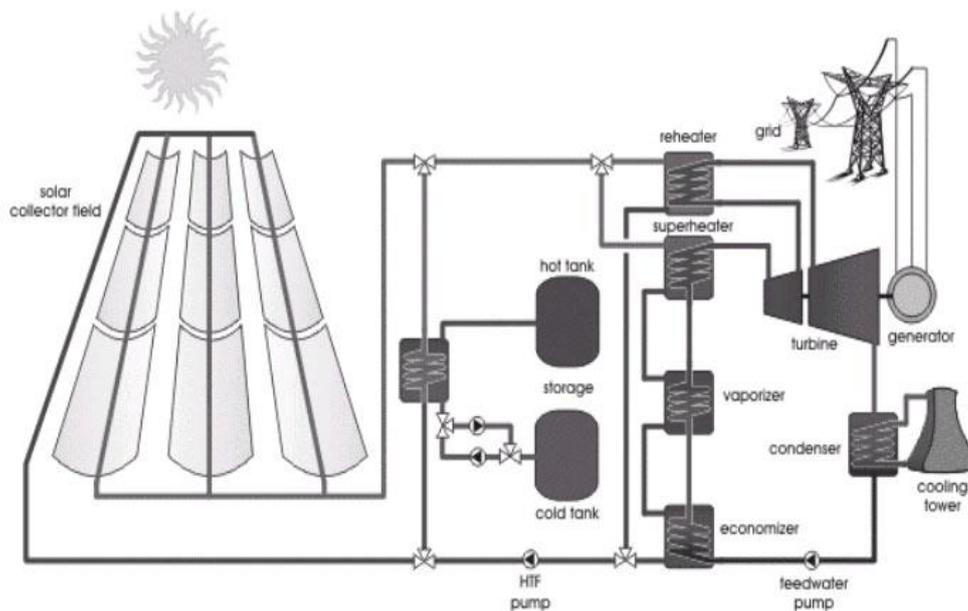
Sel surya (*photovoltaic or solar cell*), alat untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik

- 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 20.** Alat Pengumpul Panas

*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 21.** 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.



Encarta Encyclopedi, Courtesy of Enron Wind Corp.

**Gambar 22.** Ladang turbin angin

Salah satu contoh ladang turbin angin di Lake Benton, Minnesota, USA



Karena 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 23.** Geyser (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 juga 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 kadang kala disebut dengan *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 penggerak 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

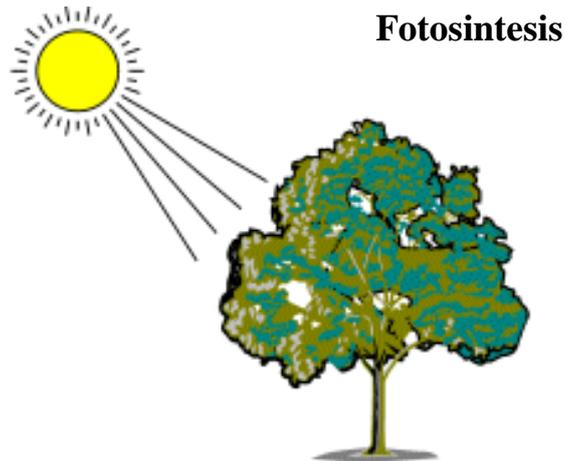


tidak mengotori udara dan merusak atmosfer. Kebersihan lingkungan sekitar pembangkit pun tetap terjaga karena pengoperasiannya tidak memerlukan bahan bakar, tidak seperti pembangkit listrik tenaga lain yang memiliki gas buangan berbahaya akibat pembakaran.

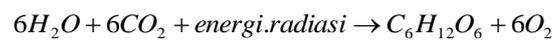
Sedangkan di sektor ekonomi, pengembangan energi panas bumi dapat meningkatkan devisa negara. Penggunaannya dapat meminimalkan pemakaian bahan bakar yang berasal dari fosil (minyak bumi, gas, dan batubara) di dalam negeri sehingga, mereka dapat diekspor dan menjadikan pemasukan bagi negara. Hal ini mengingat 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 24. 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 25. 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

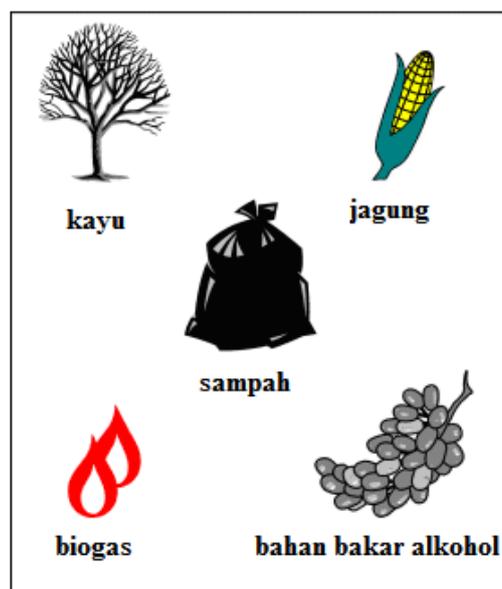


**Gambar 24.** Fotosintesis

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 25.** Jenis-jenis biomassa



## 1) Biogas

Gas metana terbentuk karena proses fermentasi secara anaerobik (tanpa udara) oleh bakteri methan atau disebut juga bakteri anaerobik. Bakteri biogas mengurangi 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 methan sama dengan gas elpiji (*liquified petroleum gas/ LPG*), perbedaannya adalah gas methan 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 methan. Becham (1868), murid Louis Pasteur dan Tappeiner (1882), memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan methan.

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 metan mengolah limbah bio atau biomassa dan menghasilkan biogas metan. 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 lain-lain.

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 lestarnya hutan, maka  $\text{CO}_2$  yang ada di udara akan diserap oleh hutan yang menghasilkan oksigen yang melawan efek rumah kaca.



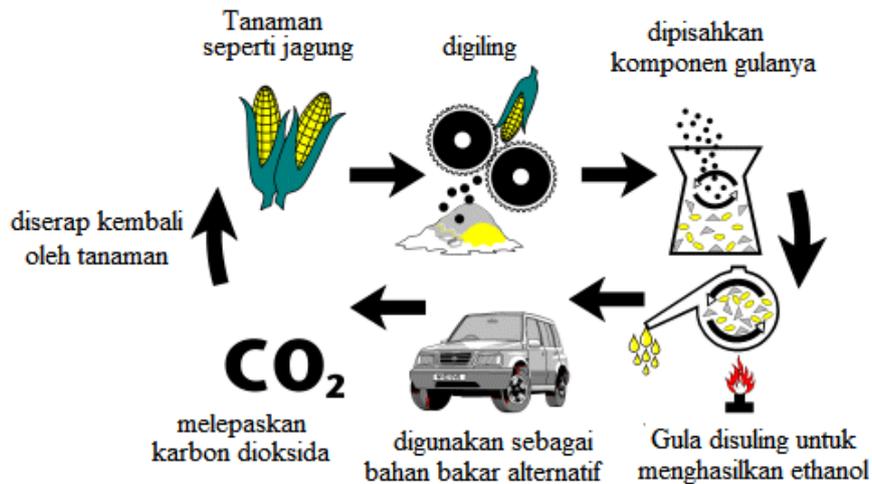
## 2) Ethanol

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 ethanol, 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 polutan 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 26. 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 27. Station pengisian bahan bakar ethanol yang ada di kota Lexington, Amerika.



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 terbarui 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 melirik 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 sampai dengan 0,70 sedangkan di Asia lebih tinggi, yaitu 1,0. Selain itu, ketersediaan air di negeri-negeri tropis berkurang 10 sampai dengan 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 2100.

