

## 7.7 Energy Efficiency and Net Useful Energy.

**INCREASING ENERGY EFFICIENCY.** Anda mungkin akan *surprised* mengetahui bahwa hanya 16 % dari semua energi komersial yang dihasilkan yang mengalir melalui ekonomi Amerika Serikat dipakai untuk kerja yang berguna atau dipakai untuk membuat *petrochemicals* (yang dipakai untuk menghasilkan plastik) , obat-obat-an ,dan produk-produk lainnya (Fig. 3-15). Hal ini berarti *84 % of all commercial energy used in United States is wasted*. Kurang lebih 41 % dari energi ini terbuang secara otomatis , tunduk kepada hukum energi ke dua , namun 43 % lainnya terbuang yang tidak seharusnya atau tidak sepatutnya terbuang (2, p. 50).

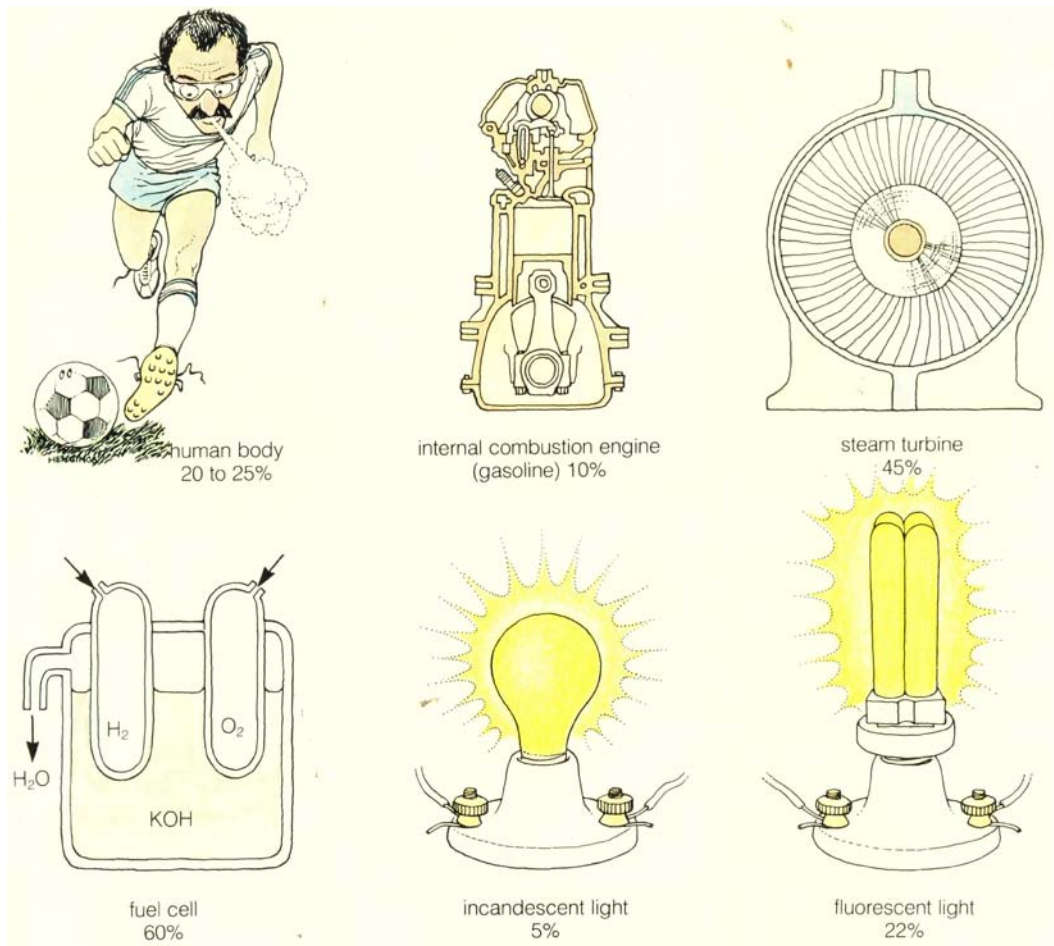


fig. 3-16 Energy efficiency of some common energy conversion devices

Satu cara untuk mengurangi energi yang banyak ter-sia-sia-kan dan menghemat adalah dengan meningkatkan efisiensi energi, yaitu meningkatkan persentase total energi yang benar-benar menjadi kerja yang bermanfaat , menurunkan atau menghilangkan sebanyak mungkin yang terkonversi menjadi *low quality energy* , yang bentuk umumnya adalah panas yang tidak bermanfaat (belum dapat dimanfaatkan) dalam sistem-sistem konversi energi. Alat-alat konversi energi sangat bervariasi efisiensi energinya seperti yang diilustrasikan dalam Fig. 3.16. (2, p. 50).

Penghematan energi dan uang dapat dilakukan dengan memakai dan mempergunakan alat-alat yang paling efisien energi , namun biasanya peralatan yang efisien energi *initial cost* –

nya lebih tinggi , namun untuk kerangka waktu jangka panjang , biasanya , sifatnya menghemat uang karena *life-cycle cost* -nya yang lebih rendah ( = *initial cost* + *lifetime operating costs*) (2, p. 50).

*The net efficiency of the entire energy delivery process of heating system , water heater , or car is determined by finding the efficiency of each energy conversion step in the process. These steps include extracting the fuel , purifying and upgrading it to a useful form , transporting it , and then using it* (2, p. 50).

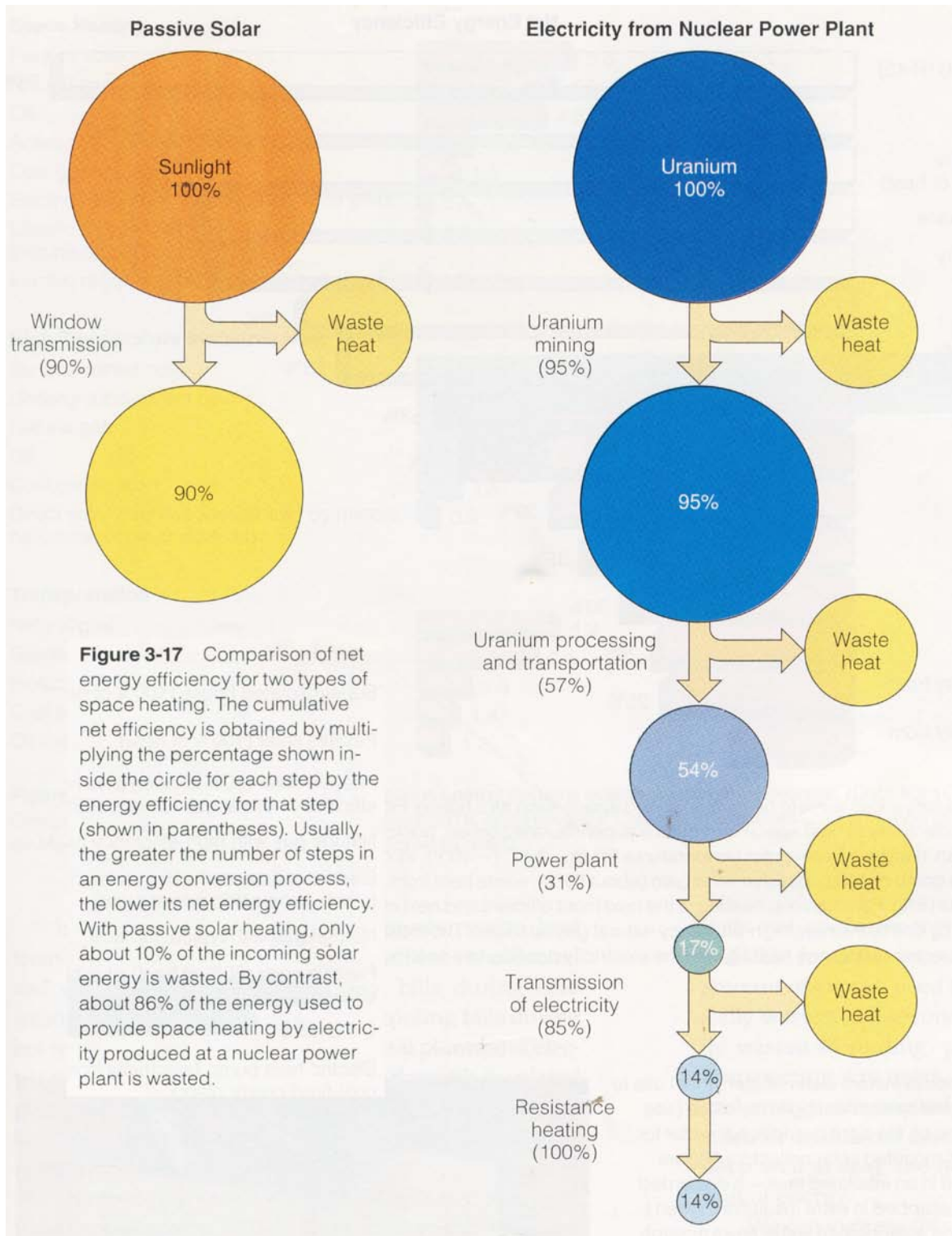


Fig. 3.17 memperlihatkan bagaimana *net energy efficiencies* dihitung untuk pemanasan sebuah *well-insulated home* (1) secara pasif dengan input langsung energi surya melalui jendela yang dihadapkan ke matahari kemudian panas ini ditampung dalam batu-batu atau air untuk kemudian secara perlahan dilepaskan, dan (2) dengan listrik yang dihasilkan dari pembangkit tenaga listrik nuklir, ditransportasikan melalui kawat ke rumah, dan dikonversi menjadi panas (*electric resistance heating*). Analisis ini memperlihatkan bahwa proses

konversi energi nuklir berkualitas tinggi dalam bahan bakar nuklir menjadi panas berkualitas tinggi pada beberapa ratus derajat , kemudian panas ini dikonversi menjadi *high-quality electricity* , kemudian mempergunakan listrik ini untuk dapat tersedianya panas untuk menghangatkan rumah hanya sampai 20<sup>0</sup> C bersifat sangat memboroskan energi berkualitas tinggi. Membakar batubara atau fossil fuel lainnya , pada pembangkit tenaga dalam rangka pengadaan listrik yang kemudian dipakai untuk menghangatkan juga sifatnya tidak efisien. Hal yang berbeda , adalah sangat lebih hemat untuk memanfaatkan suatu *active or passive solar heating system* untuk memperoleh *low-quality heat* dari lingkungan, menyimpannya dalam batu atau air , dan , bila perlu , menaikkan temperaturnya sedikit guna penghangatan ruangan dan penyediaan kebutuhan air panas rumah-rumah (2, p. 50).

Mempergunakan *high-quality electrical energy* dalam rangka dapat tersedianya *low-quality heat* untuk keperluan penghangatan ruangan atau air panas adalah ibarat menembak nyamuk dengan meriam. Aturan umum pemakaian energi adalah menyesuaikan kualitas energi yang akan dipakai dengan tugas yang akan dibebankan pada energi tersebut. Jangan mempergunakan *high-quality energy* untuk suatu “tugas” yang dapat dilakukan oleh energi yang kualitasnya lebih rendah (Fig. 3-8 dan Fig. 3.9.) (2, p. 50).

**USING WASTE HEAT.** Kita tidak dapat men-daur-ulang energi berkualitas tinggi , namun kita dapat memperlambat laju *waster heat flows* ke lingkungan pada saat energi berkualitas tinggi berdegradasi. Sebagai contoh (contoh diambil untuk kasus di Amerika Serikat) : dalam musim dingin , sebuah rumah yang *uninsulated* atau yang insulasinya bocor kehilangan panas dalam ruangan sama cepatnya dengan panas yang dihasilkan dari alat pemanas , namun dalam suatu rumah yang *well insulated* atau *airtight* dapat menahan panas selama kurang lebih 5 sampai dengan 10 jam , dan sebuah rumah yang *well designed* dan *super-insulated* dapat menahan panas sampai selama 4 hari (2, p. 53).

Dalam beberapa bangunan dan toko , panas yang terbuang dari penerangan , komputer , dan mesin-mesin ditampung dan didistribusikan untuk mengurangi biaya penghangatan ruangan dalam musim dingin dan sebaliknya pada musim panas ditiup keluar untuk mengurangi biaya pendinginan ruangan pada saat musim panas . Panas terbuang dari kegiatan industri dan kegiatan pembangkit tenaga listrik dapat didistribusikan melalui *insulated pipes* dan dipergunakan sebagai *district heating system* untuk rumah-rumah , rumah kaca , dan kolam ikan yang terletak di sekitarnya , seperti yang dilakukan di beberapa bagian Eropa (2, p. 55).

Cara lain untuk memakai panas-panas yang terbuang yang dihasilkan oleh pabrik-pabrik yang membakar batubara atau bahan bakar lainnya untuk menghasilkan panas atau uap adalah **cogeneration** , produksi dua bentuk energi seperti uap dan listrik dari sumber bahan bakar yang sama. Buangan panas dari *coal-fired* (tempat pembakaran batubara) dan *industrial boilers* lainnya dapat dipakai untuk menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin-turbin dan menghasilkan listrik dengan harga (biaya) lebih murah dibanding kalau “membeli” dari perusahaan penjual listrik. **Cogeneration** banyak diterapkan dibanyak pabrik di Eropa. Bila seluruh *large industrials boilers* di Amerika Serikat menerapkan *cogeneration* , maka sampai tahun 2020 tidak menjadi tidak perlu ada pembangunan pembangkit tenaga listrik (2, p. 55).

**NET USEFUL ENERGY : IT TAKES ENERGY TO GET ENERGY.** Jumlah *high-quality* energi yang dapat digunakan yang dapat diperoleh dari sejumlah tertentu suatu sumberdaya energi disebut sebagai *net useful energy*. *Net useful energy* adalah total energi yang berguna yang tersedia dari suatu sumberdaya sepanjang *lifetime* -nya dikurangi : jumlah energi yang dipergunakan (hukum energi pertama) , yang secara otomatis terbuang (hukun energi ke dua) , dan yang terbuang (walaupun sebenarnya tidak perlu terbuang) dalam proses-proses penemuan , pemrosesan , mengkonsentrasikan , dan mentransportasikannya ke para



pengguna. Sebagai contoh, bila 9 satuan energi fossil fuel diperlukan untuk dapat memasok 10 satuan energi nuklir, matahari atau fossil fuel tambahan, maka *net useful energy* yang diperoleh hanyalah 1 satuan energi (2, p. 55).

Hubungan ini dapat dinyatakan dalam rasio antara energi yang bermanfaat yang dapat dihasilkan terhadap energi yang bermanfaat yang dipergunakan untuk menghasilkannya. Dalam contoh yang diberikan diatas,  $net\ energy\ ratio = 10/9 = 1.1$ . Semakin tinggi nilai rasio, semakin besar *net useful energy* yang dihasilkan. Bila rasio lebih kecil dari 1, maka ada *net energy loss over the lifetime of the system*. Fig. 3-20 memperlihatkan rasio-rasio *net useful energy* beberapa ragam sistem penghangat ruangan, proses-proses industri temperatur tinggi, dan pemakaian bahan bakar gas dan cair untuk transportasi (2, p. 55).

Sejauh ini, minyak memiliki rasio *net useful energy* yang relatif tinggi karena kebanyakan sejauh ini minyak masih dapat diperoleh dari deposit yang banyak dan *accessible* seperti halnya di Saudi Arabia dan bagian-bagian lain Timur Tengah. Walaupun demikian, bila sumber-sumber tersebut telah berkurang (menipis), *net useful energy ratio* dari minyak dapat turun dan harganya menjadi naik. Bila yang demikian ini telah terjadi, akan lebih banyak uang dan *high quality fossil fuel* yang diperlukan untuk dapat menemukan, memproses, dan menyalurkan minyak-minyak baru dari deposit-deposit yang lebih kecil dan sangat tersebar atau dari deposit-deposit yang terdapat lebih dalam di perut bumi, atau dari deposit-deposit yang ada di lokasi-lokasi terpencil, jauh dari lokasi dimana energi tersebut akan dipergunakan (2, p. 55).

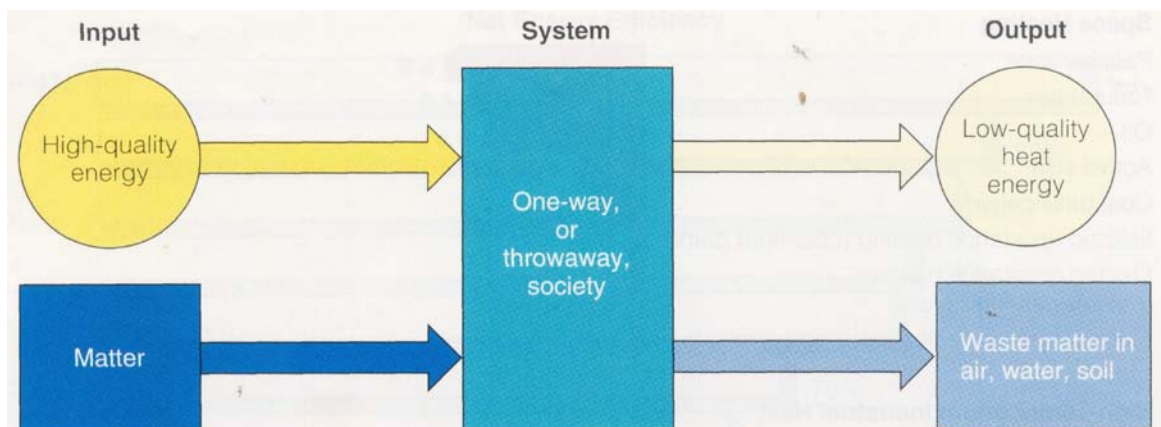


Fig. 3.21. The one way, or throwaway, societies of most industrialized countries is based on maximizing the rates of energi flow and matter, rapidly converting the world's high-quality matter and energi resources into trash, pollution, and low quality heat (2, p. 56)

## 7.8 Matter and Energy Laws and Environmental and Resources Problems.

**THROWAWAY SOCIETIES.** Menurut *law of conservation of matter* dan *second law of energy*, sumberdaya yang dipergunakan oleh masing-masing umat manusia secara otomatis menambah jumlah buangan panas dan buangan zat kedalam lingkungan. Penggunaan sumberdaya-sumberdaya zat dan energi oleh setiap kita secara perorangan (apalagi kalau penilaian mengenai hal ini dilakukan oleh kita sendiri, yang *by nature* banyak tidak mampu menyalahkan diri sendiri atau disalahkan, walaupun sebenarnya salah) akan nampak sangat kecil dan tidak berarti.

**Kalau anda orang Amerika Serikat** , (pada tahun 1992) anda adalah salah seorang dari 1.2 milyar orang perorangan yang hidup di negara industrialis yang memakai sejumlah besar sumberdaya zat dan energi yang terdapat di dunia ini dengan laju yang sangat cepat. Sementara itu , 4.2 milyar jiwa di negara yang masing lebih kurang atau belum berkembang sangat berharap untuk mampu lebih banyak mempergunakan sumberdaya dalam rangka meningkatkan taraf hidupnya , memperkaya dirinya atau membayar utang negeri –nya.

**Kalau anda orang Garut** , anda adalah salah seorang dari .....

Pemakai sumberdaya energi dan zat di dunia ini , setiap tahun –nya , bertambah kurang lebih sejumlah 92 juta jiwa (2, p. 56).

Dewasa ini masyarakat di *advanced industrialized countries* adalah ***throwaway societies*** , *sustaining ever-increasing economic growth by maximizing the rate at which matter and energy resources are used and wasted.*

Hukum-hukum ilmiah zat dan energi menyatakan bahwa : bila semakin banyak orang serta semakin lebih banyak lagi orang terus memakai dan membuang-buang lebih banyak sumberdaya zat dan energi dengan laju yang semakin dipercepat , maka , cepat atau lambat , kapasitas lingkungan lokal , regional , dan global untuk mampu mengencerkan dan menguraikan zat-zat buangan serta menyerap panas-panas buangan akan dilampaui (2, p. 56).

**MATTER-RECYCLING SOCIETIES.** Pemecahan yang dapat menghentikan persoalan seperti yang diuraikan diatas adalah mengubah *throwaway societies* menjadi *mater-recycling societies*. Tujuan dari perubahan ini adalah untuk memungkinkan pertumbuhan ekonomi untuk tetap berlanjut tanpa membuat semakin menipisnya sumberdaya-sumberdaya zat , tanpa menghasilkan polusi yang berlebihan serta mengakibatkan menjadi semakin buruknya lingkungan (2, p. 56).

Dua hukum energi menyatakan bahwa : *recycling matter resources always requires high-quality energy , which cannot be recycled* (2, p. 56).

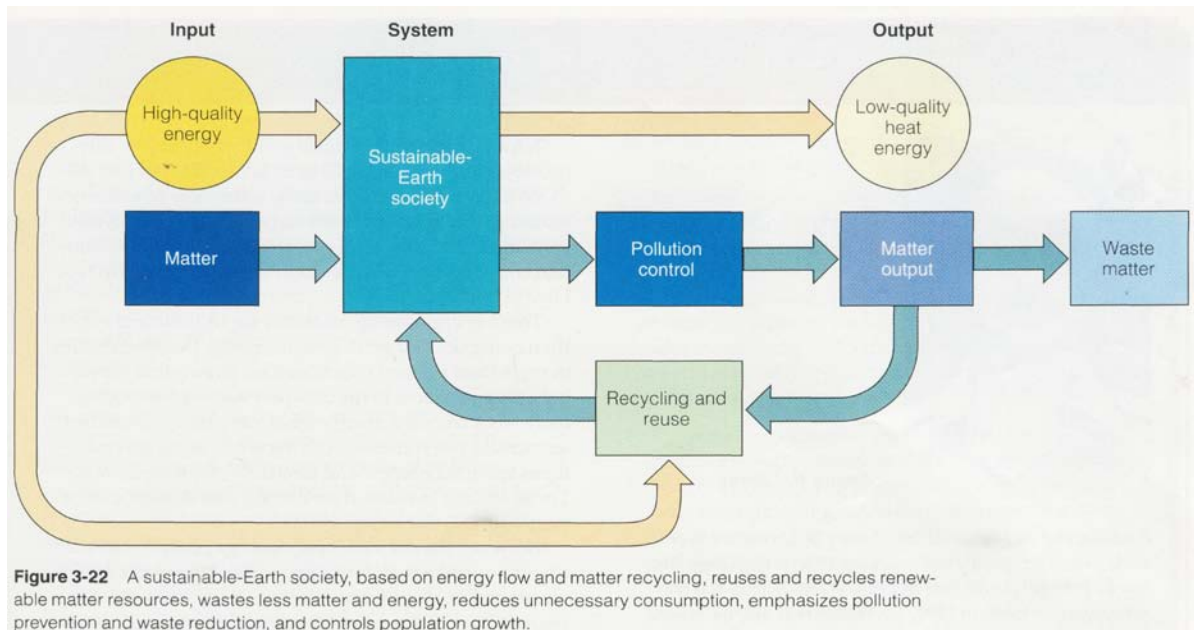
Ketersediaan batubara , minyak , gas alam dan uranium jelas ada batasnya. Ketersediaan bahan bakar minyak yang sejauh ini masih banyak dipakai dan *affordable* dalam beberapa dekade mendatang tidak akan lagi demikian , mungkin habis , mungkin semakin tidak *affordable* (2, p. 56).

Energi surya memang jelas merupakan pemasok energi yang tiada ada habisnya. Yang menjadi masalah adalah jumlah energi surya yang mencapai permukaan bumi di masing-masing menit dan jam adalah rendah dan tidak ada di malam hari (2, p. 56).

Dengan sistem pengumpulan dan penampungan yang sepatutnya , mempergunakan sistem pasif atau aktif untuk mengkonsentrasikan energi surya , sebatas untuk keperluan penyediaan air panas rumah-rumah dan menghangatkan ruangan , memang secara termodinamis dan ekonomis masih baik. Namun untuk dapat tersedianya temperatur tinggi untuk mencairkan logam atau untuk menghasilkan listrik di suatu pembangkit tenaga , energi surya tidak akan *cost-effective* , karena rasio *net useful energy* –nya yang sangat rendah (2, p. 56).

Hukum energi ke dua bermakna : semakin cepat kita mempergunakan lebih banyak energi untuk mentransformasi lebih banyak zat menjadi produk-produk serta untuk dapat men-daurlang produk-produk tersebut , akan semakin cepat sejumlah besar *low-quality heat* dan *waster matter* yang ditumpukkan kedalam lingkungan. Jadi , semakin kita meningkatkan

keinginan untuk “menguasai” dunia , akan semakin besar pula “tekanan atau beban” yang , sadar atau tidak sadar , kita berikan pada lingkungan. Hukum-hukum ilmiah zat dan energi menyiratkan bahwa : **”semua ini ada batasnya”** (2, p. 56).



**SUSTAINABLE-EARTH SOCIETIES.** Tiga hukum ilmiah tentang perubahan-perubahan zat dan energi menyiratkan bahwa pemecahan jangka panjang terbaik permasalahan lingkungan dan sumberdaya adalah bergeser dari *throwaway society* yang berlandaskan pada memaksimalkan aliran zat dan energi (dan , dalam prosesnya , banyak menjadikan sumberdaya-sumberdaya dunia menjadi terbuang sia-sia) menjadi *sustainable-Earth society* (Fig. 3-22) (2, p. 56).

Ciri *sustainable-Earth society* adalah melakukan hal-hal sebagai berikut (2, pp. 57-60) :

- Mempergunakan energi lebih efisien , tidak mempergunakan high-quality energy untuk suatu kerja yang cukup memanfaatkan moderate-quality energy (Fig. 3-9).
- Beralih dari memakai *exhaustible and potentially polluting fossil and nuclear fuels* **ke** memakai *less harmful perpetual and renewable energy* yang diperoleh dari matahari dan siklus dan aliran alami dunia.
- *Recycle and reuse most (at least 80 %) of the matter we now discard as trash.*
- Mengurangi pemakaian dan pembuangan sumberdaya zat dengan membuat segala sesuatu lebih bertahan lama dan lebih mudah untuk di-daur-ulang , dipergunakan ulang , dan diperbaiki. Motto gaya hidup haruslah : *throwaway no , recycle yes , reuse is better , and reduced use is best.*
- Mengupayakan agar populasi manusia tidak semakin padat untuk mengurangi tekanan terhadap *Earth's life-support systems.*

- Lebih menekankan dapat terlaksananya *pollution prevention* dan *waste reduction* ketimbang *pollution cleanup* dan *waste management*.

Tiga hukum ilmiah dasar zat dan energi menyiratkan bahwa : manusia tergantung satu pada yang lainnya dan tergantung pada bagian-bagian alam hidup dan non-hidup lainnya untuk dapat bertahan hidup. Segala sesuatu saling terkait terhadap segala sesuatu yang lainnya , dan semua manusia bersama berada didalamnya (2, p. 60).

## **7.9 Energy in Ecosystem.**

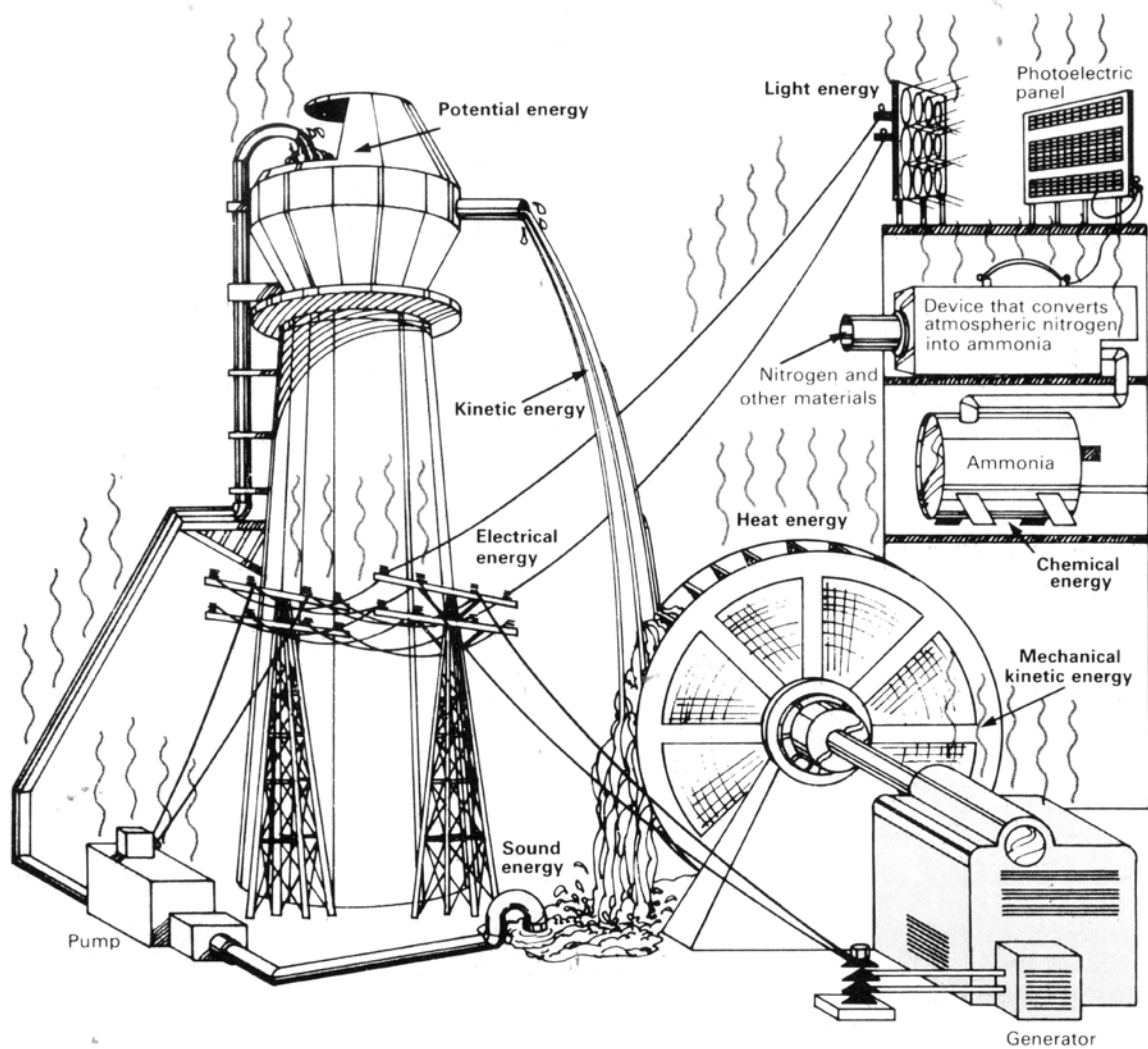
Without energy there would be nothing. Without energy , nothing could walk , fly , prowl , dive , swim , chew , slither , hiss , bark , or grow (3, p. 19).

Energi sulit untuk didefinisikan , dibawah ini akan dimulai dengan pendefinisian yang sederhana kemudian dikembangkan lebih lanjut. Energi adalah kebisaaan (*ability*) untuk melaksanakan kerja. Energi adalah sesuatu , bila diperlengkapi dengan alat yang benar , dapat dikonversi menjadi suatu dorongan. Energi dapat dipakai untuk menggerakkan obyek melawan gaya-gaya yang menahannya sampai sejauh jarak tertentu , dan yang disebut kerja secara kuantitatif dinyatakan sebagai perkalian antara gaya yang menggerakkan obyek dengan sejauh mana obyek tersebut digerakkan. Energi adalah kerja yang tersimpan (3, p. 19).

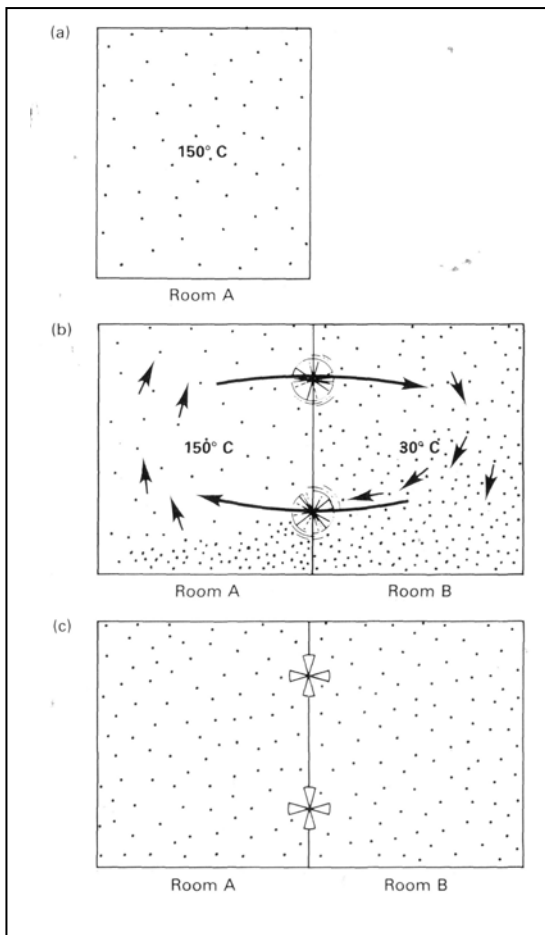
Untuk meninjau hubungan antara energi dengan kerja , energi haruslah didefinisikan menurut dimensi ruang , jarak dan arahnya. Kerja selalu melibatkan pergerakan atau pergeseran suatu tubuh relatif terhadap yang lainnya. Bila sebuah batu diangkat menjauh dari permukaan bumi, jumlah kerja yang dilakukan berlawanan dengan gravitasi dan besarnya = gaya yang dikeluarkan dikali jarak. Bila batu sudah terangkat, maka batu telah memperoleh sejumlah tertentu energi potensial. Bila kemudian batu dilepaskan serta dimungkinkan jatuh tertarik gravitasi , maka energi potensial yang ada tersebut akan dikonversi menjadi energi kinetis (energi gerak) (3, p. 19).

Ada banyak jenis energi , dan hampir seluruhnya diilustrasikan dalam Fig. 2.1. di halaman berikut :





**Figure 2.1 Some of the Forms of Energy and Examples of How They Can Be Converted to Other Forms.** No conversion from one form of energy to another is 100% efficient; some energy is lost as heat. (Actually, since heat is a form of energy, the energy it represents is not lost in the absolute sense.) Heat, which tends to disperse rapidly within a system, is the least useful (harnessable) form of energy. If this were a closed system, all activity in it would quickly come to a halt; all the energy would be converted to heat evenly distributed throughout the system.



**Entropy.** Bila suatu tubuh air , atau sesuatu yang lain , dipanaskan / terpanaskan sampai pada temperatur yang tinggi , energi yang terikat oleh tubuh tersebut , berdasarkan panasnya , tidak akan tersedia untuk dapat melaksanakan kerja kecuali bila didekatnya ada tubuh lain yang tidak terpanaskan yang berfungsi sebagai suatu tempat dengan mana panas dapat digerakkan. Uap hanya dapat menggerakkan mesin bila ada sesuatu di satu tempat sedemikian rupa sehingga uap menjadi dapat mendorong piston. Untuk dapat memperoleh manfaat , energi harus mengalir ; harus ada suatu tempat yang dapat dituju dari tempat asalnya. Kemanfaatan energi dalam melaksanakan kerja , secara langsung terkait dengan bagaimana energi tersebut didistribusikan dalam sistem. Semakin merata panas terdistribusi dalam sistem tertutup , semakin tidak dapat dimanfaatkan panas tersebut untuk kerja. Yang dimaksud dengan **entropy** adalah jumlah energi dalam suatu sistem yang tidak tersedia untuk kerja didalam sistem tersebut (3, pp. 19-20).

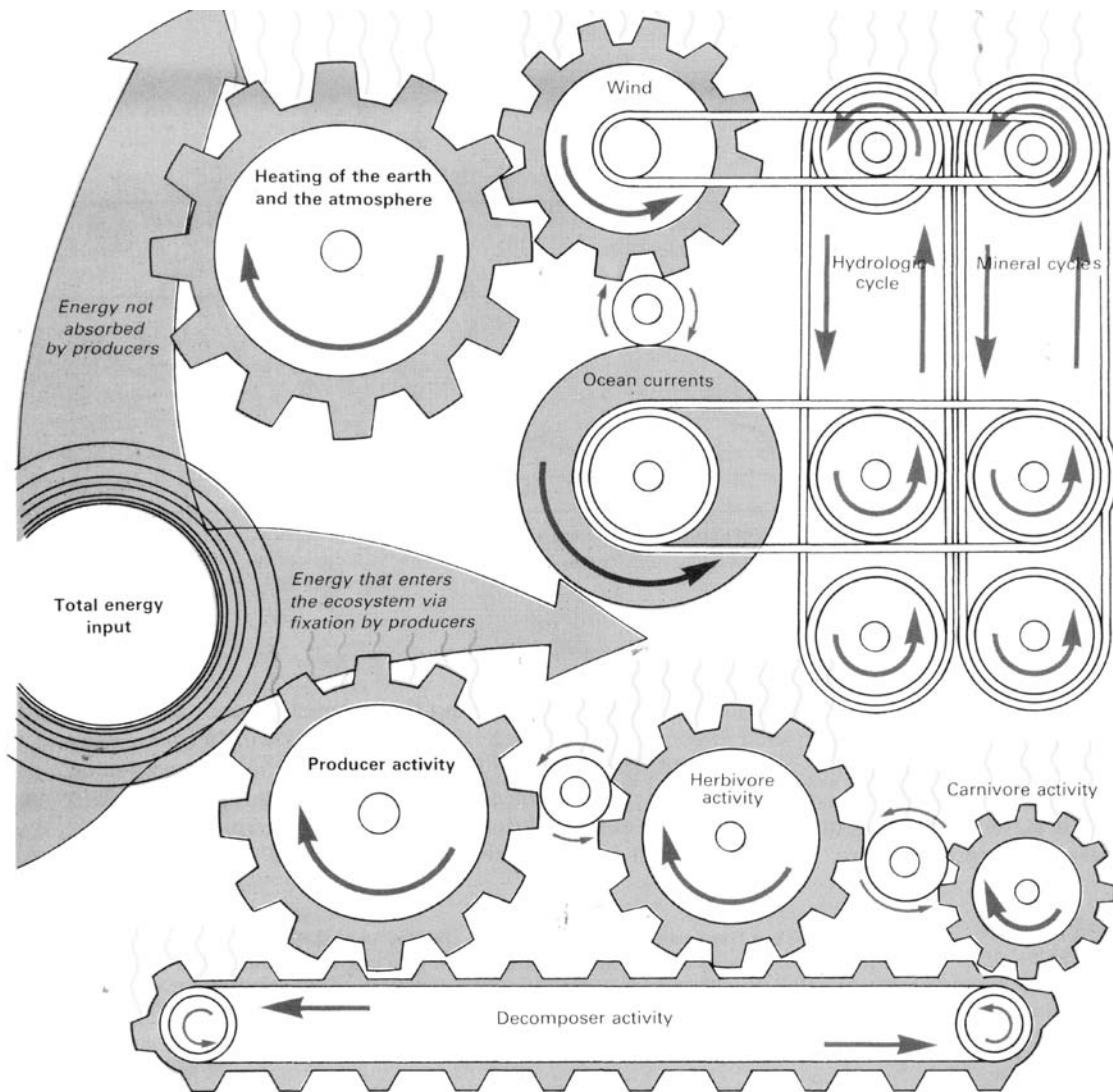
Ilustrasi entropy adalah seperti yang diilustrasikan dalam gambar disamping. Ruang A yang dipanaskan secara merata (a) memiliki energi panas namun tidak ada yang dimanfaatkan untuk kerja. Bila kemudian ruang ini dihubungkan dengan ruang B yang dingin dan antara kedua ruang tersebut dibuat lubang-lubang penghubung di bagian atas dan bawah dinding pemisah (b) , udara yang lebih padat dari ruang B akan mengalir melalui lubang bawah kedalam ruang A. Udara panas di A akan cenderung naik masuk ke ruang B. Bila dipasang kipas di lubang-lubang tersebut , aliran udara dapat dimanfaatkan / dimanfaatkan untuk memutar kipas. Setelah kedua ruangan mempunyai panas yang merata (c) , panas menjadi tidak dapat dimanfaatkan di kedua sistem ruangan tersebut. Kunci untuk dapat memahami entropy atau kemanfaatan energi adalah : dapat melihat : (1) *order* , (2) *dispersion* , dan (3) *randomness*. (3, p. 21).

Panas adalah *random form of energy* (bentuk acak dari energi) karena panas cenderung untuk menjadi tersebar secara cepat (*rapidly dispersed*) (3, p. 21).

Untuk memahami sifat / kelakuan energi dalam sistem kehidupan perlu terlebih dahulu difahami 2 hukum energi, yaitu : hukum termodinamika 1 dan hukum termodinamika 2. Dua hukum ini berlaku untuk seluruh transaksi-transaksi energi di dunia ini , termasuk yang berlangsung dalam tubuh binatang , tumbuhan dan manusia. Hukum termodinamika merupakan dasar prinsip-prinsip bahwa : energi mengalir melalui ecosystems dan ecosystems harus secara berkesinambungan memperoleh pasokan (input) energi (3, p. 22).

Hukum termodinamika 1 menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan oleh proses atau kejadian apapun , namun energi dapat dirubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya . Dalam kata-kata lain , jumlah total energi di alam raya ini atau dalam sistem

tertutup selalu sama , namun proporsi dari berbagai macam bentuk energi yang ada didalamnya dapat berubah-ubah. Atau dalam kata-kata yang lainnya lagi , energi yang kelihatannya hilang , misalnya dalam batere lampu sorot (senter) , sebenarnya masih ada di suatu tempat dalam bentuk lain (3, p. 22).



**Figure 2.7 Almost without Exception, If It Is Happening, the Sun Is Making It Happen.** The earth and its ecosystems can be thought of as rather inefficient interrelated engines, all powered by the sun. Mineral cycles driven by the sun are covered in Chapter 3.

Perhatikan Figure 2.1. di halaman ( no. halaman perlu dikoreksi) 146 , pada gambar tersebut diilustrasikan sejumlah bentuk energi dan beberapa tatanan dengan mana energi di *inter-converted*. Hukum pertama menyatakan bagaimanapun tatanan sistem, dan energi yang manapun yang dikonversi menjadi energi lainnya, total energi dalam sistem tertutup akan tetap sama (3, p. 22).

Hukum termodinamika 2 menyatakan bahwa : diantara beberapa benda, bila dihasilkan sejumlah panas , entropy akan meningkat , pada setiap saat energi dikonversi dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Tidak semua energi dapat dikonversi menjadi kerja , beberapa diantaranya selalu **“hilang”** (hilang dalam tanda kutip) sebagai panas dalam proses dipakainya. Tidak ada konversi energi yang 100 % efisien. Hukum termodinamika ke 2

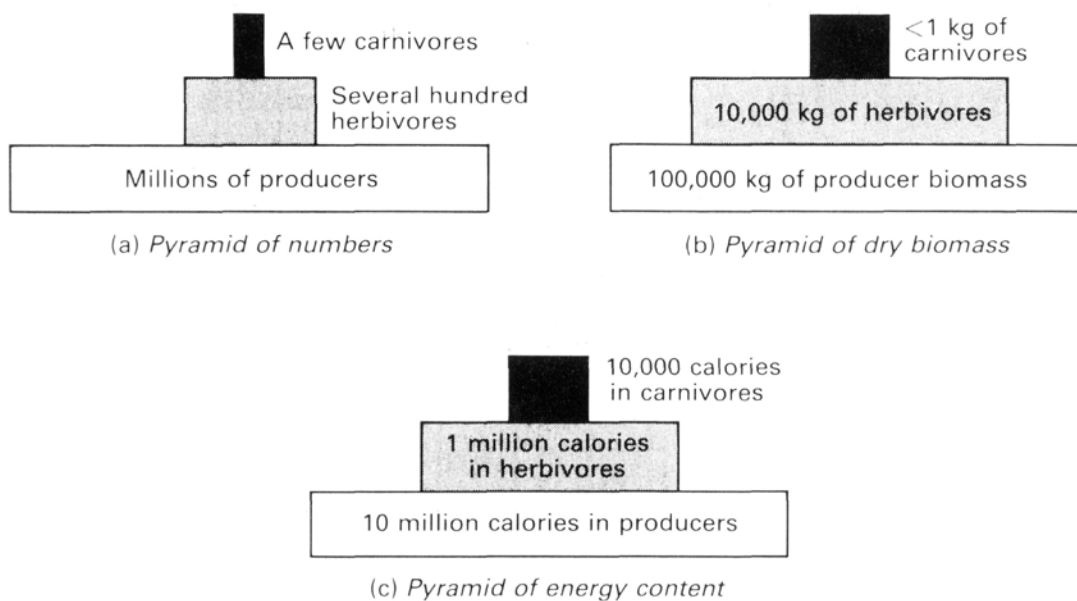
juga menyebutkan bahwa *spontaneous processes* (proses-proses spontan) adalah proses-proses pada mana entropy cenderung meningkat. Transformasi energi (konversi dari satu bentuk ke bentuk lainnya) pada mana entropy dapat menurun / berkurang kemungkinan besar terjadi tidak secara spontan. Tidak bertentangan dengan hukum termodinamika ke 1 bila suatu danau tiba-tiba menjadi dingin beberapa derajat (kehilangan energi panas) dan pada saat yang sama naik beberapa kaki (memperoleh energi potensial). Dalam kasus ini ada energi panas danau yang dikonversi menjadi sejumlah energi potensial yang sama (3, p. 22).

Figure 2.10. di halaman ( no. halaman perlu dikoreksi) 152 *summarizes (menyimpulkan)* bagaimana aliran energi kedalam , melalui , dan keluar dari ecosystems. Tumbuhan memanfaatkan sebagian energi kimiawi yang dihasilkannya untuk kegiatannya sendiri. Pola yang serupa berlaku pada herbivora dan karnivora. Herbivora dan karnivora mengambil sebagian energi yang diperolehnya dan mempergunakannya untuk tumbuh , melakukan kegiatan-kegiatan metabolis , serta melakukan berbagai kegiatan mekanis (3, p. 35).

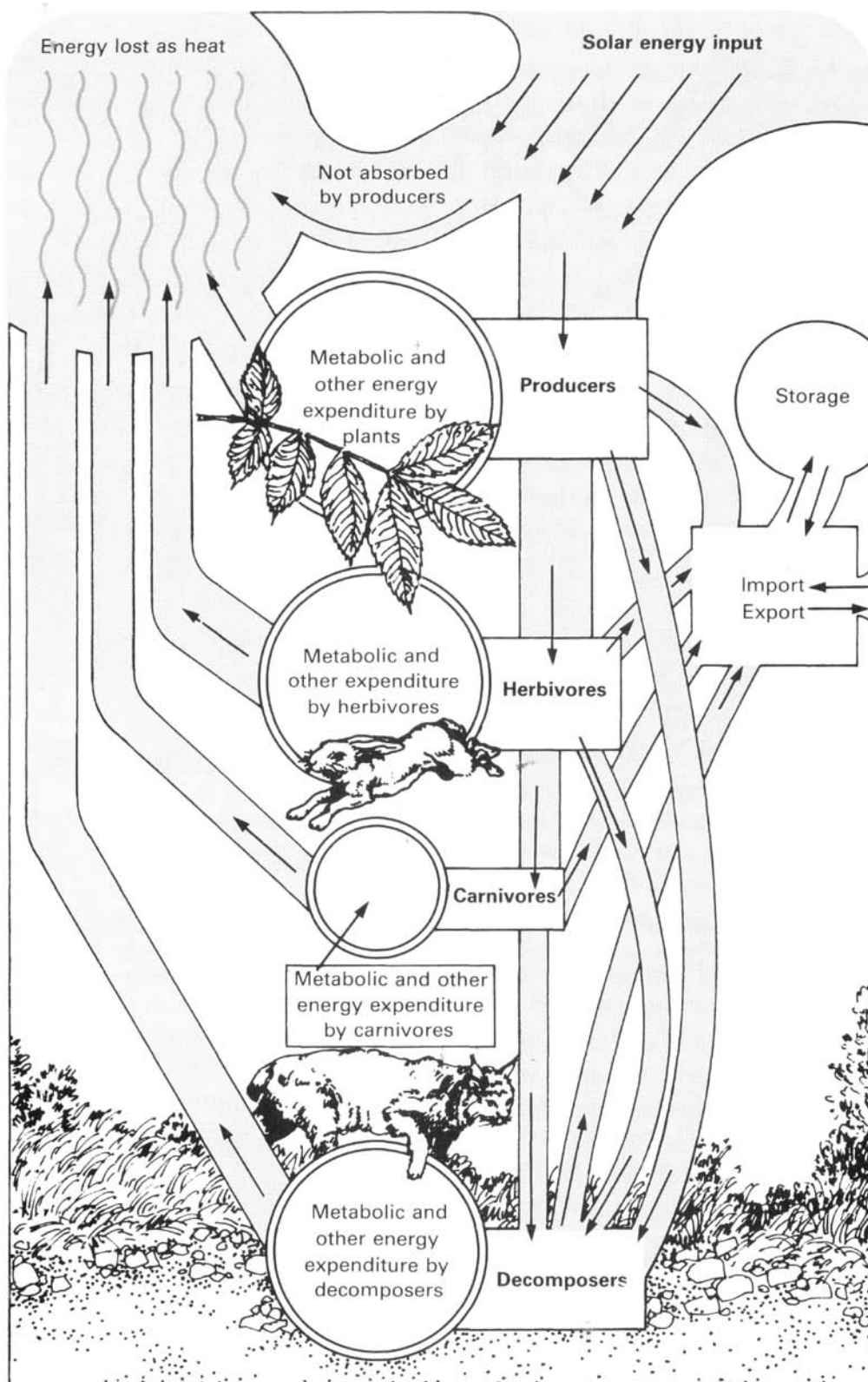
Ada berbagai macam bentuk energi , namun hal yang sama merupakan cirinya adalah : “*ability to do work*” (kebiasaan untuk melaksanakan atau dapat berlangsungnya) kerja). Kerja dapat dipandang sebagai seluruh yang dilakukan oleh tumbuhan atau binatang , berlari , tumbuh , berbuah , berbunga , ..... dst ..... Seluruh makhluk hidup haruslah memiliki sumber-sumber energi agar dapat melakukan apa-apa yang perlu dilakukannya (3, p. 40).

Hukum termodinamika ke 2 pada prinsipnya menyatakan bahwa : begitu energi dalam sistem tertutup dipergunakan , energi tersebut menjadi berkurang kemanfaatannya untuk dapat melakukan kerja (3, p. 40).

**Figure 2.11 The Shape of Ecosystems.** Practically any way of looking at producers and consumers—in terms of numbers, weight, or energy content—yields a pyramid shape that results from the inefficiency of energy transfers, the use of some energy by the members of each trophic level, and the fact that some energy goes directly to decomposers and storage from each level.

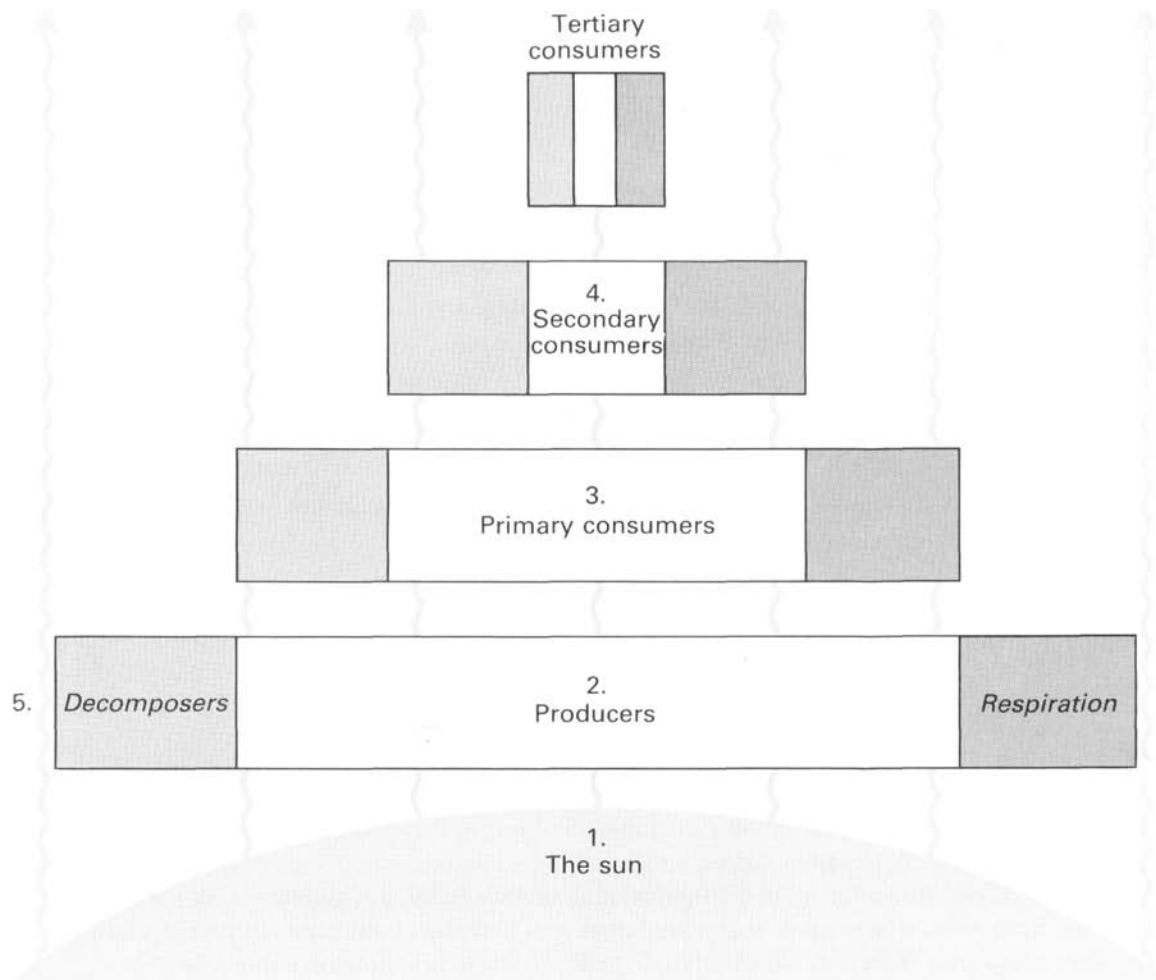






**Figure 2.10 Energy Flow through an Ecosystem.** The amount of energy traveling by each path may vary greatly from one system to another, but the pathways are basically identical.





**Figure 2.12 The Dynamics of the Ecosystem Pyramid.** Energy dissipates as heat as it passes through an ecosystem. 1. Electromagnetic energy comes to an ecosystem from the sun. 2. A small part of solar radiation is changed into chemical energy by producers. 3. Some plant chemical energy ends up in herbivores or primary consumers. 4. Some herbivore chemicals go to carnivores (secondary consumers). 5. Some of the chemical energy at each level goes to decomposers. The organisms at each level also use up some energy for their own metabolic activities. Because of the inefficiency of each energy transfer step, not much energy is left after four or five transfers.