

An illustration of various energy conversion technologies including wind turbines, a factory with smokestacks, solar panels, and power transmission towers, all set against a background of a globe and a sun.

# MESIN KONVERSI ENERGI

**Prawoto dan Reza Abdu Rahman**

Jurusan Teknik Mesin

**UNIVERSITAS PANCASILA  
JAKARTA**

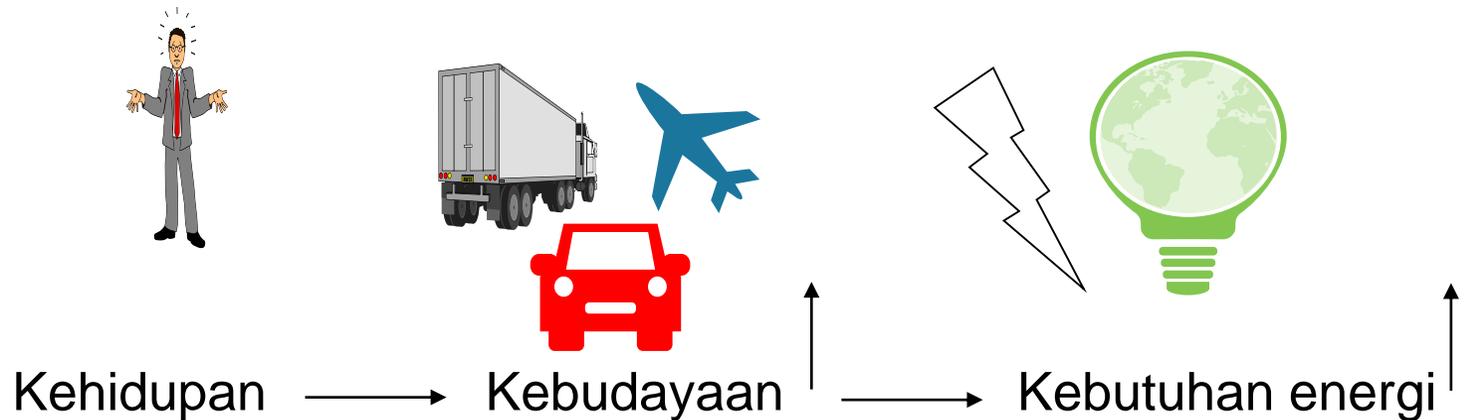


# ENERGI

## ❖ Definisi Energi:

- Tenaga atau gaya untuk melakukan sesuatu
- Kemampuan untuk melakukan kerja

## ❖ Satuan Energi: Joule (J), BTU, kalori, elektrovolt (eV), dll.



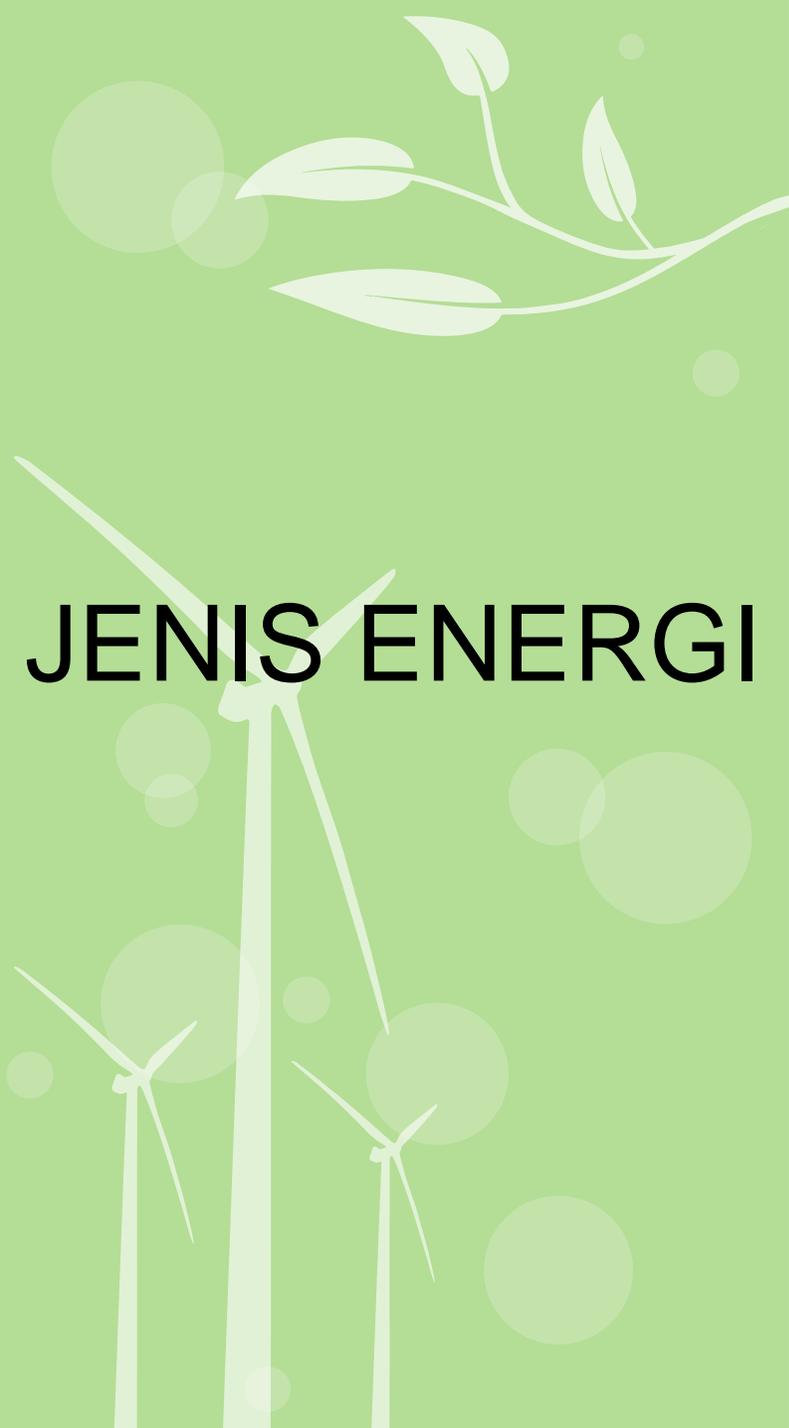
Energi yang paling dominan saat ini: energi dari bahan bakar (batu bara, minyak, gas, nuklir dll.).