### **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 terbarukan. Selanjutnya kita harus mulai menggunakan bahan bakar dari energi terbarukan. 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 terbarukan 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).



**Gambar 28.** Tempat parkir sepeda di kota Groningen



Parkir Sepeda di Kota Groningen - Sebuah parkir sepeda di depan stasiun kereta api kota Groningen, Belanda. Sebanyak 50% dari seluruh penduduk kota ini adalah pengguna sepeda untuk perjalanan keseharian mereka. (Foto: Bambang Setia Budi).

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 memungkinkan 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.



## E. Aplikasi Dalam Pembelajaran

### RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP)

Satuan Pendidikan	: SMP
Mata Pelajaran	: Fisika
Kelas/Semester	: IX/1
Alokasi Waktu	: 2 x 40 menit

#### I. Standar Kompetensi

Memahami konsep kelistrikan dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

#### II. Kompetensi Dasar

Mendeskripsikan hubungan energi dan daya listrik serta pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari.

#### III. Tujuan Pembelajaran

1. Melalui eksperimen siswa dapat menyebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya energi listrik.
2. Melalui eksperimen dan diskusi kelompok siswa mampu menyelidiki hubungan antara energi listrik, kuat arus listrik, tegangan listrik dan selang waktu.
3. Melalui diskusi kelompok siswa mampu menyebutkan alat-alat listrik dan perubahan energinya dalam kehidupan sehari-hari.

#### IV. Materi Pembelajaran

##### Perubahan energi listrik

Sesuai dengan hukum kekekalan energi, bahwa energi dapat diubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi lain. Salah satu contoh energi yang dapat diubah menjadi berbagai macam bentuk energi sehingga banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah energi listrik.

Besarnya energi listrik dipengaruhi oleh beda potensial, kuat arus listrik, dan waktu. Semakin tinggi tegangan yang digunakan, semakin besar energi yang dihasilkan. Semakin besar kuat arus yang mengalir semakin besar energi



yang dihasilkan. Semakin lama waktu penggunaan semakin besar energi yang digunakan.

Jika  $W$ : energi listrik ( joule ),  $V$ : beda potensial listrik ( volt ),  $I$ : kuat arus listrik dan  $t$ : waktu ( sekon ) maka berlaku hubungan  $W = V.I.t$  Joule

Contoh alat-alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi kalor: setrika listrik, solder listrik, pengering rambut listrik, kompor listrik, dan *rice cooker*.

#### V. Model, Strategi, dan Metode Pembelajaran

1. Model pembelajaran : Kooperatif Learning.
2. Strategi : POE (Prediction, Observation, Explain)
3. Metode Pembelajaran : Eksperimen, demonstrasi, diskusi, dan tanya jawab.

#### VI. Langkah-Langkah Pembelajaran

NO.	TAHAP POE	RINCIAN KEGIATAN	WAKTU
1.	<b>KEGIATAN AWAL</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Siswa dan guru mempersiapkan kelas</li><li>• Apersepsi: Apa yang kamu ketahui tentang energi listrik?</li><li>• Motivasi: Disediakan gabus, baterai 6 buah, kawat nikelin.</li><li>• Siswa disuruh maju untuk memotong gabus dengan rapi menggunakan alat yang tersedia.</li><li>• Menginformasikan tujuan pembelajaran hari ini yaitu belajar menyelidiki tentang faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya energi listrik.</li></ul>	10 menit
2.	<b>KEGIATAN INTI</b>		
	<b>Prediksi (Prediction)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Guru menyajikan demonstrasi awal dengan memperlihatkan alat - alat seperti baterai, kawat nikelin, stop watch, termometer kemudian guru melakukan percobaan</li></ul>	10 menit



		<p>sesuai LKS (Energi Listrik).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siswa dibagi dalam 5 kelompok</li> <li>• Siswa membuat prediksinya masing-masing dan dicatat dalam bukunya. (Mengapa kawat menjadi panas ? Faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi besarnya panas/kalor ?)</li> </ul>	
	<p><b>Observasi</b> (Observation)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru menyelesaikan demonstrasi dan siswa melakukan observasi.</li> <li>• Siswa melakukan diskusi kelompok untuk menyimpulkan hasil observasi mereka tentang konsep yang didemonstrasikan guru.</li> <li>• Setiap kelompok melakukan percobaan pada LKS (Energi Listrik).</li> <li>• Guru berkeliling untuk membimbing setiap kelompok sambil melakukan tanya jawab dan melaksanakan penilaian kinerja tiap kelompok.</li> </ul>	30 menit
	<p><b>Explain</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beberapa kelompok diberi kesempatan mempresentasikan kesimpulan dari demonstrasi guru dan hasil percobaannya. Guru melakukan penilaian kinerja presentasi kelompok.</li> <li>• Guru dan siswa melakukan diskusi kelas untuk menarik kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan.</li> <li>• Guru memberikan penguatan dan pengembangan konsep serta aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.</li> </ul>	20 menit
3.	<p><b>KEGIATAN PENUTUP</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siswa dibimbing guru merangkum pembelajaran hari ini.</li> <li>• Guru memberi tugas untuk pertemuan berikutnya yaitu membaca rekening listrik</li> </ul>	10 menit



		dan menyebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya energi listrik yang digunakan di rumah.	
--	--	--	--

**VII. Alat/Bahan dan Sumber :**

1. Alat dan Bahan: Gabus, baterai 6 buah, kawat nikelin, stop watch, termometer.
2. Sumber: Buku Fisika Kelas IX, LKS, dan sumber lain yang relevan.

**VIII. Penilaian :**

**1. Kognitif**

Indikator	Penilaian														
	Teknik	Bentuk Instrumen	Butir soal												
1. Dapat menyebutkan 3 buah alat listrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi kalor.	Tes tertulis	Pilihan ganda	Perhatikan alat-alat listrik di bawah ini : 1) Kipas angin 2) Solder listrik 3) Lampu listrik 4) Setrika listrik 5) Radio 6) Kompor listrik  Alat -alat di atas yang hanya dapat mengubah energi listrik menjadi kalor adalah . . . . A. 1, 2 dan 3      C. 1, 3 dan 5 B. 2, 4 dan 6      D. 3, 5 dan 6												
2. Dapat menentukan 3 faktor yang mempengaruhi besarnya energi listrik.	Tes tertulis	Pilihan ganda	Perhatikan tabel dibawah ini ; <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>No</th> <th colspan="3">Besaran</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>muatan</td> <td>tegangan</td> <td>waktu</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>kuat arus</td> <td>tegangan</td> <td>waktu</td> </tr> </tbody> </table>	No	Besaran			1	muatan	tegangan	waktu	2	kuat arus	tegangan	waktu
No	Besaran														
1	muatan	tegangan	waktu												
2	kuat arus	tegangan	waktu												



			<table border="1"> <tr> <td>3</td> <td>kuat arus</td> <td>tegangan</td> <td>muatan</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>tegangan</td> <td>hambatan</td> <td>muatan</td> </tr> </table> <p>Sesuai tabel di atas faktor yang mempengaruhi besar energi listrik adalah nomor. . . .</p> <p>A. 1                      C. 3 B. 2                      D. 4</p>	3	kuat arus	tegangan	muatan	4	tegangan	hambatan	muatan
3	kuat arus	tegangan	muatan								
4	tegangan	hambatan	muatan								
3. Dapat menghitung besarnya energi listrik .	Tes tertulis	Uraian	Sebuah setrika listrik dipasang pada tegangan 220 V mengalirkan arus 0,5 A , digunakan selama 30 menit . Berapa energi yang digunakan oleh setrika tersebut ?								

## 2. Psikomotor

No	Aspek yang dinilai	Skor				Keterangan
		4	3	2	1	
1.	Cara merangkai alat percobaan					
2.	Melakukan percobaan sesuai prosedur					
3.	Cara membaca skala					
4.	Membuat tabel dan mengisi data yang sesuai dan benar					
5.	Membuat kesimpulan dengan benar					

Catatan : Skor adalah 1 sampai 4, dimana:

4 = sangat baik; 3 = baik; 2 = Cukup; 1 = Kurang

$$\text{Nilai : } N = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{20} \times 100$$



### 3. Aspek Sikap Ilmiah

No.	Aspek yang dinilai	Skor setiap kelompok			
		4	3	2	1
1.	Kesungguhan dalam melakukan kegiatan				
2.	Ketelitian dalam bekerja				
3.	Kejujuran dalam mengungkap fakta				
4.	Penggunaan waktu secara efektif				
5.	Kerja sama				
6.	Tanggung Jawab				
7.	Memperhatikan keselamatan kerja				

Catatan: Berikan tanda ceklist (√) untuk setiap penampilan dari setiap tindakan yang dilakukan kelompok.

Catatan : Skor adalah 1 sampai 4, dimana:

4 = sangat baik; 3 = baik; 2 = Cukup; 1 = Kurang

$$\text{Nilai : } N = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{28} \times 100$$

Mengetahui,  
Kepala SMP.....

.....  
Guru Mata Pelajaran

.....  
NIP.

.....  
NIP.



## LEMBAR KERJA SISWA

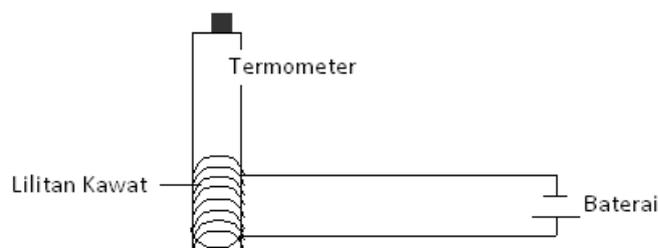
### ENERGI LISTRIK

**I. Tujuan** : Menyelidiki faktor-faktor yang mempengaruhi energi listrik

**II. Alat dan bahan** : Kawat nikelin, baterai, termometer dan stopwatch

**III. Langkah Eksperimen:**

1. Rangkailah alat-alat seperti gambar berikut



2. Hubungkan ujung-ujung kawat dengan 2 baterai
3. Catatlah suhu yang ditunjukkan oleh termometer setelah 5 menit, 10 menit dan 15 menit
4. Ulangi kegiatan tersebut untuk 4 baterai
5. Buatlah tabel kenaikan suhu pada hasil percobaanmu untuk 2 Baterai dan 4 baterai

**IV. Pertanyaan:**

1. Buatlah kesimpulan dari hasil percobaanmu!
2. Apa hubungan energi listrik dengan kenaikan suhu?
3. Faktor - faktor apa saja yang mempengaruhi energi listrik?

**V. Kesimpulan**

.....

.....

.....

.....

.....



# 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.



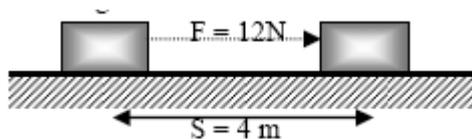
# BAB IV

## EVALUASI

### A. Pilihan Ganda

*Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat!*

1. Sebagian besar energi yang kita gunakan berasal dari...
  - A. matahari
  - B. tanah
  - C. laut
  - D. angin
  
2. Perhatikan gambar berikut ini!

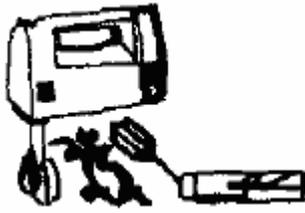


Besarnya usaha yang dikerjakan pada balok adalah ...

- A. 3 Joule
  - B. 8 Joule
  - C. 16 Joule
  - D. 48 Joule
- 
3. Benda bermassa 4 kg bergerak pada suatu bidang datar yang kasar dengan kecepatan 6 m/s. Akibat gaya gesekan maka benda berhenti pada jarak 3 m, tentukan usaha yang dilakukan oleh gaya gesekan untuk menghentikan mobil tersebut!
    - A. 144 joule
    - B. 72 joule
    - C. 36 joule
    - D. 24 joule



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 kinetik
  - D. energi kimia
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. batubara
  - 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 elektron
10. Aktivitas manusia berikut ini yang paling banyak menyebabkan pemanasan global adalah....
- A. menebang pohon
  - B. menggunakan bahan bakar fosil
  - C. pembangunan gedung-gedung bertingkat
  - D. penambangan batubara
11. Sumber energi yang dipancarkan matahari adalah reaksi.....
- A. uranium dengan neutron
  - B. hidrogen dengan neutron
  - C. fisi atom Hidrogen
  - D. fusi atom Hidrogen
12. Bagian reaktor atom yang berfungsi memperlambat energi hasil fisi adalah....
- A. moderator
  - B. batang pengendali
  - C. perisai radiasi
  - D. teras reaktor



13. Pembakaran bahan bakar fosil telah meningkatkan kandungan gas karbon dioksida dan gas-gas lainnya di atmosfer. Pengaruh apa yang mungkin terjadi jika jumlah gas karbon dioksida bertambah seperti yang dialami planet kita ?
- Meningkatnya hujan asam dan meningkatnya lapisan ozon
  - Meningkatnya efek rumah kaca dan menurunnya kelembaban relatif udara
  - Meningkatnya efek rumah kaca dan meningkatnya hujan asam
  - Meningkatnya lapisan ozon dan meningkatnya pemanasan global
14. Pada sebuah lampu pijar tertulis 60 W, 220 Volt, lampu tersebut dipasang pada tegangan 110 Volt selama 30 menit maka daya lampu dan energi yang timbul adalah....
- 15 watt 27 kJ
  - 20 watt 36 kJ
  - 25 watt 45 kJ
  - 30 watt 54 kJ
15. Sebuah rumah memakai 4 lampu 20 watt, 2 lampu 60 watt dan TV 60 watt. Setiap harinya dinyalakan rata-rata 8 jam. Jika energi listrik setiap kWh-nya Rp 115. Berapakah biaya yang harus dibayar selama 1 bulan (30 hari)?
- Rp. 2080,-
  - Rp. 3360,-
  - Rp. 6240,-
  - Rp. 7800,-

## B. Uraian

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

- Seorang kuli memanggul sekarung beras sejauh 10 meter, apakah orang tersebut melakukan usaha terhadap beras? Jelaskan !
- 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 !
- (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. Bagaimanakah 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 = A, matahari
- 2 = D, 48 Joule
- 3 = D, 24 joule
- 4 = C, energi kinetik
- 5 = B, energi kimia
- 6 = A, minyak bumi
- 7 = C, minyak bumi
- 8 = B, dapat diganti ulang oleh alam dalam waktu singkat
- 9 = B, dibelah dan menghasilkan energi panas
- 10 = B, menggunakan bahan bakar fosil
- 11 = D, fusi atom Hidrogen
- 12 = A, moderator
- 13 = C, meningkatnya efek rumah kaca dan meningkatnya hujan asam
- 14 = A, 15 watt 27 kJ
- 15 = C, Rp. 6240,-

**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 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 terbarukan 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 terbarukan 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.



# Energi dan Perubahannya

## **BERMUTU**

**Better  
Education through  
Reformed  
Management and  
Universal  
Teacher  
Upgrading**



**P4TKIPA**

**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)**