



**Kampus  
Merdeka**  
INDONESIA JAYA

# E-LKM TERMODINAMIKA KIMIA

*Socio Scientific Issue (SSI) Berbasis  
Project Based Learning (PjBL)*

## PERTEMUAN 1 HUKUM PERTAMA TERMODINAMIKA



**2024**



## Kompetensi yang Diharapkan

### CPMK

Mampu menerapkan hukum termodinamika pada berbagai sistem kimia

### SUB-CPMK

Mampu memprediksikan kespontanan sistem kimia dengan cara mengaplikasikan hukum-hukum termodinamika secara benar

### INDIKATOR

Ketepatan menganalisis kespontanan sistem kimia



## Materi Singkat

Termodinamika (*Thermodynamics*) membicarakan sistem kesetimbangan (*equilibrium*), bisa digunakan untuk menaksir besarnya energi yang diperlukan untuk mengubah suatu sistem kesetimbangan, tetapi tidak dapat dipakai untuk menaksir seberapa cepat (laju) perubahan itu terjadi karena selama proses sistem tidak berada dalam kesetimbangan. Termodinamika berkaitan dengan hubungan kuantitatif antara panas dan bentuk lain dari energi, termasuk mekanika, elektrik dan energi radiasi (Atkins, 1999).

### Kerja dan Kalor

Dalam termodinamika, kerja secara umum didefinisikan sebagai gaya kali jarak. Jika perpindahan jarak akibat gaya  $F$  adalah sebesar  $x$  ( $x$  = jarak), maka kerja yang dilakukan.

$$dw = F dx \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

Diketahui, gaya = tekanan dikali luas permukaan

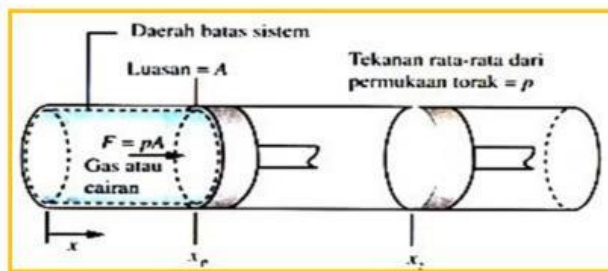
$$F = P_l \times A \quad \dots\dots\dots (1.2)$$

Keterangan :

$P_l$  = Tekanan luar

$A$  = Luas permukaan

Contoh: Gambar 1. berikut menunjukkan kerja untuk mengekspansi/ mengkompresi gas yang mengisi sebuah piston .



Gambar 1. Kerja ekspansi pada penghisap silinder

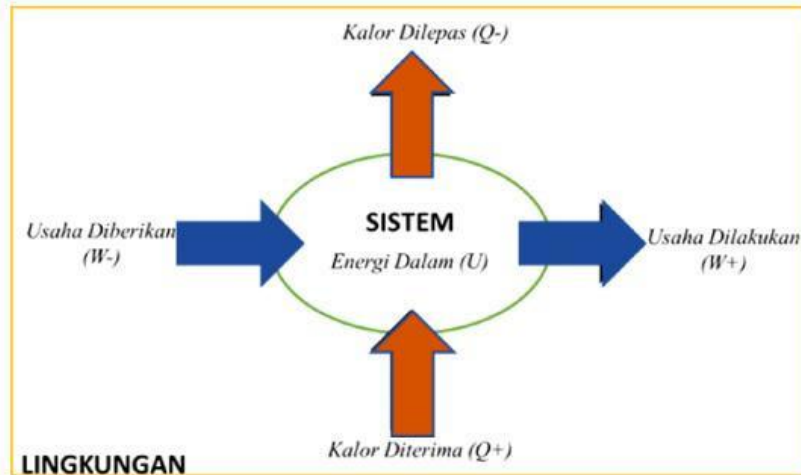
Bila luas penampang piston ( $A$ ) digerakkan sepanjang jarak ( $x$ ) terhadap tekanan luar ( $P_l$ ), maka kerja yang dilakukan oleh gas ialah:

$$dw = - P_l \cdot A \cdot Dx \quad \dots\dots\dots (1.3)$$

diketahui,  $A \cdot dx$  adalah volume yang ditinggalkan selama ekspansi, yang dilambangkan dengan  $dV$ . maka,

$$dw = - P \cdot Dv \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

Menurut Alberty (1992), Kalor ( $q$ ) adalah salah satu bentuk energi yang diterima atau dilepaskan suatu benda. Menurut Dogra (2009) Kalor dapat berharga (+) untuk sistem dengan menyerap kalor, dan berharga negatif (-) untuk sistem dengan melepas kalor. Sedangkan untuk kerja, jika sistem menerima kerja (+) dan jika sistem melakukan kerja (-). Konversi tanda positif atau negatif pada kalor dan kerja dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konversi tanda untuk besaran termodinamika

### Energi Dalam

Setiap sistem mempunyai sejumlah energi yang merupakan jumlah total dari berbagai bentuk energi kinetik dan energi potensial. Besarnya energi inilah yang disebut energi dalam ( $U$ ). Energi dalam hanya bergantung pada keadaan sistem. Pada suatu keadaan tertentu energi dalam mempunyai harga tertentu. Bila sistem mengalami perubahan dari keadaan 1 ( $U_1$ ) ke keadaan 2 ( $U_2$ ), maka sistem akan mengalami perubahan energi dalam sebesar,

$$\Delta U = U_2 - U_1 \dots\dots\dots (1.5)$$

## Hukum Pertama Termodinamika

Hubungan antara perubahan energi suatu sistem dan lingkungannya diberikan oleh hukum pertama termodinamika yang menyatakan bahwa energi alam semesta adalah tetap. Secara matematika hukum pertama termodinamika diberikan dengan persamaan berikut.

$$dU = q + w \quad \dots\dots\dots (1.6)$$

$$dU = dq + dw$$

$$\int_{U_1}^{U_2} dU = q + W$$

$$U_2 - U_1 = q + w$$

$$\Delta U = q + w \quad \dots\dots\dots (1.7)$$

Dalam persamaan reaksi sering kali terjadi pada tekanan tetap seperti misalnya dalam tabung reaksi atau gelas piala terbuka. Dalam hal ini tekanannya selalu tetap yaitu sebesar tekanan atmosfer. Dengan menggunakan hukum termodinamika 1 akan diperoleh:

$$\Delta U = q - P \Delta V \quad \dots\dots\dots (1.8)$$

Bila keadaan awal dinyatakan oleh 1 dan keadaan akhir oleh 2, maka

$$\begin{aligned} \int_{U_1}^{U_2} dU &= q + W \\ &= q - P \int_{V_1}^{V_2} dV \end{aligned}$$

$$U_2 - U_1 = q - P (V_2 - V_1)$$

Pada tekanan tetap,  $P = P_1 = P_2$

$$U_2 - U_1 = q_p - PV_2 + PV_1$$

$$= q_p - P_2V_2 + P_1V_1$$

$$q_p = (U_2 + P_2V_2) - (U_1 + P_1V_1) \quad \dots\dots\dots (1.9)$$

$$= H_2 - H_1$$

Sekarang didefinisikan suatu fungsi baru yang dikenal dengan nama entalpi. Entalpi didefinisikan sebagai:

$$H = U + PV \quad \dots\dots\dots (1.10)$$

Jika persamaan (1.10) disubstitusikan ke dalam persamaan (1.9) akan diperoleh,

$$\begin{aligned} q_p &= H_2 - H_1 \\ q_p &= \Delta H \quad \dots\dots\dots (1.11) \end{aligned}$$

### **Aplikasi Hukum Pertama Termodinamika (Termokimia)**

Termokimia adalah bagian dari pembahasan yang lebih luas yang disebut termodinamika (*thermodynamic*) yang dapat didefinisikan sebagai cabang ilmu kimia yang mempelajari hubungan kalor, kerja dan bentuk lain energi dengan kesetimbangan dalam reaksi kimia dan dalam perubahan keadaan. Adapun submateri dalam termokimia yaitu Kalor, sistem dan lingkungan, persamaan termokimia, entalpi reaksi, kalorimeter, hukum Hess, energi ikatan .

Termokimia mempelajari efek panas yang terjadi baik dalam perubahan secara kimia (reaksi kimia) maupun secara fisik (proses penguapan, peleburan, dan sebagainya). Efek panas ini dapat bersifat eksoterm, yaitu bila kalor dilepaskan dan mempunyai nilai negatif untuk  $\Delta H$  dan endoterm, yaitu bila proses disertai dengan penyerapan kalor dan mempunyai nilai positif untuk  $\Delta H$  (Chang 2011).





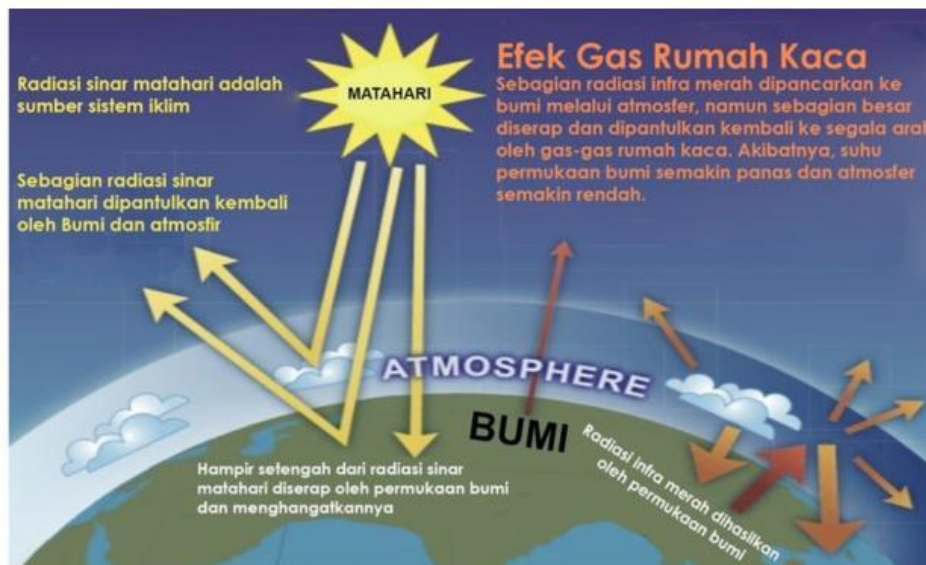
## 1. Scientific Background



Baca dan pahamiilah wacana/artikel mengenai isu permasalahan dibawah ini !

### Dampak Pembakaran Bahan Bakar Fosil terhadap Pemanasan Global

Pemanasan global sudah menjadi isu internasional, bahkan keresahan dunia. Pemanasan global merupakan suatu proses meningkatnya suhu rata-rata Bumi. Saat ini planet bumi tengah berada di tengah krisis perubahan iklim pada tingkat yang sangat mengkhawatirkan, Suhu global meningkat dua kali lebih cepat dalam kurun waktu 50 tahun terakhir sejak akhir abad yang lampau dan diperkirakan akan meningkat dengan lebih cepat pada dekade-dekade yang akan datang. Meningkatnya suhu Bumi terjadi karena adanya kalor yang terperangkap di bumi yang disebabkan oleh gas rumah kaca. Kalor tersebut berasal dari cahaya matahari, dimana cahaya tersebut dapat sampai ke bumi karena mengalami perpindahan kalor secara radiasi. Semakin banyak gas rumah kaca yang ada di atmosfer, maka akan semakin banyak kalor yang terperangkap di bumi yang menyebabkan suhu bumi menjadi naik.



Gambar 3. Efek Gas Rumah Kaca (Sumber: Aanwijzing.com)

Perubahan iklim yang semakin berbahaya ini didorong oleh peningkatan produksi buangan gas rumah kaca yang dihasilkan oleh tindakan-tindakan manusia. Peningkatan gas rumah kaca yang paling membahayakan disebabkan oleh buangan CO<sub>2</sub> yang diakibatkan oleh tingginya pembakaran bahan-bakar fosil, operasi-operasi komersial, dan sarana transportasi. Dilansir dari *Understanding Global Change*, pembakaran bahan bakar fosil paling banyak melepaskan gas rumah kaca yang tetap berada di atmosfer selama ratusan tahun. Gas rumah kaca hasil pembakaran bahan bakar fosil adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), karbon monoksida (CO) dan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>). Bahan bakar fosil adalah jenis bahan bakar yang paling banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia



(a)



(b)

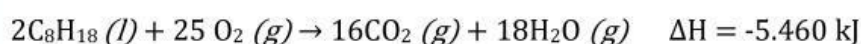
Gambar 4. Penggunaan bahan bakar fosil oleh (a) industri dan (b) kendaraan bermotor (Sumber: RiauSky.com dan Dokumentasi Pribadi)

Salah satu bahan bakar fosil yang sering digunakan pada kendaraan bermotor ialah pertalite. Kandungan utama pada pertalite adalah isooktana. Reaksi kimia pada proses pembakaran bahan bakar tersebut dapat terjadi secara sempurna dan tidak sempurna.

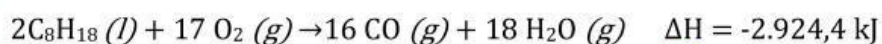


Gambar 5. Penggunaan Pertalite pada kendaraan bermotor (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Pada pembakaran sempurna terjadi reaksi:



Pada pembakaran tidak sempurna terjadi reaksi:





## Menganalisis SSI

Berdasarkan wacana yang kalian baca, tuliskanlah masalah (isu sosial ilmiah) yang kamu temukan!

Apakah efek gas rumah kaca harus segera ditanggulangi? Tuliskan pendapatmu !

Pemanasan global merupakan suatu proses meningkatnya suhu Bumi karena adanya perpindahan kalor secara radiasi dari cahaya matahari yang terperangkap oleh gas rumah kaca. Bagaimana cara menghitung perpindahan kalor yang kamu ketahui?

Kita ketahui bahwa reaksi pembakaran merupakan reaksi eksotermik. Bagaimana perubahan kalor pada reaksi eksoterm yang kamu ketahui ?



## 2. Evaluation of Information

### Internet Explorer

Kunjungi *website* berikut untuk menambah wawasanmu mengenai pemanasan global dan materi hukum pertama termodinamika dengan cara klik *link* yang tersedia !

Hukum Pertama Termodinamika :



Kontribusi Sampah terhadap pemanasan global

<https://greeneration.org/publication/green-info/dampak-sampah-terhadap-emisi-gas-rumah-kaca/>



Emisi gas rumah kaca dari peternakan di indonesia

<https://bit.ly/EmisiGasRumahKaca1>



Estimasi Gas Rumah Kaca dari Sektor Pertanian, Perkebunan, dan Peternakan di provinsi riau

<https://bit.ly/EstimasiGasRumahKaca>



Pengaruh Konsumsi Energi Sektor Industri, Rumah Tangga, dan Transportasi terhadap Emisi Karbon di Indonesia

<https://bit.ly/4e9AQZh>

Berdasarkan Artikel Tersebut, Tulislah masalah sosial dan cara penyelesaian masalah tersebut !

No	Masalah sosial	Penyelesaiannya



## Dampak Industri Pulp dan Kertas terhadap pemanasan global



Industri pulp dan kertas ialah salah satu kawasan agroindustri yang berkembang pesat di Indonesia saat ini. PT RAPP atau PT Riau Andalan Pulp & Paper menjadi salah satu produsen kertas terbesar dan berkualitas di Indonesia. Kemajuan teknologi dalam pengolahan pulp dan kertas di Indonesia berpeluang menguasai pasar kertas global, menyaingi Finlandia dan negara-negara Amerika Latin seperti Brazil dan Chile.



Gambar 6. PT RAPP Riau (Sumber : Riau.Mandiri.com)

Peningkatan jumlah industri akan diikuti dengan peningkatan jumlah limbah, yang juga akan meningkatkan risiko kerusakan lingkungan. Dengan tingginya peningkatan penggunaan kertas, maka timbullah limbah tidak bisa dipandang sebelah mata. Limbah yang ditimbulkan dari industri kertas adalah limbah cair dan limbah padat. Produksi kertas juga menghasilkan emisi gas rumah kaca, seperti metana dan sulfur dioksida. Gas-gas ini dapat berkontribusi pada pemanasan global dan perubahan iklim. Limbah gas dihasilkan dari proses kraft pulping dan pemulihan bahan kimia yang menghasilkan gas sulfur berbau dan uap yang menyebabkan polusi udara, seperti sulfur dioksida, nitrogen oksida, metanol, aseton, dan kloroform.



## Computational Thinking



Mulai

**Decomposition :**

Berdasarkan wacana tersebut, apa saja informasi penting yang ada dapatkan ?

**Abstraction :**

Tuliskan proses apa saja yang dapat menghasilkan limbah gas dalam industri pulp dan kertas !  
Bagaimana dampak polutan gas terhadap lingkungan ?

**Pattern recogniton:**

Sebagai seorang mahasiswa bagaimana cara untuk mengurangi limbah kertas ? Apakah limbah kertas dapat dijadikan sesuatu yang bermanfaat ?

**Algorihm:**

Bagaimana hubungan permasalahan tersebut dengan termodinamika ?

Selesai

Silahkan Klik *Link* dibawah ini untuk mengupload jawaban !



Upload Jawaban



## LATIHAN SOAL



Diskusikan jawaban dari soal berikut bersama anggota kelompok mu !

### *Decomposition :*

Jelaskan Proses—proses dalam Termodinamika !

### *Abstraction :*

Bagaimana penurunan rumus pada tiap proses tersebut ? Jelaskan beserta diagram

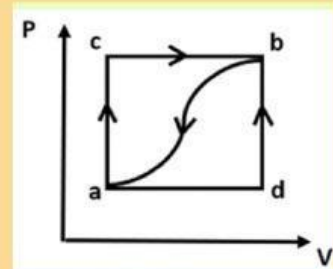
### *Pattern recogniton:*

Kita ketahui bahwa hubungan antara perubahan energi suatu sistem dan lingkungannya dijelaskan secara matematis pada hukum pertama termodinamika. Bila suatu sistem berubah dari keadaan a ke keadaan b (lihat Gambar 7) melalui lintasan acb, maka kalor yang masuk ke sistem sebesar 80 kJ, dan sistem melakukan kerja sebesar 30 kJ.

A. Jika sistem melalui lintasan adb, dimana hal ini sistem melakukan kerja sebesar 10 kJ, berapakah kalor yang masuk ke sistem?

B. Jika sistem berubah kembali dari keadaan b ke keadaan a melalui lengkungan ab, maka sistem menerima kerja sebesar 20 kJ.

Apakah sistem menerima atau mengeluarkan kalor dan berapakah nilainya?



Gambar 7. Grafik Hubungan P dan V

### *Algorihm:*

Diketahui sebanyak 1,5 mol gas dalam wadah mengalami pemuaian isobaric pada tekanan  $2 \times 10^5$  Pa. suhu awal gas adalah 300 K dan Suhu akhirnya 600K . Hitunlah kerja yang dilakukan sistem.

Silahkan Klik *Link* dibawah ini untuk mengupload jawaban !



Upload Jawaban



### 3. Impact of Local, National, and Global



Diskusikanlah bersama kelompokmu mengenai dampak serta mengetahui cara penyelesaiannya terhadap isu pemanasan global!

Kemukakan pendapat kamu mengenai dampak yang terjadi pada skala lokal, nasional atau global terhadap isu permasalahan pada tahap scientific background sebelumnya

Dampak yang terjadi pada skala lokal, nasional atau global	Bagaimana cara menyelesaikannya?



## 4. Decision Making



Setelah membaca isu mengenai dampak pembakaran bahan bakar fosil terhadap pemanasan global, maka sebagai seorang mahasiswa langkah apa yang akan kamu ambil sebagai partisipasi menjaga lingkungan ?

### Menetapkan Tema Proyek

Berdasarkan dari masalah sosial yang terkait dengan sains yang telah teridentifikasi, pilihlah satu yang paling Anda minati untuk dijadikan proyek kelompok Anda !

Adapun tema proyek yaitu **"Usaha meminimalisir emisi panas di alam"**

Diskusikan hasil penetapan tema bersama kelompokmu dan juga dosen !

Isu yang dipilih	Apa alasannya ? Sebutkan kelebihan dan kelemahan



Setelah selesai mengerjakan semua kegiatan yang ada dalam E-LKM 1 ini, periksa kembali tugas kelompokmu.

Kemudian presentasikanlah hasil pengerjaan E-LKM 1 di depan kelas bersama teman kelompokmu !