# ENERGI

## Pemanfaatan Energi:

▪ Awal abad 20 → Faktor ekonomi

▪ Saat ini → { Faktor ekonomi  
Faktor energi  
Faktor ekologi } → { Konversi energi  
Konservasi energi  
Pengembangan sumber sumber energi baru }



# JENIS ENERGI

## ❖ Jenis Energi Secara Umum:

- Energi Transisional: Energi yang sedang bergerak dan dapat melintasi suatu batas sistem (contoh: Kerja, Aliran electron, dll.)
- Energi Tersimpan: Energi yang tersimpan yang berwujud sebagai massa, posisi dalam medan gaya, dll., dapat dengan mudah dikonversikan menjadi energi transisional.



# KLASIFIKASI ENERGI

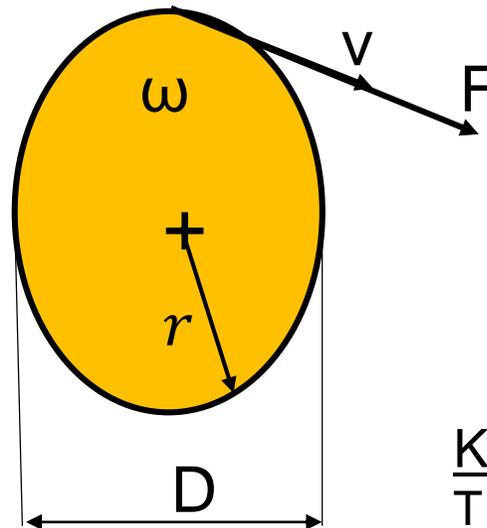
## ❖ Energi terbagi atas 6 kelompok utama:

1. Energi mekanik
2. Energi listrik
3. Energi elektromagnetik
4. Energi kimia
5. Energi nuklir
6. Energi panas (thermal).

# KLASIFIKASI ENERGI

## 1. Energi mekanik

Suatu energi yang dapat digunakan untuk menggerakkan/ mengangkat benda.



Torsi:

$$\begin{aligned} T &= \frac{N}{\omega} \\ &= \frac{30 N}{\pi n} = \frac{30 F \cdot V}{\pi n} \\ &= \frac{30 F \cdot \pi D n}{\pi n 60} = \frac{1}{2} F \cdot D = F \cdot r \end{aligned}$$

Keterangan:

T = Torsi poros (N.m)

N = Daya poros (kW)

n = putaran (rpm)

ω = putaran sudut (rad/s)

v = kecepatan tangensial (m/s)

F = gaya tangensial (N)

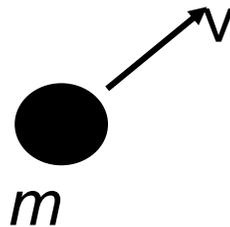
r = jari-jari (m)

D = diameter (m)

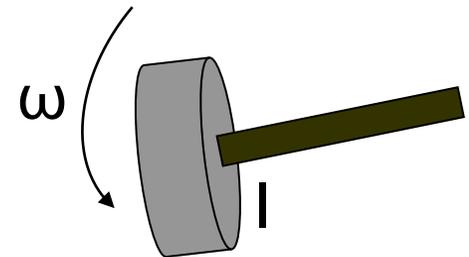
# KLASIFIKASI ENERGI

## 1. Energi mekanik (1)

- Bentuk transisional: kerja
  - Dapat disimpan dalam bentuk “energi kinetis” dan “energi potensial”.
- Energi kinetis: energi yang berkaitan dengan massa benda/material tertentu akibat gerakan relatifnya terhadap benda lain, Contoh:
- benda dengan massa  $m$  bergerak dengan kecepatan  $v$
  - roda gila (flywheel) dg Inersia massa  $I$  berputar dg kecepatan sudut  $\omega$ .



