

MATA KULIAH MANAJEMEN ENERGI

KLAS A, JUMAT, 08.00-09.50


Ir. HARWAN AHYADI.MT

081398245069



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN


INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL


 MODUL-1

 Materi tambahan dalam bentuk Vidio

Dalam sajian vidio ini,mohon diperhatikan dan didiskusikan

Pertemuan 2, 25-30 September'20

 Materi tambahan dalam vidio

 Forumdiskusi

Kita diskusikan materi pertemuan ke2 ini dalam **forum** diskusi

 MODUL-2

Pertemuan 3,2 s/d 6 Okt.2020


 Modul-3

 Materi Tambahan

Pertemuan 4,Tgl 09-16 Oktober 2020

 Modul-4

 Materi Tambahan 2


 quiz-1

jawablah quiz pada lampiran dengan benar

 forum disikusi

apa pendapat saudara tentang vidio tsb

Pertemuan 5.16-22 Oktober 2020

 Modul-5 Prosedur audit energi

 Forum

Pertemuan-6,23-29 Oktober 2020

 modul-6

Ujian Tengah Semester

 UTS

Selesaikan soal terlampir

topik 8



REGULASI & STANDAR KONSERVASI ENERGI

- Menjelaskan tentang regulasi yang terkait dengan Konservasi Energi
- Menjelaskan tentang standar Sistem Manajemen Energi yang digunakan sebagai rujukan dalam menerapkan Manajemen Energi
- Menjelaskan tentang kualifikasi personil yang terlibat di dalam Sistem Manajemen Energi
- Mahasiswa diminta untuk mempelajari referensi yang tertera di dalam Daftar Pustaka dan sumber lainnya terkait konservasi energi



KONSERVASI ENERGI: Sistem Manajemen Energi

topik 9



Sistem Manajemen Energi; ISO 50001:2018 - EnMS

Menjelaskan tentang Sistem Manajemen Energi berdasarkan ISO 50001:2018, yang terdiri dari ;

- Pemanfaatan energi & mengapa energi perlu dikelola
- Manfaat sistem
- Struktur/klausul sistem
- Metode/tahapan sistem
- Penjelasan tiap klausul

topik 10

Prinsip Hemat Energi

Menjelaskan tentang prinsip-prinsip penghematan dalam pemanfaatan energi, melalui langkah-langkah:

- Mencegah terjadinya kerugian (losses) energi dalam pemanfaatannya
- Melakukan pemeliharaan
- Daur ulang panas buang
- Inovasi peralatan pengguna energi
- Optimasi peralatan pengguna energi

Test Pemahaman Materi

- Test ini dimaksudkan untuk mengetahui penyerapan dan pemahaman mahasiswa setelah diberikan materi; Regulasi & Konservasi Energi, Sistem Manajemen Energi – ISO 50001:2018, dan Prinsip Hemat Energi.
- Sumber jawaban tidak terbatas pada paparan materi kuliah yang telah diberikan, tetapi mahasiswa dapat menggunakan referensi yang dicantumkan pada materi kuliah, dan sumber-sumber lain yang kredibel dan mutakhir terkait Konservasi Energi dan Sistem Manajemen Energi.
- Jawaban **terakhir dikumpulkan** pada; **Selasa, 8 Desember 2020 – 21.00 wib**

topik 12

Perencanaan SME

Materi ini membahas tentang bagaimana melakukan perencanaan di dalam SME. Pada tahapan ini akan ditetapkan Tujuan, Target dan Rencana Aksi.

Dalam tahapan ini langkah-langkah yang harus dilakukan adalah;

- Melakukan tinjauan energi
- Menetapkan indikator kinerja energi (EnPI) pada organisasi
- Menetapkan *baseline* energi
- Menetapkan target penghematan energi
- Menetapkan rencana aksi peningkatan kinerja energi

topik 11

Kebijakan Energi

Kebijakan Energi merupakan landasan bagi implementasi Sistem Manajemen Energi. Kebijakan digunakan untuk menetapkan;

- Tujuan
- Target, dan
- Rencana Aksi

Akan dijelaskan tahapan menentukan Kebijakan, peran dan tanggung jawab Manajemen puncak dan Tim Energi

topik 12

Perencanaan SME

Materi ini membahas tentang bagaimana melakukan perencanaan di dalam SME. Pada tahapan ini akan ditetapkan Tujuan, Target dan Rencana Aksi.

Dalam tahapan ini langkah-langkah yang harus dilakukan adalah;

- Melakukan tinjauan energi
- Menetapkan indikator kinerja energi (EnPI) pada organisasi
- Menetapkan *baseline* energi
- Menetapkan target penghematan energi
- Menetapkan rencana aksi peningkatan kinerja energi

topik 13

Melaksanakan EnMS

Penerapan EnMS pada hakikatnya adalah melakukan operasi sehari-hari secara berkelanjutan.

Pada materi ini akan dijelaskan bagaimana melaksanakan rencana aksi yang telah ditetapkan pada langkah sebelumnya.

Implementasi rencana aksi dilakukan dengan memperhatikan aspek berikut ini;

- Menetapkan kebutuhan sumber daya manusia
- Menentukan kriteria kinerja energi
- Mengendalikan parameter operasi yang berpengaruh terhadap kinerja energi
- Mengkomunikasikan kinerja energi dan sistem manajemen energi

topik 14

Pemeriksaan Proses EnMS

Pada materi ini akan dijelaskan bagaimana melakukan pemeriksaan (monitoring) pelaksanaan EnMS, melalui langkah-langkah sebagai berikut;

- Melakukan monitoring, pengukuran, analisis dan evaluasi kinerja energi
- Melakukan evaluasi kepatuhan terhadap peraturan dan persyaratan EnMS
- Melakukan audit internal sistem manajemen
- Melaksanakan review manajemen

topik 15

Tinjauan Manajemen

Dalam materi ini akan dijelaskan bagaimana melakukan Tinjauan Manajemen, melalui;

- Menyiapkan input untuk tinjauan manajemen
- Melaksanakan pertemuan/rapat tinjauan manajemen
- Membuat laporan tinjauan manajemen

topik 16

Ujian Akhir Semester

Mata Kuliah : **Manajemen Energi (P)**

Dosen : **Muhammad Firdausi**

Hari/tanggal : **Januari 2021**

Sifat Ujian : **take home**

Dikumpul : **Selasa, 25 Januari 2021 - sebelum 11.00 wib**



Sumber Energi Baru dan
Terbarukan

MODUL 2

Energi

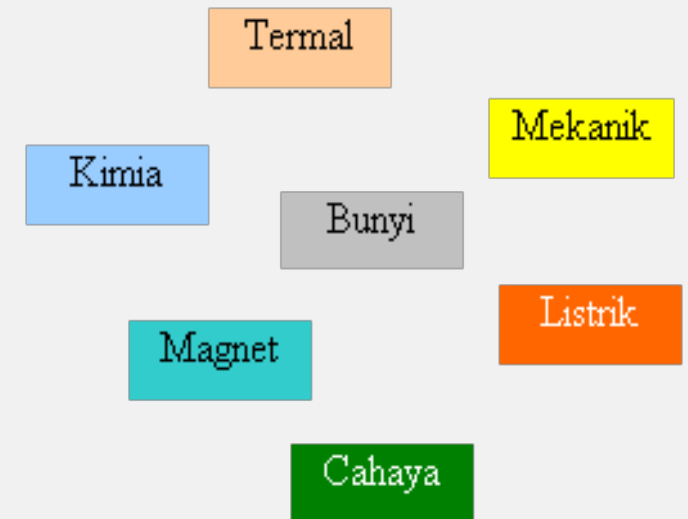
- Definisi energi : kapasitas untuk melakukan usaha/kerja.
- Hukum-I Termodinamika (hukum kekekalan energi) : energi tidak bisa diciptakan atau dimusnahkan tapi hanya bisa dikonversi dari suatu bentuk ke bentuk lain → berbagai bentuk energi bisa saling dikonversikan dan jumlah total energinya tidak berubah.
- Bentuk-bentuk energi : energi mekanik, termal, bunyi, kimia, elektromagnetik dlsb.

Hukum I Termodinamika

Kekekalan Energi

Energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk lain

Bentuk-bentuk Energi



Energi

- Hukum-II Termodinamika : total entropi dari suatu sistem dan lingkungannya cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya waktu → Energi yang bisa dimanfaatkan (energi berguna) akan menurun ketika proses berlangsung → Setiap transformasi energi akan menyebabkan penurunan energi berguna.
- Secara teoritis, ketersediaan energi berguna pasti akan menurun, namun laju penurunannya akan menjadi sangat cepat apabila pemanfaatan energi tidak dikelola secara cerdas → energi perlu dihemat.

Entropi : besaran termodinamika yang mengukur energi dalam sistem per satuan temperatur yang tak dapat digunakan untuk melakukan usaha.

Hukum II Termodinamika PENURUNAN ENERGI BERGUNA



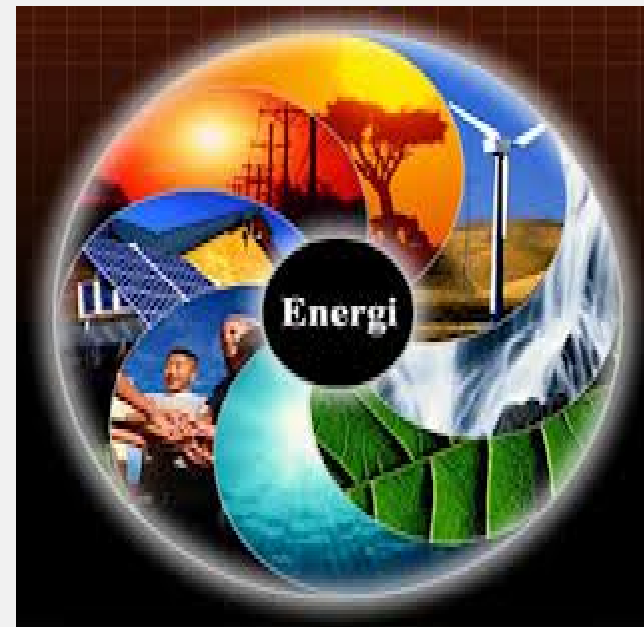
Klasifikasi Energi

Energi secara umum dibagi dalam 2 bagian :

- *Transitional energy* : energi yang bergerak dan bisa berpindah melintasi suatu batas sistem.
- *Stored Energy*, Energi tersimpan yang berwujud sebagai massa, posisi dalam medan gaya dll.

Kategori Energi :

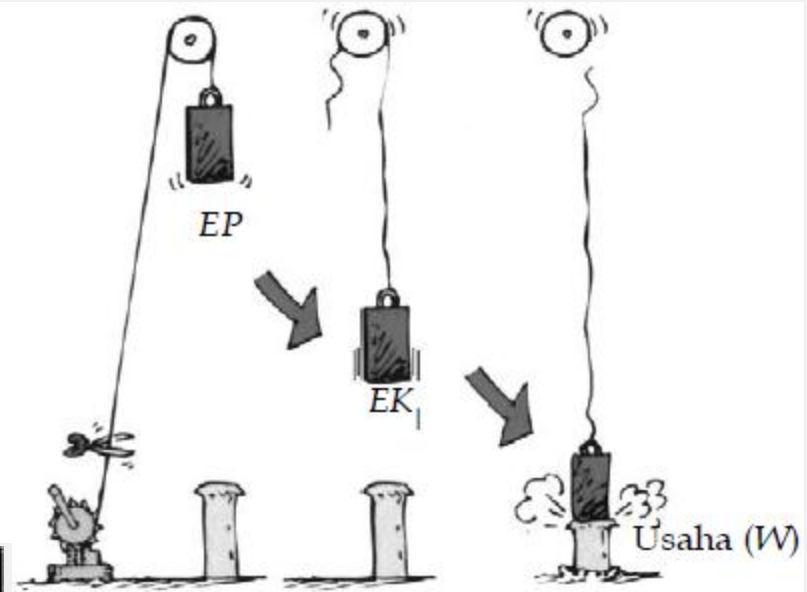
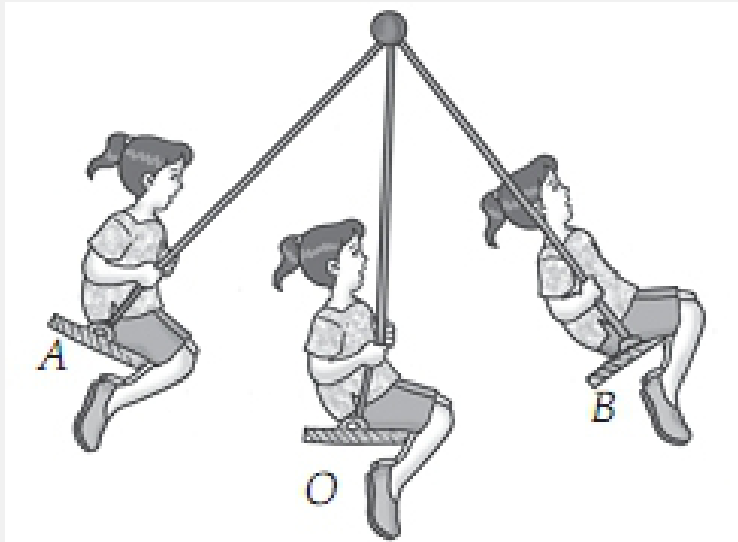
- Energi Mekanik
- Energi Listrik
- Energi Elektromagnetik
- Energi Kimia
- Energi Nuklir
- Energi Thermal (Panas)



Energi Mekanik

- Energi mekanik : energi yang dimiliki suatu benda karena sifat geraknya.
- Energi mekanik terdiri dari energi potensial dan energi kinetik.
- Energi potensial : energi yang dimiliki benda karena posisinya (kedudukan) terhadap suatu acuan.
- Energi potensial bumi (E_p) tergantung pada massa benda (m), gravitasi bumi (g) dan ketinggian benda (h).

$$E_p = m.g.h$$



Sumber: *conceptual physics*, 1998



Energi Kinetik

- Energi kinetik : energi yang dimiliki benda karena geraknya.
- Makin besar kecepatan benda bergerak makin besar energi kinetiknya dan semakin besar massa benda yang bergerak makin besar pula energi kinetik yang dimilikinya.
- Secara matematis bisa dirumuskan:

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

Energi Listrik

- Energi Listrik : kemampuan yang diperlukan untuk memindahkan muatan dari satu titik ke titik yang lain. → usaha listrik
- Besarnya energi listrik :

$$W = Q.V$$

di mana W = Energi listrik (Joule), Q = Muatan listrik (Coulomb), V = Beda potensial (Volt)

- Karena $I = Q/t$ dan $V = I.R$ maka :

$$W = (I.t).V \quad W = V.I.t$$

$$W = I.R.I.t \text{ atau}$$

$$W = I^2R t$$

Energi Elektromagnetik (E.M)

- Bentuk energi yang berkaitan dengan radiasi E.M → biasanya dinyatakan dalam satuan energi yang sangat kecil seperti (eV) atau (MeV).
- Radiasi E.M merupakan bentuk energi murni dan tidak berkaitan dengan massa → Radiasi ini hanya sebagai energi transisional yg bergerak dgn kecepatan cahaya (c)
- Energi E.M merambat dalam bentuk gelombang dengan beberapa parameter yang bisa diukur, yaitu: panjang gelombang, frekuensi, amplitudo, kecepatan.

Energi Elektromagnetik (E.M)

- Energi E.M diradiasikan oleh semua massa di alam dengan level yang berbeda-beda. Semakin tinggi level energi dalam suatu sumber, semakin pendek panjang gelombangnya dan semakin tinggi frekuensinya.

- Energi E.M :

$$E = hf$$

di mana : E = energi (Joule)

h = konstanta Planck ($6,626 \times 10^{-34} \text{J.s}$)

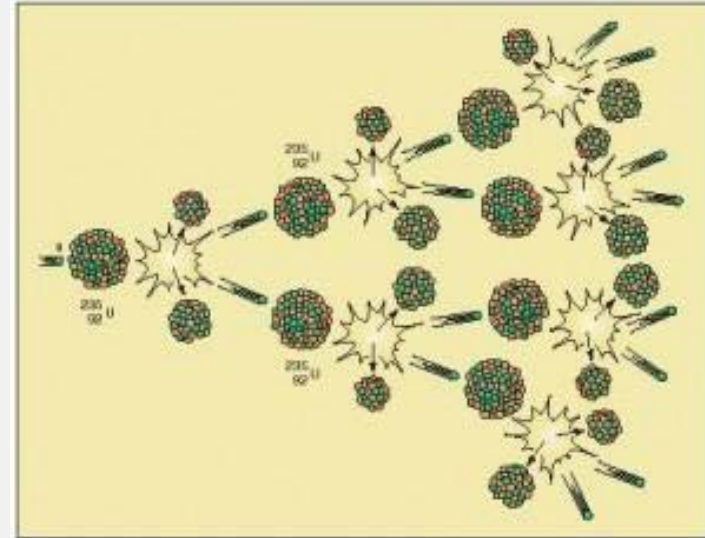
f = frekuensi (Hz)

Energi Kimia

- Energi kimia : energi yang keluar sebagai hasil interaksi elektron dimana dua atau lebih atom dan molekul² berkombinasi menghasilkan senyawa kimia yang stabil.
- Energi kimia hanya bisa terjadi dalam bentuk energi tersimpan (*stored energy*) yang jika dilepaskan dalam suatu reaksi kimia, reaksi tsb dinamakan reaksi eksotermis.
- Energi yang dilepaskan umumnya dinyatakan dlm satuan kalori atau British thermal unit (BTU).

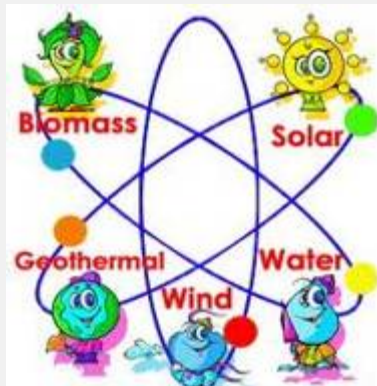
Energi Nuklir

- Energi nuklir : energi yang dihasilkan melalui dua macam mekanisme, yaitu pembelahan inti atau reaksi **fisi** dan penggabungan beberapa inti melalui reaksi **fusi**.
- Reaksi fisi uranium menghasilkan neutron selain dua buah inti atom yang lebih ringan. Neutron ini bisa menumbuk (diserap) kembali oleh inti uranium untuk membentuk reaksi fisi berikutnya
- Mekanisme ini terus terjadi dalam waktu yang sangat cepat membentuk reaksi berantai tak terkendali. Akibatnya, terjadi pelepasan energi yang besar dalam waktu singkat.



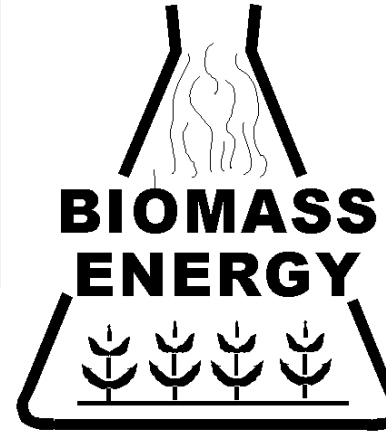
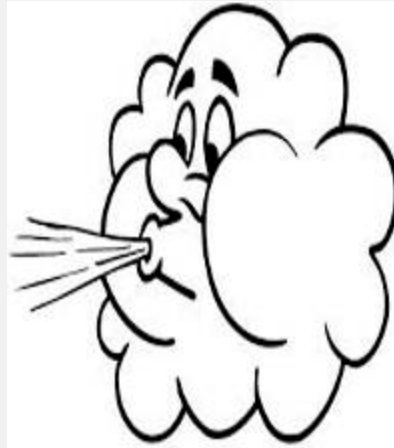
Energi Baru dan Terbarukan

- Energi baru terbarukan : energi yang sumbernya bisa dengan cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan.
 - Energi nuklir dan bahan bakar fosil (minyak dan batubara) **tidak** termasuk !
- Energi berkelanjutan : semua energi terbarukan sudah pasti merupakan energi berkelanjutan, karena senantiasa tersedia di alam dalam waktu yang relatif sangat panjang.



Sumber Utama Energi Terbaharui

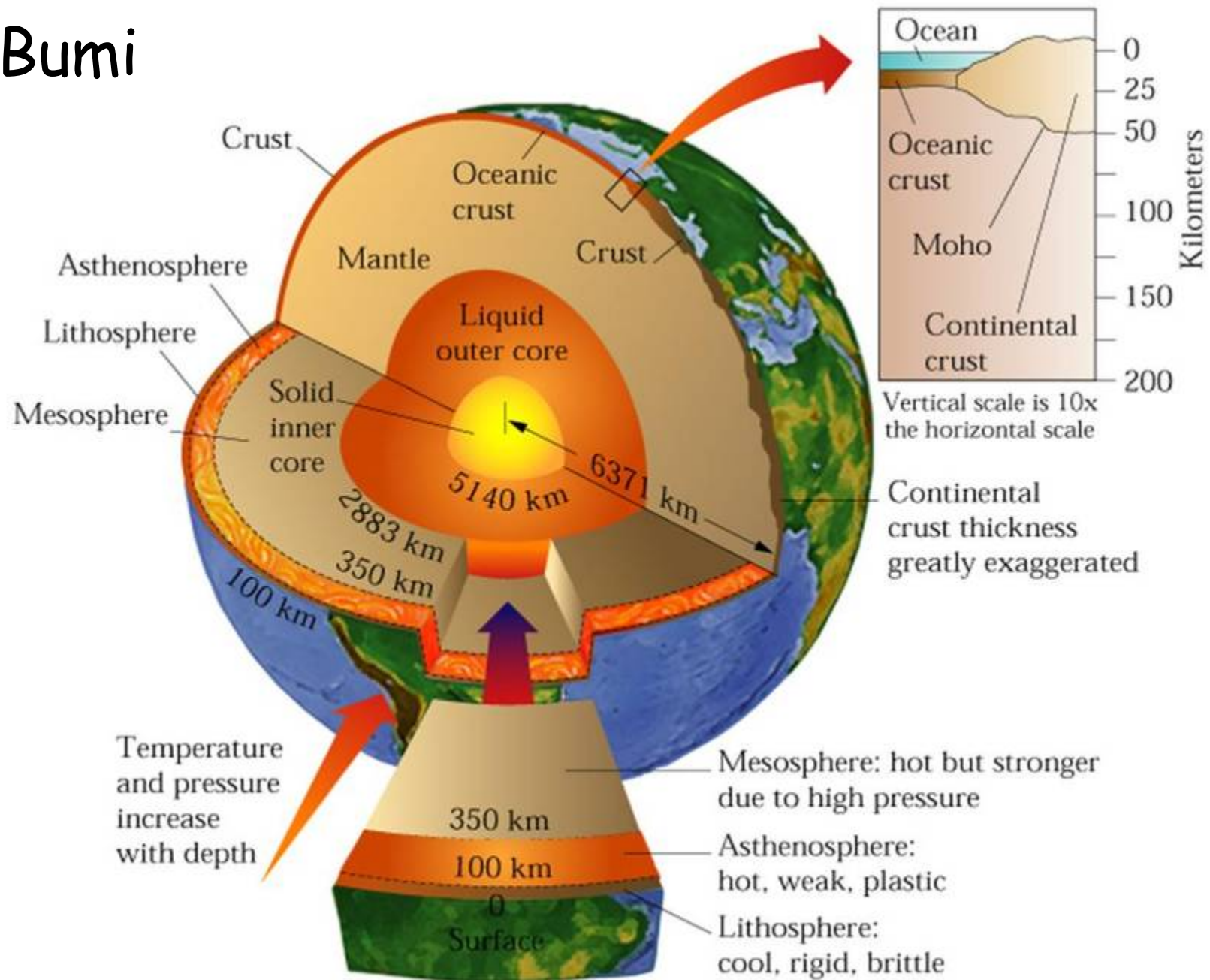
- Energi panas bumi
- Energi surya
- Energi angin
- Tenaga air
- Biomassa
- Bahan bakar bio cair
- Biomassa padat
- Biogas



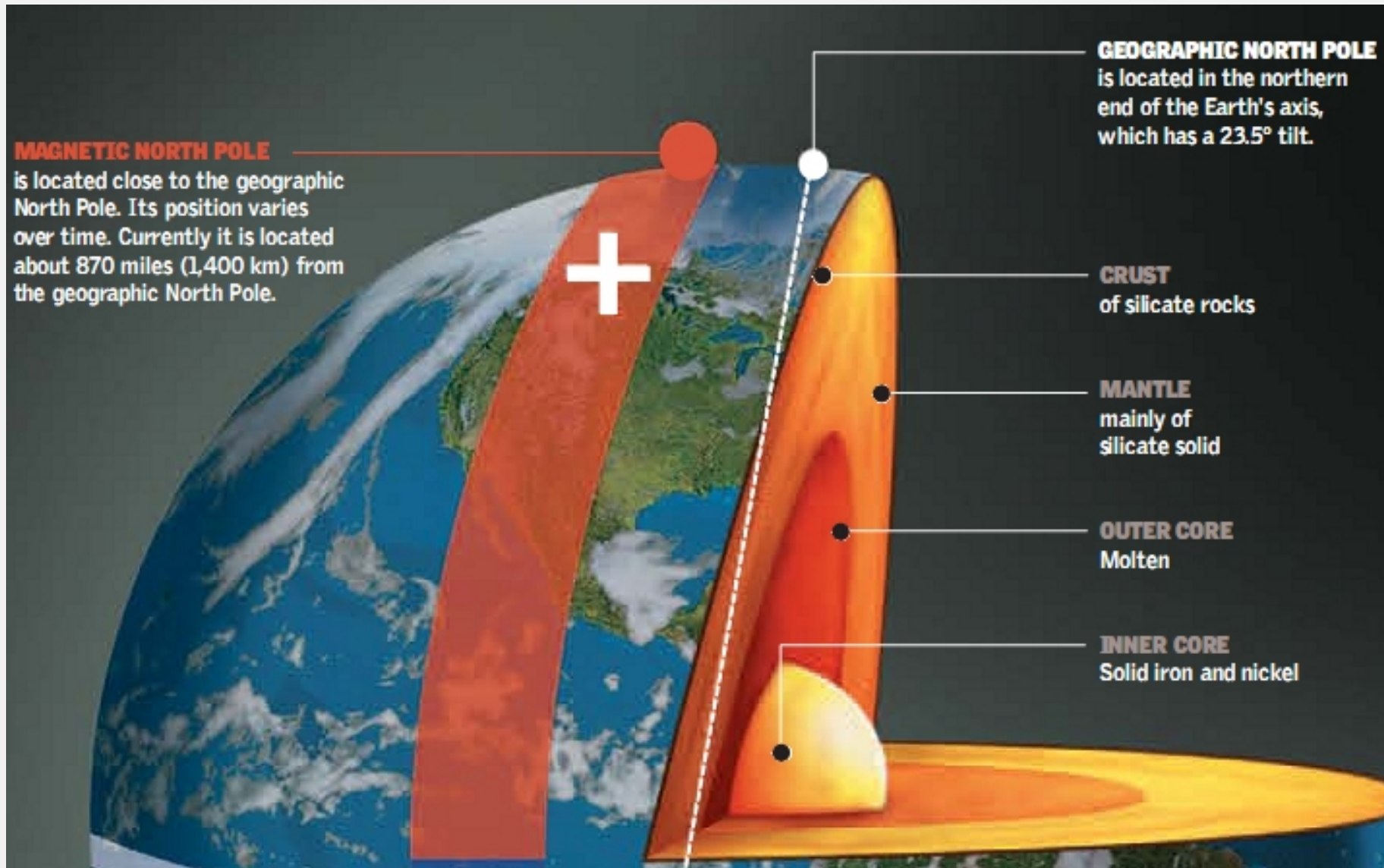
Energi Panas Bumi

- Panas bumi : suatu bentuk energi panas atau energi termal yang dihasilkan dan disimpan di dalam bumi.
- Energi panas bumi terutama berasal dari peluruhan radioaktif di pusat Bumi, yang membuat Bumi panas dari dalam.
- Secara total energi panas bumi berasal dari energi hasil pembentukan planet (20%) dan peluruhan radioaktif dari mineral (80%).
- Temperatur inti bumi mencapai $> 4300^{\circ} \text{C}$. Panas mengalir secara konduksi menuju bebatuan sekitar inti bumi.
- Panas ini menyebabkan bebatuan meleleh, membentuk magma. Magma mengalirkan panas secara konveksi dan bergerak naik karena magma yang berupa bebatuan cair memiliki massa jenis yang lebih rendah dari bebatuan padat.
- Magma memanaskan kerak bumi dan air yang mengalir di dalam kerak bumi, memanaskannya hingga 300°C . Air yang panas ini menimbulkan tekanan tinggi sehingga air keluar dari kerak bumi.

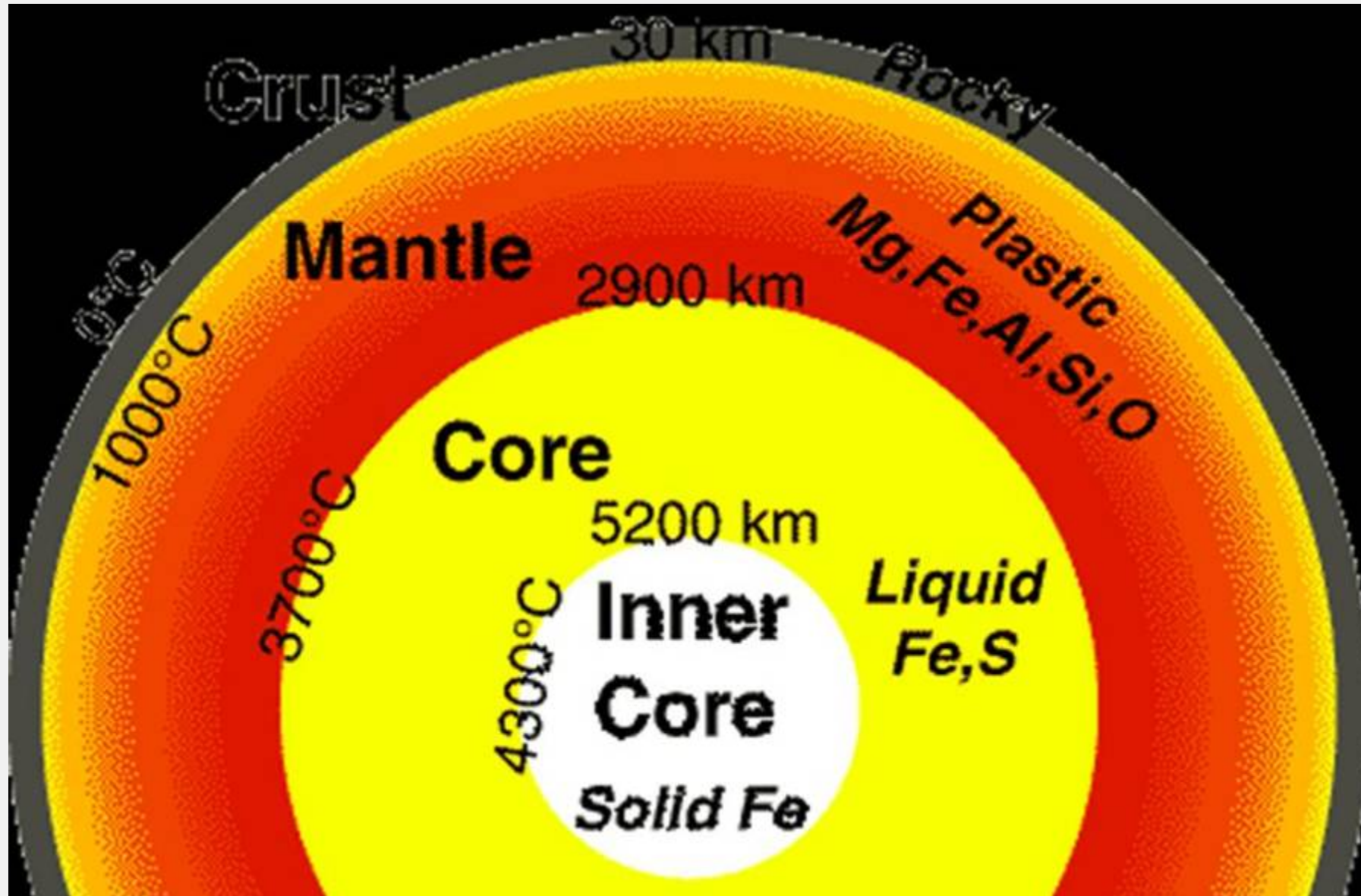
Bumi



Bumi



Bumi



Energi yang Terkandung pada Panas Bumi

Panas bumi disebabkan oleh :

1. Tekanan yang amat besar dari gravitasi bumi.
 2. Proses nuklir → Bumi banyak mengandung bahan radioaktif seperti Uranium-238, Uranium-235, Thorium-232.
- Energi panas yang mencapai permukaan bumi rata-rata 400 kCal/m^2 per tahun.
 - Energi rata-rata saat matahari mencapai titik kulminasi bisa mencapai lebih dari 1.000 W/m^2 .
 - Uap panas bisa dibor dan digunakan untuk memutar turbin dan menghasilkan energi listrik.

Perkiraan Potensi Energi Panas Bumi

Metode Perry :

$$E = D \times Dt \times P \quad \text{Kcal per detik}$$

Di mana : E = energi (kCal/det), D = debit (L/det), Dt = perbedaan suhu permukaan antara air panas dan air dingin ($^{\circ}\text{C}$), P = panas jenis (kCal/kg).

Metode Bandwell :

$$E = M (h_1 - h_2) \text{ Kwh}$$

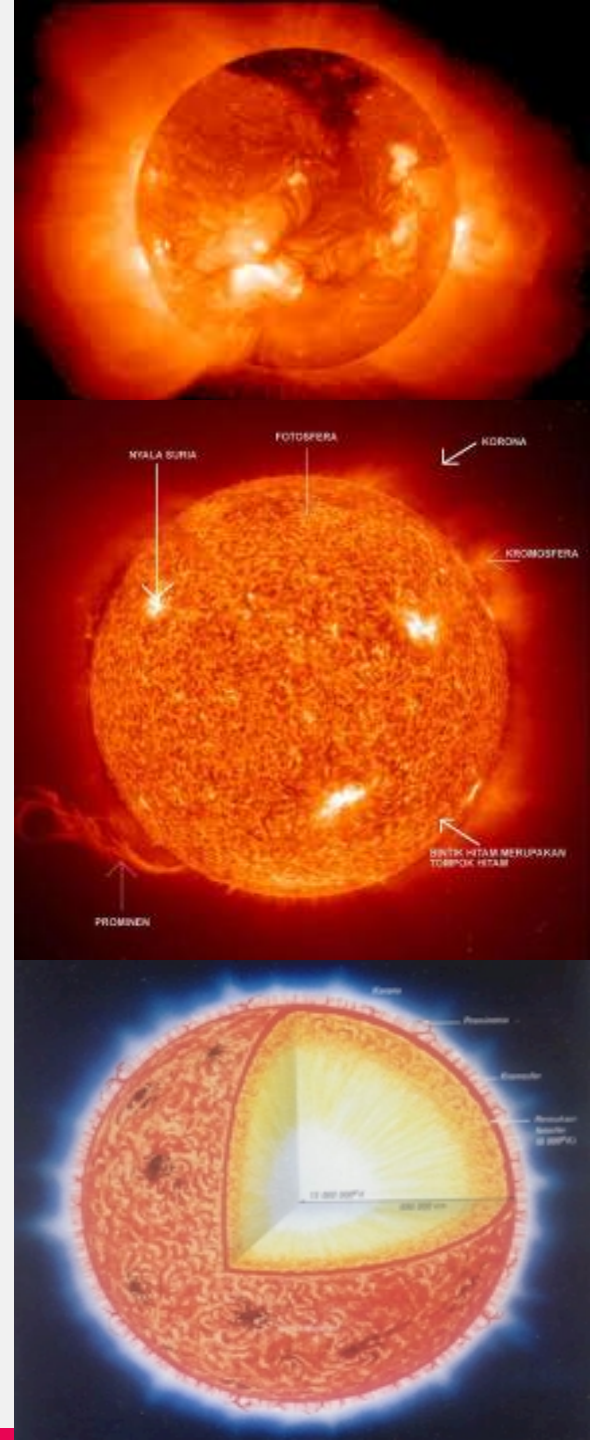
Di mana : E = energi panas (kWh), M = massa uap dan cairan dari panas bumi (kg), h_1 = entalpi uap pada suhu t_1 (BTU/lb), h_2 = entalpi uap pada suhu t_2 (BTU/lb).

Entalpi : jumlah energi internal suatu sistem termodinamika ditambah energi yang digunakan untuk melakukan kerja.

Energi Surya

Energi yang terkandung pada cahaya surya :

- Matahari adalah pabrik tenaga nuklir dengan proses fusi yg mengubah 4ton massa hidrogen menjadi helium tiap detiknya dan menghasilkan energi 1020 kWJoule/detik.
- Potensi energi surya sangat bergantung pada posisi kedudukan matahari dengan koordinat wilayah tersebut dipermukaan bumi → berubah tiap waktu, sudut datang, tergantung kondisi atmosfer.



Energi Surya

- Pada waktu cahaya melintasi atmosfer, sebagian energi terserap.
- Besarnya penurunan energi sepanjang garis lintang ini ditentukan oleh konstanta penurunan energi (*extinction coefficient*) B .

$$I_{DN} = A \exp\left(-\frac{P}{P_0} \frac{B}{\cos \theta_z}\right) \text{ dengan } \frac{P}{P_0} = \exp(-0.00001184H)$$

Dimana: I_{DN} = radiasi langsung (W/m^2), A , B = tetapan, H = ketinggian suatu tempat di atas permukaan laut (m), P/P_0 = nisbah tekanan di suatu tempat terhadap tekanan atmosfer baku, θ_z = sudut datang terhadap normal, zenith (derajat)

- Konstanta B sangat bergantung pada kejernihan atmosfer sedangkan besarnya konstanta A dan B dapat dilihat pada Tabel 1.
- Perhitungan energi global pada keadaan cerah harus ditambahkan sebesar 5-10% karena adanya radiasi baur.

Tabel 1. Nilai konstanta A,B dan C

| Tanggal | Hari Ke- | Φ | A (W/m^2) | B | C | Persamaan Waktu (menit) |
|--------------|----------|--------|------------------|-------|-------|-------------------------|
| 21 Januari | 19.85 | -20 | 1230 | 0.142 | 0.058 | -11.2 |
| 21 Februari | 54.06 | -10 | 1215 | 0.144 | 0.060 | -13.9 |
| 21 Maret | 80.00 | 0.0 | 1186 | 0.156 | 0.071 | -7.5 |
| 21 April | 110.47 | +11.6 | 1136 | 0.180 | 0.097 | +1.1 |
| 21 Mei | 140.15 | +20.0 | 1104 | 0.196 | 0.121 | +3.3 |
| 21 Juni | 172.50 | +23.45 | 1088 | 0.205 | 0.134 | -1.4 |
| 21 Juli | 201.84 | +20.60 | 1085 | 0.207 | 0.136 | -6.2 |
| 21 Agustus | 232.49 | +12.30 | 1107 | 0.201 | 0.122 | -2.4 |
| 21 September | 265.00 | +0.00 | 1150 | 0.177 | 0.092 | +7.5 |
| 21 Oktober | 292.34 | -10.50 | 1192 | 0.160 | 0.073 | +15.4 |
| 21 Nopember | 324.20 | -19.80 | 1221 | 0.149 | 0.063 | +13.8 |
| 21 desember | 357.50 | -23.45 | 1233 | 0.142 | 0.057 | +1.6 |

Sumber: Duffie&Beckman, 1981

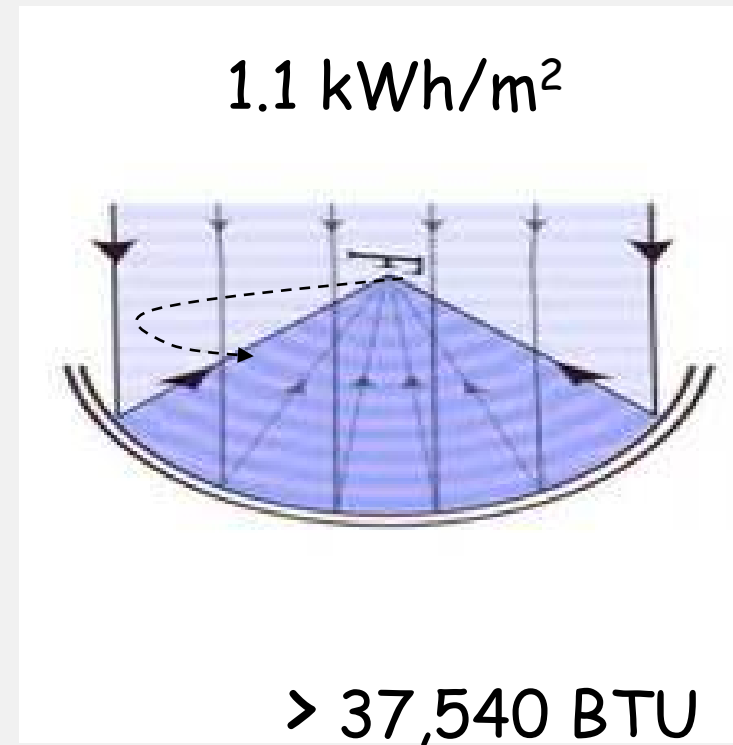
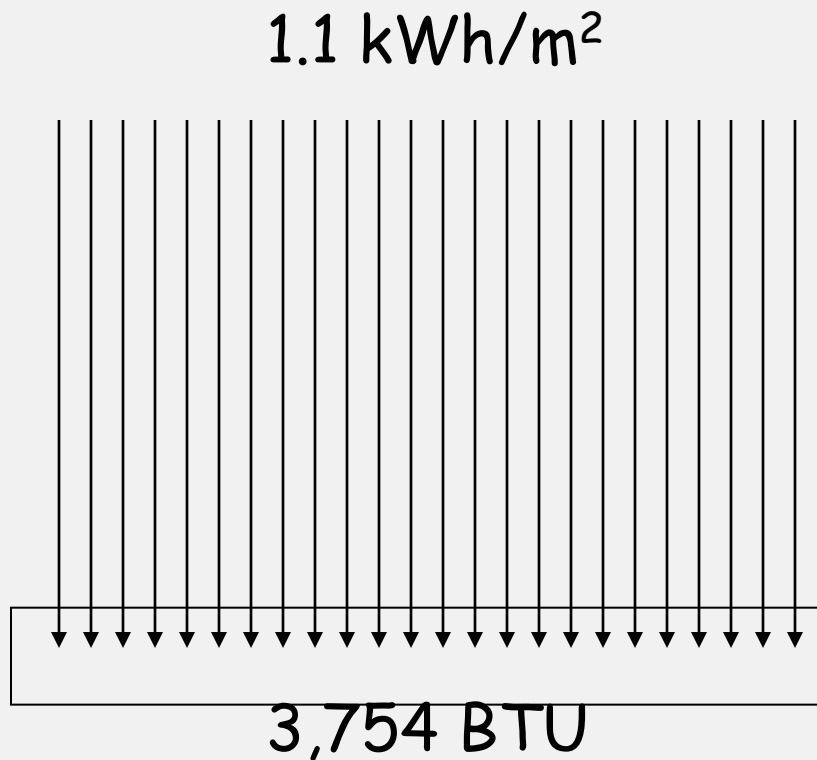
Konversi Energi Surya

1. Konversi cahaya menjadi energi panas.
2. Konversi cahaya menjadi energi listrik.



Konversi Cahaya ke Energi Panas

- Konversi cahaya matahari menjadi kalor tergantung pada metodenya : langsung atau dikonsentrasikan/ dipumpunkan (difokuskan).

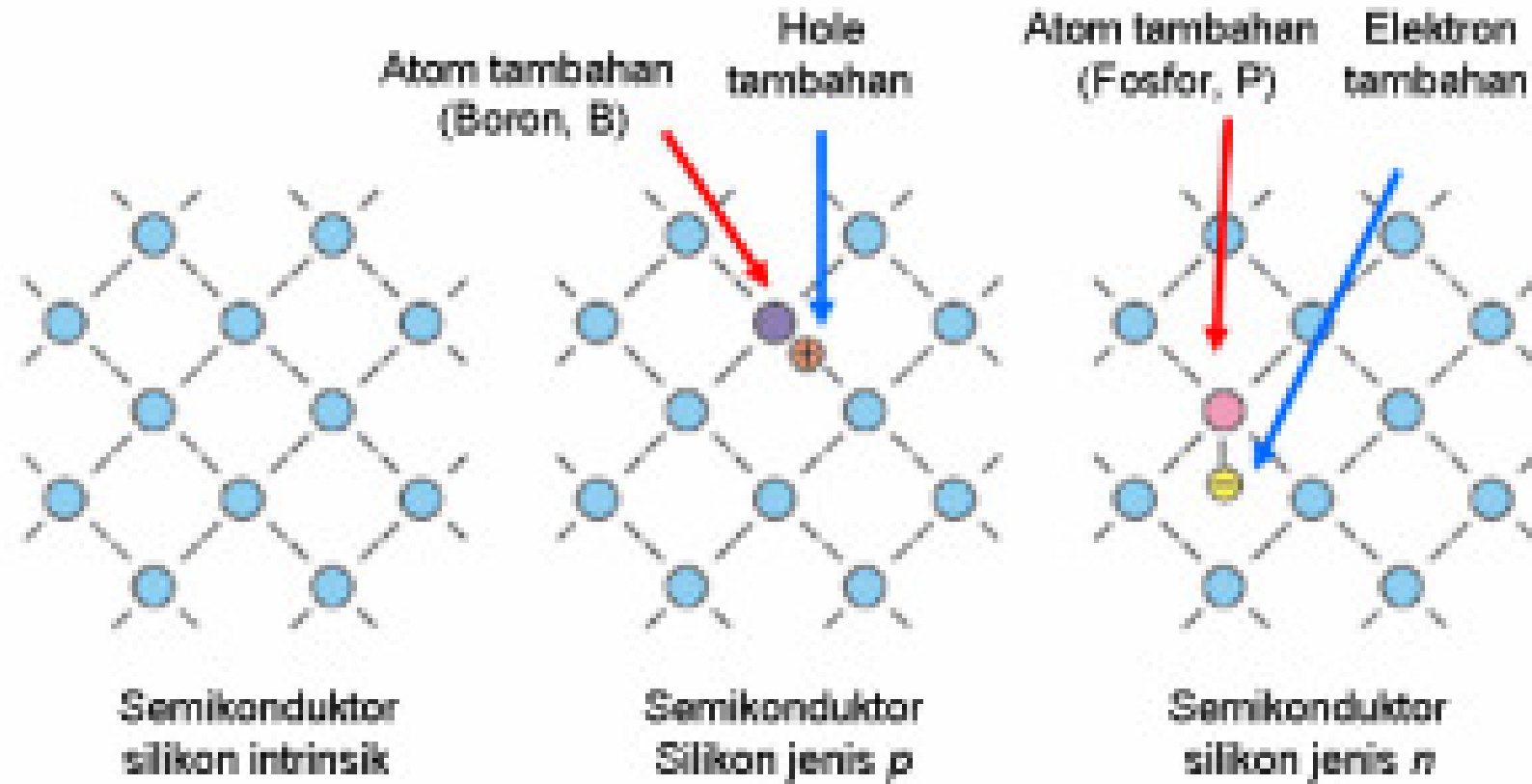


| <i>Konversi Energi</i> | | | | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| | British Thermal Unit | Foot- pound | Joules | kalori | Kilo-kalori | Kilowatt-jam |
| 1 British Thermal Unit | 1 | 777.9 | 1055 | 252.0 | 0.252 | 2.93×10^{-4} |
| 1 Foot-pound | 0.001285 | 1 | 1.356 | 0.3238 | 3.238×10^{-4} | 3.766×10^{-7} |
| 1 Joule | 9.481×10^{-4} | 0.7376 | 1 | 0.2388 | 2.388×10^{-4} | 2.778×10^{-7} |
| 1 Kalori | 0.003969 | 3.088 | 4.187 | 1 | 0.001 | 1.163×10^{-6} |
| 1 kilokalori | 3.969 | 3088 | 4187 | 1000 | 1 | 0.001163 |
| 1 kilowatt jam | 3413 | 2.655×10^6 | 3.6×10^6 | 8.598×10^5 | 859.8 | 1 |

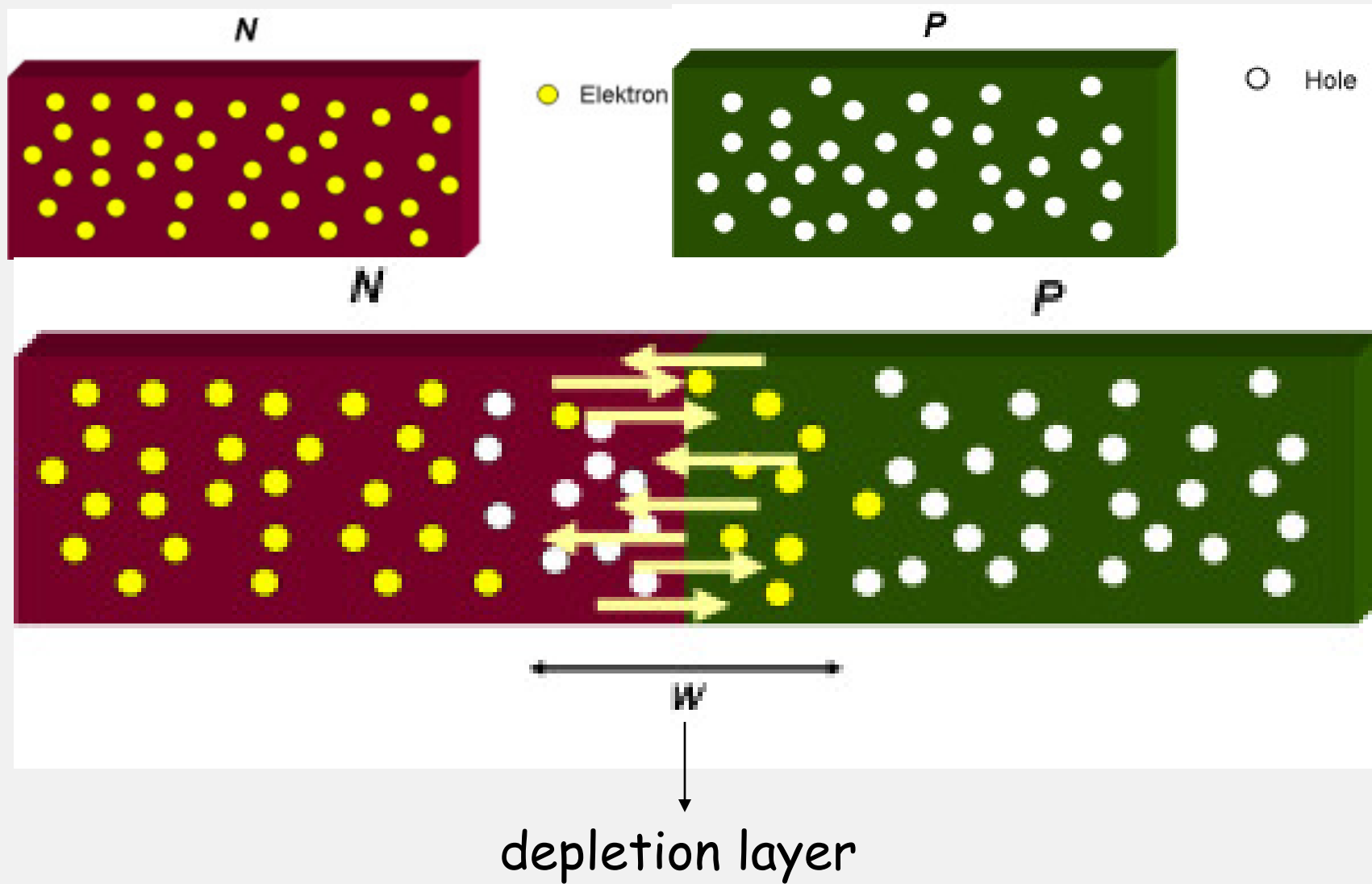
Contoh : 1 kWh = 3.413 British Thermal Unit (BTU).

Konversi Cahaya ke Energi Listrik

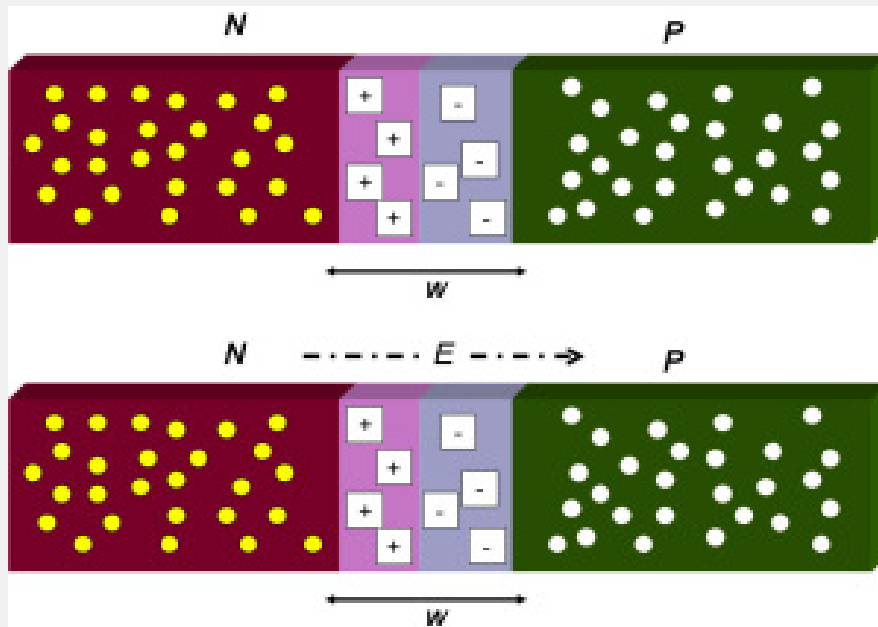
Prinsip Semikonduktor



Prinsip Semikonduktor



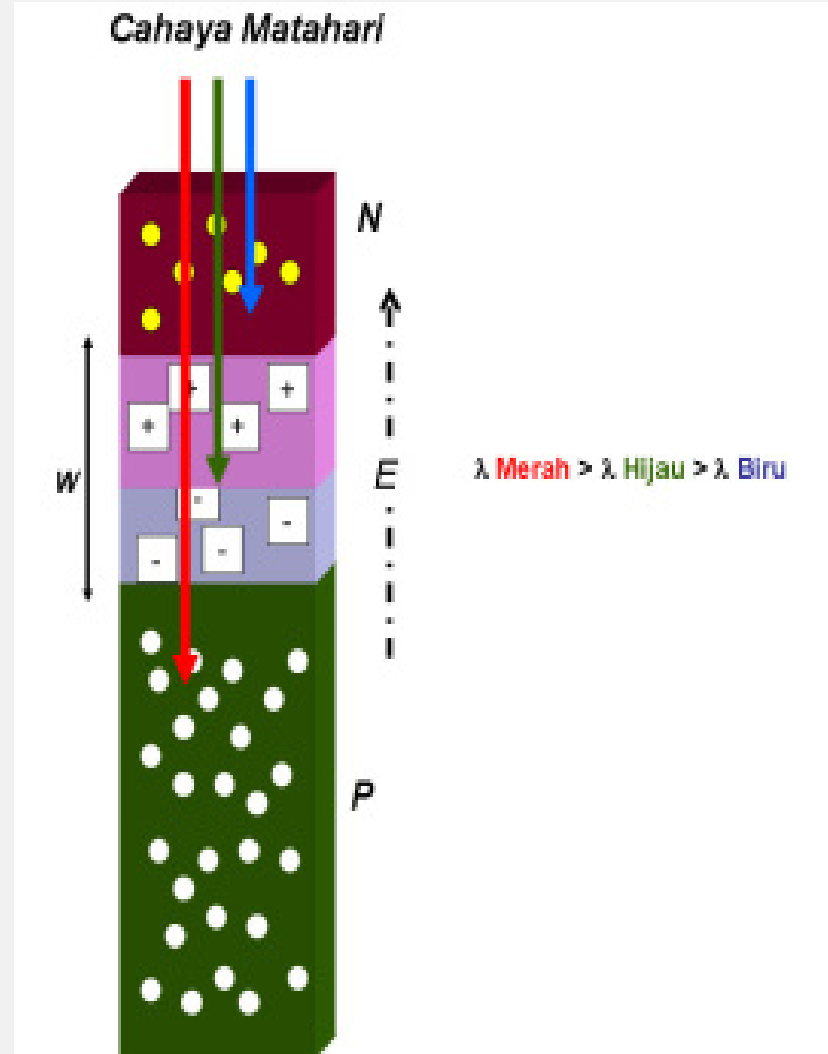
Prinsip Semikonduktor



- Di daerah deplesi *hole* akan ditarik ke bahan *N* dan elektron ditarik ke bahan *P* sehingga muncul medan listrik *E*.
- Elektron dan *hole* yang ada di daerah deplesi disebut pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*).

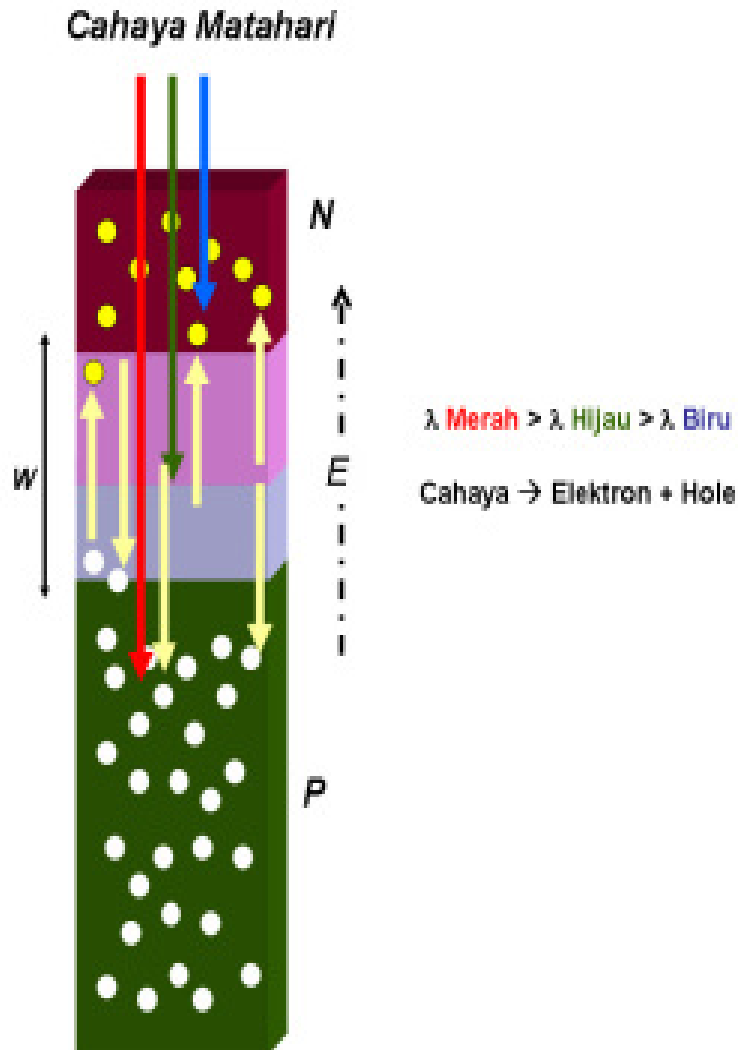
- Medan *E* mengakibatkan sambungan *P-N* berada pada *titik setimbang* karena jumlah *hole* yang berpindah dari bahan *P* ke *N* dikompensasi dengan jumlah *hole* yang tertarik kembali ke arah *P*.
- Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari bahan *N* ke *P* dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke bahan *N*. → medan *E* mencegah seluruh elektron dan *hole* berpindah dari daerah yang satu ke daerah yang lain.

Prinsip Fotovoltaik



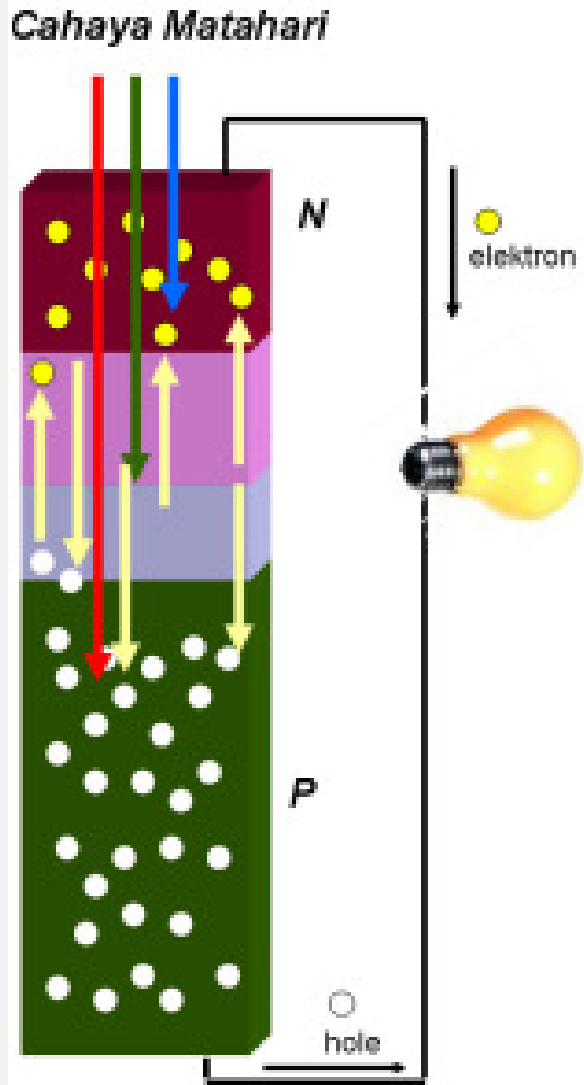
- Untuk keperluan sel surya, bahan N diletakkan pada bagian atas sambungan P yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari bahan P sehingga cahaya yang jatuh bisa terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan bahan P
- Elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari bahan N , daerah deplesi maupun bahan P . Terlepasnya elektron meninggalkan *hole* dan disebut dengan fotogenerasi elektron-*hole* → terbentuknya pasangan elektron dan *hole* akibat cahaya matahari.

Prinsip Fotovoltaik



- Cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan P - N yang berbeda pula.
- Spektrum warna merah yg memiliki λ lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di bahan P yang juga menghasilkan fotogenerasi di sana.
- Spektrum biru dengan λ yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah N .
- Elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah bahan N , hole tertarik ke arah bahan P .

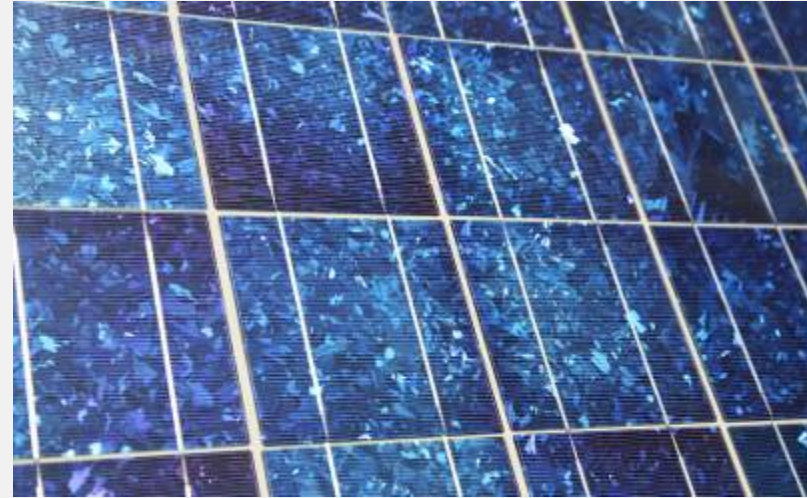
Prinsip Fotovoltaik



- Cahaya yang masuk menghasilkan potensial listrik.
- Arus listrik akan mengalir jika antara kedua kutub diberi beban, yang sebenarnya adalah proses "bersatunya" elektron dengan *hole*.
- Proses *fotogenerasi* terus berlangsung selama cahaya matahari masuk ke dalam bahan semikonduktor.

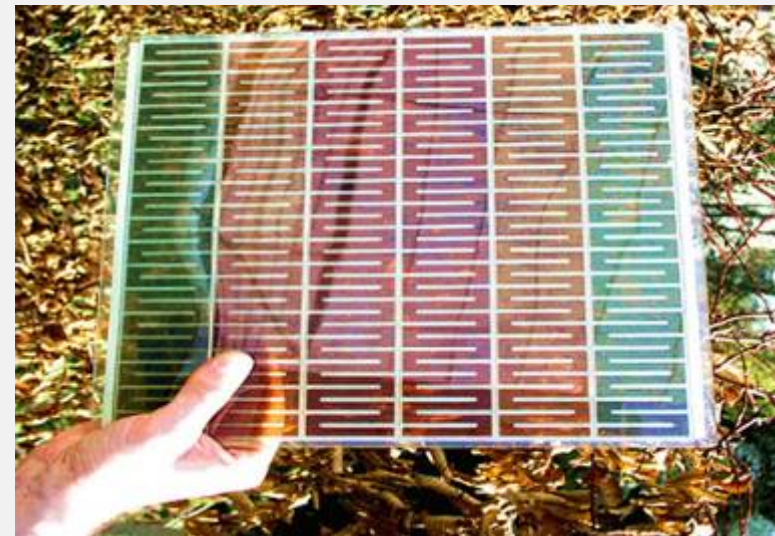
Jenis Sel Fotovoltaik (Sel Surya)

- 1. Polikristal (*Polycrystalline*) :**
sel surya yang memiliki susunan kristal acak. Memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibanding jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, tetapi masih bisa menghasilkan listrik pada saat cahaya lemah (cuaca mendung).
- 2. Monokristal (*Monocrystalline*) :**
sel surya yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Efisiensi $\leq 15\%$. Efisiensi turun drastis dalam cuaca berawan.



Jenis Sel Fotovoltaik (Sel Surya)

- 3. Amorphous** atau **film tipis** : bahan bakunya silikon amorphous (a-Si), sering digunakan sebagai sumber daya perangkat berdaya rendah. Efisiensinya hanya $\pm 9\%$, tetapi biaya pembuatannya murah krn hanya menggunakan $\pm 1\%$ jml silikon pada sel *crystalline*.
- 4. Organik** : terbuat dari bahan polimer foto-reaktif. Bahan ini bisa dicetak atau dilapiskan dengan murah ke substrat yang fleksibel menggunakan *roll-to roll* manufaktur, mirip dengan cara surat kabar dicetak pada gulungan kertas besar.



Efisiensi berbagai jenis sel surya

| Jenis Sel Surya | Efisiensi | Efisiensi di Lab |
|--|----------------------|------------------|
| Multijunction Gallium Arsenide (GaAs) | 33 % – 38 % | 40,7 % |
| Monocrystalline (C-Si) | 14 % – 17 % | 24,7 % |
| Polycrystalline (C-Si) | 11,5 % – 14 % | 20,3 % |
| Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) | 9 % – 11,5 % | 19,9 % |
| Cadmium Telluride (CdTe) | 8 % – 10 % | 16,5 % |
| Amorphous Silicon (A-Si) | 5 % – 9,5 % | 12,1 % |
| DYE-Sensitized (Gratzel) | 4 % – 5 % | 11,1 % |
| Polymer (Organic) | 1 % – 2,5 % | 5 % |

Penyebab Turunnya Efisiensi

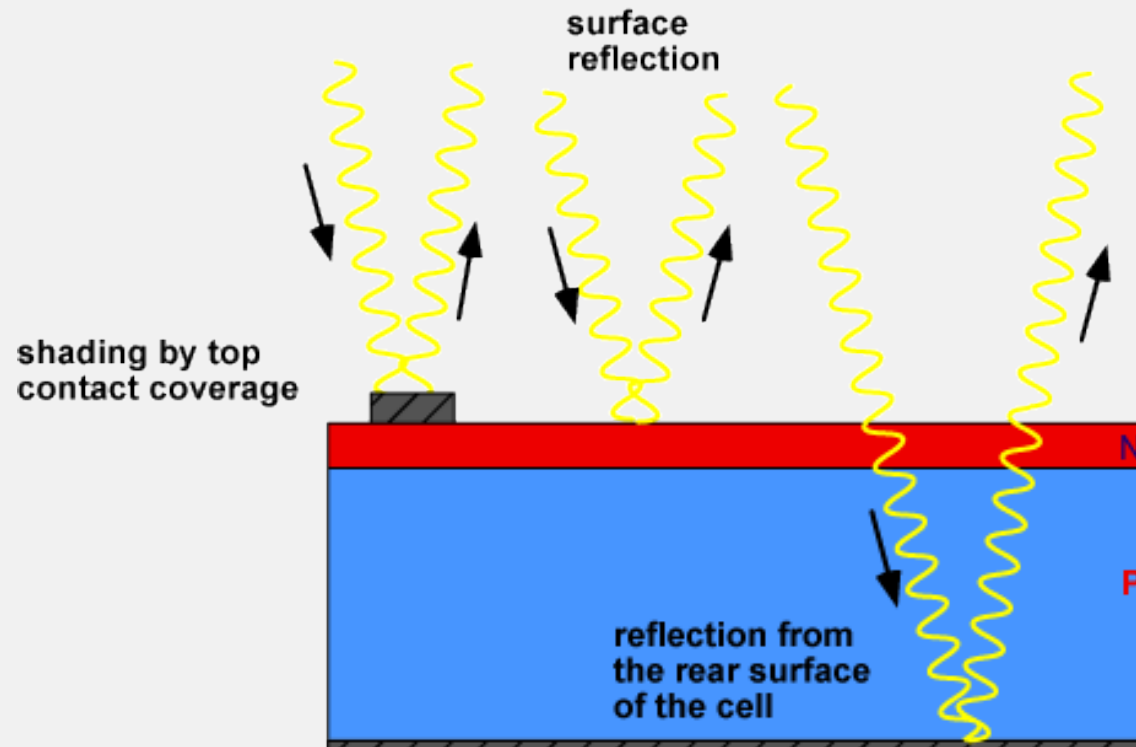
1. Pantulan dari permukaan sel.
2. Cahaya yg tdk cukup energi utk memisahkan elektron dari ikatan atomiknya. Besarnya energi yang diperlukan:

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2}eV$$

3. Cahaya yg memiliki energi ekstra di atas yg diperlukan
4. Elektron dan lubang yg dibangkitkan bisa secara acak akan bergabung sebelum menyumbang energi listrik.
5. Elektron dan lubang yg dibangkitkan bisa bergabung kembali akibat dari cacat material.
6. Pembayangan yg dihasilkan dari kontak elektrik di permukaan atas.
7. Degradasi unjuk kerja akibat suhu operasi.

Pantulan

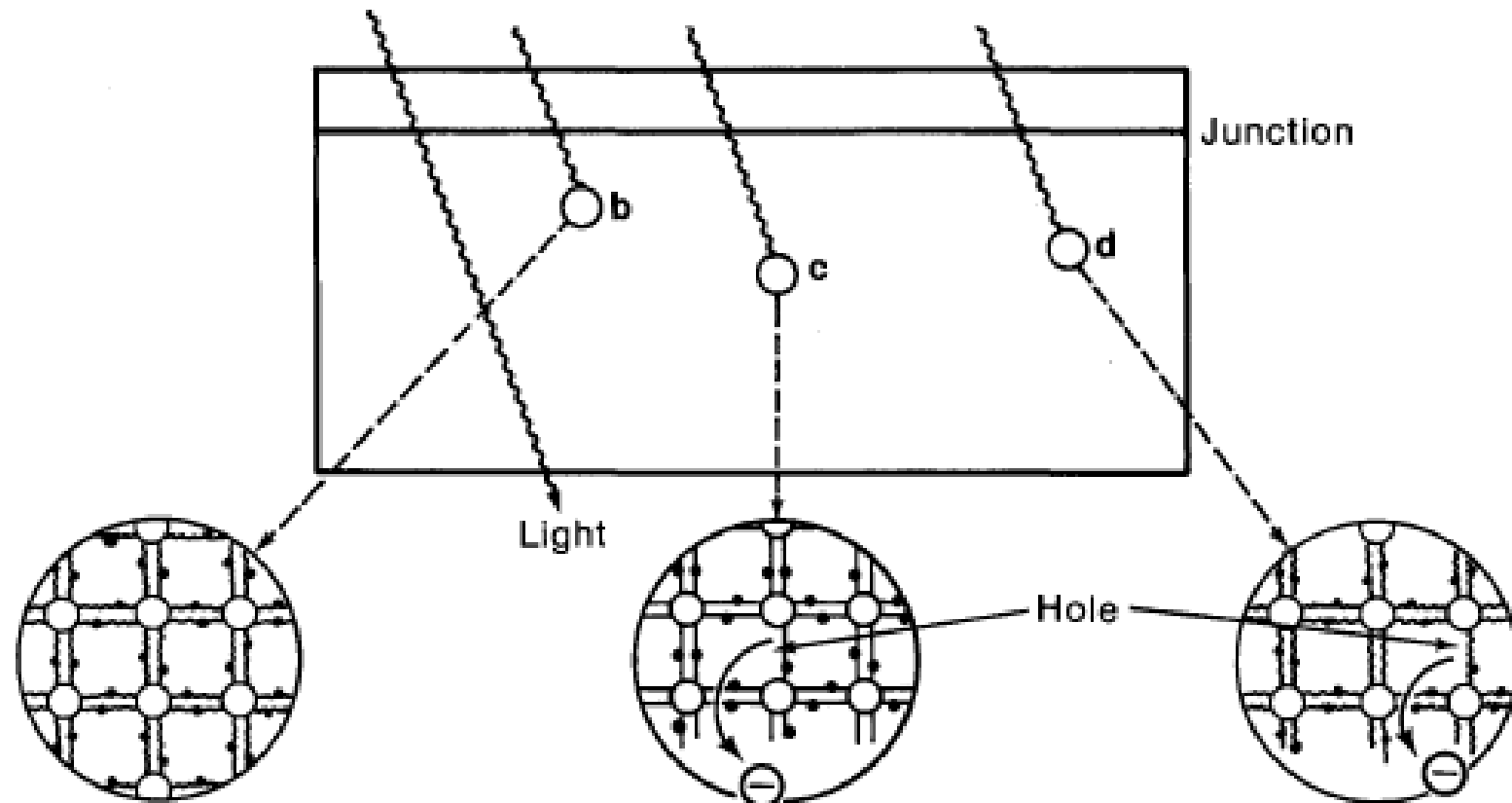
- Secara normal, silikon yg tdk diproses akan memantulkan 36% lebih cahaya yang mengenainya → sangat merugikan
- Ada cara pelapisan permukaan secara kimia dan membuat tekstur khusus shg pantulan 5% saja.



Cahaya dengan Energi yang Terlalu Kecil atau Terlalu Besar

- Rerugi efisiensi berkaitan dengan cahaya yg energinya terlalu kecil atau terlalu besar. Cahaya berfrekuensi rendah (aras kemerahan) energinya lebih kecil dibanding cahaya berfrekuensi lebih tinggi.
- Cahaya yg memasuki sel surya bisa :
 - a. Menembus sel
 - b. Diserap, menimbulkan panas dlm bentuk getaran atomik.
 - c. Memisahkan elektron dari ikatannya, menghasilkan pasangan elektron-lubang → ini yg dicari
 - d. Menghasilkan pasangan elektron-lubang, tetapi kelebihan energi sehingga menjadi panas.

a. Light going right through a solar cell.



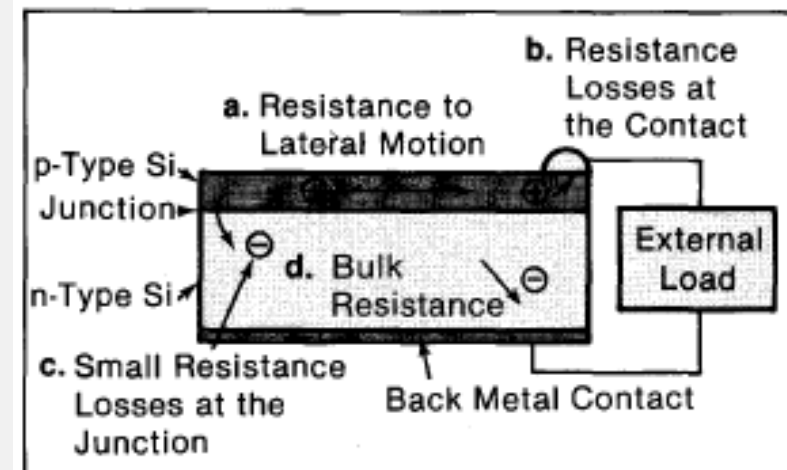
b. The vibrations of the atoms in their bonds caused by the absorption of light is *heat*.

c. Light at a high enough energy can jar an electron loose from its bond. A hole is a bond lacking an electron. Because nearby bonds will exchange electrons with the incomplete bond, holes are nearly as mobile as free electrons.

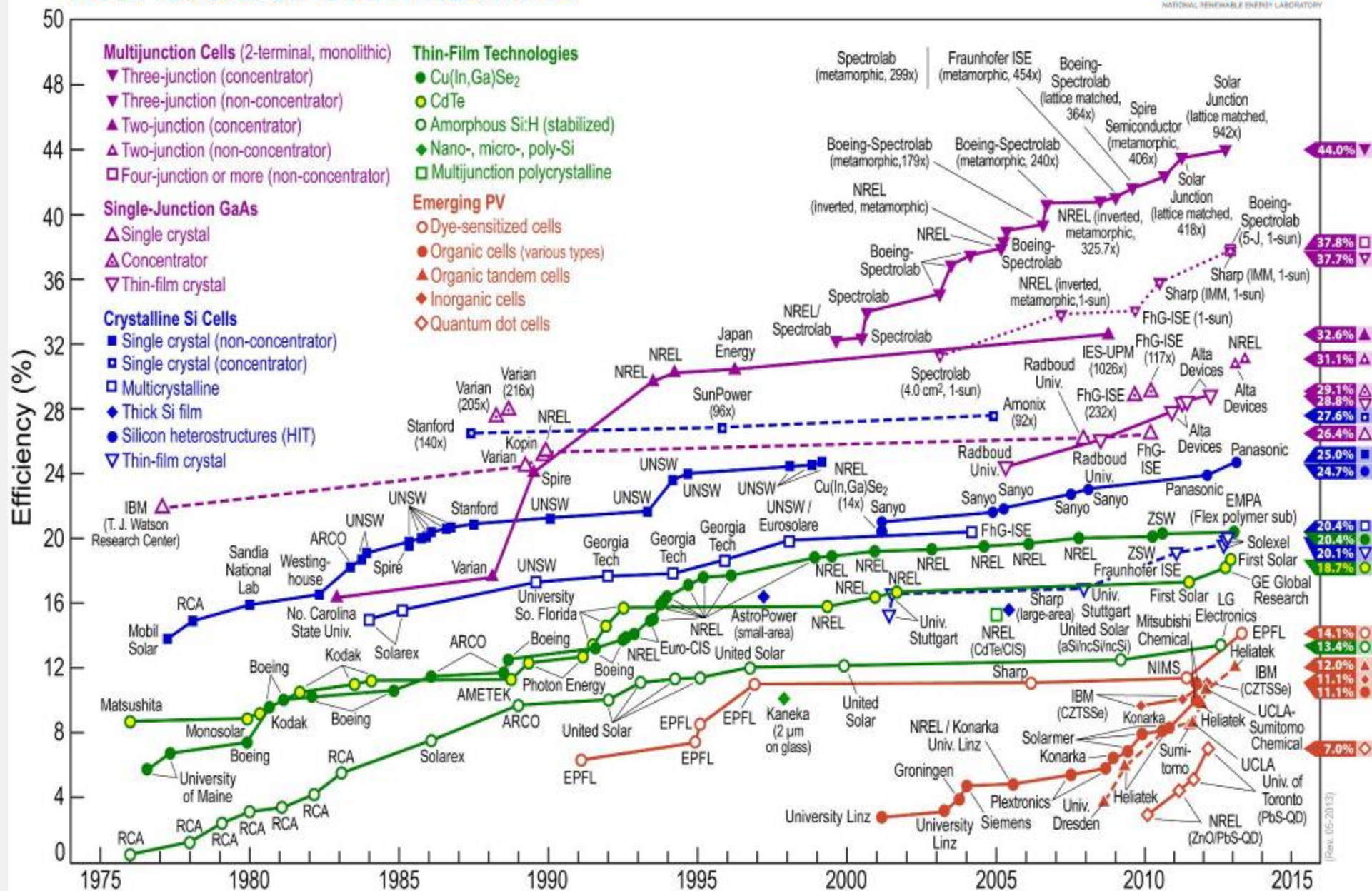
d. Light with even greater energy than in (c) frees electrons but also has excess energy that causes atomic vibrations as in (b).

Resistansi

- Rerugi resistansi pada sel surya paling banyak terjadi di 3 tempat : di sebagian besar bahan dasar, di lapisan sempit permukaan atas, dan pada antarmuka antara sel dan kontak listrik yg mengarah ke sirkuit eksternal.
- Resistansi mengakibatkan menurunnya tegangan dan meningkatkan rekombinasi muatan shg menurunkan arus.
- Solusi dilakukan dengan memberi doping silikon dengan bahan tertentu (P, In, dll) sehingga menaikkan pembawa bebas sehingga arus bisa dijaga.



Best Research-Cell Efficiencies



Energi Angin

- Angin → udara yang bergerak.
- Udara mempunyai massa → energi yang ditimbulkan bisa dihitung berdasarkan energi kinetik.
- Energi yang terkandung pada angin :

$$E_k = 0.5 mV^2 \text{ (kg m}^2\text{/s)}$$

di mana :

m = massa (kg)

V = kecepatan angin (m/s)

Energi pada Kincir Angin

- Pada penerapan kincir angin, persamaan energi kinetik bisa diubah menjadi persamaan aliran.
- Tenaga pada permukaan kincir (merupakan tenaga dari aliran udara secara bebas) :

$$P = 0.5 q A V^3$$

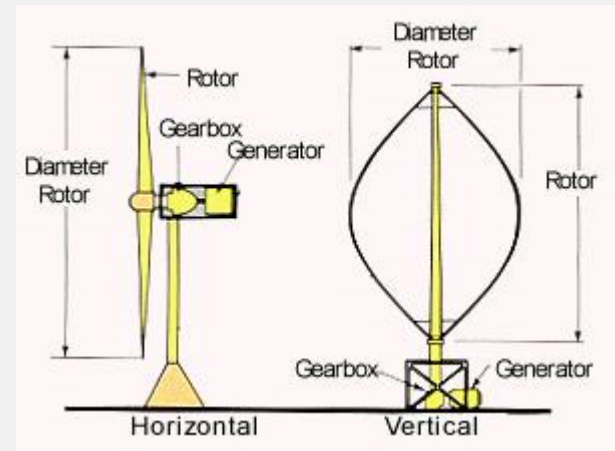
di mana:

P = tenaga (W, 746 W = 1 hp)

q = kerapatan udara (1.225 kg/m^3 pd permukaan laut)

A = luas permukaan kincir (m^2)

V = kecepatan angin (m/s)



Konversi Energi Angin ke Listrik

- Tenaga Kincir Angin :

$$P = 0.5qACpV^3Ng Nb$$

di mana:

P = tenaga (W)

q = kerapatan udara (1.225 kg/m³ pd permukaan laut)

A = luas permukaan kincir (m²)

C_p = Koefisien kinerja (teoritis = 0,59 [Betz limit],
Desain = 0,35)

V = kecepatan angin (m/detik)

N_g = efisiensi generator (50% alternator mobil, 80%
atau lebih utk gen. permanent magnet)

N_b = efisiensi gearbox/bearing (maksimum 95%)

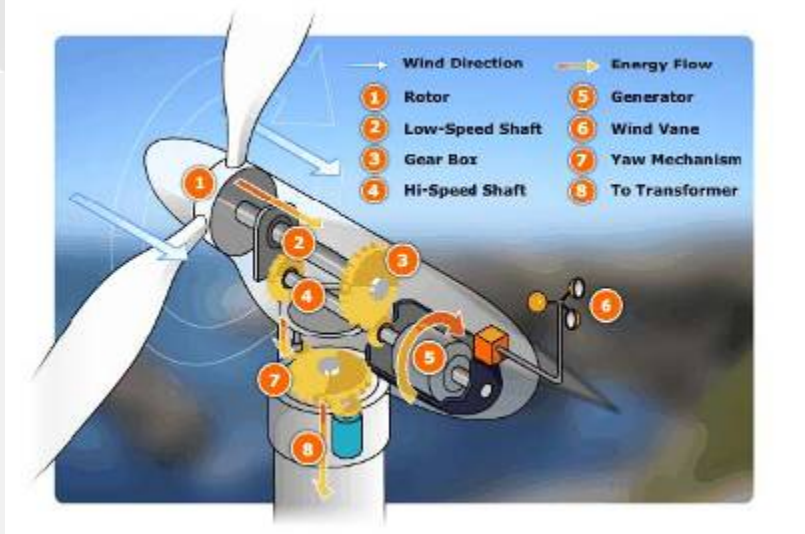
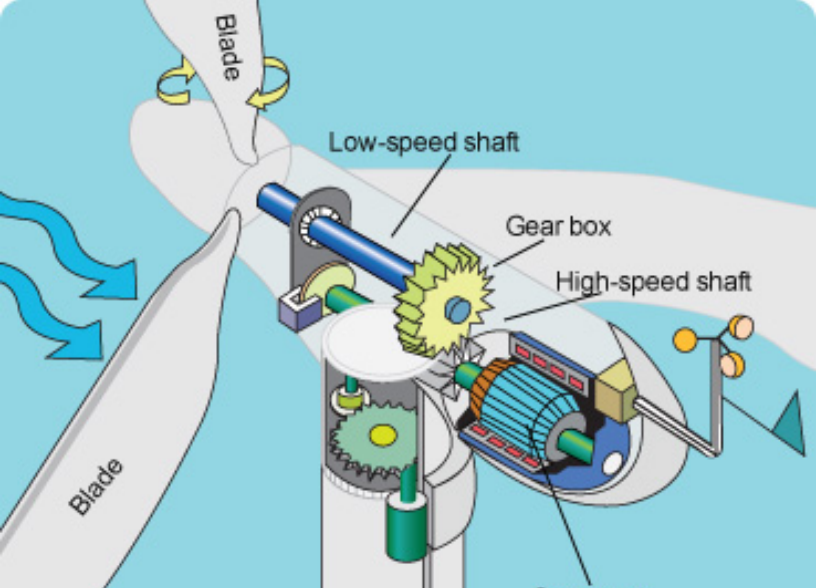
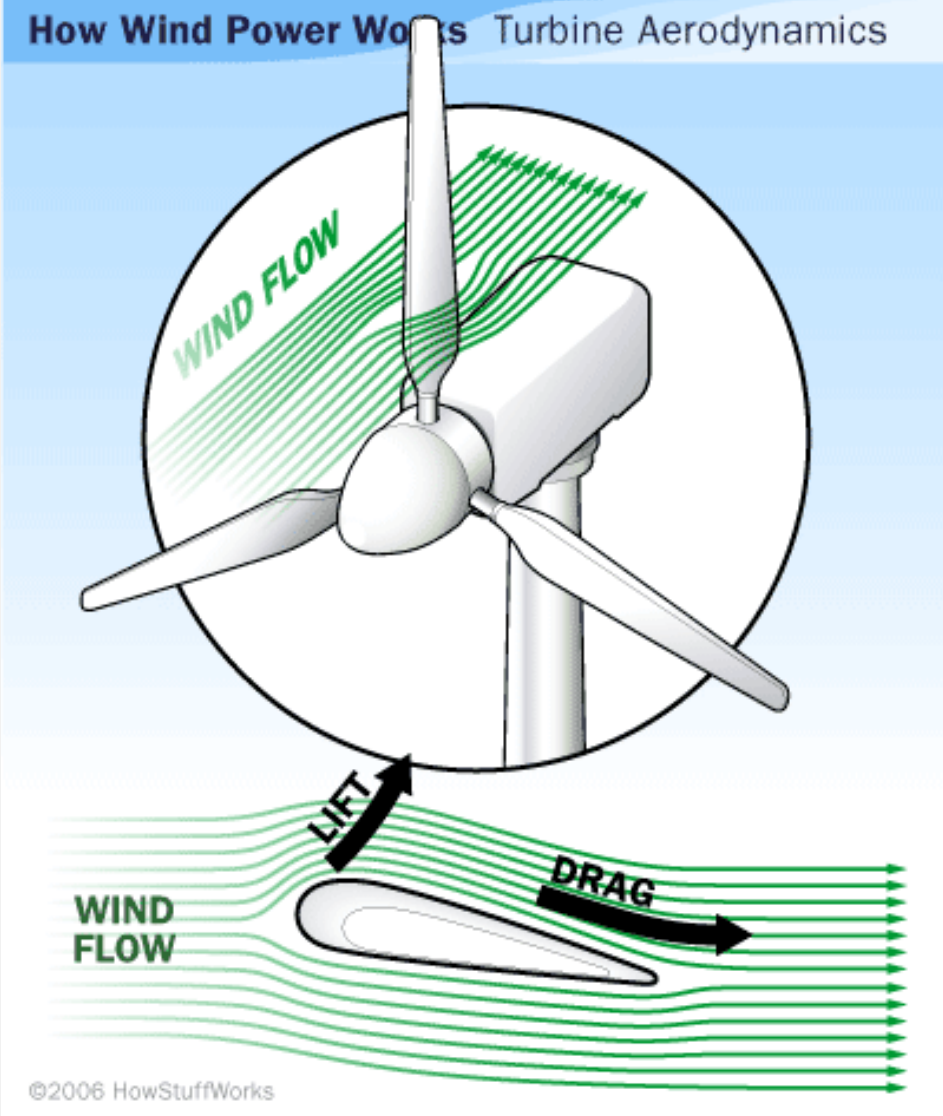
Kelas Angin

| Kelas Angin | Kecepatan Angin m/s | Kondisi Alam di darat |
|-------------|---------------------|--|
| 1 | 0,00 – 0,02 | - |
| 2 | 0,2 – 1,5 | Angin tenang asap lurus keatas |
| 3 | 1,6 – 3,3 | Asap bergerak mengikuti arah angina |
| 4 | 3,4 – 5,4 | Wajah terasa ada angin, daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak |
| 5 | 5,6 – 7,9 | Debu jalan, kertas berterbangan, ranting pohon bergoyang |
| 6 | 8,0 – 10 7 | Ranting pohon bergoyang, berdera berkibar |
| 7 | 10,8 – 12,1 | Ranting pohon besar bergoyang, air kolam berombak kecil |
| 8 | 13,9 – 17,1 | Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa ditelinga |
| 9 | 17,2 – 20,7 | Dapat merubuhkan pohon, jalan berat melawan arah angin |
| 10 | 20,8 – 24,4 | Dapat merubuhkan pohon, rumah rubuh |
| 11 | 24,8 – 28,4 | Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan |
| 12 | 28,6 – 32,6 | Menimbulkan kerusakan parah |
| 13 | 32,7 – 36,0 | Tornado |

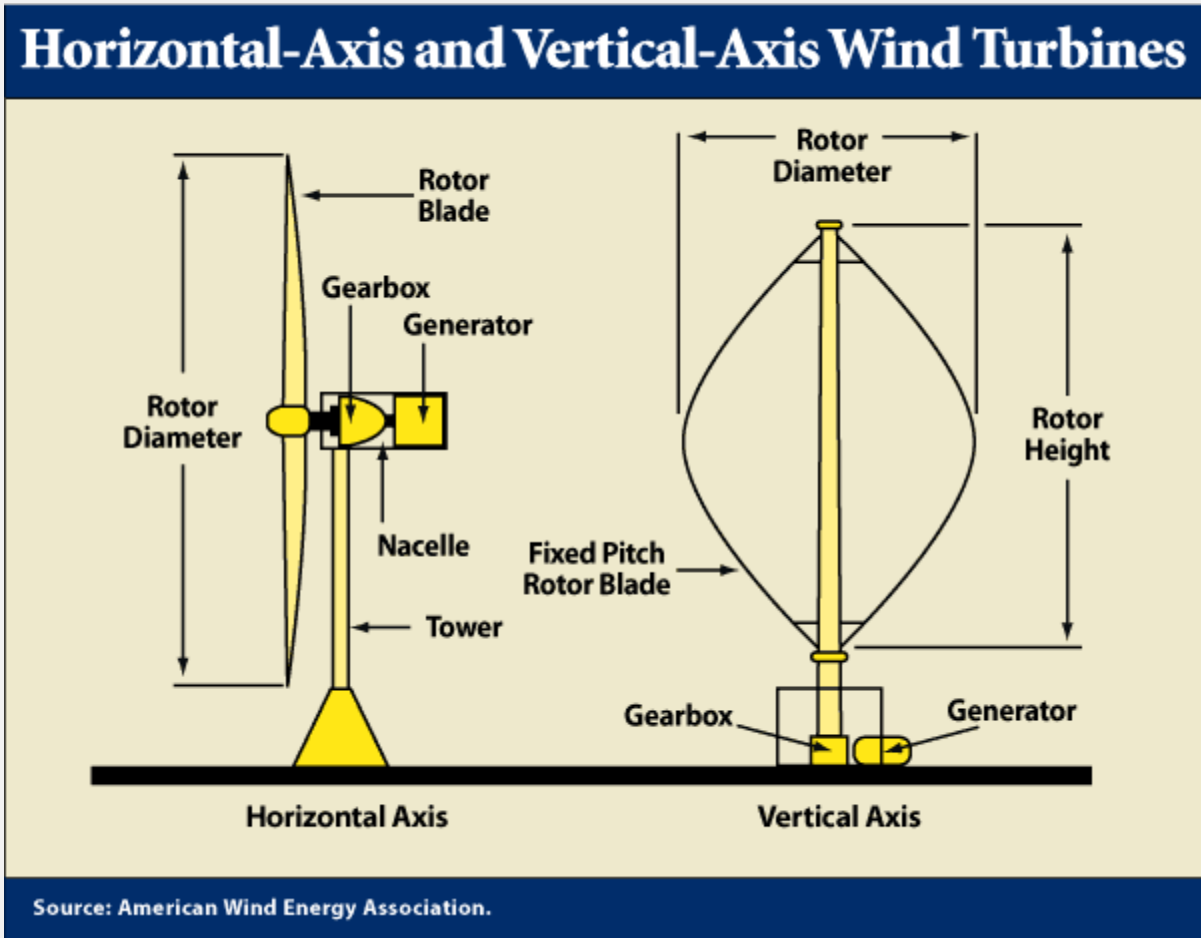
Mekanisme Turbin Angin

- Prinsip dasar : angin memutar sudut turbin, lalu memutar poros yang dihubungkan dengan generator.
- Turbin untuk PLTB biasanya berkapasitas 50-750 kW, turbin kecil kapasitas 50 kW biasa digunakan untuk perumahan sederhana.
- Kebanyakan turbin memakai *blade* berbentuk penampang sayap pesawat (*aerofoil*), karena efisiensinya tinggi dan menghasilkan beda tekanan yg besar diantara kedua sisi *blade* shg berputar dgn momen gaya yg cukup besar.
- Kebanyakan desain turbin dilengkapi dgn pengontrol sudut *blade* (*pitch*). Saat kecepatan angin turun, *blade* bergerak memutar menghadap arah angin, tetapi saat kecepatan angin sangat besar *blade* memutar menjauhi arah angin.
→ daya optimal dan konstan.

Mekanisme Turbin Angin



Jenis Turbin Angin



Jenis Turbin Angin

1. *Horizontal Axis Wind Turbine* : sumbu putar turbin sejajar dengan bumi. Paling banyak dikembangkan di berbagai negara. Terdiri dari dua tipe :
 - a. *Mesin upwind* : rotor berhadapan dengan angin. Rotor didesain tidak fleksibel, dan diperlukan mekanisme yaw utk menjaga rotor agar tetap berhadapan dengan angin.
 - b. *Mesin downwind* : rotor ditempatkan di belakang tower, dapat dibuat lebih fleksibel, tanpa menggunakan mekanisme yaw, sehingga mengurangi berat. Kelemahannya angin harus melewati tower terlebih dulu sebelum sampai pada rotor, shg menambah beban (*fatigue load*) pd turbin.

Jenis Turbin Angin

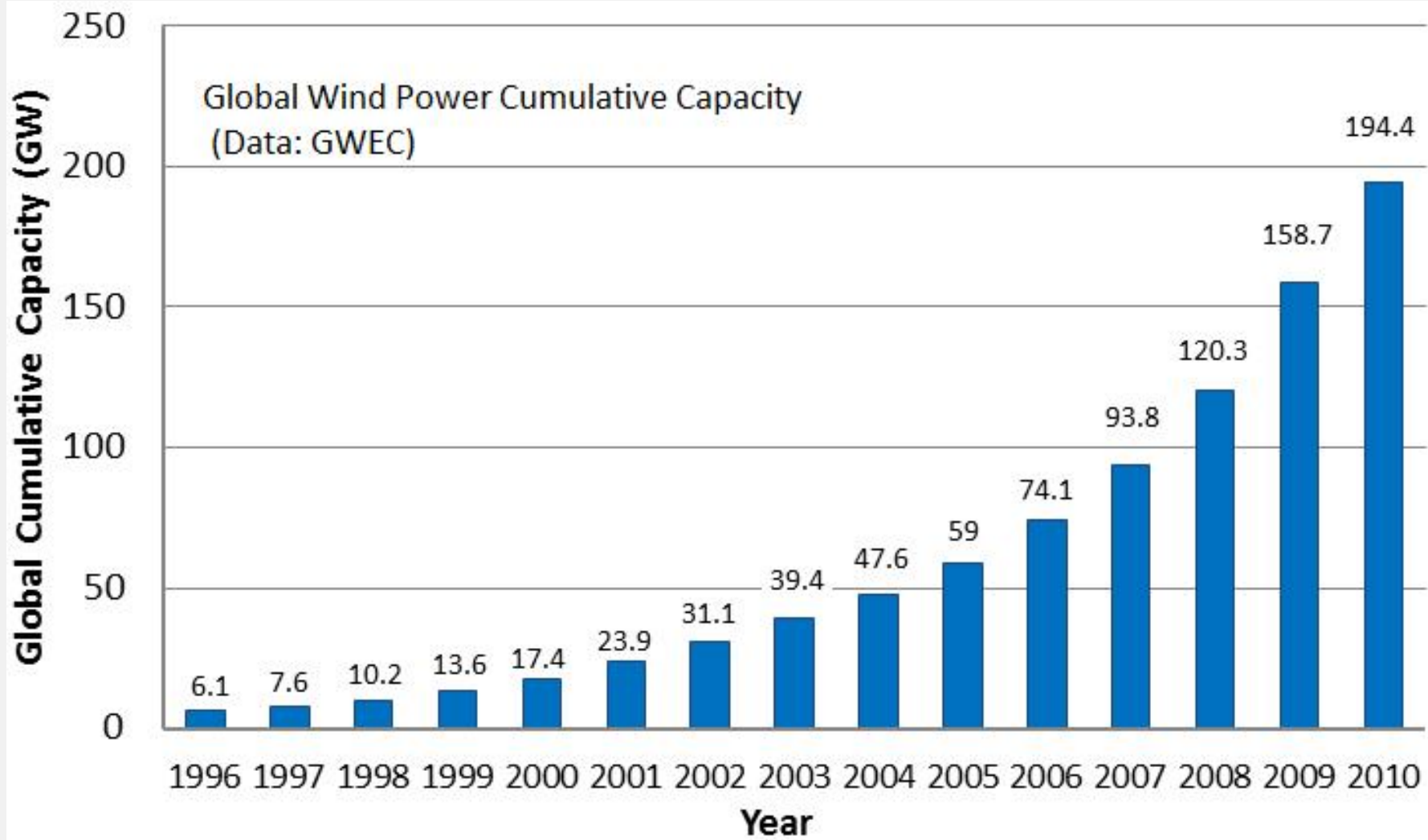
2. *Vertical Axis Wind Turbine*: sumbu putar vertikal terhadap bumi. Jarang dipakai untuk turbin komersial. Rotornya berputar relatif pelan (di bawah 100 rpm), tetapi memiliki momen gaya yang kuat, sehingga bisa dipakai utk menggiling biji-bijian, pompa air, tetapi tak cocok untuk menghasilkan listrik (harus di atas 1000 rpm). Sebenarnya bisa diatasi dg gearbox utk menaikkan rpm, tetapi efisiensinya turun dan mesin sulit utk start. VAWT terdiri dari dua tipe, yaitu:
 - a. Tipe dorong : lebih banyak bagian *blade* yg mengalami gaya dorong spt pd mangkuk anemometer. Bentuknya bervariasi, seperti ember, dayung, layar, tangki. Kecepatan maks. *blade* hampir sama dgn kecepatan angin. Efisiensi dayanya rendah.
 - b. Tipe angkat : lebih banyak bagian *blade* yang mengalami gaya angkat. Ukuran *blade* relatif besar dan tinggi, shg menimbulkan getaran. Biasanya memakai dua atau tiga blade. Turbin jenis ini menghasilkan lebih banyak daya output sumbu putar turbin sejajar, efisiensinya tinggi.

Jumlah *Blade*

- a. Konsep satu *blade*, sulit setimbang, membutuhkan angin yang sangat kencang utk menghasilkan gaya putar, dan menghasilkan *noise* di ujungnya. Konsep ini dikembangkan sukses di Jerman.
- b. Konsep dua *blade*, mudah untuk setimbang, tetapi masih mudah bergeser. Desain *blade* harus memiliki kelengkungan yang tajam utk bisa menangkap energi angin secara efektif. Pd kecepatan angin rendah (sekitar 3 m/s) putarannya sulit dimulai.
- c. Konsep tiga *blade*, lebih setimbang dan kelengkungan *blade* lebih halus untuk dapat menangkap energi angin secara efektif. Konsep ini paling sering dipakai pada turbin komersial.
- d. Konsep multi *blade* (misalnya 12 *blade*), justru memiliki efisiensi rendah, tetapi dapat menghasilkan momen gaya awal yang cukup besar untuk mulai berputar, cocok utk kecepatan angin rendah. Banyak dijumpai utk pompa air, menggiling biji-bijian, karena murah dan mampu bekerja pada kecepatan angin rendah sehingga tower tidak perlu terlalu tinggi dan air dapat dipompa secara kontinu.

Jumlah Blade





Tabel Potensi Tenaga Angin di Indonesia

| Kelas | Kecepatan Angin(m/s) | Daya Spesifik (W/m ²) | Kapasitas (kW) | Lokasi (Wilayah) |
|----------------|----------------------|-----------------------------------|----------------|--|
| Skala Kecil | 2,5 - 4,0 | < 75 | sd 10 | Jawa, NTB, NTT, Maluku, Sulawesi |
| Skala Menengah | 4,0 - 5,0 | 75 - 150 | 10 - 100 | NTB, NTT, Sulsel, Sultra, Selatan Jawa |
| Skala Besar | > 5,0 | > 150 | > 100 | Sulsel, NTB, NTT, Pantai Selatan Jawa |

Customize this Template

TERIMA KASIH


**INSITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**




**MATA KULIAH
DOSEN
PROGRAM STUDI
HARI /JAM KULIAH/KLAS
SKS**

**: MANAJEMEN ENERGI
: IR. HARWAN AHYADI,.MT
: TEKNIK MESIN S-1
: Jumat - 08:00-10:40/ A
: 3 sks**

| No | No.Pokok | Nama | PRESENSI KEHADIRAN | | | | | | | | | | | | | | | | Ket |
|----|----------|------------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | |
| | | | 18/09/2020 | 25/09/2020 | 02/10/2020 | 02/10/2020 | 02/10/2020 | 02/10/2020 | 09/10/2020 | 16/10/2020 | 23/10/2020 | 30/10/2020 | 06/11/2020 | 13/11/2020 | 20/11/2020 | 27/11/2020 | 04/12/2020 | 11/12/2020 | |
| 1 | 15210037 | Abby Bandika Fadhillah | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | 16 |
| 2 | 16210032 | Galih Yudian Afif | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | 16 |
| 3 | 17210002 | Dimas Adi Prasetyo | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | 16 |
| 4 | 17210011 | Hotlan M Simanjuntak | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | 16 |
| 5 | 17210013 | Muhadzdzib | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | 16 |
| 6 | 17210015 | Wahyu Belvia | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | 16 |
| 7 | 19210501 | Muhammad Rizky Agung | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | 16 |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Kaprodi
Teknik Mesin

Ir. Ucok Mulyo Sugeng ,.MT

Jakarta,
Dosen vbs.

Ir. Harwan Ahyadi,.MT

DAFTAR NILAI

SEMESTER GANJIL REGULER TAHUN 2020/2021

Program Studi : Teknik Mesin S1

Matakuliah : Manajemen Energi (P)

Kelas / Peserta : A

Perkuliahan : Kampus ISTN Bumi Srengseng Indah

Dosen : Harwan Achyadi, Ir.MT.

Hal. 1/1

| No | NIM | N A M A | ABSEN | TUGAS | UTS | UAS | MODEL | PRESENTASI | NA | HURUF |
|----|----------|---------------------------|-------|-------|-----|-----|-------|------------|------|-------|
| | | | 10% | 20% | 30% | 40% | 0% | 0% | | |
| 1 | 15210037 | Abby Abandika Fadhilla | 100 | 70 | 90 | 72 | 0 | 0 | 79.8 | A- |
| 2 | 16210032 | Galih Yudian Afif | 100 | 75 | 90 | 75 | 0 | 0 | 82 | A |
| 3 | 17210002 | Dimas Adi Prasetyo | 100 | 75 | 80 | 72 | 0 | 0 | 77.8 | A- |
| 4 | 17210011 | Hotlan M. Simanjuntak | 100 | 70 | 90 | 78 | 0 | 0 | 82.2 | A |
| 5 | 17210013 | Muhadzdzib Haekal Bazarah | 100 | 75 | 78 | 75 | 0 | 0 | 78.4 | A- |
| 6 | 17210015 | Wahyu Belvia | 100 | 75 | 78 | 75 | 0 | 0 | 78.4 | A- |
| 7 | 19210501 | Muhammad Rizky Agung | 100 | 75 | 70 | 72 | 0 | 0 | 74.8 | B+ |

| Rekapitulasi Nilai | | | | | | | |
|--------------------|---|----|---|----|---|----|---|
| A | 2 | B+ | 1 | C+ | 0 | D+ | 0 |
| A- | 4 | B | 0 | C | 0 | D | 0 |
| | | B- | 0 | C- | 0 | E | 0 |

Jakarta, 12 February 2021

Dosen Pengajar



Harwan Achyadi, Ir.MT.