E-LKM
TERMODINAMIKA KIMIA

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

PERTEMUAN 2
HUKUM KEDUA TERMODINAMIKA

2024

LIVEWORKSHEETS

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 memprediksikan kespontanan sistem kimia

LIVEWORKSHEETS

Materi Singkat

Entropi dan Kespontanan Reaksi

Menurut Dogra (2009) Entropi adalah salah satu besaran termodinamika kimia yang mengukur energi dalam sistem per satuan temperatur yang dapat digunakan untuk melakukan usaha . Secara termodinamika, entropi dapat didefinisikan sebagai:

$$\Delta S = \frac{q\ rev}{T} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.1)$$

berarti perubahan entropi suatu sistem adalah jumlah pertukaran panas antara sistem dengan lingkungan yang bersifat reversibel dibagi dengan suhu (K).

Jika kita dapat menentukan perubahan entropi dari keadaan 1 ke keadaan 2 dapat diberikan oleh integral dari persamaan (2.1) lewat jalan yang reversibel (Alberty, 1992).

$$\Delta S = S_2 — S_1 = \int_2^1 \frac{q\ rev}{T} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.2)$$

Menurut hukum termodinamika II, jika setiap proses yang terjadi dalam alam semesta baik peristiwa fisika maupun kimia berlangsung spontan, maka total entropi alam semesta akan meningkat. Secara matematik ditulis:

$$\Delta S_{\text{alam semesta}} > 0$$

Tetapi bila proses berlangsung dalam suatu sistem yang merupakan bagian dari alam semesta, selain perubahan entropi sistem, perubahan entropi lingkungan sekeliling sistem juga harus diperhatikan. Secara matematik dapat ditulis:

$$\Delta S_{\text{alam semesta}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{lingkungan}}$$

Untuk reaksi spontan berlaku: $\Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{lingkungan}} > 0$ ..... (2.3)

LIVEWORKSHEETS

Berdasarkan persamaan (2.1), perubahan entropi lingkungan untuk suatu proses yang reversibel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\Delta S_{\text{lingkungan}} = \frac{q\ rev}{T} \quad \text{Lingkungan} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.4)$$

Untuk kebanyakan proses, suhu dan tekanan lingkungan sekeliling sistem tetap, sehingga perubahan entalpi sistem dapat dihubungkan dengan perubahan panas lingkungan. Berdasarkan hukum termodinamika I, didapat

$$\Delta H = -\ (q_{rev})\ \text{lingkungan} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.5)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.5) ke dalam persamaan (2.4) akan diperoleh

$$\Delta S_{\text{lingkungan}} = -\ \frac{\Delta H\ sistem}{T} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.6)$$

Bila suhu lingkungan dan sistem sama, kita dapat mensubstitusikan persamaan (2.6) ke persamaan (2.3), sehingga untuk suatu perubahan spontan berlaku ...

$$\Delta S_{\text{sistem}} = -\ \frac{\Delta H\ sistem}{T} > 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.7)$$

Dengan mengalikan kedua ruas dengan T akan diperoleh

$$T\ \Delta S_{\text{sistem}} - \Delta H_{\text{sistem}} > 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.8)$$

Untuk memudahkan dan agar dapat diperoleh suatu kriteria tunggal yang dapat digunakan untuk menduga spontan tidaknya suatu reaksi, maka persamaan (2.6) dapat disederhanakan dengan mendefinisikan suatu besaran termodinamika yang baru yaitu energi bebas Gibbs (G).

$$G = H - TS$$

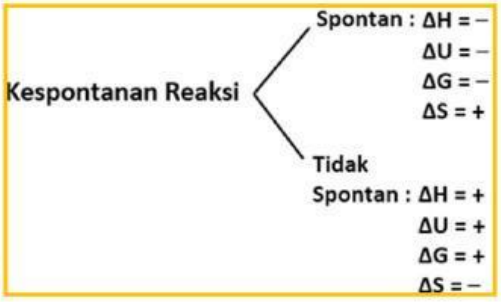
Pada suhu dan tekanan tetap, perubahan energi bebas Gibbs dapat ditulis sebagai:

$$\Delta G = \Delta H - T\ \Delta S \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.9)$$

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat disimpulkan :

Kespontanan Reaksi

- **Spontan : ΔH = –**
  ΔU = –
  ΔG = –
  ΔS = +
- **Tidak Spontan : ΔH = +**
  ΔU = +
  ΔG = +
  ΔS = –



LIVEWORKSHEETS

1. Scientific Background

Baca dan pahami lah contoh wacana/artikel mengenai isu permasalahan dibawah ini!

Dampak Mencairnya Es Kutub Terhadap Indonesia

Beberapa tahun terakhir kerap terdengar kabar mengenai mencairnya es di kutub yang semakin sering terjadi. Es di kutub yang mencair menimbulkan dampak yang mengerikan bagi seluruh kehidupan di Bumi, seperti permukaan laut meninggi, perubahan iklim, habitat satwa liar terancam punah, kerusakan lingkungan dan ekosistem (Azuga 2021). Lapisan es di Kutub Utara dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Lapisan es di Kutub Utara (sumber : Bernas.id)

National Geographic, melalui peta interaktifnya melukiskan pengaruh mencairnya es kutub terhadap Indonesia dan juga beberapa wilayah lain. Setidaknya terdapat empat dampak buruk yang dapat terjadi di Indonesia, termasuk di antaranya adanya "permakaman massal". Peta tersebut menunjukkan bahwa Indonesia akan mengalami "permakaman massal" pulau-pulau kecil. Garis pantai akan mundur drastis, menenggelamkan daratan dan mengubahnya menjadi lautan. Kalimantan, sang paru-paru bumi, akan kehilangan banyak hutannya. Hilangnya habitat ini akan menjadi pukulan telak bagi keanekaragaman hayati Indonesia, mengancam kelangsungan hidup spesies eksotik seperti harimau sumatera dan orangutan.

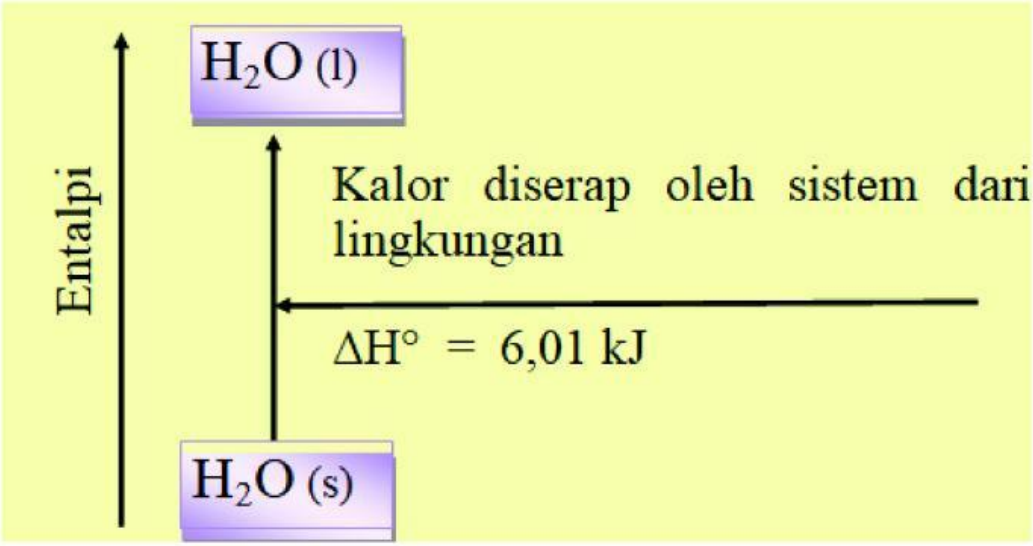
Selain itu, mencairnya es kutup juga diduga dapat memicu munculnya penyakit baru akibat perubahan iklim dan migrasi hewan liar. Masyarakat adat yang bergantung pada hutan untuk kelangsungan hidup mereka pun akan terimbas, dihadapkan pada krisis pangan dan hilangnya sumber kehidupan. Walaupun skenario terburuk ini membutuhkan waktu lebih dari 5.000 tahun untuk menjadi kenyataan, laju pencairan es saat ini jauh lebih cepat dari perkiraan.

LIVEWORKSHEETS

Lanjutan Isu ...

Aktivitas manusia yang terus menghasilkan emisi gas rumah kaca bagaikan akselerator yang memperparah situasi. Jika tren ini tak segera diubah, Bumi akan kembali ke masa Eocene, periode 34 juta tahun lalu di mana es kutub tak ada dan suhu global melonjak tinggi.Bukti nyata sudah di depan mata. Sejak 1992, es di Antartika Barat telah mencair sebanyak 65 juta metrik ton.

Kita ketahui bahwa es mencair secara spontan dalam semua keadaan jika suhu di atas 0° C dan tekanan 1 atm. Mencairnya es dari keadaan padat menjadi cair merupakan suatu perubahan fisika. Namun dalam termokimia, es mencair karena es menyerap kalor dari lingkungan sehingga sistem mengalami kenaikan suhu. Reaksi ini disebut reaksi endoterm.



Gambar 2. Perubahan Entalpi H_2O

Gambar diatas menjelaskan 1 mol es mencair pada suhu 0°C menghasilkan peningkatan entalpi dalam sistem 6,01 kJ. Energi yang diserap oleh sistem akan menyebakan molekul- molekul di dalam es semakin tidak teratur dan menyebar yang kemudian mengubah wujud es dari padat menjadi cair. Besaran ketidakteraturan suatu sistem dalam termodinamika disebut sebagai **entropi.**

LIVEWORKSHEETS

Menganalisis SSI

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

Es yang mencair akan meningkatkan ketidakteraturan yang disebut entropi. Bagaimana hubungan kalor dan suhu dalam perubahan entropi yang kamu ketahui?

Menurut kamu apakah entropi dapat berkurang?

LIVEWORKSHEETS

2. Evaluation of Information

Internet Explorer

Kunjungiah *website-website* berikut untuk menambah wawasanmu mengenai materi entropi dan kespontanan reaksi dengan cara klik *link* yang telah disajikan !

Entropi dan Cara Menghitungnya :

https://bit.ly/entropii

Solusi pemanasan global yang terbukti efektif menjaga bumi

https://bit.ly/solusi_pemanasan_global

Hubungan entropi dengan fotosintesis

https://bit.ly/entropi_pada_fotosintesis

LIVEWORKSHEETS

Kebakaran Lahan di Riau dan Kalimantan

Musim kemarau yang berkepanjangan pada tahun 2019 lalu memicu terjadinya kebakaran lahan di wilayah Sumatera dan Kalimantan. Kala itu laporan siaran langsung dari berbagai media massa membanjiri Indonesia. Laporan bencana asap di Provinsi Riau pada bulan September 2019 mengawali fenomena ini. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) ditemukan sejumlah titik panas di beberapa daerah di Indonesia di antaranya Riau (58), Jambi (62), Sumatera Selatan (115), Kalimantan Barat (384), Kalimantan Tengah (513), dan Kalimantan Selatan (117)

Gambar 2. Kebakaran Lahan (Sumber : Liputan6.com)

Kebakaran Lahan ini disebabkan karena musim kemarau yang berkepanjangan dan lahan gambut. Gambut mengandung karbon dalam jumlah yang sangat tinggi. Ketika gambut terbakar, karbon ini akan dilepaskan ke atmosfer dalam bentuk karbon dioksida (CO_2), yang merupakan salah satu gas rumah kaca utama penyebab pemanasan global. Kebakaran di lahan gambut seringkali terjadi di bawah permukaan tanah, sehingga sulit dideteksi dan dipadamkan. Api dapat terus membara dalam waktu yang lama, bahkan berbulan-bulan, karena adanya suplai oksigen dari pori-pori gambut. Pembukaan Lahan perkebunan sawit dan akasia dengan cara tebas bakar juga menjadi pemicu kebakaran tersebut (Indah 2022).

Terbakarnya kawasan-kawasan rawa gambut telah merusak beberapa tempat penyimpanan karbon terpenting di dunia ini. Kebakaran lahan melepaskan sejumlah besar karbon dioksida (CO_2) ke atmosfer. Kebakaran lahan merupakan proses eksotermik yang melepaskan energi panas ke lingkungan.

LIVEWORKSHEETS

Pada peristiwa kebakaran lahan, terjadi proses pembakaran bahan organik kompleks menjadi molekul sederhana seperti CO_2 dan H_2O meningkatkan jumlah partikel dan tingkat kebebasan mereka, sehingga entropi sistem meningkat secara signifikan. Hal tersebut sesuai dengan Hukum Termodinamika II yang menyatakan bahwa entropi alam semesta selalu cenderung meningkat. Sistem cenderung bergerak menuju keadaan yang lebih acak dan tidak teratur.

Bencana asap ini khususnya di beberapa daerah pinggiran Pekanbaru seperti Kabupaten Kampar dan Kabupaten Kerinci, Riau telah menyebabkan aktivitas di berbagai sektor terhambat salah satunya semua jenjang pendidikan diliburkan. Hal ini dirasakan lebih kurang selama 3 bulan berturut-turut. Tidak hanya itu, asap yang dihasilkan dari kebakaran lahan menggganggu kesehatan masyarakat seperti menderita ISPA, kanker, asma, dan bahkan luka bakar. Polusi udara tentunya menjadi akibat dari asap yang dihasilkan.

LIVEWORKSHEETS

Computational Thinking

Mulai

Decomposition :

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

Abstraction :

Apa saja gas yang dihasilkan dari kebakaran lahan yang menyebabkan pemanasan global?

Pattern recogniton:

Bagaimana upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kebakaran lahan?

Algorihm:

Bagaimana reaksi kimia yang terjadi selama proses kebakaran lahan dan bagaimana hubungann-ya dengan termodinamika?

Selesai

Silahkan Klik *Link* dibawah ini untuk mengupload jawaban !

Upload Jawaban

LIVEWORKSHEETS

Latihan Soal

Diskusikan jawaban dari soal berikut bersama anggota kelompok mu !

Decomposition :

Reaksi berikut berlangsung pada suhu 25°C dan tekanan 1atm,

$S(s) + 2N_2O(g) \rightarrow SO2\ (g) + 2N_2\ (g) \quad \Delta H° = -460{,}8 kJ/mol$

Diketahui entropi standar (S°) pada 25°C sebagai berikut

	S (s)	N_2O (g)	SO_2 (g)	N_2 (g)
S° (J K^{-1} mol^{-1})	32,1	220	248,2	191,5

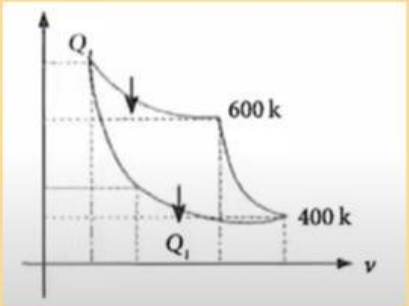
Berdasarkan entropinya, jelaskanlah secara singkat kecenderungan arah reaksi tersebut !

Abstraction :

Sebuah gas ideal mengalami proses isotermal sehingga volumenya menjadi dua kali lipat. Jika awalnya gas tersebut memiliki entropi S, berapakah entropi akhir gas tersebut?

Pattern recogniton:

Pada grafik P—V mesin carnot berikut diketahui reservoir suhu tinggi 600K dan suhu rendah 400K. Jika usaha yang dilakukan mesin adalah W, maka kalor yang dikeluarkan pada suhu rendah adalah ....



Algorihm:

Jika kita memiliki 100 gram es pada 0°C dan tekanan 1 atm dan es tersebut mengalami proses pencairan, maka berapakah nilai entropi pencairan es tersebut! Diketahui entalpi fusi air adalah 6 kJ/mol

Upload Jawaban

LIVEWORKSHEETS

3. Impact of Local, National, and Global

Diskusikanlah bersama kelompokmu mengenai dampak serta mengetahui cara penyelesaiannya terhadap isu mencairnya es di kutub dan kebakaran lahan !

Kemukakan pendapat anda 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?

LIVEWORKSHEETS

4. Decision Making

Setelah Setelah membaca isu mengenai dampak dampak mencairnya es kutub terhadap indonesia, maka sebagai seorang mahasiswa langkah apa yang akan kamu ambil sebagai partisipasi menjaga lingkungan ? Diskusikan jawaban bersama anggota kelompok !

LIVEWORKSHEETS

Mengeksplorasi Masalah

Pada tahap ini, anda akan mengeksplorasi masalah yang telah anda pilih secara detail. Pelajarilah materi dari proyek yang telah anda pilih pada LKM 1

Tuliskan pendapat anda mengenai masalah yang dipilih!	
Informasi/materi apa yang diperlukan untuk mendefinisikan masalah?	
Apa target anda terhadap masalah?	
Metode apa yang dilakukan terhadap masalah?	

LIVEWORKSHEETS