$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$



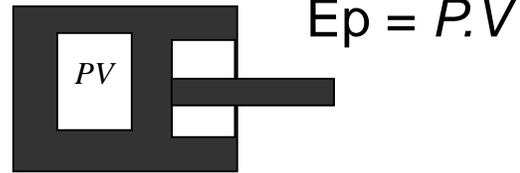
$$E_k = \frac{1}{2} I\omega^2$$

# KLASIFIKASI ENERGI

## 1. Energi mekanik (2)

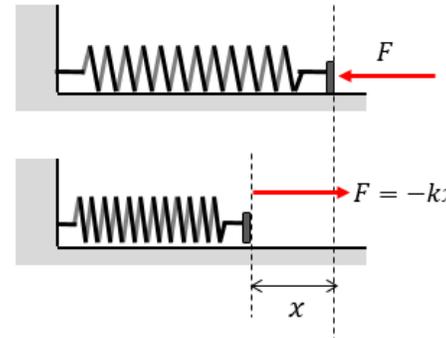
- Energi potensial: energi yang dimiliki oleh suatu benda/material sebagai akibat dari posisinya dalam suatu medan gaya.

Contoh:



$$E_p = P.V$$

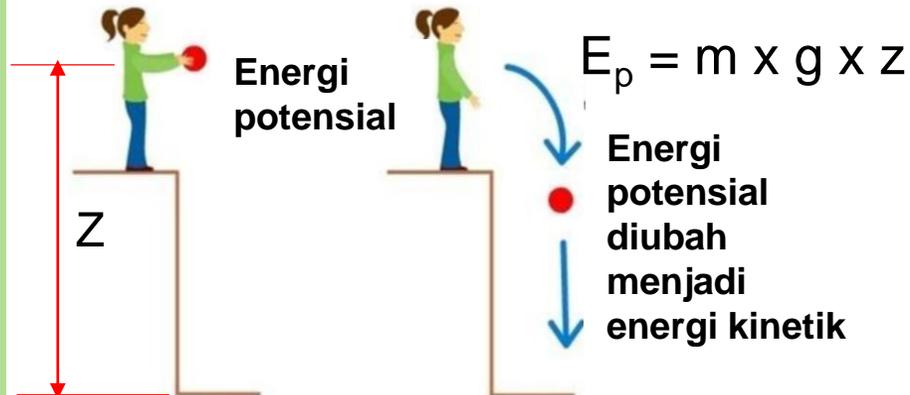
Fluida yang terkompresi



$$E_p = \frac{1}{2} F \cdot \Delta x$$

$$E_p = \frac{1}{2} (k \cdot x) \cdot x$$

Regangan elastis pegas



Posisi massa pada medan gravitasi

Keterangan:

$P$  = tekanan ( $\text{N/m}^2$ )

$V$  = volume ( $\text{m}^3$ )

$F$  = gaya (N)

$x$  = perubahan panjang (m)

$m$ : massa benda (kg)

$g$ : percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$z$ : tinggi benda dari titik referensi (m)

# KLASIFIKASI ENERGI

## 1. Energi mekanik (3)

- Energi mekanik adalah jumlah dari energi potensial dan energi kinetik.

$$E_m = E_p + E_k$$



## 2. Energi listrik

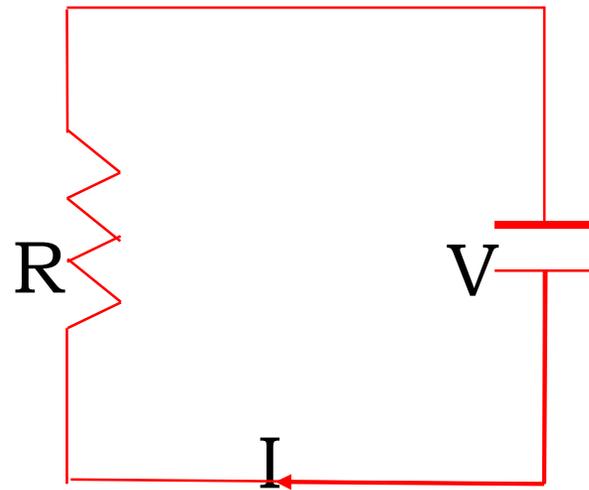
Adalah jenis energi yang berkaitan dengan arus dan akumulasi elektron.

Energi listrik mudah dan efisien dikonversi menjadi energi lain.

- Bentuk transisional: aliran elektron (arus), biasanya melalui sebuah konduktor tertentu.

# KLASIFIKASI ENERGI

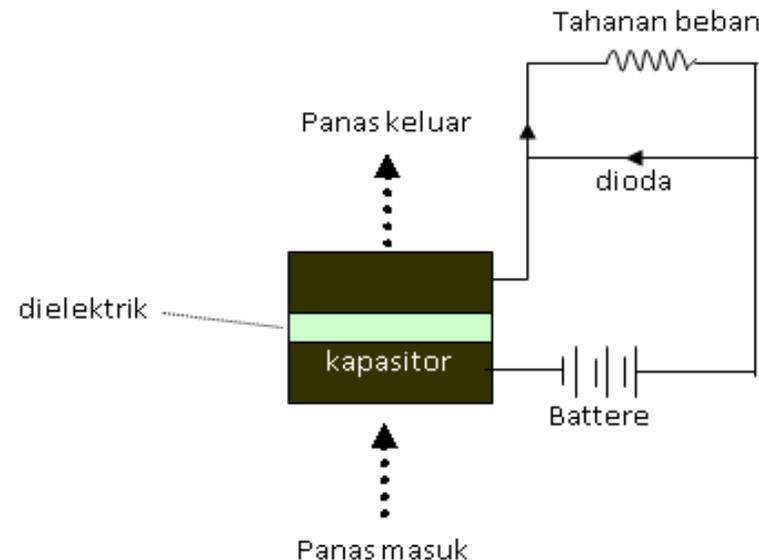
## 2. Energi listrik (1)



$$\begin{aligned} E &= V.I.t \\ &= I.R.I.t \\ &= I^2.R.t \end{aligned}$$

E = Energi listrik (kWh)  
V = tegangan (volt)  
I = kuat arus (A)  
R = tahanan (ohm)  
t = waktu (s)

Energi listrik dapat disimpan sebagai “energi medan elektrostatis” atau “energi medan induksi”.

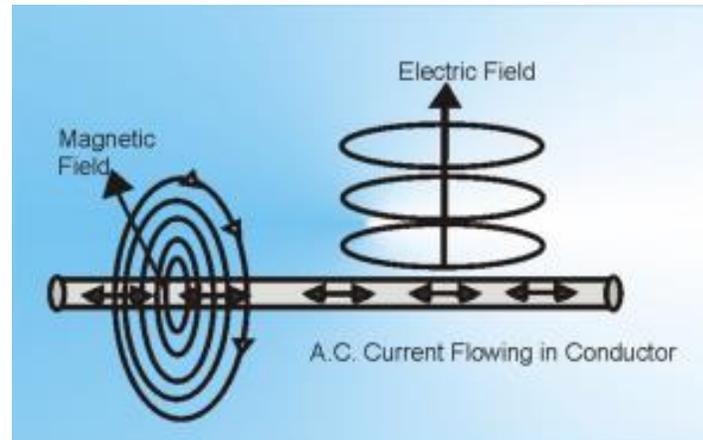


✓ Energi medan elektrostatis  
Berkaitan dengan medan listrik yang dihasilkan oleh terakumulasinya muatan (electron) pada pelat-pelat kapasitor.

# KLASIFIKASI ENERGI

## 3. Energi listrik (3)

- ✓ Energi medan induksi



Bentuk energi yang berkaitan dengan medan magnet yang timbul akibat aliran elektron melalui suatu konduktor.

## 3. Energi elektromagnetik

Adalah bentuk energi yang berkaitan dengan radiasi/ perambatan gelombang elektromagnetik.

Radiasi elektromagnetik merupakan suatu bentuk energi murni, artinya tidak berkaitan dengan massa, hanya sebagai energi transisional yang bergerak dengan kecepatan tertentu.

# KLASIFIKASI ENERGI

## 3. Energi elektromagnetik (1)

Contoh: Pancaran energi matahari

$$E = h.f = \frac{h.c}{\lambda}$$

Keterangan:

$h$  : konstanta Plank ( $6,626 \cdot 10^{-34}$  J.s)

$f$  ; frekuensi (1/s)

$c$ ; kecepatan cahaya (m/s)

$\lambda$  ; Panjang gelombang (m)

Berdasarkan sumber radiasi atau panjang gelombang radiasi elektromagnetik dibagi atas:

- radiasi gamma
- radiasi sinar X
- radiasi thermal
- radiasi ultraviolet/ radiasi suhu tinggi
- Radiasi inframerah/ radiasi suhu rendah
- Radiasi gelombang mikro → radar, microwave

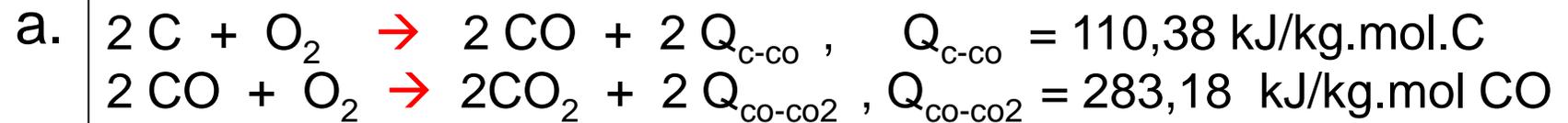
# KLASIFIKASI ENERGI

## 4. Energi kimia

Energi yang keluar sebagai hasil interaksi elektron dari dua atau lebih atom dan/atau molekul-molekul yang berkombinasi dan menghasilkan senyawa kimia yang stabil.

- Energi kimia hanya terdapat dalam bentuk energi tersimpan. dilepaskan dalam suatu reaksi kimia “eksotermis”.
- Pembakaran merupakan suatu reaksi kimia eksotermis yang paling penting

Contoh:

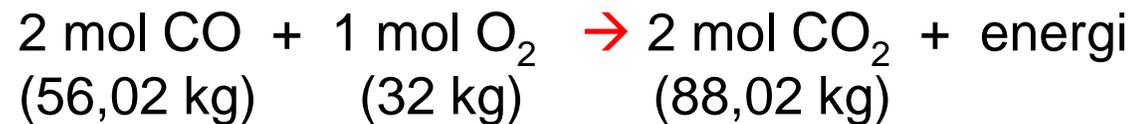


# KLASIFIKASI ENERGI

## 4. Energi kimia



jika  $\text{O}_2$  cukup  $\rightarrow$



Jadi: untuk membakar sempurna 2 mol C diperlukan 2 mol  $\text{O}_2$  atau 64 kg  $\text{O}_2$  untuk 24,02 kg C

$$\rightarrow \text{atau} = 64/24,02 = 2,66 \text{ kgO}_2/\text{kg C}$$

# KLASIFIKASI ENERGI

## 5. Energi nuklir

Hanya ada sebagai energi tersimpan yang dapat lepas akibat interaksi partikel dengan atau di dalam inti atom. Biasanya dinyatakan dalam (Mev).

Reaksi nuklir secara umum dibagi 3:

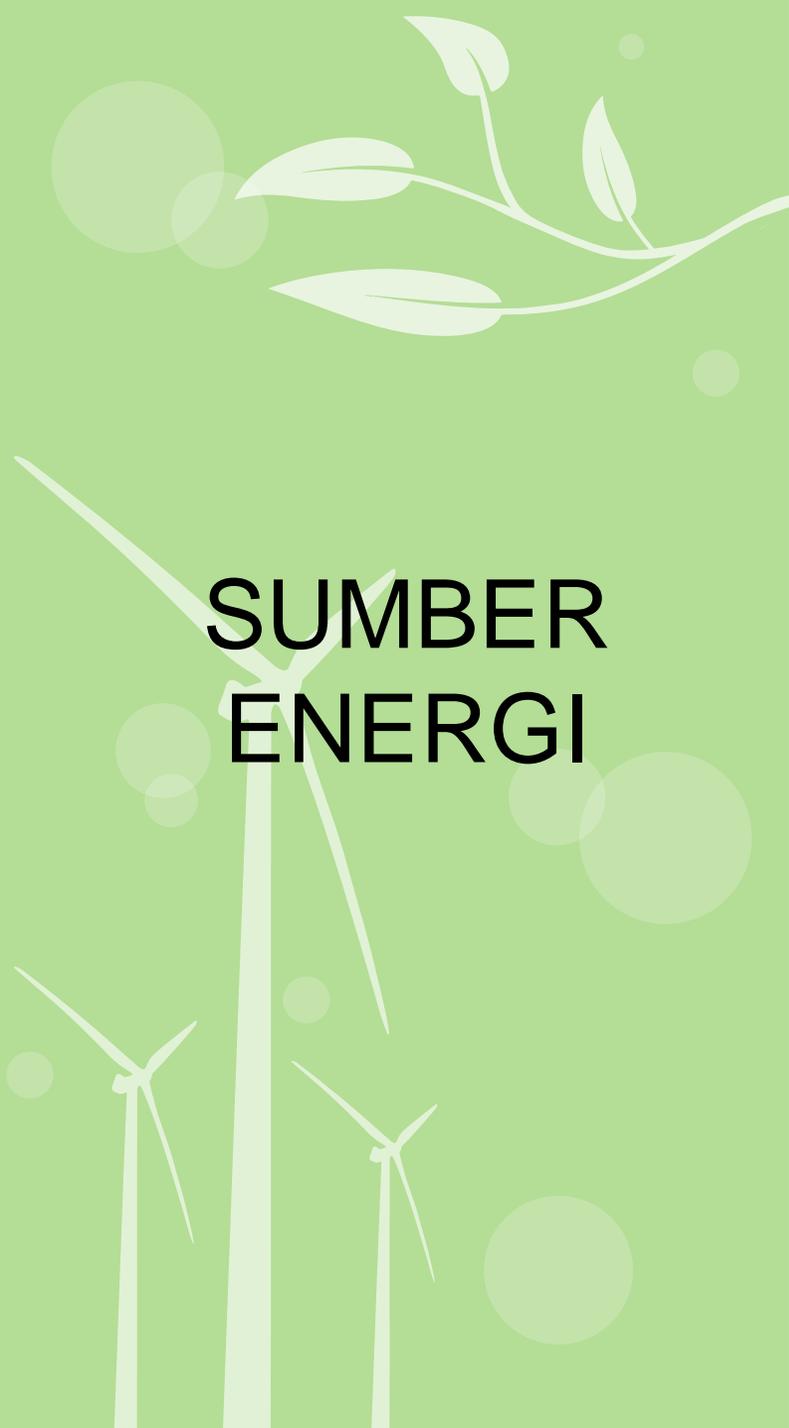
- a. Peluruhan radioaktif
- b. Reaksi fisi
- c. Reaksi fusi

## 6. Energi termal

Merupakan bentuk energi dasar, semua bentuk energi lain dapat dikonversikan secara penuh ke energi termal, tetapi proses sebaliknya dibatasi oleh HK II termodinamika.

- Bentuk transisional: panas.
- Dapat disimpan hampir pada semua media sebagai “panas sensible” maupun “panas latent”.

Penyimpanan panas sensible diikuti dengan perubahan suhu, sementara penyimpanan panas latent diikuti dengan perubahan fasa dan bersifat isothermis.



# SUMBER ENERGI

## □ Sumber-sumber energi

Sumber energi dapat dikelompokkan dalam 2 kategori umum:

a. Energi Coelestial/perolehan/income energy.

Energi yang mencapai bumi dari angkasa luar (energi surya, energi bulan).

b. Energi Modal/Capital energy

Energi yang telah ada pada/di dalam bumi (energi atom/fosil, panas bumi).

○ Energi Coelestial

Termasuk semua sumber yang mungkin menyediakan energi untuk bumi dari angkasa luar.

Diantaranya:

- elektromagnetik
- energi partikel gravitasional dari bintang-bintang, planet-planet dan bulan.
- energi meteor yang sedang memasuki atmosfer (potensial).
- yang paling berguna: e. elektromagnetik matahari-bumi (energi surya langsung) dan energi gravitasi bulan.

# SUMBER ENERGI

## □ Sumber-sumber energi

Contoh:

- Energi surya langsung: pemanasan surya Bersama rotasi bumi → arus konveksi besar dlm bentuk angin → energi.

Keuntungan: sumber kontinyu dan bebas polusi

### ○ Energi modal

- ✓ Energi atom:

Suatu energi yang dilepaskan sebagai hasil dari suatu reaksi tertentu yang melibatkan atom-atom termasuk “energi nuklir” dan “energi kimia”.

- ✓ Energi panas bumi

Sebenarnya energi termal yang terperangkap di bawah dan di dalam lapisan padat bumi. Biasanya berbentuk uap, air panas, karang panas.

Contoh:

- Kamojang      - Gunung Salak      - Lahendong, dll.

# BESARAN dan SATUAN (SI)

## □ Satuan daya dan energi

Daya = Laju pemakaian energi

$$P = \frac{dE}{dt} \quad \text{dan} \quad E = \int P dt$$

### Besaran Pokok dalam Sistem internasional (SI)

NO	Besaran Pokok	Satuan	Singkatan	Dimensi
1	Panjang	Meter	m	L
2	Massa	Kilogram	kg	M
3	Waktu	Sekon	s	T
4	Arus Listrik	Ampere	A	I
5	Suhu	Kelvin	K	$\theta$
6	Intensitas Cahaya	Candela	cd	j
7	Jumlah Zat	Mole	mol	N

### Besaran Pokok Tak Berdimensi

NO	Besaran Pokok	Satuan	Singkatan	Dimensi
1	Sudut Datar	Radian	rad	-
2	Sudut Ruang	Steradian	sr	-



# BESARAN dan SATUAN (SI)

Besaran		Satuan	
Nama	Simbol	Nama	Simbol
Luminasi	L	lilin per meter kuadrat	Cd/m <sup>2</sup>
frekuensi	f	hertz	Hz
Energi listrik	W	joule	J
Daya listrik	P	watt	W
Tegangan Listrik	U	volt	V
Kapasitansi listrik	C	farad	F
Resistansi listrik	R	ohm	Ω
Konduktansi	G	siemens	S
Fluksi magnetik	Φ	weber	Wb
Kerapatan fluksi	B	tesla	T
Induktansi	L	henry	H

# KONVERSI ENERGI DASAR

## □ Konversi energi dasar

- Air : Potensial → kinetik → mekanik, listrik
- Angin : Kinetik → mekanik, listrik
- Matahari : Elektro-  
: magnetik → panas, listrik
- Biomassa : Kimia → panas, listrik
- Minyak Bumi : Kimia → panas, listrik
- Batubara : Kimia → panas, listrik
- Gas Alam : Kimia → panas, listrik
- Panas Bumi : Panas → panas, listrik
- Nuklir : Kimia → panas, listrik
- Hidrogen : Kimia → panas, listrik
- Pasang surut : Kinetik → listrik
- Ombak Laut : Kinetik → listrik
- Panas Laut : Panas → listrik
- Arus Pancar : Kinetik → listrik



# MESIN KONVERSI ENERGI

## ❑ Mesin konversi energi

- ✓ Mesin atau gabungan mesin untuk mengubah satu bentuk energi ke bentuk energi yang lain yang dapat dimanfaatkan oleh manusia.
- ✓ Ruang lingkup: Prinsip kekekalan massa dan energi, bahan bakar dan pembakaran, motor pembakaran dalam, turbin, sistem pembangkit tenaga (uap, gas, air dan pembangkit tenaga yang lain), pompa dan kompresor, mesin pendingin dan sistem propulsi.
- ✓ Aplikasi: Pembangkit tenaga listrik, transportasi, penerangan, proses industri, dll.



# KLASIFIKASI MESIN KONVERSI ENERGI

## ❑ Mesin konversi energi

### Berdasarkan Fungsinya:

- Sebagai Penggerak: motor (motor listrik dan motor bakar, turbin (turbin air, turbin uap, turbin gas) dan mesin propulsi (turbo prop, turbo fan, turbo jet, ram jet, roket).
- Sebagai yang digerakkan: pompa (pompa torak dan pompa kinetic), kompresor (aksial dan radial), mesin pendingin (kompresi uap, refrigerasi udara, refrigerasi absorpsi, refrigerasi adsorpsi) dll.



PERPINDAHAN  
ENERGI  
dan  
ANALISA  
ENERGI

□ Perpindahan dan Analisa energi

Energi persatuan massa/energi spesifik

Energi Total :  $e = \frac{E}{m}$  (kJ/kg)

Energi Kinetik :  $E_k = m \frac{v^2}{2}$  (kJ)

$e_k = \frac{v^2}{2}$  (kJ/kg)

Energi Potensial:  $E_p = mgz$  (kJ)

$e_p = gz$  (kJ/kg)



# PERPINDAHAN ENERGI dan ANALISA ENERGI

## □ Perpindahan dan Analisa energi

Energi Total:

$$E = U + E_K + E_P = U + m \frac{V^2}{2} + mgz$$

Energi Spesifik:

$$e = u + e_k + e_p = u + \frac{V^2}{2} + gz$$

Persatuan waktu:

$$\dot{m} = \rho \dot{V} = \rho A_c V_{\text{avg}}$$

$$\dot{E} = \dot{m}e \quad \text{dengn} \quad E = me$$

Energi mekanik:

$$e_{\text{mech}} = \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz$$

$$\dot{E}_{\text{mech}} = \dot{m}e_{\text{mech}} = \dot{m} \left( \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz \right)$$



PERPINDAHAN  
ENERGI  
dan  
ANALISA  
ENERGI

$$\Delta e_{\text{mech}} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1)$$

$$\Delta \dot{E}_{\text{mech}} = \dot{m} \Delta e_{\text{mech}} = \dot{m} \left( \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \right)$$

Energi dlm bentuk panas:

$$q = \frac{Q}{m}$$

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q} dt$$

$$Q = \dot{Q} \Delta t \quad \text{dengan } \Delta t = t_2 - t_1$$



PERPINDAHAN  
ENERGI  
dan  
ANALISA  
ENERGI

Transfer energi dlm bentuk kerja :

$$w = \frac{W}{m}$$

$$\int_1^2 dV = V_2 - V_1 = \Delta V$$

$$\int_1^2 \delta W = W_{12} \quad (\text{bukan } \Delta W)$$

Kerja elektrik :

$$W_e = \mathbf{V}N \quad \text{or} \quad W_e = \mathbf{V}I$$

$$W_e = \int_1^2 \mathbf{V}I dt$$

$$W_e = \mathbf{V}I \Delta t$$



PERPINDAHAN  
ENERGI  
dan  
ANALISA  
ENERGI

Bentuk- bentuk kerja mekanik :

$$W = Fs$$

$$W = \int_1^2 F ds$$

Kerja poros:

$$T = Fr \rightarrow F = \frac{T}{r}$$

$$s = (2\pi r)n$$

$$W_{sh} = Fs = \left(\frac{T}{r}\right)(2\pi rn) = 2\pi nT$$

$$\dot{W}_{sh} = 2\pi\dot{n}T$$



PERPINDAHAN  
ENERGI  
dan  
ANALISA  
ENERGI

Kerja pegas:

$$\delta W_{\text{spring}} = F dx$$

$$F = kx$$

$$W_{\text{spring}} = \frac{1}{2} k (x_2^2 - x_1^2)$$

Kerja pd batang solid:

$$W_{\text{elastic}} = \int_1^2 F dx = \int_1^2 \sigma_n A dx$$

Kerja pd lapisan film fluida:

$$W_{\text{surface}} = \int_1^2 \sigma_s dA$$

# HUKUM PERTAMA TERMODINAMIKA

## □ Hukum I Termodinamika

Balans Energi:

$$E_{\text{in}} - E_{\text{out}} = \Delta E_{\text{system}}$$

Perubahan Energi Sistem:

$$\Delta E_{\text{system}} = E_{\text{final}} - E_{\text{initial}} = E_2 - E_1$$

$$\Delta E = \Delta U + \Delta E_K + \Delta E_P$$

dengan:

$$\Delta U = m(u_2 - u_1)$$

$$\Delta E_K = \frac{1}{2} m(V_2^2 - V_1^2)$$

$$\Delta E_P = mg(z_2 - z_1)$$

# MEKANISME PERPINDAHAN ENERGI

## □ Mekanisme perpindahan energi

1. Perpindahan panas,  $Q$
2. Perpindahan kerja,  $W$
3. Aliran massa,  $m$

$$E_{\text{in}} - E_{\text{out}} = (Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}) + (W_{\text{in}} - W_{\text{out}}) + (E_{\text{mass,in}} - E_{\text{mass,out}}) = \Delta E_{\text{system}}$$

$$\underbrace{E_{\text{in}} - E_{\text{out}}}_{\text{Net energy transfer by heat, work, and mass}} = \underbrace{\Delta E_{\text{system}}}_{\text{Change in internal, kinetic, potential, etc., energies}}$$

$$\underbrace{\dot{E}_{\text{in}} - \dot{E}_{\text{out}}}_{\text{Rate of net energy transfer by heat, work, and mass}} = \underbrace{dE_{\text{system}} / dt}_{\text{Rate of change in internal, kinetic, potential, etc., energies}}$$

# MEKANISME PERPINDAHAN ENERGI

Untuk laju konstan selama  $\Delta t$ ,

$$Q = \dot{Q}\Delta t,$$

$$W = \dot{W}\Delta t,$$

$$\Delta E = (dE / dt)\Delta t$$

Energi persatuan massa

$$e_{\text{in}} - e_{\text{out}} = \Delta e_{\text{system}}$$

$$\delta E_{\text{in}} - \delta E_{\text{out}} = dE_{\text{system}} \quad \text{atau} \quad \delta e_{\text{in}} - \delta e_{\text{out}} = de_{\text{system}}$$

Untuk siklus tertutup,  $\Delta e_{\text{system}} = 0$

$$W_{\text{net,out}} = Q_{\text{net,in}} \quad \text{atau} \quad \dot{W}_{\text{net,out}} = \dot{Q}_{\text{net,in}}$$

# MEKANISME PERPINDAHAN ENERGI

## Efisiensi Konversi Energi

$$\text{Performance} = \frac{\text{Output yg diharapkan}}{\text{Input yg dibutuhkan}}$$

$$\eta_{\text{combustion}} = \frac{Q}{HV} = \frac{\text{Jumlah panas dilepaskan selama pembakaran}}{\text{Nilai kalor bahan bakar}}$$

$$\eta_{\text{overall}} = \eta_{\text{combustion}} \eta_{\text{thermal}} \eta_{\text{generator}} = \frac{\dot{W}_{\text{net,electric}}}{\text{HHV} \times \dot{m}_{\text{net}}}$$



Terima kasih

The background of the slide is a solid light green color. In the top left corner, there is a white silhouette of a leafy branch. In the bottom left corner, there are white silhouettes of three wind turbines of varying heights. Scattered throughout the green background are several semi-transparent white circles of different sizes, creating a bokeh effect.

# MESIN KONVERSI ENERGI

Catatan: