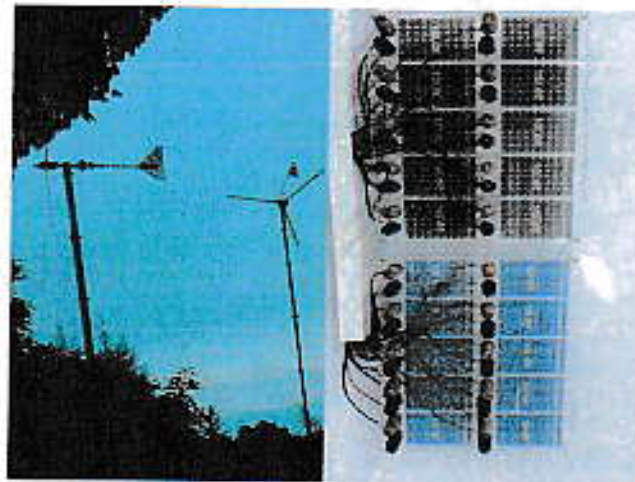




ENERGI ALTERNATIF



Dr. Budiyanto, ST. MT

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA

2015

DAFTAR ISI

- 1. ENERGI BIOMASSA**
- 2. ENERGI PANAS BUMI**
- 3. ENERGI ANGIN**
- 4. ENERGI SOLAR CELL / PHOTOVOLTAIK**
- 5. ENERGI UAP**
- 6. ENERGI MIKROHIDRO**
- 7. ENERGI HIDROGEN / FUEL CELL**
- 8. JARINGAN LISTRIK MIKRO (MICROGRID)**

KATA PENGANTAR

DIKTAT ini dimaksudkan sebagai bahan kuliah dalam mata kuliah ” Energi Alternatif” , khususnya jurusan teknik elektro Fakultas Teknik UMJ . Diktat ini diambil dari beberapa referensi dengan tujuan sebagai wawasan bagi mahasiswa dalam memahami penggunaan energi alternatif di Indonesia kedepan

Diktat ini tidak mungkin dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih pada **Chita Indiana** yang telah membantu dalam pembuatan diktat ini dari mulai pencarian referensi sampai selesai .

Penyusun menyadari Diktat ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran kami harapkan demi kesempurnaan diktat ini.

Penyusun

ENERGI BIOMASSA

ENERGI BIOMASSA

Pendahuluan



Masalah lingkungan sebenarnya memiliki solusi yang berasal dari lingkungan juga. Problem gas rumah kaca dan krisis energi misalnya, bisa dijawab dengan biomassa yang asalmulanya dari alam. Bagaimana bisa?

Gas rumah kaca yang disebabkan oleh bahan bakar fosil, seperti karbon dioksida ketika dilepaskan di atmosfer, keberadaannya akan menghalangi panas yang akan meninggalkan bumi sehingga akan meningkatkan temperature bumi. Bila hal ini terjadi maka akan terjadi perubahan iklim yang akan mempengaruhi kualitas kehidupan di lingkungan kita. Selain disebabkan oleh CO₂, gas berikut juga memiliki kontribusi dalam pemanasan global, methane (CH₄) dan nitrous oksida (N₂O). Pembakaran biomassa sebenarnya menghasilkan CO₂ tetapi karbon dioksida yang di hasilkan akan distabilisasi dengan serap kembali oleh tumbuhan, sehingga tidak ada penimbunan karbon dioksida dalam atmosfer dan keberadaannya terus seimbang.

Peningkatan Temperatur

Tahun 1998 merupakan tahun dimana terjadi peningkatan terbesar temperatur. Peningkatan temperatur ini menyebabkan pencairan es di kutub sehingga volume lautan meningkat dan ketinggian permukaan laut meningkat 10 sampai 25 cm. Bahkan di prediksi kan tahun 2100 temperatur akan meningkat secara tajam hingga mencapai 6 derajat celcius. Dampak itulah yang memicu terjadinya bencana alam yang akan menurunkan kualitas hidup manusia.

Untuk mencegah berbagai macam dampak dari pemanasan global, dapat dilakukan dengan mengurangi atau menghentikan proses yang paling besar dalam

memicu gas rumah kaca tersebut yaitu pembakaran bahan bakar fosil. Pembakaran bahan bakar berkaitan erat dengan pemenuhan sector energi bagi peningkatan perekonomian suatu negara. Pengembangan biomassa sebagai sumber energi untuk substitusi bahan bakar bisa menjadi solusi untuk mengurangi beredarnya gas rumah kaca di atmosfer. Dengan penggunaan biomassa sebagai sumber energi maka konsentrasi CO₂ dalam atmosfer akan seimbang. Pada waktu yang sama manusia makin menyebabkan peningkatan rumah kaca dengan penebangan hutan secara luas (deforestasi) sehingga mengurangi kemampuannya untuk menyerap gas CO₂. disamping itu hasil hutan yang diperoleh dibakar dan menghasilkan CO₂ dan beberapa partikulat matter. Konferensi tentang perubahan iklim telah dilakukan di Kyoto, Jepang pada tahun 1997. (1)

Energi Alternatif itu Bernama Biomassa

Penggunaan energi besar-besaran telah membuat manusia mengalami krisis energi. Ini disebabkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan gas alam yang sangat tinggi. Sebagaimana kita ketahui, bahan bakar fosil merupakan sumber daya alam yang tidak terbarukan. Untuk mengatasi krisis energi masa depan, beberapa alternatif sumber energi mulai dikembangkan, salah satunya adalah energi biomassa.

Biomassa, dalam industri produksi energi, merujuk pada bahan biologis yang hidup atau baru mati yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar atau untuk produksi industrial. Umumnya biomassa merujuk pada materi tumbuhan yang dipelihara untuk digunakan sebagai biofuel, tapi dapat juga mencakup materi tumbuhan atau hewan yang digunakan untuk produksi serat, bahan kimia, atau panas. Biomassa dapat pula meliputi limbah terbiodegradasi yang dapat dibakar sebagai bahan bakar. Biomassa tidak mencakup materi organik yang telah tertransformasi oleh proses geologis menjadi zat seperti batu bara atau minyak bumi.

Pada awalnya, biomassa dikenal sebagai sumber energi ketika manusia membakar kayu untuk memasak makanan atau menghangatkan tubuh pada musim dingin. Kayu merupakan sumber energi biomassa yang masih lazim digunakan tetapi sumber energi biomassa lain termasuk bahan makanan hasil panen, rumput dan tanaman lain, limbah dan residu pertanian atau pengolahan hutan, komponen organik limbah rumah tangga dan industri, juga gas metana sebagai hasil dari timbunan sampah.

Studi tentang biomassa telah banyak dilakukan di negara maju seperti Jepang, Jerman, Inggris dan sebagainya. Hanya saja untuk menjadikan biomassa sebagai produk komersial, masih diperlukan langkah dan perhatian lebih lanjut, baik dari kalangan ilmuwan, masyarakat maupun pemerintah. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang sudah membudaya harus pelan-pelan dialihkan ke sumber energi lain yang terbarukan dan ramah lingkungan. Namun dari alternatif-alternatif seperti yang telah disebutkan, tentunya langkah terbaik adalah dengan menghemat pemakaian energi, apapun itu bentuknya.(2)

Biomassa merupakan proses fotosintesa

Biomassa merupakan produk fotosintesa, yaitu butir-butir hijau daun yang bekerja sebagai sel surya, menyerap energy matahari dan mengkonversi karbon dioksida dengan air menjadi senyawa karbon, hydrogen dan oksigen. Senyawa ini dapat dipandang sebagai suatu penyerapan energy yang dapat dikonversi menjadi produk lain. Hasil konversi dari senyawa dapat berbentuk karbon, alcohol kayu, ter.

Proses fotosintesa dapat dirumuskan sebagai berikut :



dimana : E = energi cahaya
CO₂ = karbon dioksida
H₂O = air
C_x(H₂O)_y = hidrokarbon
O₂ = oksigen

Proses fotosintesa yang merubah gas karbon dioksida menjadi karbohidrat mengangkat tingkat reduksi CH₂O yang lebih tinggi. Proses fotosintesa menyimpan atau menyisihkan seperdua energy pembakaran yang secara maksimum per atom karbon.

Tumbuhan dan bahan organic lainnya dapat dirubah menjadi bahan bakar cair maupun gas dengan bantuan beberapa proses biologi dan proses kimia. Proses biologi seperti fermentasi yang harus bekerja dalam medium air akan cocok untuk bahan-bahan organic yang banyak mengandung air. Biasanya pada proses biologi ini digunakan untuk membuat ethanol dan methan pada fermentasi anaerobic.. Proses kimia seperti pirolisa atau reduksi katalis lebih cocok untuk bahan yang kering dan tahan terhadap biodegradasi.(3)

Penipisan Energi Fosil Di Indonesia

Menipisnya cadangan bahan bakar fosil dan meningkatnya populasi manusia sangat kontradiktif dengan kebutuhan energi bagi kelangsungan hidup manusia beserta aktivitas ekonomi dan sosialnya. Sejak lima tahun terakhir Indonesia mengalami penurunan produksi minyak nasional akibat menurunnya secara alamiah cadangan minyak pada sumur-sumur produksi. Padahal dengan pertambahan jumlah penduduk meningkat pula kebutuhan akan sarana transportasi dan aktivitas industri yang berakibat pada peningkatan kebutuhan dan konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM). Untuk memenuhi kebutuhan BBM tersebut, pemerintah mengimpor sebagian BBM.

Melihat kondisi tersebut, pemerintah telah mengeluarkan **Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional** untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti BBM. Walaupun kebijakan tersebut menekankan penggunaan batu bara dan gas sebagai pengganti BBM, tetapi juga

menetapkan sumber daya yang dapat diperbaharui seperti bahan bakar nabati sebagai alternatif pengganti BBM. Selain itu pemerintah juga telah memberikan perhatian serius untuk pengembangan bahan bakar nabati (*biofuel*) ini dengan menerbitkan **Instruksi Presiden No 1 Tahun 2006 tanggal 25 Januari 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai bahan bakar lain**. Oleh karena itu eksplorasi dan eksploitasi terhadap sumber-sumber alternatif saat ini menjadi sebuah kebutuhan. Saat ini melalui kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, pemerintah sedang gencar memasyarakatkan penggunaan biofuel untuk penghematan energi dan penyelamatan lingkungan.

Biomassa adalah bagian yang dapat didegradasi secara biologis dari produk, limbah dan residu pertanian, kehutanan, industri dan limbah rumah tangga. Jika kita berbicara biomassa, maka akan meliputi juga hewan, sisa-sisa binatang dan bagian tumbuhan yang dapat dimakan (*edible*). Oleh karenanya, jika akan memanfaatkan biomassa sebagai sumber energi kadang-kadang harus berhadapan dengan sumber bahan pangan juga. Sebagai contoh, banyak tumbuhan yang diharapkan dapat menjadi bahan baku pembuatan biofuel ternyata diperlukan untuk bahan pangan, misalnya jagung, ketela pohon, kelapa sawit, dll. Dalam hal seperti ini kemudian muncul kekhawatiran akan kekurangan bahan pangan jika biofuel akan dikembangkan. Apa yang harus dilakukan ?

Potensi Biomassa di Indonesia

Berbicara tentang sumber energi, biomassa merupakan salah satu alternatif. Biomassa mengandung energi tersimpan dalam jumlah cukup banyak. Kenyataannya, pada saat kita makan, tubuh kita mampu mengubah energi yang tersimpan di dalam makanan menjadi energi atau tenaga untuk tumbuh dan berkembang. Pada saat kita bergerak, bahkan ketika kita berpikir pun, energi dalam makanan akan terbakar. Dari latar belakang itulah kini mulai digali banyak kemungkinan pemanfaatan biomassa sebagai sumber bahan bakar nabati (*biofuel*). Dari bahan bakar nabati dapat dikembangkan biokerosene (minyak tanah), biodiesel, bioetanol bahkan biopower (untuk listrik).

Indonesia, Sebagai negara agraris yang beriklim tropis memiliki beberapa sumber energi terbarukan yang berpotensi besar, antara lain : energi hidro dan mikrohidro, energi geotermal, energi biomassa, energi surya dan energi angin.(4)

Potensi biomassa yang besar di negara, hingga mencapai 49.81 GW tidak sebanding dengan kapasitas terpasang sebesar 302.4 MW. Bila kita maksimalkan potensi yang ada dengan menambah jumlah kapasitas terpasang, maka akan membantu bahan bakar fosil yang selama ini menjadi tumpuan dari penggunaan energi. Hal ini akan membantu perekonomian yang selama ini menjadi boros akibat dari anggaran subsidi bahan bakar minyak yang jumlahnya melebihi anggaran sektor lainnya.

Energi biomassa menjadi penting bila dibandingkan dengan energi terbarukan karena proses konversi menjadi energi listrik memiliki investasi yang lebih murah bila di bandingkan dengan jenis sumber energi terbarukan lainnya. Hal inilah yang menjadi kelebihan biomassa dibandingkan dengan energi lainnya. Proses energi biomassa sendiri

memanfaatkan energi matahari untuk merubah energi panas menjadi karbohidrat melalui proses fotosintesis yang selanjutnya diubah kembali menjadi energi panas. (1)

Indonesia mempunyai potensi yang sangat besar untuk menghasilkan biofuel mengingat begitu besarnya sumber daya hayati yang ada baik di darat maupun di perairan. Menurut hasil riset Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Indonesia memiliki banyak jenis tanaman yang berpotensi menjadi energi bahan bakar alternatif, antara lain :

- Kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, sirsak, srikaya, kapuk : sebagai sumber bahan bakar alternatif pengganti solar (minyak diesel)
- Tebu, jagung, sagu, jambu mete, singkong, ubi jalar, dan ubi-ubian yang lain : sebagai sumber bahan bakar alternatif pengganti premium.
- Nyamplung, algae, azolla : kemungkinan besar dapat dijadikan sebagai sumber pengganti kerosene, minyak bakar atau bensin penerbangan.

Beberapa diantara tumbuhan penghasil energi dengan potensi produksi minyak dalam liter per hektar dan ekivalen energi yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Jenis Tumbuhan Penghasil Energi

Jenis Tumbuhan	Produksi Minyak (Liter per Ha)	Ekivalen Energi (kWh per Ha)
<i>Elaeis guineensis</i> (kelapa sawit)	3.600-4.000	33.900-37.700
<i>Jatropha curcas</i> (jarak pagar)	2.100-2.800	19.800-26.400
<i>Aleurites fordii</i> (biji kemiri)	1.800-2.700	17.000-25.500
<i>Saccharum officinarum</i> (tebu)	2.450	16.000
<i>Ricinus communis</i> (jarak kepyar)	1.200-2.000	11.300-18.900
<i>Manihot esculenta</i> (ubi kayu)	1.020	6.600

Sumber : Business Week edisi 15 Maret 2006(4)

Konversi Biomassa

Penggunaan biomassa untuk menghasilkan panas secara sederhana sebenarnya telah dilakukan oleh nenek moyang kita beberapa abad yang lalu. Penerapannya masih sangat sederhana, biomassa langsung dibakar dan menghasilkan panas. Di zaman modern sekarang ini panas hasil pembakaran akan dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin dan generator. Panas hasil pembakaran biomassa akan menghasilkan uap dalam boiler. Uap akan ditransfer kedalam turbin sehingga akan menghasilkan putaran dan menggerakkan generator. Putaran dari turbin dikonversi menjadi energi listrik melalui magnet magnet dalam generator. Pembakaran langsung terhadap biomassa memiliki kelemahan, sehingga pada penerapan saat ini mulai menerapkan beberapa teknologi untuk meningkatkan manfaat biomassa sebagai bahan bakar. Sebagai bahan bakar, biomassa

perlu diolah terlebih dahulu agar dapat dengan mudah dipergunakan. Proses ini dikenal sebagai konversi biomassa. Beberapa penerapan teknologi konversi yaitu :

- *Densifikasi*

Praktek yang mudah untuk meningkatkan manfaat biomassa adalah membentuk menjadi briket atau pellet. Briket atau pellet akan memudahkan dalam penanganan biomassa. Tujuannya adalah untuk meningkatkan densitas dan memudahkan penyimpanan dan pengangkutan. Secara umum densifikasi (pembentukan briket atau pellet) mempunyai beberapa keuntungan (bhattacharya dkk, 1996) yaitu : menaikkan nilai kalor per unit volume, mudah disimpan dan diangkut, mempunyai ukuran dan kualitas yang seragam.

- *Karbonisasi*

Karbonisasi merupakan suatu proses untuk mengkonversi bahan organik menjadi arang . pada proses karbonisasi akan melepaskan zat yang mudah terbakar seperti CO, CH₄, H₂, formaldehid, methana, formik dan acetyl acid serta zat yang tidak terbakar seperti CO₂, H₂O dan tar cair. Gas-gas yang dilepaskan pada proses ini mempunyai nilai kalor yang tinggi dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan kalor pada proses karbonisasi.

- *Pirolisis*

Pirolisis atau bisa di sebut thermolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pemanasan tanpa kehadiran oksigen. Proses ini sebenarnya bagian dari proses karbonisasi yaitu proses untuk memperoleh karbon atau arang, tetapi sebagian menyebut pada proses pirolisis merupakan high temperature carbonization (HTC), lebih dari 500 oC. Proses pirolisis menghasilkan produk berupa bahan bakar padat yaitu karbon, cairan berupa campuran tar dan beberapa zat lainnya. Produk lainnya adalah gas berupa karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan beberapa gas yang memiliki kandungan kecil.

- *Anaerobic digestion*

Proses anaerobic digestion yaitu proses dengan melibatkan mikroorganisme tanpa kehadiran oksigen dalam suatu digester. Proses ini menghasilkan gas produk berupa metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) serta beberapa gas yang jumlahnya kecil, seperti H₂, N₂, dan H₂S. Proses ini bisa diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu anaerobic digestion kering dan basah. Perbedaan dari kedua proses anaerobik ini adalah kandungan biomassa dalam campuran air. pada anaerobik kering memiliki kandungan biomassa 25 – 30 % sedangkan untuk jenis basah memiliki kandungan biomassa kurang dari 15 % (Sing dan Misra, 2005).

- *Gasifikasi*

Gasifikasi adalah suatu proses konversi untuk merubah material baik cair maupun padat menjadi bahan bakar cair dengan menggunakan temperatur tinggi. Proses gasifikasi menghasilkan produk bahan bakar cair yang bersih dan efisien daripada pembakaran secara langsung, yaitu hidrogen dan karbon monoksida. Gas hasil dapat di bakar secara langsung pada internal combustion engine atau reaktor pembakaran. Melalui proses Fische-Tropsch gas hasil gasifikasi dapat di ekstrak menjadi metanol.(1)

Macam-Macam Biomassa/Biofuel

Biomassa adalah satu-satunya sumber energi terbarukan yang dapat diubah menjadi bahan bakar cair - **biofuel** – untuk keperluan transportasi (mobil, truk, bus, pesawat terbang dan kereta api). Di antara jenis biofuel yang banyak dikenal adalah biogas, biodiesel dan bioethanol.

a. Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak diesel atau solar. Bahan bakar ini ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan dengan diesel/solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap (smoke number) yang rendah; memiliki cetane number yang lebih tinggi sehingga pembakaran lebih sempurna (*clear burning*); memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin; dan dapat terurai (*biodegradable*) sehingga tidak menghasilkan racun (*non toxic*). Menurut hasil penelitian BBPT, biodiesel bisa langsung digunakan 100% sebagai bahan bakar pada mesin diesel tanpa memodifikasi mesin dieselnnya atau dalam bentuk campuran dengan solar pada berbagai konsentrasi mulai dari 5%. Keunggulan biodiesel diantaranya :

1. Angka Cetane tinggi (>50), yakni angka yang menunjukkan ukuran baik tidaknya kualitas Solar berdasarkan sifat kecepatan bakar dalm ruang bakar mesin. Semakin tinggi bilangan Cetane, semakin cepat pembakaran semakin baik efisiensi termodinamisnya.



2. Titik kilat (*flash point*) tinggi, yakni temperatur terendah yang dapat menyebabkan uap Biodiesel menyala, sehingga Biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran pada saat disimpan maupun pada saat didistribusikan dari pada solar.
3. Tidak mengandung sulfur dan benzene yang mempunyai sifat karsinogen, serta dapat diuraikan secara alami
4. Menambah pelumasan mesin yang lebih baik daripada solar sehingga akan memperpanjang umur pemakaian mesin

5. Dapat dengan mudah dicampur dengan solar biasa dalam berbagai komposisi dan tidak memerlukan modifikasi mesin apapun
6. Mengurangi asap hitam dari gas asap buang mesin diesel secara signifikan walaupun penambahan hanya 5% - 10% volume biodiesel kedalam solar

Biodiesel membutuhkan bahan baku minyak nabati yang dapat dihasilkan dari tanaman yang mengandung asam lemak seperti kelapa sawit (*Crude Palm Oil/CPO*), jarak pagar (*Crude Jatropha Oil/CJO*), kelapa (*Crude Coconut Oil/CCO*), sirsak, srikaya, kapuk, dll. Indonesia sangat kaya akan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel. Kelapa sawit merupakan salah satu sumber bahan baku minyak nabati yang prospektif dikembangkan sebagai bahan baku biodiesel di Indonesia, mengingat produksi CPO Indonesia cukup besar dan meningkat tiap tahunnya. Tanaman jarak pagar juga prospektif sebagai bahan baku biodiesel mengingat tanaman ini dapat tumbuh di lahan kritis dan karakteristik minyaknya yang sesuai untuk biodiesel.

Menurut Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pertanian, total kebutuhan biodiesel saat ini mencapai 4,12 juta kiloliter per tahun. Sementara kemampuan produksi biodiesel pada tahun 2006 baru 110 ribu kiloliter per tahun. Pada tahun 2007 kemampuan produksi diperkirakan mencapai 200 ribu kiloliter per tahun. Produsen-produsen lain merencanakan juga akan beroperasi pada 2008 sehingga kapasitas produksi akan mencapai sekitar 400 ribu kiloliter per tahun. Cetak biru (*blueprint*) Pengelolaan Energi Nasional menargetkan produksi biodiesel sebesar 0,72 juta kiloliter pada tahun 2010 untuk menggantikan 2% konsumsi solar yang membutuhkan 200 ribu hektar kebun sawit dan 25 unit pengolahan berkapasitas 30 ribu ton per tahun dengan nilai investasi sebesar Rp. 1,32 triliun; hingga menjadi sebesar 4,7 juta kiloliter pada tahun 2025 untuk mengganti 5% konsumsi solar yang membutuhkan 1,34 juta hektar kebun sawit dan 45 unit pengolahan berkapasitas 100 ribu ton per tahun dengan investasi mencapai Rp. 9 triliun.

b. Bioetanol

Bioetanol (C_2H_5OH) adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak premium. Untuk pengganti premium, terdapat alternatif gasohol yang merupakan campuran antara bensin dan bioetanol. Adapun manfaat pemakaian gasohol di Indonesia yaitu : memperbesar basis sumber daya bahan bakar cair, mengurangi impor BBM, menguatkan *security of supply* bahan bakar, meningkatkan kesempatan kerja, berpotensi mengurangi ketimpangan pendapatan antar individu dan antar daerah, meningkatkan kemampuan nasional dalam teknologi pertanian dan industri, mengurangi kecenderungan pemanasan global dan pencemaran udara (bahan bakar ramah lingkungan) dan berpotensi mendorong ekspor komoditi baru. Untuk pengembangan bioetanol diperlukan bahan baku diantaranya :

- Nira bergula (sukrosa): nira tebu, nira nipah, nira sorgum manis, nira kelapa, nira aren, nira siwalan, sari-buah mete

- Bahan berpati : tepung-tepung sorgum biji, jagung, cantel, sagu, singkong/gaplek, ubi jalar, ganyong, garut, suweg, umbi dahlia.
- Bahan berselulosa (lignoselulosa):kayu, jerami, batang pisang, bagas, dll.

Adapun konversi biomasa sebagian tanaman tersebut menjadi bioethanol adalah seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2 Konversi biomasa menjadi bioethanol

Biomasa (kg)	Kandungan gula (Kg)	Jumlah hasil bioethanol (Liter)	Biomasa : Bioethanol
Ubi kayu 1.000	250-300	166,6	6,5 : 1
Ubi jalar 1.000	150-200	125	8 : 1
Jagung 1.000	600-700	400	2,5 : 1
Sagu 1.000	120-160	90	12 : 1
Tetes 1.000	500	250	4 : 1

Sumber data : Balai Besar Teknologi Pati-BPPT,2006

Pemanfaatan Bioetanol :

- Sebagai bahan bakar substitusi BBM pada motor berbahan bakar bensin; digunakan dalam bentuk neat 100% (B100) atau diblending dengan premium (EXX)
- Gasohol s/d E10 bisa digunakan langsung pada mobil bensin biasa (tanpa mengharuskan mesin dimodifikasi).

Pengujian pada kendaraan roda empat di laboratorium BPPT menunjukkan bahwa tingkat emisi karbon dan hidrokarbon Gasohol E-10 yang merupakan campuran bensin dan etanol 10% lebih rendah dibandingkan dengan premium dan pertamax. Pengujian karakteristik unjuk kerja yaitu daya dan torsi menunjukkan bahwa etanol 10% identik atau cenderung lebih baik daripada pertamax. Etanol mengandung 35% oksigen sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran.

Solusi: bioetanol

Arief Yudiarto, periset teknologi etanol di Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, memprediksi produsen bioetanol seperti Johan Susilo, Soekaeni, dan Soelaiman Budi bakal tumbuh subur. Doktor Bioengineering alumnus Tokyo University of Agriculture and Technology itu, menuturkan wilayah Indonesia terdiri atas pulau-pulau menyulitkan Pertamina mendistribusikan bahan bakar minyak (BBM).

‘Ketika disubsidi saja, harga BBM di pulau-pulau di Indonesia bagian timur Rp15.000 per liter. Solusi termudah adalah bioetanol,’ kata Arif. Menurut pria kelahiran Rembang, Jawa Tengah, 19 Agustus 1959 itu, jika di setiap daerah yang sulit terjangkau terdapat industri bioetanol, maka kesulitan mendapatkan bahan bakar teratasi.

‘Pemerintah tinggal mendorong penggunaan bioetanol. Sampai kapan pun penggunaan bioetanol tak terelakkan,’ ujar Arif.

Hal senada disampaikan Dr Tirto Prakosa. Ia mengatakan harga minyak dunia semakin meningkat lantaran sumber daya minyak amat terbatas. ‘Mencari sumber alternatif bahan bakar minyak salah satu kunci utama mengatasi kelangkaan minyak bumi,’ kata Prakosa. Menurut Prakosa salah satu alternatif yang potensial dikembangkan adalah bioetanol dan biodiesel.

Penggunaan bahan bakar yang bersumber dari tumbuhan itu diprediksi terus melonjak. Dr Tatang Hernas Soerawidjaja, periset Pusat Penelitian Pendayagunaan Sumber Daya Alam dan Pelestarian Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, menuturkan, ‘Pemanfaatan bahan-bahan bakar hayati di sektor transportasi terus meningkat, bahkan sampai 2050 sekalipun.’ Sebab, impor bensin terus meningkat karena peningkatan kapasitas kilang tak mampu mengimbangi permintaan.

Pada 1997 Indonesia memproduksi 1,5-juta barel-sebarel 158,97 liter-per hari. Produksi itu melorot tajam menjadi hanya 910 barel pada 2007. Menurut Tatang, Indonesia tak berdaya membangun kilang baru. Sementara, ‘Impor bensin maupun minyak bumi mentah menguras devisa negara. Penggunaan gasohol berbasis bioetanol produksi dalam negeri sangat perlu dipertim-bangkan,’ ujar doktor Teknik Kimia alumnus University of Delft, Belanda, itu.

Bioetanol dan biodiesel, berpeluang besar menjadi substitusi BBM. ‘Pemakaian bahan bakar nabati saat ini bukan pilihan, tetapi keharusan karena tak ada pilihan lain. Tapi banyak pihak menganggap bahan bakar nabati hanya opsi untuk pengembangan energi di tanah air,’ kata Paulus Tjakrawan, ketua Asosiasi Produsen Biofuel (Aprobi). Ketika cadangan minyak dunia menipis, saatnya kini membangun kilang minyak di halaman. (Sardi Duryatmo/Peliput: Faiz Yajri, Imam Wiguna, Lani Marliani, & Nesia Artdiyasa).

c. **Biogas**

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik dengan bantuan bakteri anaerob pada lingkungan tanpa oksigen bebas. Energi gas bio didominasi gas metan (60% - 70%), karbondioksida (40% - 30%) dan beberapa gas lain dalam jumlah lebih kecil. Gas metan termasuk gas rumah kaca (*greenhouse gas*), bersama dengan gas karbon dioksida (CO₂) memberikan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global. Pengurangan gas metan secara lokal ini dapat berperan positif dalam upaya penyelesaian permasalahan global.

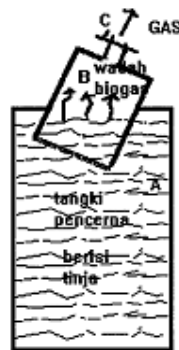
Pada prinsipnya, pembuatan gas bio sangat sederhana, hanya dengan memasukkan substrat (kotoran ternak) ke dalam *digester* yang anaerob. Dalam waktu tertentu gas bio akan terbentuk yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber energi, misalnya untuk kompor gas atau listrik. Penggunaan *biodigester* dapat membantu pengembangan sistem pertanian dengan mendaur ulang kotoran ternak untuk



memproduksi gas bio dan diperoleh hasil samping (by-product) berupa pupuk organik. Selain itu, dengan pemanfaatan *biodigester* dapat mengurangi emisi gas metan (CH_4) yang dihasilkan pada dekomposisi bahan organik yang diproduksi dari sektor pertanian dan peternakan, karena kotoran sapi tidak dibiarkan terdekomposisi secara terbuka melainkan difermentasi menjadi energi gas bio.

Potensi kotoran sapi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan gas bio sebenarnya cukup besar, namun belum banyak dimanfaatkan. Bahkan selama ini telah menimbulkan masalah pencemaran dan kesehatan lingkungan. Umumnya para peternak membuang kotoran sapi tersebut ke

sungai atau langsung menjualnya ke pengepul dengan harga sangat murah. Padahal dari kotoran sapi saja dapat diperoleh produk-produk sampingan (by-product) yang cukup banyak. Sebagai contoh pupuk organik cair yang diperoleh dari urine mengandung auksin cukup tinggi sehingga baik untuk pupuk sumber zat tumbuh. Serum darah sapi dari tempat-tempat pemotongan hewan dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman, selain itu dari limbah jeroan sapi dapat juga dihasilkan aktivator sebagai alternatif sumber dekomposer. (4)



Gambar 8.3. Skema instalasi biogas (3)

Dampak Lingkungan

Dampak lain penanaman produk pertanian untuk biomassa adalah kerusakan pada alam. Andre Baumann yang menjabat ketua Organisasi Lingkungan Hidup Jerman NABU menegaskan produksi tanaman untuk biomassa harus memenuhi standar amdal:

Biomassa sudah digunakan selama ratusan tahun. Tapi dulu produk biomassa tidak diangkut dengan truk atau pesawat sampai tempat tujuan. Sekam gandum atau sisa tanaman lainnya digunakan di pertanian yang sama sehingga membentuk lingkaran yang tertutup. Tapi sekarang, manusia memakai truk dan kapal laut untuk mengangkut kelapa

sawit dari kawasan tropis ke Eropa, ini menyebabkan siklus penggunaan biomassa tidak lagi tertutup.“

Dampak produksi tanaman untuk biomassa juga mulai dirasakan di kawasan lain dunia. Contohnya di Benua Hitam Afrika. Pakar lingkungan dari Institut Pertanian untuk Kawasan Tropis dan Subtropis Universitas Hohenheim Joachim Sauborn menjelaskan „Di Afrika sumber daya alam yang dapat diperbarui luas digunakan. Banyak warga masih memakai kayu untuk memasak. Namun, dampak negatifnya adalah kerusakan kawasan hutan karena penebangan yang tidak terkontrol. Hilangnya vegetasi hutan menyebabkan pengikisan lapisan tanah yang subur. Akibatnya, lahan pertanian pun makin berkurang.“

Untuk mendapatkan lahan pertanian baru, penduduk Afrika membuka hutan. Akibatnya siklus kerusakan alam terus berlanjut. Penebangan pohon-pohon untuk lahan pertanian menyebabkan karbondioksida dilepaskan ke udara. Padahal karbondioksida atau CO₂ adalah salah satu gas rumah kaca penyebab pemanasan global. (5)

Sistem Pertanian Berkelanjutan

Gandum, tebu dan jagung adalah contoh bahan pangan yang juga dapat diolah menjadi energi dari biomassa. Energi tersebut tergolong energi ramah lingkungan yang bahan dasarnya disediakan alam. Namun, penggunaan energi dari biomassa kadang membawa dampak sampingan yang tidak diinginkan. Salah satunya adalah naiknya harga bahan baku pangan. Penyebabnya macam-macam. Di Jerman misalnya, produksi listrik biomassa mendapat subsidi pemerintah kata ahli biologi Dr. Andre Baumann:

“Ini memicu persaingan antar petani yang menanam gandum untuk pangan dan petani biomassa. Selama ini, produsen gandum untuk biomassa mendapat keuntungan lebih besar daripada petani biasa. Baru belakangan ini, dengan naiknya harga untuk susu dan gandum, petani biasa dapat bersaing dengan petani biomassa. Produsen biogas tak lagi dapat membeli bahan dasar gandum dengan harga murah seperti dalam lima tahun terakhir.“

Di Jerman, 100 kilogram gandum menghasilkan energi biomassa seharga 25 Euro. Tapi bila gandum tersebut dijual sebagai bahan baku pangan, harganya hanya 18 Euro. Kini di sejumlah negara muncul kekuatiran bahwa para petani bahan pangan beralih ke produksi tanaman untuk biomassa. Padahal, produksi bahan pangan saat ini saja belum mencukupi untuk menutup kebutuhan pangan dunia. (6)

Karena itu, pakar biologi Andre Baumann menyarankan agar petani menggunakan sistem pertanian yang berkelanjutan: „Istilah ini sebenarnya berasal dari sektor perhutanan. Maksudnya, penebangan kayu disesuaikan dengan regenerasi hutan, jadi jumlah pohon yang ditebang sesuai dengan pohon baru yang ditanam. Dalam seratus tahun terakhir, sistem pertanian berubah karena globalisasi. Negara industri mengimpor bahan pangan dan produk pertanian dari negara berkembang. Akibatnya muncul masalah lingkungan baik di negara berkembang maupun industri.“

Andre Baumann memberikan salah satu contoh. 12,5 persen lahan pertanian yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pangan Jerman berada di luar negeri. Produk pangan yang diimpor, mulai dari buah-buahan sampai makanan ternak menghasilkan ampas dalam jumlah besar yang tidak dapat diolah oleh sistem daur ulang Jerman. Kerusakan alam juga terjadi bila produk pertanian tersebut berasal dari lahan yang dulunya adalah hutan. Belum lagi dengan emisi karbondioksida yang dihasilkan saat produk tersebut ditranspor dari negara asalnya ke Jerman.

Misalnya, biodiesel dari kelapa sawit. Selain tersedia dalam jumlah banyak, dapat diperbarui dan menghasilkan energi yang ramah lingkungan, penggunaan biodiesel dari kelapa sawit dapat meningkatkan efisiensi pembakaran mesin, termasuk mesin kendaraan bermotor. Biodiesel jenis ini mempunyai kandungan asetan tinggi, bebas dari sulfur dan mampu dioperasikan di musim dingin, bahkan saat suhu mencapai minus 20 derajat Celcius sekalipun, sehingga cocok digunakan di Jerman.

Namun, pakar biologi Andre Baumann memperingatkan jangan sampai kebutuhan energi di Jerman merusak alam di negara produsen biomassa tersebut. „Pemerintah menggunakan uang pajak rakyat untuk memberi subsidi pada produk biomassa. Padahal produk itu menyebabkan rusaknya hutan tropis di bagian lain dunia. Misalnya, kelapa sawit yang berasal dari perkebunan yang sebelumnya merupakan hutan. Produk tersebut harus ditranspor ribuan kilometer ke Jerman. Di sini, kelapa sawit diolah menjadi biogas dan ampasnya digunakan sebagai pupuk. Ini sama sekali bukan sistem pertanian berkelanjutan. Sistem ini tidak bisa dipertanggung-jawabkan secara sosial maupun ekologis.“(7)

Tantangan ke Depan : Biofuel vs Ketahanan Pangan

Untuk pengembangan biofuel, banyak hal harus dipertimbangkan antara lain :

- a) Dibandingkan dengan minyak bumi dan gas yang ketersediaannya terbatas dan pengelolaannya dikuasai oleh pihak-pihak yang sangat terbatas, biomassa sebenarnya relatif melimpah di Indonesia dan masyarakat dapat memanfaatkannya secara langsung. Permasalahan yang dihadapi adalah keterbatasan teknologi, keterbatasan lahan dan keterbatasan pasar atau penggunaannya. Selain itu, belum adanya aturan hukum yang jelas dalam industri ini dan standar penggunaan bahan-bahan untuk biodiesel dan bioetanol menyulitkan masyarakat dan produsen biodiesel dan bioetanol untuk memperoleh pembiayaan dan menjalankan bisnisnya. Kurangnya jaringan distribusi dan infrastruktur menyulitkan pemasaran biodiesel dan bioetanol di pasar domestik. Sebagai konsekuensi, sebagian besar biodiesel dan bioetanol yang diproduksi di Indonesia sekarang digunakan untuk pasar ekspor.
- b) Dibutuhkan motor penggerak dan modal yang besar untuk membiayai budi daya bahan baku baik dari segi pengadaan lahan, bibit, pupuk maupun obat-obatan. Perusahaan-perusahaan besar yang bergerak dibidang pertanian dan perkebunan diharapkan dapat menjadi motor penggerak bagi usaha budi daya ini karena besarnya biaya budidaya dan pengembangan.

- c) Adanya hambatan sosial dalam pengembangan beberapa komoditas tanaman sumber energi, misalnya tanaman jarak, harus segera ditangani untuk membangun rasa saling percaya antara petani jarak dengan pengusaha sebagai pengolah biji jarak. Meskipun tanaman jarak sangat potensial dikembangkan sebagai energi terbarukan dengan harga murah, dapat ditanam di lahan kritis, dan dapat meningkatkan pendapatan petani, tapi belum semua pihak menyadari potensi tersebut.
- d) Terkait dengan isu ketahanan pangan (*food security*), yang harus dilakukan adalah :
- Meningkatkan produktivitas lahan melalui program intensifikasi yang meliputi pemilihan bibit, peningkatan kualitas kultur teknis hingga pengelolaan pasca panen. Melalui aktivitas diharapkan produktivitas tanaman meningkat signifikan, sehingga tidak ada lagi kekhawatiran akan kekurangan bahan pangan.
 - Meningkatkan produksi melalui ekstensifikasi atau perluasan lahan dengan memanfaatkan lahan-lahan kritis / marjinal. Beberapa tanaman sumber energi, misalnya jarak, cantel, jagung dan jambu mete, merupakan tanaman yang cukup tahan kering dan mampu beradaptasi pada lingkungan yang kurang menguntungkan. Oleh karena itu untuk penanaman diusahakan agar jangan sampai menggeser peruntukan tanaman pangan. Berbagai lahan marjinal yang dapat dimanfaatkan antara lain : lahan pantai, tanah karst, bantaran sungai, atau lahan berkemiringan curam.
 - Perlu segera dilakukan diversifikasi untuk menemukan jenis-jenis tumbuhan baru penghasil energi. Beberapa tumbuhan yang sedang diteliti dan dikembangkan di Indonesia antara lain : jambu mete, widuri, kerandang, kacang-kacangan, nyamplung, algae dan masih banyak lagi.

Road Map Penelitian dan Pengembangan Energi

Penelitian dan pengembangan bidang energi di UMY sudah dimulai tahun 2000 di Fakultas Teknik, Fakultas Pertanian, PUSPER (Pusat Studi Pengelolaan Energi Regional). Melalui kerjasama dengan berbagai pihak, penelitian dan pengembangan yang telah, sedang dan akan dilakukan antara lain. (4)

Political Will

Semua potensi tersebut tidak bernilai tanpa adanya dukungan dan political will dari pemerintah serta masyarakat luas. Pembentukan tim nasional pengembangan bahan bakar nabati (BBN) dengan menerbitkan blue print dan road map bidang energi untuk mewujudkan pengembangan BBN merupakan langkah yang strategis sehingga dapat dicapai kemandirian energi melalui pengembangan biomassa. Peran serta masyarakat akan sangat membantu dalam pengimplementasian pengembangan tanaman penghasil bioenergi, sehingga pada akhirnya bangsa ini mampu keluar dari krisis energi dengan pasokan energi bahan bakar nabati yang berkelanjutan.(4)

Masa Depan Biomassa Sebagai Bahan Bakar

Lalu bagaimana masa depan penggunaan energi dari biomassa? Saat ini, bioenergi hanya memegang pangsa 13 persen dari keseluruhan sumber energi dunia. Menurut pakar biologi Andre Baumann kunci untuk meningkatkan efisiensi energi bukan dengan memperluas produksi tanaman untuk biomassa. Sebaliknya, penggunaan energi keseluruhanlah yang perlu dikurangi. (7)

Penutup

Untuk dapat melakukan diversifikasi energi dalam hal ini pengembangan bahan bakar nabati dibutuhkan beberapa hal :

Pertama, penelitian dan pengembangan bidang energi di Indonesia masih belum memenuhi kebutuhan untuk pengembangan produksi skala industri. Oleh karena itu, keterlibatan peneliti untuk mengembangkan bahan baku, mengeksplorasi sumber-sumber bahan baku, mengembangkan teknologi produksi, hingga mengembangkan produk-produk samping (by-product) sangat diperlukan. Hal ini dimaksudkan agar pemanfaatan sumberdaya tidak sia-sia dan agar lebih tepat sasaran. Selain itu juga untuk mengantisipasi keterbatasan dan kontinuitas pasokan bahan baku.

Kedua, diperlukan keterlibatan perusahaan-perusahaan besar di bidang pertanian dan perkebunan untuk menjadi pelopor dalam usaha budidaya tanaman penghasil biodiesel dan bioetanol serta menjadi motor untuk menggerakkan perusahaan-perusahaan skala kecil-menengah melalui bantuan dana dan manajemen.

Ketiga, diperlukan keterlibatan pengusaha dan pihak swasta dalam menerapkan dan mengembangkan industri pengolahan biodiesel dan bioetanol pada skala pabrik. Hal ini dimaksudkan agar kelangsungan produksi dapat terjaga, terutama karena teknologi pengolahan bahan baku menjadi produk biodiesel dan bioetanol dapat menjamin tertampungnya produk hasil panen dari petani.

Keempat, pemerintah perlu mengeluarkan standar mutu penggunaan bahan-bahan untuk biodiesel dan bioetanol, jaminan pasokan bahan baku dan distribusi produk biodiesel, dan insentif bagi produsen dan pengguna biodiesel.(4)

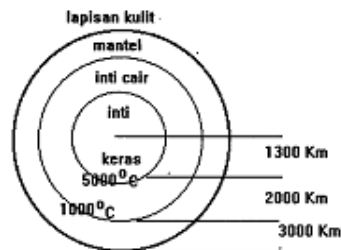
**ENERGI
PANAS
BUMI**

ENERGI PANAS BUMI

Pendahuluan

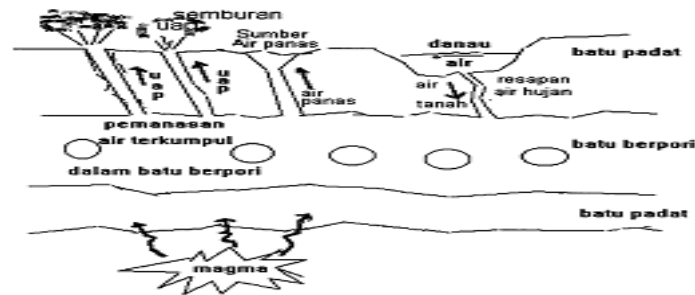


Menurut salah satu teori, pada prinsipnya bumi merupakan pecahan yang terlempar dari matahari. Karenanya, bumi hingga kini masih mempunyai suatu inti panas sekali yang meleleh. Kegiatan-kegiatan gunung berapi dibanyak tempat dipermukaan bumi dipandang sebagai bukti dari teori ini. Magma, yang menyebabkan letusan-letusan vulkanik juga menghasilkan sumber uap dan air panas pada permukaan bumi. Dibanyak tempat, air dibawah tanah bersinggungan dengan panas diperut bumi dan menimbulkan suhu tinggi dan tekanan tinggi. Ia mengalir ke permukaan sebagai air panas, lahar panas atau aliran uap. Kita bisa menggunakan tidak hanya hembusan alamiah tetapi dapat membor hingga lekukan dasar uap, atau menyemprotkan air dingin hingga bersinggungan dengan karang kering yang panas untuk memanaskannya menjadi uap.



Pada dasarnya bumi terdiri atas tiga bagian sebagaimana terlihat pada gambar isi perut bumi diatas. Bagian paling luar adalah lapisan kulit. Tebalnya rata-rata 30 sampai 40 Km atau lebih di daratan, dan dilaut antara 7 dan 10 Km. bagian berikutnya dinamakan mantel, yang terdiri atas batu yang dalamnya mencapai kira-kira 3000 Km, dan yang berbatasan dengan inti bumi yang panas sekali. Inti ini terdiri atas inti cair atau inti meleleh, yang mencapai 2000 Km. kemudian paling tengah berupa inti keras yang mempunyai garis tengah sekitar 2600 Km.

Dipemukaan bumi sering terdapat sumber-sumber air panas (fumarole), bahkan sumber uap panas (geyser). Panas itu datangnya dari batu-batu yang meleleh atau magma, yang menerima panas dari inti bumi.



Magma yang terletak didalam lapisan mantel, memanassuatu lapisan batu padat. Diatas batu padat terletak suatu lapisan batu berpori, yaitu batu yang mempunyai banyak lubang kecil. Bila lapisan batu berpori ini berisi air, yang berasal dari tanah, atau resapan air hujan, atau resapan air danau maka air itu turut dipanaskan oleh lapisan batu padat yang panas itu. Bila panasnya besar, maka terbentuk air panas, bahkan dapat berbentuk uap dalam lapisan batu berpori. Bila diatas lapisan batu berpori terdapat satu lapisan batu padat, maka lapisan batu berpori berfungsi sebagai boiler. Uap dan juga air panas bertekanan akan berusaha keluar. Dalam hal ini keatas, yaitu kearah permukaan bumi.

Gejala panas bumi pada umumnya tampak dipermukaan bumi berupa mata air panas, fumarola, geysir dan sulfatora. Dengan jalan pengeboran, uap alam yang bersuhu dan tekanan tinggi dapat diambil dari dalam bumi dan dialirkan ke generator turbo yang selanjutnya menghasilkan tenaga listrik.(1)

Definisi Energi Panas Bumi

Panas Bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetik semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem Panas Bumi. Panas bumi adalah sumber daya alam yang dapat diperbarui, berpotensi besar serta sebagai salah satu sumber energi pilihan dalam keanekaragaman energi.

Panas Bumi merupakan sumber energi panas yang terbentuk secara alami di bawah permukaan bumi. Sumber energi tersebut berasal dari pemanasan batuan dan air bersama unsur-unsur lain yang dikandung Panas Bumi yang tersimpan di dalam kerak bumi. Untuk pemanfaatannya, perlu dilakukan kegiatan penambangan berupa eksplorasi dan eksploitasi guna mentransfer energi panas tersebut ke permukaan dalam wujud uap panas, air panas, atau campuran uap dan air serta unsur-unsur lain yang dikandung Panas Bumi. Pada prinsipnya dalam kegiatan Panas Bumi yang ditambang adalah air panas dan uap air.

Pemanfaatan energi panas bumi relative ramah lingkungan karena unsur-unsur yang berasosiasi dengan energi panas tidak membawa dampak lingkungan atau berada dalam batas ketentuan yang berlaku. Panas Bumi merupakan sumber energi panas dengan ciri terbarukan karena proses pembentukannya terus-menerus sepanjang masa selama kondisi lingkungannya dapat terjaga keseimbangannya.

Emisi CO₂, SO₂, dan NO₂ yang dihasilkan PLTP terhitung sangat rendah. PLTP juga tak mengakibatkan degradasi mutu lingkungan karena tidak ada penambangan di permukaan, tumpahan minyak, dan penggenangan habitat.(2)

Perhitungan Panas Bumi

Perkiraan atau penilaian potensi panas bumi pada prinsipnya mempergunakan data-data geologi, geofisika, dan geokimia. Analisa-analisa kimia memberikan parameter-parameter yang dapat digunakan untuk perkiraan potensi panas bumi suatu daerah. Rumus yang ada adalah sangat kasar dan merupakan perkiraan garis besar. Diantara rumus yang ada atau sering dipakai adalah metode Perry atau metode Bandwell, yang pada umumnya merupakan rumus empirik.

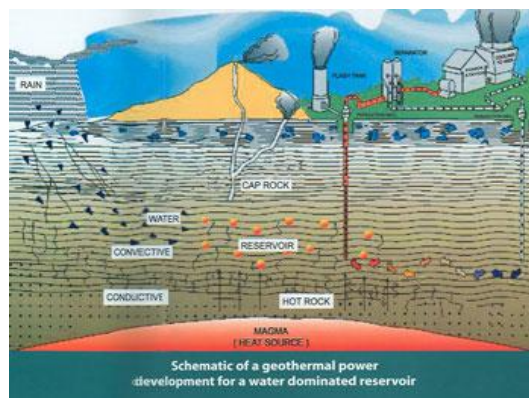
Metode Perry pada dasarnya mempergunakan prinsip energi dari panas yang hilang. Rumus mendapatkan energi metode Perry adalah sebagai berikut :

$$E = D \times Dt \times P \quad \text{Kcal per detik} \quad \dots\dots\dots(7.1)$$

- dimana,
- E = energi
 - D = debit (L/dt)
 - Dt = perbedaan suhu permukaan air panas dan air dingin
 - P = panas jenis (kCal/Kg)

Untuk perhitungan ini, data suhu dinyatakan dalam derajat celsius, debit air panas dalam satuan liter perdetik, sedangkan isi chlorida dalam larutan air panas dinyatakan dalam miligram perliter.

Metode yang kedua adalah metode Bandwell. Rumus untuk mendapatkan energi panas bumi oleh Bandwell adalah sebagai berikut :



$$E = M (h_1 - h_2) \text{ Kwh} \dots\dots\dots(7.2)$$

- dimana
- E = energi panas
 - M = massa dari waduk uap panas bumi yang terdiri atas cairan dan uap (Kg)
 - h_1 = entalphy uap pada t_1 (BTU/lb)
 - h_2 = entalphy uap pada t_2 (BTU/lb)
 - t_1 = suhu waduk uap panas bumi mula-mula (° F)
 - t_2 = suhu waduk uap setelah mendingin (° F)

Massa dari waduk uap panas bumi (M) sangat tergantung pada :

- Volume waduk uap panas bumi
- Prosentase uap yang terkandung dalam waduk (1)

Potensi Panas Bumi

Energi panas bumi adalah termasuk energi primer yaitu energi yang diberikan oleh alam seperti minyak bumi, gas bumi, batubara dan tenaga air. Energi primer ini di Indonesia tersedia dalam jumlah sedikit (terbatas) dibandingkan dengan cadangan energi primer dunia. Sebagai gambaran sedikitnya atau terbatasnya energi tersebut adalah berdasarkan data pada Tabel I.

Tabel 1 Cadangan energi primer dunia.

Cadangan Minyak Bumi	Indonesia 1,1 %	Timur Tengah 70 %
Cadangan Gas Bumi	Indonesia 1-2 %	Rusia 25 %
Cadangan Batubara	Indonesia 3,1 %	Amerika Utara 25 %

Sedangkan cadangan energi panas bumi di Indonesia relatif lebih besar bila dibandingkan dengan cadangan energi primer lainnya, diperkirakan mencapai 27 GWe atau setara dengan 40 persen sumberdaya panasbumi dunia, hanya saja belum dimanfaatkan secara optimal.

Penggunaan Energi Panas Bumi

Seperti diketahui, energi panas bumi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sumber energi terbarukan yang lain, diantaranya: (1) hemat ruang dan pengaruh dampak visual yang minimal, (2) mampu berproduksi secara terus menerus selama 24 jam, sehingga tidak membutuhkan tempat penyimpanan energi (*energy storage*), serta (3) tingkat ketersediaan (*availability*) yang sangat tinggi yaitu diatas 95%. Namun demikian, pemulihan energi (*energy recovery*) panas bumi memakan waktu yang relatif lama yaitu hingga beberapa ratus tahun. Secara teknis-ekonomis, suatu lokasi sumber panas bumi mampu menyediakan energi untuk jangka waktu antara 30-50 tahun, sebelum ditemukan lokasi pengganti yang baru.

Negara	Tahun 1976 (MW)	Tahun 1980 (MW)	Tahun 1985 (MW)	Tahun 2000 (MW)
Amerika Serikat	522	908	3.500	30.000
Italia	421	455	800	-
Filipina	-	443	1.726	4.000
Jepang	68	218	6.900	48.000
Selandai Baru	192	203	282	352
Meksiko	78,5	218	1.000	10.000
Islandia	2,5	64	150	500
Rusia	3	5,7	-	-
Turki	0,5	0,5	400	1.000
China	1	3	50	200
Indonesia	-	2,3	32,3	3.500
Argentina	-	-	20	-
Kanada	-	-	10	-
Spanyol	-	-	25	200
Jumlah	1.288,5	2.520,5	14.895,3	97.752

Apabila dilihat dari tabel tersebut di atas, tampak bahwa pemenuhan kebutuhan energi listrik pada beberapa negara melalui pemanfaatan energi panas bumi terus meningkat.

Selain untuk tenaga listrik, panas bumi dapat langsung dimanfaatkan untuk kegiatan usaha pemanfaatan energi dan/atau fluidanya, misalnya dimanfaatkan dalam dunia agroindustri. Sejumlah lapangan panas bumi Indonesia berdekatan bahkan berada di daerah pertanian, peternakan, kehutanan dan perkebunan yang membutuhkan energi panas dalam proses produksi maupun pengolahan hasil, yaitu untuk proses pengeringan, pengawetan, sterilisasi, pasteurisasi, pemanasan dan sebagainya.

Dampak Negatif Terhadap Lingkungan

Potensi panas bumi terdapat di kawasan pegunungan yang biasanya dijadikan kawasan konservasi sebagai hutan lindung. Dengan adanya kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sumber-sumber panas bumi di kawasan tersebut dapat mengganggu daerah konservasi tersebut. Serta kemungkinan terjadi pencemaran air tanah oleh kontaminan yang terbawa naik fluida panas bumi.

Harga Energi Panas Bumi

Harga jual uap untuk pembangkit listrik saat ini berkisar 3,7 s/d 38 sen US\$/kWh, sedangkan harga jual listrik berkisar 4,2 s/d 4,4 sen US\$/kWh.

Penutup : Masa Depan Energi Panas Bumi

Pergerakan lapisan bumi yang saling bertumbukan menyebabkan terjadinya proses radioaktif di kedalaman lapisan bumi sehingga menyebabkan terbentuknya magma dengan temperatur lebih dari 2000 °C. Setiap tahun air hujan serta lelehan salju meresap ke dalam lapisan bumi, dan tertampung di suatu lapisan batuan yang telah terkena arus panas dan magma. Lapisan batuan itu disebut dengan geothermal reservoir yang mempunyai kisaran temperatur antara 200° - 300 °C. Siklus air yang setiap tahun berlangsung menyebabkan lapisan batuan reservoir sebagai tempat penghasil energi panas bumi yang dapat terus menerus diproduksi dalam jangka waktu yang sangat lama. Itulah sebabnya mengapa panas bumi disebut sebagai energi terbarukan.

Penggunaan panas bumi sebagai salah satu sumber tenaga listrik memiliki banyak keuntungan di sektor lingkungan maupun ekonomi bila dibandingkan sumber daya alam lainnya seperti batubara, minyak bumi, air dan sebagainya. Tidak seperti sumber daya alam lainnya. Sifat panas bumi sebagai energi terbarukan menjamin kehandalan operasional pembangkit karena fluida panas bumi sebagai sumber tenaga yang digunakan sebagai penggerak akan selalu tersedia dan tidak akan mengalami penurunan jumlah.

Pada sektor lingkungan, berdirinya pembangkit panas bumi tidak akan mempengaruhi persediaan air tanah di daerah tersebut karena sisa buangan air disuntikkan ke bumi dengan kedalaman yang jauh dari lapisan aliran air tanah. Limbah yang dihasilkan juga hanya berupa air sehingga tidak mengotori udara dan merusak atmosfer. Kebersihan lingkungan sekitar pembangkit pun tetap terjaga karena pengoperasiannya tidak memerlukan bahan bakar, tidak seperti pembangkit listrik tenaga lain yang memiliki gas buangan berbahaya akibat pembakaran.

Sedangkan di sektor ekonomi, pengembangan energi panas bumi dapat meningkatkan devisa negara. Penggunaannya dapat meminimalkan pemakaian bahan bakar yang berasal dari fosil (minyak bumi, gas dan batubara) di dalam negeri sehingga, mereka dapat diekspor dan menjadikan pemasukan bagi negara. Hal ini mengingat sifat energi panas bumi yang tidak dapat diangkut jauh dari sumbernya. Dengan mengembangkan panas bumi, kapasitas sebesar 330 MW yang dihasilkan energi panas bumi, negara dapat menghemat pemakaian minyak bumi sebesar 105 MM BBL.

Selain sebagai sumber listrik, energi panas bumi juga bisa dimanfaatkan dalam dunia agroindustri. Sejumlah lapangan panas bumi Indonesia berdekatan bahkan berada di daerah pertanian, peternakan, kehutanan dan perkebunan yang membutuhkan energi panas dalam proses produksi maupun pengolahan hasil. Energi panas memang paling dibutuhkan dalam proses pengeringan, pengawetan, sterilisasi, pasteurisasi, pemanasan dan sebagainya. Selama ini, petani menggunakan bahan bakar minyak (BBM) untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut. Semakin besar industri yang mereka garap, semakin besar pula BBM yang diperlukan.(2)

ENERGI ANGIN

ENERGI ANGIN

Pendahuluan



Dewasa ini pengembangan dan penggunaan energi terbarukan (renewable energy) makin menjadi hal yang sangat penting. Apalagi dengan makin mengglobalnya isu emisi CO₂ yang kontra terhadap pelestarian lingkungan global. Gegap-gempita upaya diversifikasi sumber energi tak pelak merambah Indonesia menyusul ditandatanganinya Inpres No.1/2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati. Tentu ini merupakan kondisi yang positif, momentum yang tepat bagi seluruh komponen bangsa terkait, untuk segera memikirkan dan mengambil langkah serius guna pengembangan sumber energi alternatif masa depan.(1)

Pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. Di daerah khatulistiwa, udaranya menjadi panas mengembang dan menjadi ringan, naik keatas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin. Sebaliknya daerah kutub yang dingin, udaranya menjadi dingin dan turun kebawah. Dengan demikian terjadi suatu perputaran udara; berupa perpindahan udara dari kutub utara ke garis khatulistiwa menyusuri permukaan bumi, dan sebaliknya suatu perpindahan udara dari garis khatulistiwa kembali ke kutub utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi. Berikut skema terjadinya angin pasat :



Gambar diatas melukiskan terjadinya angin pasat secara skematik. Dimana angin berjalan dari daerah khatulistiwa naik keatas menuju kutub, dari kutub angin turun ke

bawah menuju daerah khatulistiwa dan seterusnya. Jadi, pada prinsipnya angin terjadi karena adanya perbedaan suhu udara di beberapa tempat dipermukaan bumi.

Menurut ilmu fisika klasik energy kinetic dari sebuah benda dengan massa m dan kecepatan v adalah $E = 0,5 m.v^2$, dengan asumsi bahwa kecepatan v tidak mendekati kecepatan cahaya. Rumus tersebut diatas berlaku juga untuk menghitung energy kinetic yang diakibatkan oleh gerakan angin. Sehingga kita bisa menuliskan sebagai berikut :

$$E = 0,5 m.v^2 \dots\dots\dots(6.1)$$

dengan $E = \text{energi} \quad (\text{joule})$
 $m = \text{massa udara} \quad (\text{Kg})$
 $v = \text{kecepatan angin} \quad (\text{m/detik})$

Bila suatu blok udara yang mempunyai penampang $A \text{ m}^2$, dan bergerak dengan kecepatan $v \text{ m/detik}$, maka jumlah massa yang melewati sesuatu tempat adalah :

$$m = A.v.q \quad (\text{Kg/det}) \dots\dots\dots(6.2)$$

dengan $A = \text{penampang} \quad (\text{m}^2)$
 $v = \text{kecepatan angin} \quad (\text{m/det})$
 $q = \text{kepadatan udara} \quad (\text{Kg/m}^3)$

Dengan melihat persamaan 6.1 dan 6.2, kita bisa menghitung daya yang dihasilkan dari energy angin, sebagai berikut :

$$P = \text{energi per satuan waktu} \\ = 0,5 q.A.v^3 \text{ per satuan waktu} \dots\dots\dots(6.3)$$

dengan $P = \text{daya} \quad (\text{W})$
 $q = \text{kepadatan udara} \quad (\text{kg /m}^3)$
 $A = \text{penampang} \quad (\text{m}^2)$
 $v = \text{kecepatan angin} \quad (\text{m/det})$

Untuk keperluan praktis sering digunakan rumus aproksimasi yang sederhana, yaitu hanya dengan memperhatikan besaran kecepatan angin dan luas penampang sudu, maka didapat rumus sebagai berikut :

$$P = k.A.v^3 \dots\dots\dots(6.4)$$

dengan $P = \text{daya} \quad (\text{kW})$
 $k = \text{konstanta} \quad (1,37 \cdot 10^{-5})$
 $A = \text{penampang} \quad (\text{m}^2)$
 $v = \text{kecepatan angin} \quad (\text{Km / jam})$

Dari rumus 6.4 besaran k dan A digambarkan sebagai konstanta. Pada prinsipnya besaran k mewakili suatu faktor seperti geseran dan efisiensi system, yang juga tergantung dari kecepatan angin v . luas penampang sudu A tergantung dari bentuk sudu.

Untuk keperluan estimasi sementara dan sangat kasar, dipakai rumus sebagai berikut :

$$P = 0,1 V^3 \dots\dots\dots(6.5)$$

dengan $P = \text{daya per satuan luas} \quad (W/m^2)$
 $v = \text{kecepatan angin} \quad (m/detik)$

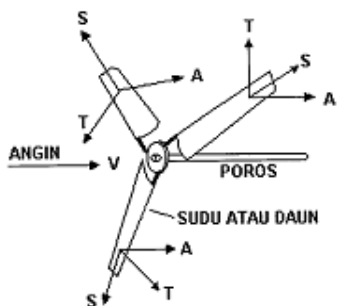
Dalam bulletin 17 FAO internal working yang berjudul “ *Windmills for water lifting and the generator of electricity on the farm* “ yang ditulis oleh E.W. Golding, daya yang dihasilkan dari energi angin dirumuskan sebagai berikut :

$$P = k.F.A.E.v^3 \dots\dots\dots(6.6)$$

dengan $P = \text{daya} \quad (kW)$
 $k = \text{konstanta} = 1,37.10^{-5}$
 $F = \text{faktor} = 0,5926$
 $A = \text{penampang} \quad (m^2)$
 $E = \text{efisiensi rotor dan peralatan lain}$
 $v = \text{kecepatan angin} \quad (m/det)$

Gaya-gaya angin yang bekerja pada sudu-sudu kincir pada dasarnya terdiri atas tiga komponen yaitu sebagai berikut :

- Gaya aksial a, yang mempunyai arah sama dengan arah angin
- Gaya sentrifugal s, yang meninggalkan titik tengah
- Gaya tangensial t, yang menghasilkan momen, bekerja tegak lurus pada radius dan yang merupakan gaya produktif



Gambar diatas memperlihatkan sebuah kincir dengan 3 sudu dengan gaya-gaya a, t dan s yang bekerja pada daun-daun sudu. Gaya-gaya tersebut dapat dihitung dan dirumuskan sebagai berikut : (2)

	$a = 0,00142 v^2 R^2$	dalam Kg
	$s = 367 RP/v_1 v$	dalam Kg
	$t = 0,00219 W v_2 v^2 / R_1$	dalam kg m
dengan	$P = \text{daya}$	(Kw)
	$R = \text{radius daun rotor}$	(m)
	$R_1 = \text{radius hingga titik berat daun}$	(m)
	$v = \text{kecepatan angin}$	(m/det)
	$W = \text{berat daun}$	(Kg)
	$v_1 = \text{kecepatan relatif ujung sudu terhadap } v$	
	$v_2 = \text{kecepatan relatif titik berat sudu terhadap } v$	
	$a = \text{gaya aksial}$	
	$s = \text{gaya sentrifugal}$	
	$t = \text{momen tangensial}$	

Dalam konteks Indonesia, sebenarnya ada sumber energi alternatif yang sudah sejak lama terlupakan, seperti potensi gelombang, arus atau angin laut di wilayah perairan Indonesia yang sangat melimpah. Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, dengan dua per tiga wilayahnya berupa lautan, maka tingkat ketersediaan sumber energi tersebut secara alamiah tak perlu diragukan lagi. Gelombang laut misalnya, telah menjadi sebuah potensi raksasa untuk memproduksi sumber energi yang bersih dan suatu perkiraan potensi sumberdayanya di seluruh dunia bisa mencapai antara 1 hingga 10 TW. Di samping itu, ladang-ladang pembangkit tenaga angin tidak lama lagi juga akan menjadi sangat prospektif sebagai sumber energi masadepan dunia.

Di antara negara-negara di kawasan Asia, yang tengah menggarapnya dengan serius akan potensi energi angin lepas pantai yang besar ini adalah Jepang. Berdasar minimnya sumber kekayaan mineral dan potensinya sebagai sebuah Negara kepulauan, penelitian-penelitian serius dan aplikatif dalam bidang ini telah dan sedang dilakukan demi ketersediaan sumber energi mereka di masa depan. (1)

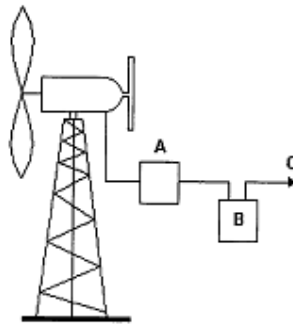
Contoh Pemakaian Energi Angin



Penggunaan tenaga angin diperkirakan dapat dilakukan untuk keperluan-keperluan seperti :

- ❖ Menggerakkan pompa-pompa air untuk irigasi ataupun untuk mendapatkan air tawar bagi ternak
- ❖ Menggiling padi untuk mendapatkan beras
- ❖ Menggergaji kayu
- ❖ Membangkitkan tenaga listrik

Untuk pemanfaatan kincir angin bagi pembangkit tenaga listrik skala kecil, diperlukan sebuah pengatur tegangan, karena kecepatan angin yang berubah-ubah, sehingga tegangan juga berubah. Diperlukan sebuah battery untuk menyimpan energi, untuk menanggulangi apabila angin sering tidak bertiup. Bila angin tidak bertiup, perlu dicegah generator bekerja sebagai motor, karena itu perlu adanya pemutus otomatis untuk mencegah generator bekerja sebagai motor.

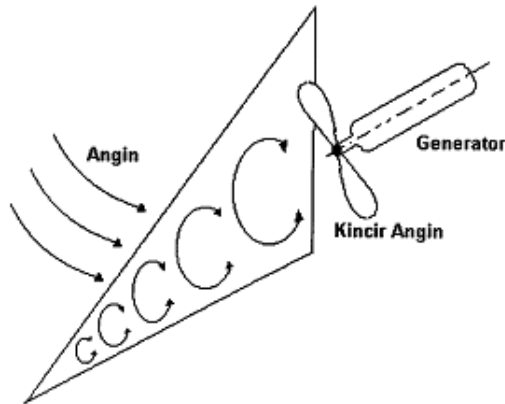


Skema kipas angin untuk pembangkit listrik kecil

Gambar di atas memperlihatkan skema sebuah kipas angin bagi pembangkit listrik yang kecil. Blok A merupakan pengatur tegangan dan pemutus otomatis, blok B merupakan baterai yang digunakan sebagai alat penyimpan energi, blok C merupakan saluran ke alat pemakaian.

Konsentrator Angin

Kepadatan energi yang rendah sebagaimana terdapat pada angin. Menyebabkan beberapa ahli untuk mempelajari prinsip vorteks. Prinsip vorteks ini dikemukakan oleh Hawley R., dalam jurnal energy yang berjudul “ *Power generation in the future* “.



Disini diusahakan untuk membuat suatu alat yang dapat meniru alam membuat suatu taufan kecil dari angin yang biasa. Pada dasarnya merupakan suatu konversi dari energi potensial dari angin menjadi energi kinetik. Pemikirannya dengan membuat suatu vorteks ditengah-tengah sebuah silinder kosong yang dilubangi dan diberi sudu-sudu hantar, sehingga angin biasa lewat ditangkap oleh sudu dan dihantarkan ke dalam silinder kosong. Arah angin yang lurus di ubah oleh dinding silinder menjadi gerakan berputar dan terjadi suatu depresi ditengah-tengah silinder. Taufan kecil ini kemudian dihantarkan ke arah kipas angin yang dihubungkan dengan generator. Hal tersebut bisa dilihat secara jelas pada gambar di atas.

Turbin Angin

Turbin angin atau kincir angin mengubah energy kinetic angin ke kerja mekanis. Untuk memproduksi listrik bolak-balik (ac) system ini harus di desain untuk selalu beroperasi pada kecepatan sudut yang tetap pada kecepatan angin yang berubah-ubah agar didapat frekuensi yang konstan.



Dalam perencanaan kincir angin, adalah penting untuk menjaga agar perbandingan daya dan berat sikecil mungkin. Ini mengurangi tegangan yang di akibatkan oleh daya sentrifugal sudu. Secara teoritis jumlah daya yang bias diserap oleh kincir dari angin adalah 59% untuk turbin dengan cerobong dan untuk turbin terbuka kira-kira 50-57% dari harga ini karena adanya kebocoran dan efek-efek lain. Daya yang dihasilkan oleh kincir angin secara langsung tergantung dari luas daerah yang disapu oleh sudu dan gaya angin per satuan luas yang tegak lurus pada kecepatan angin sebanding dengan kecepatan angin pangkat tiga. (2)

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Wind Power)

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Wind Power), adalah pembangkit yang memanfaatkan hembusan angin sebagai sumber penghasil listrik. Alat utamanya adalah generator, dengan generator tersebut maka dapat dihasilkan arus listrik dari gerakan blade / baling-baling yang bergerak karena hembusan angin. Pembangkit ini lebih efisien dari pada pembangkit listrik tenaga surya didalam menghasilkan listriknya. Pembangkit listrik yang ada dipasaran memiliki kapasitas watt per jam 200, 400, 500, 1000, 2000 dan 3000 Watt. Pembangkit ini tidak sembarang dapat digunakan karena medan yang akan dipasang harus memiliki hembusan / kecepatan angin yang tinggi dan stabil. Untuk menggerakkan blade / baling-baling agar bisa berputar saja harus memiliki kecepatan angin 2 meter/detik dan untuk menghasilkan listrik yang stabil sesuai kapasitas generatornya rata-rata 6 s/d 10 meter/detik.

Pembangkit ini bisa digunakan untuk skala kecil, menengah dan besar karena arus yang dihasilkan dalam 1 jam lebih besar serta membutuhkan investasi yang lebih murah

ketimbang PLTS. Daerah yang cocok digunakan pembangkit ini adalah daerah pantai, pesisir, pegunungan.

Pemanfaatan energi angin merupakan pemanfaatan energi terbarukan yang paling berkembang saat ini. Berdasarkan data dari World Wind Energy Association (WWEA), sampai dengan tahun 2007 perkiraan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin mencapai 93.85 GigaWatts, menghasilkan lebih dari 1% dari total kelistrikan secara global. Amerika, Spanyol dan China merupakan negara terdepan dalam pemanfaatan energi angin. Diharapkan pada tahun 2010 total kapasitas pembangkit listrik tenaga angin secara global mencapai 170 GigaWatt.

Di tengah potensi angin melimpah di kawasan pesisir Indonesia, total kapasitas terpasang dalam sistem konversi energi angin saat ini kurang dari 800 kilowatt. Di seluruh Indonesia, lima unit kincir angin pembangkit berkapasitas masing-masing 80 kilowatt (kW) sudah dibangun. Tahun 2007, tujuh unit dengan kapasitas sama juga dibangun di empat lokasi, masing-masing di Pulau Selayar tiga unit, Sulawesi Utara dua unit, dan Nusa Penida, Bali, serta Bangka Belitung, masing-masing satu unit. Mengacu pada kebijakan energi nasional, maka pembangkit listrik tenaga angin/bayu (PLTB) ditargetkan mencapai 250 megawatt (MW) pada tahun 2025. (3)

Perkembangan Teknologi Turbin Angin



Turbin angin pertama sebagai pembangkit listrik adalah berupa sebuah kincir angin tradisional yang dibuat oleh Poul la Cour di Denmark lebih dari 100 tahun yang lalu. Berikutnya baru di awal abad ke-20, mulai ada mesin eksperimental untuk turbin angin ini. Pengembangan lebih serius baru dilakukan pada saat terjadi krisis minyak pada era 1970-an, dimana banyak pemerintah di seluruh dunia mulai menggelontorkan dana untuk riset dan pengembangan sumber energi alternatif. Di awal 80-an, terlihat pengembangan utama dilakukan di California dengan pembangunan ladang pembangkit listrik turbin angin dengan ratusan turbin kecil, sehingga sampai akhir dekade tsb sudah terbangun 15.000 turbin angin dengan kapasitas pembangkit total sebesar 1.500 MW di daerah itu (Ackermann & Ser, 2000). Namun seiring dengan makin stabilnya harga minyak dunia di era 80-an tsb yang diikuti dengan pemangkasan subsidi pemerintah untuk dana pengembangan turbin angin ini, maka banyak perusahaan turbin angin mulai gulung tikar.

Namun hal ini tidak terjadi di Denmark, dimana pemerintah tetap mendukung secara kontinyu serta mengawal pengembangan teknologi turbin angin ini. Akibatnya teknologi dasar mereka tetap terpelihara dan tidak menghilang. Sehingga pada saat pasar energi angin kembali menguat di awal 90-an, banyak perusahaan yang bergerak dalam bidang ini mampu merespon dengan cepat, walhasil mereka cukup berhasil mendominasi pasar hingga saat ini. Dari sini dapat kita catat bahwa dasar keberuntungan dari energi terbarukan untuk saat ini adalah lebih berdasar pada kebutuhan yang solid untuk pengurangan perubahan iklim dan meningkatnya otonomi energi, bukan pada fluktuasi alami dari harga minyak dunia.

Sejauh ini, sebagian besar ladang turbin angin yang terpasang masih di daratan. Hasil studi yang dilakukan oleh DEWI tahun 2004 yang lalu, "WindEnergy-Study 2004-Assesment of the Wind Energy Market until 2012", menunjukkan optimisme bahwa pelipatgandaan kapasitas terpasang turbin angin di seluruh dunia dari 4~150.000 MW bisa tercapa. Hasil studi pasar lainnya oleh BTM Consult ApS di tahun yang sama, "World Market update 2003", juga menunjukkan kecenderungan yang serupa. Hingga sekitar tahun 2002, kapasitas total terpasang untuk turbin angin di darat berkisar 24 GW dan lebih dari 3 tahun terakhir, laju instalasi per tahunnya telah mencapai 4 GW. Saat ini laju rata-rata turbin terpasang secara internasional sudah mendekati 1 MW per unit. Dengan keberhasilan pengembangan dalam skala yg ekonomis tersebut, saat ini energi angin sudah mampu bersaing dengan pembangkit listrik tradisional seperti batubara maupun nuklir untuk daerah dimana kaya akan potensi angin.

Dari sisi teknologi, berbagai konsep disain turbin angin telah banyak dikembangkan hingga saat ini. Sebuah disain turbin "standart" telah diawali khususnya di Denmark dan Jerman yang sudah terbukti dengan baik performansinya dan telah menyebar ke seluruh dunia sejak awal tahun 1980-an. Turbin ini terdiri dari sebuah rotor 3 daun dengan sebuah sumbu penghubung horizontal yang ditopang oleh semacam stuktur tower. Untuk turbin angin lepas-pantai, beberapa aspek disain tambahan harus diperhatikan, misalnya proteksi terhadap lingkungan yang korosif, masalah pemasangan dan perbaikan turbin di lokasi operasi serta transportasi dan instalasi dari struktur penopangnya (Klose & Dalhoff, 2005).

Dimensi dari turbin angin telah mengalami pertumbuhan cukup signifikan selama kurun waktu 20 tahun belakangan. Salah satu faktor pembatasnya yang paling penting adalah terletak pada teknolgi produksi dari daun rotor besar yang terbuat dari bahan fiber-reinforced plastics (FRP). Di awal tahun 80-an, output rata-rata dari sebuah turbin angin baru mencapai 30~50 kW. Namun sampai tahun 2005 sudah meningkat pesat hingga mencapai 1.500~2.000 kW untuk diameter rotor rata-rata 80 meter, bahkan bisa mencapai 5.000 kW dengan diameter rotor rata-rata 115 meter.

Saat ini, angin sebagai sebuah sumber energi telah dan sedang tumbuh dengan laju pertumbuhan cukup tinggi, rata-rata per tahun mencapai 25%. Hal ini menjadikannya sebagai satu sumber energi dengan laju pertumbuhan tercepat di dunia sejak 1990. Lima pasar terbesar untuk energi angin saat ini adalah di negara Jerman, Spanyol, Amerika Serikat, Denmark dan India. Dengan ini pula, bahwasanya untuk saat ini, energi angin

sudah memiliki daya saing ekonomis, ditambah lagi sifatnya yang tidak menimbulkan polusi, sangatlah menjanjikan sebagai sumber energi alternatif era milenium.

Selain turbin angin yang dipasang di darat (land-based), sudah banyak pula ladang turbin angin lepas pantai (tipe terpancang di dasar laut) yang dibangun di perairan dangkal seperti di wilayah negara-negara Eropa (Henderson et al., 2002a, Zaijier & Henderson, 2004). Dalam dekade ini, di USA dan Kanada juga dikembangkan beberapa pembangkit energi tenaga angin lepas pantai di perairan Massachusetts (Manwell et al., 2001).

Untuk Jepang, karena sebagian besar wilayah perairan lepas pantainya berupa laut dalam, maka diperlukan konsep lain untuk pengembangan turbin angin lepas pantai ini (Henderson et al., 2002b, Kogaki et al., 2003). Dari sinilah kemudian berbagai konsep pengembangan ladang turbin angin lepas-pantai dan terapung untuk perairan dalam bermunculan.

Kogaki et al. (2003) merumuskan tiga konsep turbin angin lepas-pantai: 1) jenis terpancang di dasar laut untuk daerah dekat pantai (bottom-fixed type for near-shore wind plants), 2) jenis terapung untuk area lepas-pantai (floating type for offshore wind plants), dan 3) jenis turbin angin mampu-layar untuk area lepas-pantai lebih jauh (sailing type for far-shore wind plants). Sementara itu, khusus untuk jenis turbin angin terapung, Henderson et al. (2002b) menawarkan empat jenis konsep struktur penopangnya; 1) jenis Semi-Submersible, 2) jenis struktur Tension Leg Platforms (TLPs) atau Tensioned Buoyant Platforms (TBPs), 3) jenis Spar-buoys dan 4) jenis struktur Spaceframe. Semua jenis struktur ini tidak lain diadopsi dari konsep teknologi anjungan lepas-pantai yang sudah lebih dulu diaplikasikan dalam bidang migas. Di sini akan dijelaskan secara singkat satu konsep turbin angin terapung jenis "Hexa-float" dan satu konsep turbin angin lainnya dari jenis terapung mampu-layar.

Sementara itu untuk turbin angin jenis terapung mampu-layar, Inoue et al. (2005) menggagas konsep baru struktur terapung dengan bentuk yang unik. Struktur ini tersusun dari kolom-kolom berpenampang sayap (wing shaped struts) dan elemen lambung bawah yang ramping (slender shaped lower hulls) yang diperkirakan akan sangat menjanjikan di masa depan sebagai sebuah ladang turbin angin jenis terapung mampu-layar. Struktur apung ini memiliki kemampuan bergerak mandiri (self-mobile capability) dengan kemampuan manuver yang efektif di wilayah lepas pantai karena adanya gaya angkat yang ditimbulkan oleh elemen-elemen struktur struts-nya.

Pada prinsipnya, jenis terapung mampu-layar ini diintroduksi untuk dapat menjangkau daerah lebih-kaya-angin di kawasan lepas-pantai yang lebih jauh, serta mampu memproduksi sumber energi sekunder seperti hidrogen. Sistem ini beroperasi tanpa sistem tali tambat, sehingga diperlukan teknologi baru yang harus dikembangkan yang mana diprediksikan sistem komersialnya baru bisa direalisasikan dalam kurun waktu 10-15 tahun mendatang.

Kalau kita berpikir bahwa Indonesia memiliki sekitar 17.508 pulau (data dari Indonesian Naval Hydro-Oceanographic Office) dan pada kenyataannya operasional PLN tidak sanggup untuk membiayai pemasangan listrik hingga ke pulau-pulau terpencil

seperti ini, maka teknologi sederhana seperti ini tentu sangat relevan untuk dikembangkan dan digalakkan. Edukasi pada masyarakat tentang pemahaman bahwa angin juga bisa menghasilkan energi listrik perlu dipahami sebagai suatu kebutuhan urgen yang harus segera direalisasikan secara intensif, bertahap dan berkelanjutan. (1)

Dampak Lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Keuntungan utama dari penggunaan pembangkit listrik tenaga angin adalah sifatnya yang terbarukan. Hal ini berarti eksploitasi sumber energi ini tidak akan membuat sumber daya angin yang berkurang seperti halnya penggunaan bahan bakar fosil. Oleh karenanya tenaga angin dapat berkontribusi dalam ketahanan energi dunia di masa depan. Tenaga angin juga merupakan sumber energi yang ramah lingkungan, dimana penggunaannya tidak mengakibatkan emisi gas buang atau polusi yang berarti ke lingkungan.

Pembangkit listrik tenaga angin juga tidak menghasilkan emisi yang berarti. Jika dibandingkan dengan pembangkit listrik dengan batubara, emisi karbon dioksida pembangkit listrik tenaga angin ini hanya seperseratusnya saja.

Di samping karbon dioksida, pembangkit listrik tenaga angin menghasilkan sulfur dioksida, nitrogen oksida, polutan atmosfer yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan pembangkit listrik dengan menggunakan batubara ataupun gas.

Namun begitu, pembangkit listrik tenaga angin ini tidak sepenuhnya ramah lingkungan, terdapat beberapa masalah yang terjadi akibat penggunaan sumber energi angin sebagai pembangkit listrik, diantaranya adalah dampak visual, derau suara, beberapa masalah ekologi, dan keindahan.

Dampak visual biasanya merupakan hal yang paling serius dikritik. Penggunaan ladang angin sebagai pembangkit listrik membutuhkan luas lahan yang tidak sedikit dan tidak mungkin untuk disembunyikan. Penempatan ladang angin pada lahan yang masih dapat digunakan untuk keperluan yang lain dapat menjadi persoalan tersendiri bagi penduduk setempat.

Selain mengganggu pandangan akibat pemasangan barisan pembangkit angin, penggunaan lahan untuk pembangkit angin dapat mengurangi lahan pertanian serta permukiman. Hal ini yang membuat pembangkitan tenaga angin di daratan menjadi terbatas.

Penggunaan tiang yang tinggi untuk turbin angin juga dapat menyebabkan terganggunya cahaya matahari yang masuk ke rumah-rumah penduduk. Perputaran baling-baling menyebabkan cahaya matahari yang berkelap-kelip dan dapat mengganggu pandangan penduduk setempat. Efek lain akibat penggunaan turbin angin adalah terjadinya derau frekuensi rendah. Putaran dari sudu-sudu turbin angin dengan frekuensi konstan lebih mengganggu daripada suara angin pada ranting pohon.

Dalam keadaan tertentu turbin angin dapat juga menyebabkan gangguan elektromagnetik, mengganggu penerimaan sinyal televisi atau transmisi gelombang mikro untuk perkomunikasian.

Beberapa ilmuwan berpendapat bahwa penggunaan skala besar dari pembangkit listrik tenaga angin dapat mengubah iklim lokal maupun global karena menggunakan energi kinetik angin dan mengubah turbulensi udara pada daerah atmosfer. (4)

Pengaruh ekologi yang terjadi dari penggunaan pembangkit tenaga angin adalah terhadap populasi burung dan kelelawar. Burung dan kelelawar dapat terluka atau bahkan mati akibat terbang melewati baling-baling yang sedang berputar. Namun dampak ini masih lebih kecil jika dibandingkan dengan kematian burung-burung akibat kendaraan, saluran transmisi listrik dan aktivitas manusia lainnya yang melibatkan pembakaran bahan bakar fosil.

Dalam beberapa studi yang telah dilakukan, adanya pembangkit listrik tenaga angin ini dapat mengganggu migrasi populasi burung dan kelelawar. Pembangunan pembangkit angin pada lahan yang bertanah kurang bagus juga dapat menyebabkan rusaknya lahan di daerah tersebut.

Ladang angin lepas pantai memiliki masalah tersendiri yang dapat mengganggu pelaut dan kapal-kapal yang berlayar. Konstruksi tiang pembangkit listrik tenaga angin dapat mengganggu permukaan dasar laut. Hal lain yang terjadi dengan konstruksi di lepas pantai adalah terganggunya kehidupan bawah laut. Efek negatifnya dapat terjadi seperti di Irlandia, dimana terjadinya polusi yang bertanggung jawab atas berkurangnya stok ikan di daerah pemasangan turbin angin.



Meskipun dampak-dampak lingkungan ini menjadi ancaman dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga angin, namun jika dibandingkan dengan penggunaan energi fosil, dampaknya masih jauh lebih kecil. Selain itu penggunaan energi angin dalam kelistrikan telah turut serta dalam mengurangi emisi gas buang. (5)

Penutup

Demikian uraian singkat tentang perkembangan teknologi turbin angin baik untuk aplikasi di daratan maupun di daerah lepas-pantai. Kegigihan dan keseriusan Jepang dalam mengembangkan teknologi ini patut dijadikan contoh dan teladan bagi kita demi ketahanan energi kita di masa datang. Saat ini energi angin tidak hanya berpotensi untuk keperluan skala besar, namun sudah kompetitif untuk aplikasi dalam masyarakat umum.

Dengan penuh harapan, "tren bahan bakar nabati" yang terjadi saat ini tidak melalaikan kita akan potensi sumber energy lainnya seperti energi angin, yang mana tidak ada polemik lagi perihal ketersediaannya, yang belum tergarap secara optimal. (1)

Bayangkan bila tiap rumah, kantor, tempat ibadah, tempat umum di seluruh pulau jawa beberapa peralatan lampu penerangan dan beberapa peralatan elektroniknya diganti / dikombinasi dengan sistem Wind Power, maka penghematan dalam listrik PLN akan terwujud secara nyata.

ENERGI SURYA

ENERGI SURYA CELL / PHOTOVOLTAIK

Pendahuluan



Sumber energy berjumlah besar dan bersifat kontinyu terbesar yang tersedia bagi manusia adalah energy surya, khususnya energy elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari. Sementara energy surya belum dipakai sebagai sumber primer energy bahan bakar untuk saat ini. Penelitian dan pengembangan besar-nesaran sedang sedang dijalankan untuk mencari suatu system yang ekonomis untuk memanfaatkan energy surya ini sebagai sumber utama bahan bakar.

Energy surya adalah sangat luar biasa karena tidak bersifat polutif, tak dapat habis, dapat dipercaya dan tidak membeli. Kejelekannya dari energy surya ini adalah sangat halus dan tidak konstan. Arus energy surya yang rendah mengakibatkan dipakainya system dan kolektor yang luas permukaannya besar untuk mengumpul dan mengkonsentrasikan energy itu. System kolektor ini berharga cukup mahal dan ada masalah lagi bahwa system-siste di bumi tidak dapat diharapkan akan menerima persediaan yang terus menerus dari energy surya ini. Hal ini berarti diperlukan semacam system penyimpana energy atau konversi lain Yang diperlukan untuk menyimpan energy matahari pada malam hari serta pada saat cuaca mendung.

Energy surya dapat dikonversi secara langsung menjadi bentuk energi lain dengan tiga proses, yaitu : ***proses helochemical, proses helioelektrikal, dan proses heliothermal.***

Reaksi heliochemical yang utama adalah proses fotosintesa. Proses ini adalah sumber dari semua bahan bakar fosil. Proses helioelektrikal yang utama adalah produksi listrik oleh sel-sel surya. Proses heliothermal adalah penyerapan radiasi matahari dan pengkonversian energy ini menjadi energy termal.

Perhitungan Energi Surya

1. Waktu Matahari

Bumi bergerak mengelilingi matahari dalam suatu orbit yang berbentuk elips yakni hampir berupa lingkaran. Pada titik yang terdekat di tanggal 2 Desember, bumi berjarak sekitar $1,45 \times 10^{11}$ m dari matahari, sementara pada titik terjauh ditanggal 22 Juni, bumi berjarak sekitar $1,54 \times 10^{11}$ m dari matahari. Waktu matahari rata-rata ialah waktu matahari setempat jika bumi bergerak mengelilingi matahari dengan kecepatan konstan. Orbit yang bergerak elips itu menunjukkan bahwa bumi tidak bergerak dengan kecepatan konstan dan pada berbagai waktu matahari timbul lebih cepat atau lebih lambat dari waktu matahari rata-rata. Perbedaan waktu matahari rata-rata disebut dengan “persamaan waktu”.

Persamaan waktu bukanlah sebuah persamaan melainkan hanyalah sebuah faktor koreksi yang tergantung dari waktu tahun. Harga koreksi ini berkisar dari + 16,3 menit dibulan November hingga – 14,4 menit dibulan februari.

Waktu matahari rata-rata dapat dihitung secara langsung dari garis bujur setempat. Oleh Karena bumi berevolusi 360° dalam 24 jam, satu derajat dari rotasi bumi sama dengan $[24(60)/360]$ atau 4 menit. Ada sebuah garis bujur imajiner yang membujur kira-kira pusat dari tiap-tiap zone waktu yang disebut meridian standar zona waktu. Pada garis bujur ini, waktu matahari rata-rata dan waktu matahari standar setempat adalah identik. Ke barat atau ketimur meridian standar ini, waktu matahari rata-rata secara berturut-turut adalah lebih lambat dan lebih cepat dari waktu standar setempat.

Waktu matahari rata-rata = waktu standar setempat \pm [derajat timur (+) atau barat (-) dari meridian standar] (4 menit)

Waktu surya nyata = Waktu matahari rata-rata + persamaan waktu.

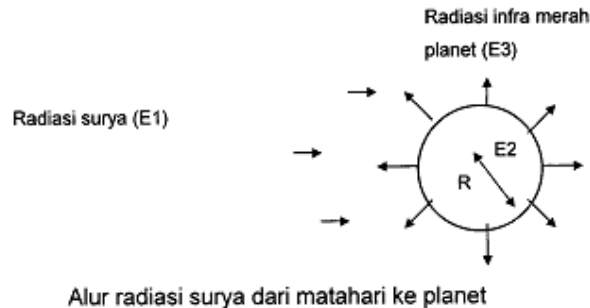
2. Temperature Planet

Berapa besar jumlah energy yang dikeluarkan oleh matahari sukar dibayangkan. Menurut perkiraan. Menurut perkiraan, inti matahari yang merupakan suatu tungku termonukler bersuhu 100 juta derajat celsius dimana tiap detik mengkonversi 5 tone materi menjadi energy yang dipancarkan ke angkasa luas sebanyak $6,41 \times 10^7$ W/m². Matahari mempunyai radius sebesar $8,96 \times 10^5$ Km.



Dalam perjalanannya diluar angkasa dalam kedinginan yang hamper mendekati nol absolute, yaitu kira-kira 2° K, bola bumi menerima sebagian kecil dari jumlah energy itu.

Misalkan sebuah planet yang tidak memiliki atmosfer. Planet itu mempunyai radius sebesar R dan menerima radiasi surya dari matahari.



Bila S merupakan padat radiasi surya, suatu jumlah energy E_1 diterima oleh planet dan sebesar E_2 diserap, maka besarnya E_2 adalah :

$$E_2 = \pi R^2 S(1 - \alpha) \dots\dots\dots(2.1)$$

- dimana ,
- E_2 = energi yang diserap oleh planet
 - R = jari-jari planet
 - S = padat radiasi surya
 - α = angka refleksi permukaan planet

Energy E_2 yang diserap akan menyebabkan suhu T dari planet akan naik. Pada gilirannya planet yang hangat atau panas ini akan juga memancarkan sebagian energinya, yaitu sebesar E_3 ke angkasa luas. Dengan demikian maka dapat ditulis :

$$E_1 = E_2 + E_3$$

- dimana,
- E_1 = energi yang diterima dari matahari
 - E_2 = energi yang diserap planet
 - E_3 = energi yang dipancarkan oleh planet

Dari hukum radiasi Stefan-Boltzman diketahui bahwa pancaran energy karena suhu akan merupakan radiasi infra merah, yang persatuan luas dinyatakan dengan rumus $\epsilon\sigma T^4$, dimana ϵ merupakan angka pancaran dari permukaan, σ merupakan suatu konstanta dan T suhu permukaan. Dengan demikian dapat ditulis sebuah persamaan :

$$E_3 = 4 R^2 \epsilon \sigma T^4 \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana, E_3 = energi yang dipancarkan planet
 R = radius planet
 ϵ = angka pancaran permukaan planet
 σ = suatu konstanta = $5,673 \times 10^{-8} \text{ J/m}^2 \text{ det } ^\circ\text{K}^4$
 T = suhu permukaan

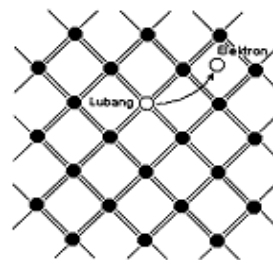
Keseimbangan tercapai bilamana $E_2 = E_3$ dan dicapai suhu akhir T . Sehingga rumus akan dicapai sebagai berikut :

$$\pi R^2 S(1 - \alpha) = 4 R^2 \epsilon \sigma T^4$$

$$T = [S(1 - \alpha) / 4\epsilon\sigma]^{1/4} \dots\dots\dots(2.3)$$

sehingga
 dimana T = suhu akhir planet
 S = padat radiasi surya
 α = angka refleksi permukaan
 ϵ = angka pancaran permukaan
 σ = suatu konstanta

Didalam rumus diatas tampak bahwa besaran R tidak terlihat sehingga kita dapat menyimpulkan bahwa suhu permukaan tidak dipengaruhi besar kecilnya jari-jari tetapi sangat dipengaruhi padat radiasi surya jatuh pada permukaan planet tersebut. (1)

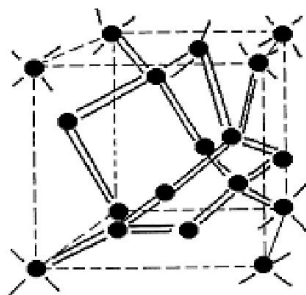


planet
 planet
 yang

Konversi Energi PHOTOVOLTAIK

Energi radiasi surya dapat diubah arus listrik searah dengan mempergunakan lapisan tipis dari silikon (Si) murni atau bahan semikonduktor lainnya. Saat ini silikon merupakan bahan yang terbanyak dipakai. Silikon merupakan suatu unsur yang anyak terdapat dialam. Untuk pemakaian sebagai semikonduktor, silikon harus dimurnikan hingga suatu tingkat pemurnian yang tinggi sekali, yaitu kurang dari satu atom pengotoran per 10^{10} atom silikon.

menjadi
 lapisan-



Dari gambar diatas menunjukkan bentuk kristalisasi demikian akan terjadi bila silicon cair menjadi padat. Hal ini disebabkan karena tiap atom silicon mempunyai elektron valensi. Dengan demikian terjadi suatu bentuk Kristal dimana tiap atom silikon mempunyai 4 tetangga terdekat. Tiap dua atom silikon yang bertetangga saling memiliki satu electron valensinya. Bentuk kisi Kristal sering disebut kisi instan.

Pada gambar struktur atom dua dimensi, bahwa tiap atom mempunyai empat tetangga terdekat. Kedua garis antara tiap atom merupakan dua electron valensi. Tiap pasangan electron valensi adalah suatu ikatan kovalensi, yang pada dasarnya merupakan hubungan yang mengikat atom-atom Kristal.

Pada suhu nol derajat absolute semua ikatan kovalensi berada dalam keadaan utuh dan lengkap. Bila suhu naik, atom-atom akan mengalami keadaan getaran termal. Getaran ini, pada suatu saat dapat mengganggu beberapa ikatan kovalensi.

Terputusnya ikatan valensi melepaskan sebuah electron, yang dapat bergerak bebas dalam Kristal dan dapat berperan serta dalam proses hantaran. Cara hantaran listrik dapat terjadi bila sebuah "lubang" yang terjadi karena pelepasan electron diisi oleh electron lain dari tetangganya dan seterusnya.

Jika Kristal itu diletakkan dalam suatu medan listrik, maka electron-elektron bebas itu condong mengalir ke arah melawan medan sedangkan lubang-lubang yang terjadi akan memiliki arah yang berlawanan. Lubang-lubang itu berperan sebagai partikel dengan muatan positif. Dengan demikian seolah-olah dalam sebuah semikonduktor terjadi dua arus dengan arah saling berlawanan, suatu arus electron dan suatu arus lubang. Jumlah electron yang mengalir dalam semikonduktor jauh lebih kecil daripada konduktor.

(1)

Proses Pembuatan Wafer Silikon

Pengaturan atom dalam kristal silikon	Struktur atom dua dimensi	Proses
---------------------------------------	---------------------------	--------

pembuatan wafer silikon adalah pertama cairan panas diputar dan mnghasilkan Kristal silikon silindris yang seterusnya digergaji dan menghasilkan cakram-cakram, atau wafer-wafer kemudian wafer tersebut diberi kawat-kawat untuk menghubungkan daerah-daerah pada muatan negative dan muatan positif.

Sekarang ini juga dikembangkan suatu teknologi baru dalam membuat sel-sel silikon, yaitu pembuatan dalam bentuk pita. Dalam cairan panas silikon terpasang semacam matres yang mempunyai celah yang tipis sekalikurang lebih 0,3 mm. Berdasarkan prinsip kapiler, cairan dalam celah matres akan naik dan mengeras karena suhu yang lebih rendah, sehingga merupakan pita. (1)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PETROMAT INTERNATIONAL
SOLAR ENERGY SYSTEM
MENIKMATI LISTRIK DARI MATAHARI

SOLAR ENERGY SYSTEM For AC & DC Appliance

Extendable Solar Panel
220 V
Or
Extendable Battery
Need inverter for A/C applications

Home appliances & Garden lighting
Laptop
Water Pump
Refrigerator Vaccine
Mobile Phone Charger
Sewage Pumps

SAFETY PARABOLIC
SATELLITE

More illumination than standard solar panel
HDEL 400 Lumens/100,000 jam

Water proof and floatable or underwater

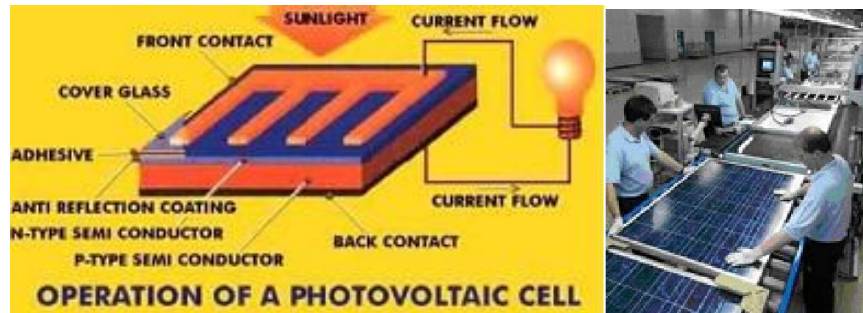
Aku adalah listrik matahari. Aku di desain memenuhi standar fungsi produk-produk berbasis energi terbarukan. Kehadiranku yang ramah lingkungan dan hemat energi, bebas biaya tak bisa diragukan. Aku dapat digunakan dimana saja dan kapan saja. Termasuk kegiatan kemanusiaan, dan mendukung sarana pendidikan serta teknologi tepat guna dibidang pertanian, perikanan dan lainnya.

Masalah energi tampaknya akan tetap menjadi topik yang hangat sepanjang peradaban umat manusia. Upaya mencari sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil masih tetap ramai dibicarakan. Ada beberapa energi alam sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman dan dengan persediaan yang tidak terbatas. Di antaranya adalah energi surya, angin, gelombang dan perbedaan suhu air laut. Di masa yang akan datang, dengan adanya kebutuhan energi yang makin besar, penggunaan sumber energi listrik yang beragam tampaknya tidak bisa dihindari. Oleh sebab itu, pengkajian terhadap berbagai sumber energi baru tidak akan pernah menjadi langkah yang sia-sia. Bagaimana perkembangan teknologi sel surya dewasa ini sebagai komponen utama untuk pembangkit listrik tenaga matahari dan bagaimana pula prospeknya di masa depan dengan penekanan pada material pembentukan sel surya itu sendiri? (2)

Beberapa keuntungan menggunakan energy matahari di Indonesia adalah : (3)

- Sumber energi tersedia sepanjang tahun dan gratis
- Bebas polusi udara
- Tidak bising
- Tidak memerlukan sistem transmisi yang rumit
- Tidak menyebabkan efek pemanasan global
- Dapat di tempatkan di daerah terpencil
- Umur pakainya panjang, kurang lebih 20 tahun
- Aman
- Perawatannya sangat mudah dan hampir tanpa biaya

Fotovoltaik dan permasalahannya

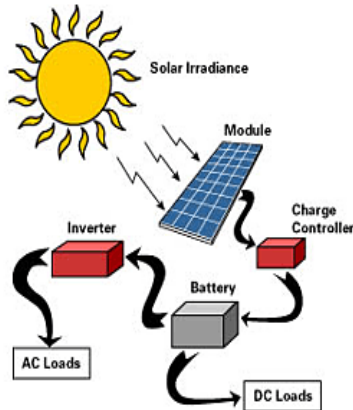


Teknologi fotovoltaik yang mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan divais semikonduktor yang disebut sel surya (solar cells) merupakan salah satu pilihan yang menarik. Apalagi buat Indonesia yang terletak di katulistiwa dan terdiri dari banyak kepulauan dan pegunungan yang menyulitkan penyebaran jaringan transmisi listrik. Secara umum listrik tenaga surya ini sudah dapat diterima sebagai sumber energi alternatif. Persoalan yang ada sekarang adalah harganya yang masih mahal dibandingkan dengan listrik yang dibangkitkan dengan sumber energi lain, sehingga penggunaannya sekarang terbatas hanya dalam skala kecil seperti pada barang-barang elektronik dan juga digunakan sebagai pembangkit listrik pada daerah-daerah yang masih sulit dijangkau oleh jaringan listrik. Usaha untuk menurunkan harga panel sel surya dapat dilakukan dengan menaikkan efisiensi (konversi) dari sel tersebut yaitu parameter yang menyatakan prosentase dari besarnya energi listrik yang bisa dihasilkan oleh sel surya dibandingkan dengan besarnya energi cahaya yang diterima. Usaha lain adalah perlunya kampanye penggunaan secara massal dari sel surya ini untuk dapat meningkatkan volume produksinya. Dengan menaikkan efisiensi dari sel surya, disamping menurunkan harga pembuatannya, juga akan memperkecil luas permukaan modulnya untuk daya keluaran yang sama, sehingga lebih menghemat tempat. (2)

Prinsip Kerja

Dalam cahaya matahari terkandung energy dalam bentuk foton. Foton adalah partikel kecil dalam cahaya matahari yang mengandung energi. Ketika foton ini mengenai permukaan sel surya, elektron-elektronnya akan tereksitasi dan menimbulkan aliran listrik. Prinsip ini dikenal sebagai prinsip photoelectric. Sel surya dapat tereksitasi karena terbuat dari material semikonduktor ; yang mengandung unsur silikon. Silikon ini terdiri

atas dua jenis lapisan sensitive : lapisan negatif (tipe-n) dan lapisan positif (tipe-p). Silikon tipe-n adalah Silikon yang dikotori dengan atom Arsenic atau Phosphor. Sedangkan Silikon tipe-p adalah silikon yang dikotori dengan atom Boron.



Sel surya ini mudah pecah dan berkarat jika terkena air. Karena itu sel ini dibuat dalam bentuk panel-panel ukuran tertentu yang dilapisi plastik atau kaca bening yang kedap air. Panel ini dikenal sebagai panel surya. Ada beberapa jenis panel surya yang dijual di pasaran. Jenis pertama, yang terbaik saat ini, adalah jenis monokristalin. Panel ini memiliki efisiensi 12-

14%. Jenis kedua adalah jenis polikristalin atau multikristalin, yang terbuat dari Kristal silikon dengan efisiensi 10-12% (Efisiensi panel surya 10% berarti untuk input sinar matahari tegak lurus permukaan panel seluas 1 m² dengan kerapatan 1000 Watt/m² akan dihasilkan energy listrik sebesar 100 Watt). Jenis ketiga adalah silikon jenis amorphous, yang berbentuk film tipis. Efisiensinya sekitar 4-6%. Panel surya jenis ini banyak dipakai di mainan anak-anak, jam dan kalkulator. Yang terakhir adalah panel surya yang terbuat dari GaAs (Gallium Arsenide) yang lebih efisien pada temperatur tinggi . Listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat langsung digunakan atau disimpan lebih dahulu ke dalam batere. Arus listrik yang dihasilkan adalah listrik dengan arus searah (DC) sebesar 3.5 A. Besar tegangan yang dihasilkan adalah 0.4-0.5V. Kita dapat mendesain rangkaian panel-panel surya, secara seri atau paralel , untuk memperoleh output tegangan dan arus yang diinginkan. Untuk memperoleh arus bolak balik (AC) diperlukan alat tambahan yang disebut inverter. (3)

Perhitungan Teknis

Daya yang dihasilkan oleh panel surya maksimum diukur dengan besaran Wattpeak (Wp), yang konversinya terhadap Watthour (Wh) tergantung intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan panel. Selanjutnya daya yang dikeluarkan oleh panel surya adalah daya panel dikalikan lama penyinaran. Misalnya sebuah panel surya berkapasitas 50 Wp disinari matahari dengan intensitas maksimum selama 8 jam maka daya yang dihasilkan adalah 50 kali 8 Wh atau 400 Wh. Daya sebanyak ini dapat digunakan untuk menyalakan 4 buah lampu 25 Watt selama 4 jam atau sebuah televisi hitam putih 40 Watt selama 10 jam. Di Indonesia, daya (Wh) yang dihasilkan perhari biasanya sekitar 3-5 kali daya panel maksimum (Wp), 3 kali untuk cuaca mendung, dan 5 kali untuk kondisi panas terik. Misalnya untuk sebuah panel surya berdaya

maksimum 50 Wp, daya yang dihasilkan pada cuaca mendung perhari adalah 3 kali 50 Wp atau 150 Wp, dan pada cuaca cerah adalah 5 kali 50 Wp atau 250 Wp.

Panel-panel surya dapat disusun secara seri atau paralel. Rangkaian paralel digunakan pada panel-panel dengan tegangan output yang sama untuk memperoleh penjumlahan arus keluaran. Tegangan yang lebih tinggi diperoleh dengan merangkai panel-panel dengan arus keluaran yang sama secara seri. Misalnya untuk memperoleh keluaran sebesar 12 Volt dan arus 12 A, kita dapat merangkai 4 buah panel masing-masing dengan keluaran 12 Volt dan 3 A secara paralel. Sementara kalau keempat panel tersebut dirangkai secara seri akan diperoleh keluaran tegangan sebesar 48 Volt dan arus 3 A. (3)



Perhitungan Ekonomis

Harga energi per-kWh dari panel surya masih tergolong mahal. Sebuah panel surya berkapasitas 50 Wp lengkap dengan baterai penyimpanan, controller, 3 titik lampu dan satu titik untuk kulkas atau televisi hitam putih dijual dengan harga rata-rata satu seperempat juta rupiah. Panel ini didesain untuk beroperasi selama 20 tahun. Baterai panel biasanya harus diganti setiap 5 tahun. Biasanya perusahaan penjual memberikan garansi selama 10 tahun

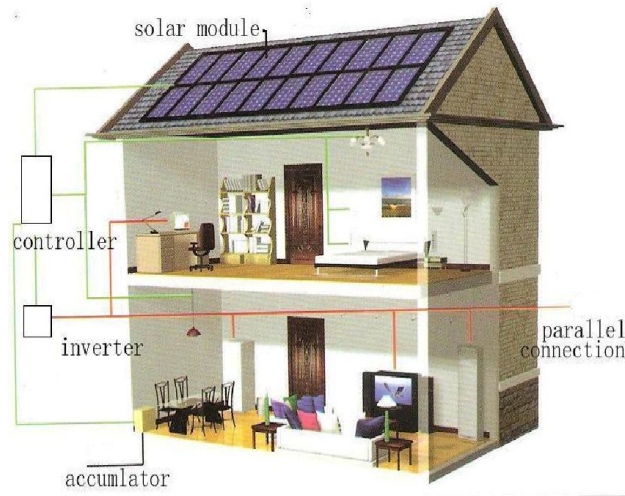
untuk panel dan 1 tahun untuk baterai. Daya yang dihasilkan panel tersebut, dalam pemakaian di Indonesia, berkisar 150 - 250 Wh per hari .

Bila panel tersebut digunakan dalam kondisi normal dan bertahan selama 20 tahun maka daya total yang dihasilkan selama 20 tahun adalah 20 tahun dikalikan 365 hari / tahun dikalikan antara 150 - 250 kWh, yaitu antara 1095000 Wh (1.095 kWh) sampai 1825000 Wh (1825 kWh). Jadi investasi yang dikeluarkan untuk per kWh listrik yang dihasilkan adalah antara Rp. 685,- sampai Rp. 1142,- (nilai ini belum termasuk penggantian baterai setiap lima tahun serta biaya perawatan). Dengan memasukkan faktor-faktor tersebut harga per-kWh energi surya mencapai sekitar Rp. 1800,-. Bandingkan harga listrik PLN untuk skala rumah tangga 450 Watt sebesar Rp. 125,- per kWh. Perlu dicatat bahwa ada subsidi pemerintah di dalam harga listrik PLN untuk rumah tangga.

Subsidi ini tidak ada dalam penggunaan listrik energi surya yang dihitung di atas. Harga di atas juga merupakan harga satuan panel sampai di tempat konsumen (asal

tempatnya tidak terlalu jauh) di Indonesia. Mungkin ada potongan harga untuk pemakaian panel yang lebih banyak dan skala yang lebih besar. Sekarang, panel-panel surya masih diimpor. Artinya harga yang harus dibayar konsumen juga sudah termasuk pajak bea masuk dan pajak pertambahan nilai .

Suatu saat ketika di temukan teknologi yang lebih efisien dan Indonesia dapat membuat panel suryanya sendiri harga panel surya sangat mungkin bisa turun. Sekedar gambaran adalah harga panel surya di Jerman pernah turun sekitar 40% dalam dua bulan.(3)



Aplikasi Panel Surya Skala Rumah Tangga

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemasangan panel surya agar diperoleh daya optimum, di antaranya: **Jumlah radiasi (pancaran) cahaya matahari.** Untuk Indonesia, ini tidak menjadi masalah karena Indonesia adalah negara tropis yang menerima

cahaya matahari sepanjang tahun. **Sudut panel/kemiringan panel.** Yang terbaik adalah meletakkan panel tegak lurus dengan arah sinar datang. Untuk daerah di sebelah selatan Khatulistiwa, panel di letakkan menghadap ke utara dengan kemiringan besarnya tergantung pada posisinya pada garis bujur. **Temperatur panel.** Biasanya, panel dirancang untuk menghasilkan energi optimum pada suhu kamar (25°C). Jika panel tidak beroperasi pada temperatur tersebut, efisiensinya berkurang. Karena itu biasanya panel diletakkan di tempat yang sejuk dan banyak angin.

Perancangan Untuk Skala Rumah Tangga

Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus dilakukan untuk merancang pembangkit listrik tenaga surya di rumah anda: (3)

1. Definisikan kebutuhan listrik anda.
2. Tentukan berapa banyak daya yang akan disuplai dengan energi surya.
3. Klasifikasikan mana yang bisa disuplai dengan arus AC dan mana yang bisa disuplai dengan arus DC.
4. Berdasarkan langkah ketiga, hitunglah berapa jumlah panel surya, baterai, inverter, titik lampu dan stop kontak yang dibutuhkan. Rumus perhitungan secara sederhana dapat dilihat pada bagian perhitungan teknis.
5. Rancanglah penempatan panel untuk memperoleh hasil yang optimum. Perhatikan hal-hal yang harus diperhatikan pada bagian aplikasi skala rumah tangga.
6. Hitunglah panjang kabel yang dibutuhkan.

7. Hubungi toko penjual panel surya dan konsultasikan hasil rancangan anda, siapa tahu mereka mempunyai saran untuk memperoleh desain yang lebih ekonomis.
8. Nilai kondisi keuangan anda dan ambillah keputusan.
9. Pasanglah instalasinya.

Sel surya di Jepang

Negara Jepang lewat proyek *Sunshine*-nya, sangat menaruh minat pada material silikon amorf yang diharapkan dapat digunakan secara massal oleh penduduknya. Sesuai dengan fleksibilitas dari silikon amorf ini yang dapat ditumbuhkan pada substrat apa saja, saat ini sedang diteliti penumbuhan material ini di atas plastik khusus sebagai pengganti kaca sehingga menjadi lebih ringan dan murah. Pemerintah Jepang juga sudah mengeluarkan perundangan untuk memungkinkan penjualan kelebihan listrik yang dihasilkan dari pemakai sel surya ke perusahaan listrik. Jadi buat Jepang yang memang tidak memiliki sumber energi fosil yang mencukupi ini, listrik tenaga surya bukanlah terbatas pada penggunaan yang khusus di daerah terpencil tapi merencanakan penggunaan secara massal untuk rumah-tinggal di kota, sekolah dan fasilitas umum lainnya. Untuk mendukung hal ini, mulai beberapa tahun yang lalu, pemerintah Jepang memberikan subsidi sebesar 60% dari harga jualnya buat rumah-tinggal yang ingin memasang panel sel surya dengan daya keluaran 2-3 kW. Kampanye seperti ini memang bertujuan untuk lebih memasyarakatkan penggunaan dari sel surya sehingga diharapkan dapat menurunkan harga pembuatannya karena produksi secara massal. Buat kita di Indonesia, pertimbangan penggunaan sel surya seharusnya bisa menjadi lebih layak lagi, mengingat negara kita terletak di katulistiwa yang menerima sinar matahari sepanjang tahun dan juga cukup tersedia lahan untuk menempatkan panel sel surya bila tidak ingin diletakkan di atap rumah.

Pemilihan material yang tepat untuk produksi sel surya bukanlah suatu harga mati. Ini dikarenakan adanya karakteristik yang berbeda-beda dari sel surya tersebut. Jadi seperti saat ini ada berbagai jenis bahan bakar untuk kendaraan bermotor seperti premium, solar dan sebagainya, sel surya pun nantinya akan menawarkan bermacam-macam jenis di pasaran, bergantung pada spesifikasi kebutuhan kita masing-masing. (2)

Di Indonesia

Untuk kita di Indonesia, walaupun memang masih ada alternatif energi yang lain, ada baiknya kita terlibat secepatnya dalam teknologi pembuatan sel surya ini. Sel surya sebagai suatu divais semikonduktor terkait erat dengan teknologi semikonduktor itu sendiri. Jadi pengembangan teknologi ini bisa dijalankan bersama-sama dengan pengembangan divais-divais semikonduktor lainnya untuk aplikasi mikroelektronika. Perbedaan besarnya adalah terletak pada dimensinya, dimana sel surya harus difabrikasi dalam ukuran sebesar mungkin sedangkan divais mikroelektronika menuju ke arah pengecilan. Jadi penguasaan teknologi ini akan dengan sendirinya memudahkan penguasaan teknologi semikonduktor lainnya. Hal ini sejalan dengan usaha pengembangan industri elektronika di Indonesia.

Secara umum, penggunaan panel photovoltaik oleh pemerintah dikoordinir oleh BPP Teknologi. Beberapa tempat yang sedang melakukan aktivitas pembuatan sel surya ini di Indonesia adalah di Puspitek Serpong, LEN dan ITB. Usaha seperti ini diharapkan bisa menjadi embrio bagi industri sel surya dalam negeri atau bahkan industri semikonduktor. Partisipasi seperti ini sangat strategis, selagi teknologi ini belum jenuh dan masih dalam tahap mencari bentuk yang optimal. Kalau hal ini tidak dilakukan sekarang, dikawatirkan kita bisa menjadi pengimpor sel surya terbesar dikemudian hari, seperti pengalaman kita untuk bidang teknologi tinggi lainnya. (2)

ENERGI

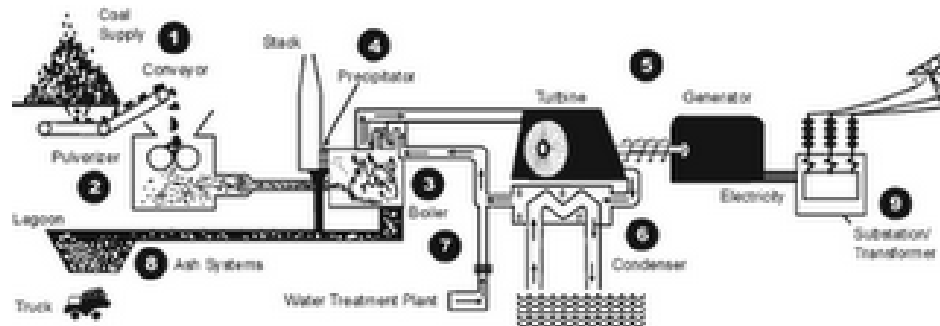
UAP

ENERGI UAP

Energi Uap merupakan salah satu energy untuk membangkitkan listrik pada saat ini. PLTU ada beberapa jenis tergantung dari bahan bakar yang digunakan. Yaitu PLTU berbahan bakar batu bara dan PLTU berbahan bakar air.

PLTU BATU BARA

http://4.bp.blogspot.com/NBw9f9VL_9k/SFj_EP_9FoI/AAAAAAAAAUU/UEH5cYC8MJ/A/s1600-h/pembangkit+listrik+tenaga+uap.gif Indonesia adalah eksportir batubara terbesar kedua di dunia (setelah Australia, 2006). Disaat harga minyak yang terus membumbung tinggi pembangkit listrik tenaga uap (pltu) layak menjadi pertimbangan.



http://4.bp.blogspot.com/NBw9f9VL_9k/SFj_EP_9FoI/AAAAAAAAAUU/UEH5cYC8MJA/s1600-h/pembangkit+listrik+tenaga+uap.gif

Disamping merupakan diagram cara kerja pembangkit listrik tenaga uap yang berbahan bakar batu bara. Berikut adalah detail penjelasan gambar yang diterjemahkan secara bebas dari situs aslinya.

- **Coal Supply** (pengumpulan batu bara). Batu bara dari tambang di kirim ke "coal hoper" dan dihaluskan sampai ukuran 5 cm. Setelah itu dikirim ke pembangkit melalui konveyor
- **Pulverizer** (Alat penghancur). Batu bara dihaluskan lagi sampai menjadi bubuk dan di campur dengan udara kemudian ditiupkan ke tungku pembakaran.
- **Boiler**. Batu bara yang dibakar di ruang pembakaran digunakan untuk memanaskan air didalam boiler sampai menjadi uap. Uap ini yang digunakan untuk memutar rotor dan membangkitkan energi listrik
- **Precipitator, stack** (alat penangkap debu) . Pembakaran batu bara akan menghasilkan karbon dioksida (CO₂), sulfur dioksida (SO₂) dan Nitrogen oksida. Gas - gas ini keluar dari boiler melalui Precipitator dan stack . Precipitator mampu 99.4 % debu sebelum gas dibuang ke udara. Sedangkan sisa pembakaran yang lebih berat akan mengendap ke bawah boiler dan dibuang lagoon.
- **Turbin dan Generator**. Uap bertekanan tinggi dari boiler digunakan untuk memutar bilah turbin yang dihubungkan dengan generator dengan bantuan poros. Poros yang berputar ini akan menghasilkan energi listrik di dalam generator.

- **Condensers** (kondensor). Uap panas yang keluar dari turbin dialirkan ke kondensor. Di kondensor uap didinginkan sehingga terkondensasi menjadi air, air ini di pompakan lagi ke boiler untuk dipanaskan dan proses ini terus berulang (resirkulasi).
- **Water treatment plant.** Untuk mengurangi korosi pada pipa - pipa boiler, air yang digunakan untuk boiler harus dibersihkan. Air yang mengandung lumpur akan dibuang keluar dari sistem.
- **Substation, transformer, transmission lines.** Energi listrik yang di hasilkan oleh generator harus di naikan voltasenya melalui transformer (travo step up) sebelum di kirim melalui jalur transmisi (transmisi line). Tujuan untuk menaikkan voltase ini untuk mengurangi energi yang terbuang selaa proses pengiriman. (1)

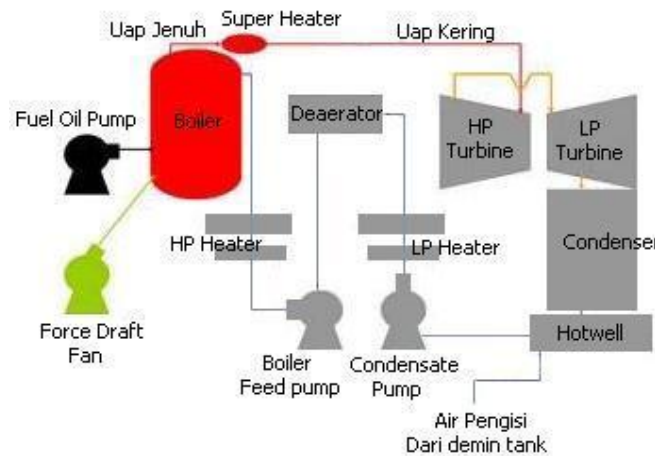
PLTU AIR

Sebuah **pembangkit listrik** jika dilihat dari bahan baku untuk memproduksinya, maka Pembangkit Listrik Tenaga Uap bisa dikatakan pembangkit yang berbahan baku Air. Kenapa tidak UAP? Uap disini hanya sebagai tenaga pemutar turbin, sementara untuk menghasilkan uap dalam jumlah tertentu diperlukan air. Menariknya didalam PLTU terdapat proses yang terus menerus berlangsung dan berulang-ulang. Prosesnya antara air menjadi uap kemudian uap kembali menjadi air dan seterusnya. Proses inilah yang dimaksud dengan **Siklus PLTU**.

Air yang digunakan dalam siklus PLTU ini disebut **Air Demin** (*Demineralized*), yakni air yang mempunyai kadar conductivity (kemampuan untuk menghantarkan listrik) sebesar 0.2 us (mikro siemen). Sebagai perbandingan air mineral yang kita minum sehari-hari mempunyai kadar conductivity sekitar 100 – 200 us. Untuk mendapatkan air demin ini, setiap unit PLTU biasanya dilengkapi dengan *Desalination Plant* dan *Demineralization Plant* yang berfungsi untuk memproduksi air demin ini.

Secara sederhana bagaimana siklus PLTU itu bisa dilihat ketika proses memasak air. Mula-mula air ditampung dalam tempat memasak dan kemudian diberi panas dari sumbu api yang menyala dibawahnya. Akibat pembakaran menimbulkan air terus mengalami kenaikan suhu sampai pada batas titik didihnya. Karena pembakaran terus berlanjut maka air yang dimasak melampaui titik didihnya sampai timbul uap panas. Uap ini lah yang digunakan untuk memutar turbin dan generator yang nantinya akan menghasilkan energi listrik.

Secara sederhana, siklus PLTU digambarkan sebagai berikut :



Siklus PLTU :

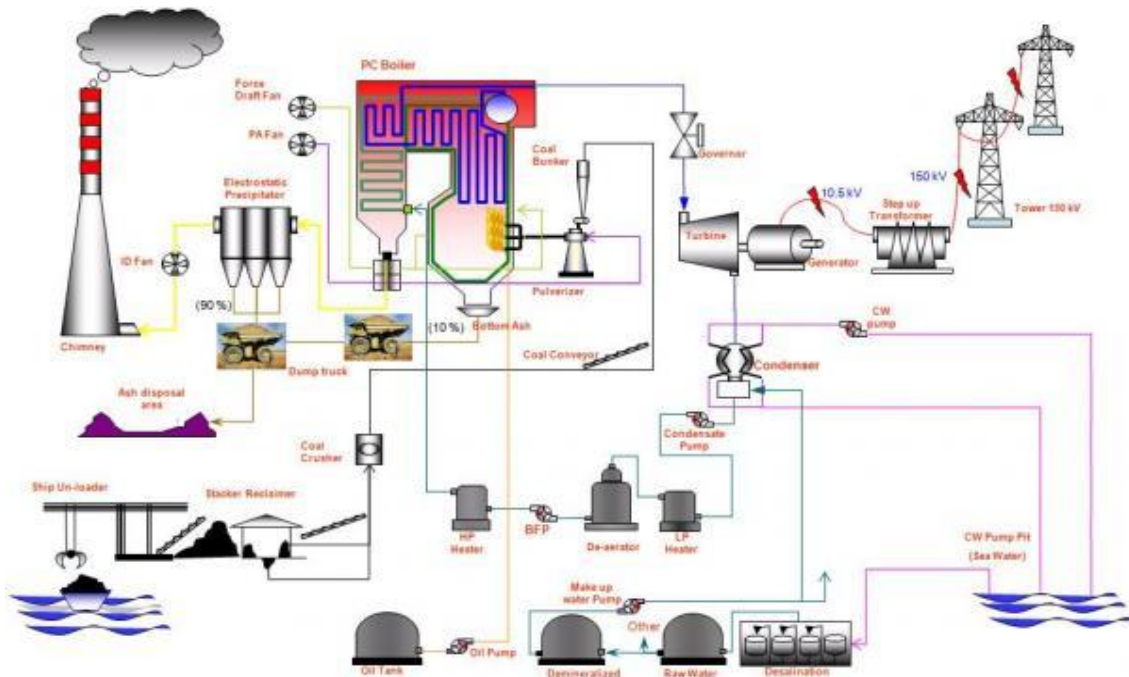
1. Pertama-tama air demin ini berada disebuah tempat bernama Hotwell.
2. Dari Hotwell, air mengalir menuju *Condensate Pump* untuk kemudian dipompakan menuju LP Heater (*Low Pressure Heater*) yang fungsinya untuk menghangatkan tahap pertama. Lokasi hotwell dan condensate pump terletak di lantai paling dasar dari pembangkit atau biasa disebut Ground Floor. Selanjutnya air mengalir masuk ke *Deaerator*.
3. Di deaerator air akan mengalami proses pelepasan ion-ion mineral yang masih tersisa di air dan tidak diperlukan seperti Oksigen dan lainnya. Bisa pula dikatakan deaerator memiliki fungsi untuk menghilangkan buble/balon yang biasa terdapat pada permukaan air. Agar proses pelepasan ini berlangsung sempurna, suhu air harus memenuhi suhu yang disyaratkan. Oleh karena itulah selama perjalanan menuju Dearator, air mengalami beberapa proses pemanasan oleh peralatan yang disebut LP Heater. Letak deaerator berada di lantai atas (tetapi bukan yang paling atas). Sebagai ilustrasi di PLTU Muara Karang unit 4, deaerator terletak di lantai 5 dari 7 lantai yang ada.
4. Dari deaerator, air turun kembali ke Ground Floor. Sesampainya di Ground Floor, air langsung dipompakan oleh *Boiler Feed Pump/BFP* (Pompa air pengisi) menuju Boiler atau tempat “memasak” air. Bisa dibayangkan Boiler ini seperti drum, tetapi drum berukuran raksasa. Air yang dipompakan ini adalah air yang bertekanan tinggi, karena itu syarat agar uap yang dihasilkan juga bertekanan tinggi. Karena itulah konstruksi PLTU membuat deaerator berada di lantai atas dan BFP berada di lantai dasar. Karena dengan meluncurnya air dari ketinggian membuat air menjadi bertekanan tinggi.
5. Sebelum masuk ke Boiler untuk “direbus”, lagi-lagi air mengalami beberapa proses pemanasan di HP Heater (*High Pressure Heater*). Setelah itu barulah air masuk boiler yang letaknya berada dilantai atas.
6. Didalam Boiler inilah terjadi proses memasak air untuk menghasilkan uap. Proses ini memerlukan api yang pada umumnya menggunakan batubara sebagai bahan dasar pembakaran dengan dibantu oleh udara dari FD Fan (*Force Draft Fan*) dan pelumas yang berasal dari *Fuel Oil tank*.

7. Bahan bakar dipompakan kedalam boiler melalui Fuel oil Pump. Bahan bakar PLTU bermacam-macam. Ada yang menggunakan minyak, minyak dan gas atau istilahnya dual firing dan batubara.
8. Sedangkan udara diproduksi oleh *Force Draft Fan* (FD Fan). FD Fan mengambil udara luar untuk membantu proses pembakaran di boiler. