

Energetika dalam sistem kimia

Drs. Iqmal Tahir, M.Si.
iqmal@ugm.ac.id

Termodinamika - kajian saintifik tentang panas dan kerja.

I. Energi: prinsip dasar

A. **Energi** – Kapasitas untuk melakukan kerja

Ada dua klasifikasi energi:

1. **Energi Kinetik** - Energi yang terkait dengan gerakan.

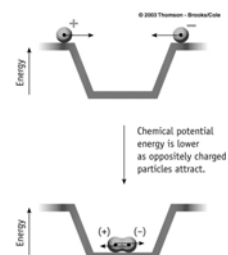
2. **Energi Potential** - energi yang terkait dengan posisi suatu obyek.

Bentuk energi kinetik

- a. **Energi Thermal** - energy yang terkait dengan gerakan submikroskopik dari atom, molekul dan ion. Semua materi memiliki energi thermal.
- b. **Energi Mekanik** - energi yang terkait dengan gerakan obyek pada skala makroskopik
- c. **Energi listrik** - energi yang terkait dengan gerakan elektron melalui media konduktor.
- d. **Energi suara** - energi yang terkait dengan kompresi dan ekspansi ruang di antara molekul-molekul.

Bentuk energi potensial

- a. **Energi potensial kimia** - energi yang dihasilkan dari tarikan elektron-elektron ke inti dalam suatu molekul. Penyusunan elektron dan inti dalam molekul ini menghasilkan energi potensial.



Bentuk energi potensial

- b. **Energi gravitasi** - energi yang terjadi dari suatu obyek yang berada pada ketinggian tertentu di atas permukaan bumi atau benda besar lainnya.



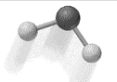
Bentuk energi potensial

- c. **Energi elektrostatis** - energi yang terjadi karena ion-ion positif dan negatif berada dalam jarak yang cukup dekat.



Gambaran Energi kinetik dan energi potensial pada atom

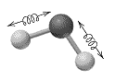
E_k (translation)
Energy due to motion of molecule through space



E_k (rotation)
Energy due to motion of each atom around its center of mass

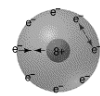


E_k (vibration)
Energy due to back-and-forth motion of each pair of atoms



A Contributions to kinetic energy (E_k)

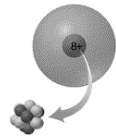
E_p (atom)
Energy due to attraction between nucleus and electrons; repulsion between electrons



E_p (bond)
Energy due to attraction between nuclei and shared electrons



E_p (nuclei)
Energy due to attraction between particles in nucleus

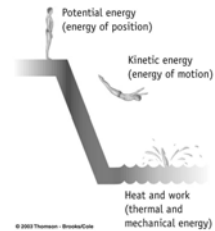


B Contributions to potential energy (E_p)

I. Energi: Prinsip umum

B. Hukum kekekalan Energi

- Energi total di alam selalu dalam jumlah konstan
- Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dimusnahkan.
- Energi hanya bisa dipindah dari satu obyek ke obyek yang lain atau ditransformasi dari satu tipe energi ke bentuk yang lain.



Kinetic vs. potential energy

Potential Energy

Transformasi energi

Converting potential to kinetic energy

Kinetic vs. potential energy

A A gravitational system. The E_p gained when a weight is lifted is converted to E_k as the weight falls.

B A system of two balls attached by a spring. The E_p gained when the spring is stretched is converted to E_k of the moving balls when it is released.

C A system of oppositely charged particles. The E_p gained when the charges are separated is converted to E_k as the attraction pulls them together.

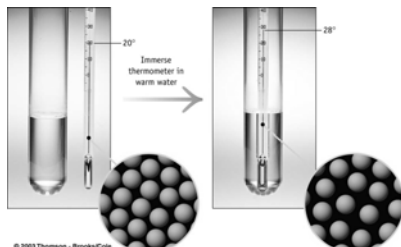
D A system of fuel and exhaust. A fuel is higher in chemical E_p than the exhaust. As the fuel burns, some of its E_p is converted to E_k of the moving car.

I. Energi: Prinsip umum

C. Temperatur dan panas

panas - energi yang terkait dengan gerakan atom, molekul atau ion.

Temperatur - Ukuran aliran panas



I. Energi: Prinsip umum

C. Temperatur dan panas

- panas tidak sama dengan temperatur.
- panas selalu mengalir dari obyek panas ke obyek yang lebih dingin.
- Semakin banyak energi thermal yang dimiliki senyawa maka gerakan atom dan molekul akan semakin cepat.
- Total energi thermal pada suatu obyek merupakan jumlah dari energi individual untuk seluruh atom, molekul atau ion di dalam obyek tersebut.
- Energi thermal total yang terjadi pada suatu senyawa tergantung dari temperatur senyawa, jumlah senyawa dan jenis senyawa tersebut.

I. Energi: Prinsip umum

D. Sistem dan lingkungan

Sistem - Obyek atau kumpulan obyek yang dikaji.

Lingkungan - Semua yang berada di sekeliling sistem yang dapat mengalami perubahan energi dengan sistem.



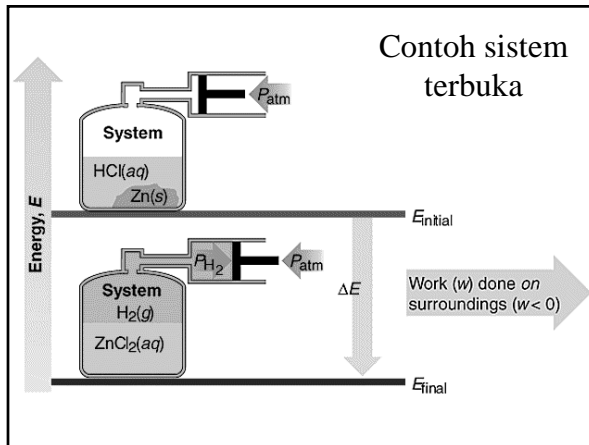
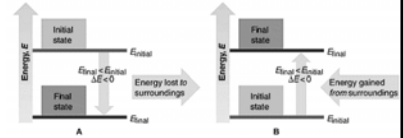
I. Energi: Prinsip umum

D. Bentuk sistem

Sistem terbuka - Sistem dimana memungkinkan terjadi aliran energi atau materi ke lingkungan atau sebaliknya.

Sistem tertutup - Sistem dimana memungkinkan terjadi aliran energi ke lingkungan atau sebaliknya, tetapi tidak untuk materi.

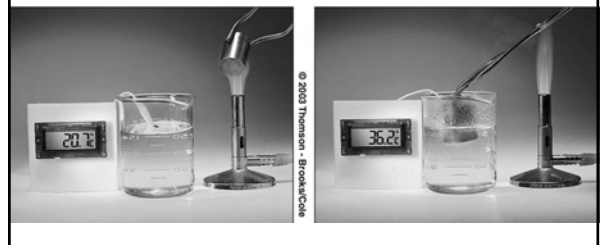
Sistem terisolasi - Sistem dimana tidak memungkinkan terjadi aliran energi atau materi ke lingkungan atau sebaliknya.



I. Energi: Prinsip umum

E. Tranfer panas menuju ke keseimbangan thermal

Keseimbangan thermal - Kondisi dimana sistem dan lingkungan memiliki temperatur yang sama dan aliran panas berhenti.



I. Energi: Prinsip umum

E. Tranfer panas menuju ke keseimbangan thermal

Keseimbangan thermal - Kondisi dimana sistem dan lingkungan memiliki temperatur yang sama dan aliran panas berhenti.

- Aliran panas terjadi dari obyek yang lebih panas ke obyek yang lebih dingin.
- Aliran panas berhenti sampai kedua obyek memiliki temperatur yang sama.
- kuantitas panas yang hilang dari obyek yang lebih pas setara dengan kuantitas yang diterima obyek yang lebih dingin.

I. Energi: Prinsip umum

F. Satuan Energi

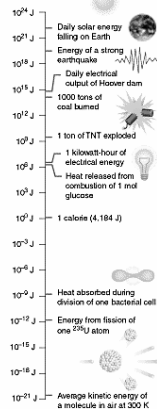
Kalori (kal) - Panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1.0 g air sebesar 1 °C.

- merupakan ukuran energi yang kecil, yang sering digunakan kilocalories (1 kkal = 1000 kal).
- kalori diet (C) digunakan untuk menyatakan kandungan energi dalam makanan yang setara 1 kkal.

Joule (J) - Satuan SI untuk energi yang dijabarkan dari kerja mekanik.

- 1 J = 1 kg m²/s²
- 1 kal = 4,184 J

Skala kuantitas energi di alam



II. Kapasitas panas spesifik dan transfer panas

A. Kapasitas panas spesifik

- Kuantitas dari panas yang ditransfer dari atau ke suatu obyek jika terjadi perubahan temperatur akan tergantung dari tiga hal :
 - 1) kuantitas material.
 - 2) Tingkat perubahan temperatur.
 - 3) jenis material

Kapasitas panas spesifik - Kuantitas panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1 gram senyawa sebesar 1 K [J/(g•K)].

II. Kapasitas panas spesifik dan transfer panas

A. Kapasitas panas spesifik

- Kuantitas panas yang berpindah dari atau menuju suatu obyek dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$q = C \cdot m \cdot \Delta T$$

q = Panas yang ditransfer (J)

C = Kapasitas panas spesifik [J/(g•K)]

m = Massa senyawa (g)

ΔT = Perubahan temperatur (K) [$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{initial}}$]

II. Kapasitas panas spesifik dan transfer panas

A. Kapasitas panas spesifik

Contoh 1: Pada suatu eksperimen ditentukan bahwa panas sebesar 59,8 J dibutuhkan untuk menaikkan temperatur dari 25,0 g ethilen glikol sebesar 1,00 K. Hitunglah kapasitas panas dari ethilen glikol dengan data tersebut !

Contoh 2: Berapa kuantitas panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur dari 500,00 mL air dari 25,52 menjadi 28,75 °C? Kerapatan air pada temperatur tersebut adalah 0,997 g/mL dan kapasitas panas spesifik H₂O(l) adalah 4,184 J/(g•K).

II. Kapasitas panas spesifik dan transfer panas

B. Aspek kuantitatif dari transfer panas



- logam akan kehilangan panas ($-q$) dan air akan menyerap panas ($+q$)
- Kuantitas panas yang ditransfer dari logam secara numerik sama tetapi berlawanan tanda dengan kuantitas panas yang diabsorpsi air.

$$q_{\text{air}} = -q_{\text{logam}} \quad \text{atau} \quad q_{\text{air}} + q_{\text{logam}} = 0$$

Jumlah perubahan energi termal dalam sistem adalah nol.

II. Kapasitas panas spesifik dan transfer panas

B. Aspek kuantitatif dari transfer panas

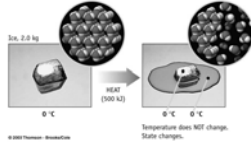
- Transfer panas mematuhi hukum kekekalan energi :

$$q_1 + q_2 + q_3 \dots = 0$$

Contoh: Logam khromium 15,5 g, dipanaskan sampai 100,0 °C, dan kemudian dimasukkan ke dalam 55,5 g air dengan temperatur 16,5 °C. Temperatur akhir logam dan air adalah 18,9 °C. Berapa kapasitas panas spesifik dari khromium ?

III. Energi dan perubahan fasa

- Panas diabsorpsi saat perubahan keadaan untuk senyawa tetapi temperatur terjaga konstan.

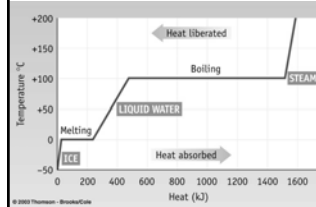


Panas pelelehan - Panas yang dibutuhkan untuk mengkonversi senyawa dari bentuk padat ke cair.
Panas pelelehan air = 333 J/g

Panas penguapan - panas yang dibutuhkan untuk mengkonversi senyawa dari cairan ke bentuk gas.
Panas penguapan ar = 2256 J/g

III. Energi dan perubahan fasa

- Panas yang diabsorpsi saat tidak ada perubahan fasa akan mengakibatkan perubahan temperatur dari senyawa.



Kapasitas panas spesifik

(H₂O)

Ice	2.1 J/(g•K)
Water	4.2 J/(g•K)
Steam	2.0 J/(g•K)

Contoh: Hitung panas total yang dibutuhkan untuk menaikkan 1 mol air dari -15.0 °C sampai 155 °C.