

“TERPI” AS A QUANTITY OF THERMODYNAMIC POTENTIAL ENERGY SUPPLEMENTARY TO THE CONCEPT OF WORK AND HEAT

*Besaran “Terpi” Sebagai Energi Potensial Termodinamika yang
Melengkapi Pengertian Kerja dan Kalor*

RHA Sahirul Alim

Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Gadjah Mada University, Yogyakarta

ABSTRACT

Isothermal reversible thermodynamic processes were studied, where there will not occur flow of heat (q) in the system in accord with the second law of thermodynamic. It appear that the energy flow in the system cannot be explained adequately by considering the flow of P, V – work, usually indicated by w , in accordance with the first law, that is, $\Delta U = q + w$ with $q = 0$. Therefore, it is necessary to have another kind of work energy (potential) which is not electrical to explain such as the experiment of Boyle that results in the formula $PV = C$ for a close ideal gas system undergoing an isothermal and reversible process. In this paper, a new work potential which is called “terpi” is introduced, and is abbreviated as τ (tau) and defined as: $d\tau \equiv -T dS_{rev} = -dq_{rev}$.

Therefore, $d\tau$ is also not an exact differential as dw and dq . For any isothermal reversible process, it can be written: $\tau = -T\Delta S_{rev}$, and for redox reaction, such as an electrochemical cell, it is noteworthy to distinguish between τ system (τ_{syst}) and τ reaction (τ_r) which combine together to become an electrical work flow, (w_{el}) done by the system on the surrounding, so that:

$$\Delta G_r = \tau_{syst} + \tau_r = v F E$$

Furthermore, the studies of phase transitions, which occur isothermally, were also considered, e.g. the evaporation of a liquid into vapour at a certain T . The heat given to this process cannot freely flow isothermally, but first it must be changed into terpy and then added to the enthalpy of the vapour following the equation: $\tau_{vap} = -T\Delta S_{vap} = -\Delta H_{vap}$.

Keywords: thermodynamics, heat, work, isothermal, reversible

PENDAHULUAN

Dimulai dari tinjauan ulang terhadap hukum Boyle pada gas dalam bejana tertutup yang mengalami proses isothermal dan reversibel, timbul pertanyaan: apakah proses tersebut mematuhi hukum utama pertama termodinamika dalam bentuk $\Delta U = q + w$?

Dengan asumsi gas sempurna, maka $\Delta U = 0$ dan $q = 0$ karena prosesnya isothermal, dan karena secara percobaanpun terbukti tidak ada aliran kalor baik di dalam sistem maupun ke luar. Adapun kerja terhadap sistem pada proses isothermal dan reversibel adalah:

$$w = nRT \ln \frac{V_1}{V_2} = nRT \ln \frac{P_2}{P_1} = \oplus$$

adalah kerja positif pada pemampatan. Seolah-olah ada pelanggaran terhadap hukum utama pertama karena: $0 \neq 0 + \oplus$. Masalah ini hanya dapat dipecahkan dengan memakai hukum utama II, yaitu menggunakan konsep entropi (S).

Pada pemampatan tersebut terjadi penurunan entropi sebesar $S_2 - S_1 = \Delta S$ dan untuk proses isothermal reversibel, berlaku $\Delta S = nR \ln \frac{V_2}{V_1}$, suatu harga yang negatif. Ini setara dengan energi kalor $q_{rev} = T\Delta S = ?$ yang bernilai negatif, yang akan

mengkompensasi nilai kerja w , sehingga $0 = ? + X$, dan berarti bahwa hukum kelestarian energi tetap dipatuhi.

KONSEP "TERPI" SEBAGAI JALAN KELUAR

Jika diperhatikan secara mendalam kita dapat saja mengatakan bahwa tidak ada kalor yang terlibat, tetapi ada suatu bentuk (konsep) energi yang abstrak yang berwujud $T\Delta S$ dan ini lebih realistik. Dalam forum ini diusulkan suatu konsep energi baru yang dapat disebut "terpi" dengan definisi sebagai berikut:

$$d\tau = -TdS, \quad \tau = \text{energi terpi, joule}$$

$$d\tau = -dq_{rev} \text{ atau } \tau = -q_{rev}$$

Perkataan "terpi" berasal dari gabungan kata "temperatur dan entropi". Konsep ini lebih maju sedikit dibanding dengan konsep kalor (panas, bahang, *heat*) yang biasa disingkat q .

Konsep energi kalor itu bukan fungsi keadaan tetapi fungsi jalan. Kalor itu sebenarnya adalah energi yang dalam keadaan transit atau transfer atau energi yang sedang berpindah atau sedang diangkut atau dalam perjalanan sehingga kalor itu fungsi jalan. Begitu pula dengan kerja (w) adalah seperti halnya kalor terkait dengan pengertian transport sehingga merupakan fungsi jalan. Kalor dan kerja sebenarnya tidak dapat disimpan di dalam sistem yang diam dan statis. Jadi q dan w hanya tampil kalau ada gerak perubahan termodinamika.

Pada proses isothermal:

$$\tau = \int_1^2 -TdS = -T\Delta S = -q_{rev}$$

Pada percobaan Boyle di atas, berlaku: $\Delta U = -\tau + w = 0$ atau $w = \tau$

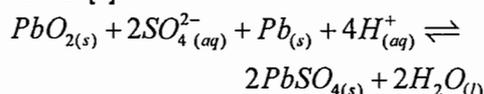
Pada keadaan kesetimbangan energi terpi ini akan bergabung dengan unsur energi TS yang tercantum dalam energi Gibbs ($G = U + PV - TS$) atau dalam energi Helmholtz ($A = U - TS$) dan tersimpan di dalam sistem sebagai energi potensial yang abstrak. Tentunya energi terpi ini adalah fungsi jalan juga sehingga $d\tau$ bukan differensial eksak dan $\int_1^2 d\tau$ tidak ditulis sebagai $\tau_2 - \tau_1$, tetapi ditulis saja sebagai τ seperti halnya q dan w . Konsep adanya terpi (τ) ini dirasa perlu ditampilkan untuk dapat diterangkannya fenomena termodinamik sehingga konsisten dengan semua hukumnya.

Pada peristiwa isothermal tidak boleh ada aliran kalor sesuai hukum utama II dan juga pada peristiwa adiabatik ($q = 0$); dan kalau prosesnya adiabatik reversibel ($dS = 0$), τ pun tidak dapat mengalir tetapi w masih dapat dijalankan sehingga proses dapat berlangsung.

Pada proses isovolume misalnya $w = 0$, tetapi τ dan q akan masih dapat mengalir untuk kelangsungan prosesnya. Kondisi yang paling longgar bagi jalannya suatu proses adalah isobar, karena ketiga-tiganya w , q dan τ dapat mengalir, sehingga beraneka rupa kejadian dapat timbul dengan mudah seperti di permukaan bumi kita ini.

ALIRAN "TERPI" DALAM SEL ELEKTROKIMIA

Ditinjau lagi suatu proses redoks yang berlangsung di dalam suatu sel elektrokimia, misalnya sel timbal (sel aki). Di dalam sel ini berlangsung reaksi yang dapat dipandang sebagai isothermal, isobar dan reversibel pada 25°C sebagai berikut [1]:



Data termodinamik memberikan:

$$\Delta G_r^0 = -376,97 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_r^0 = -227,58 \text{ kJ}$$

$$T\Delta S_r^0 = +149,39 \text{ kJ}$$

$$E^0 = 2,09 \text{ V}$$

Di sini kita menemukan bahwa ada kerja (energi) listrik ($dw_{el} = -VdQ$, volt-coulomb atau joule) yang berasal dari berkurangnya energi Gibbs sistem sebesar $-dG$. Secara termodinamik dapat dituliskan:

$$-\Delta G_r^0 = \nu FE^0 = -w_{el}$$

untuk aliran energi dalam kawat di luar sistem.

Didalam sistem reaksi redoks itu sendiri yang terjadi adalah aliran entalpi (ΔH_m^0) dan aliran terpi ($-T\Delta S_r^0$) ke arah yang berlawanan sehingga memberikan neraca energi sebagai berikut:

$$|input| = |output|$$

$$\Delta H_r^0 + \tau_r = +w$$

$$\Delta H_r^0 - T\Delta S_r^0 = -\nu FE^0 = +\Delta G_r^0$$

$$\text{atau } \Delta G_r^0 = \Delta H_r^0 - T\Delta S_r^0 = w_{el}$$

Energi entalpi yang mengalir di dalam sel aki itu tentunya bukan dalam bentuk kalor tetapi dalam bentuk terpi sistem (τ_{sist}), sehingga dalam bentuk persamaan aliran kerja (*work of flow*) dapat dituliskan:

$$\tau_{sist} + \tau_r = w_{el}$$

Dapat disimpulkan bahwa ada 4 macam energi kerja, yaitu: q , w , τ dan w_{el} . Konsep ini tentunya harus dielaborasi lebih lanjut.

ALIRAN "TERPI" DALAM PROSES PENGUAPAN

Dipelajari juga peristiwa perubahan fasa, misalnya proses penguapan zat cair \rightleftharpoons fasa uap (gas). Proses ini dapat pula dipandang sebagai reversibel dan isothermal. Kalor tidak boleh mengalir di dalam sistem isothermal, sehingga panas (kalor) dari dinding bejana harus berubah terlebih dahulu menjadi terpi, yaitu: $-q_{rev} = \tau_{rev} = -T\Delta S_{rev}$. Selanjutnya, terpi inilah yang kemudian mengalir di dalam sistem dan berubah menjadi energi kinetik, energi potensial molekul-molekul gas dan sebagian lagi menjadi kerja PV untuk ekspansi gas (uap) itu. Seluruh terpi itu akan tersimpan sebagai penambahan entalpi (ΔH_{vap}) gas yang timbul. Dalam bentuk persamaan kelestarian energi dapat dituliskan:

$$-\tau_{vap} = (q_{rev})_{p,T} = \Delta H_{vap} = T\Delta S_{vap}$$

Bentuk persamaan semacam ini memberi kesan seolah-olah kalor dapat mengalir secara isothermal yang akan merupakan pelanggaran terhadap hukum utama II termodinamika. Karena itulah, maka penulis mengusulkan konsep terpi sebagai bentuk energi transport, jadi merupakan tahapan mekanisme bagi transfer kalor di dalam sistem itu, sehingga konsisten dengan hukum utama II termodinamika yang memang kita kenal pula sebagai pencetus entropi.

KESIMPULAN

Berbeda dengan entropi yang sering dipandang sebagai ukuran bagi keacakan atau "disorder" susunan molekul-molekul sistem, maka terpi akan memberi kesan sebagai energi pengaturan (*ordering energy*) yang akan menimbulkan kondisi lebih teratur pada konfigurasi penyusunan sistem, jadi akan menurunkan entropinya. Tentunya konsep terpi ini akan menarik untuk dielaborasi lebih lanjut, misalnya bagaimana nisbah antara terpi dengan eksergi [2] atau antara terpi dengan availabilitas [3].

DAFTAR PUSTAKA

1. Castellan, G. W., 1983, *Physical Chemistry*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., New York.
2. Cengel, Y.A., and Boles, M.A. 1998, *Thermodynamics*, 3rd Edition, McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
3. Lee, J.F., and Sears, F.W., 1962, *Thermodynamics*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts.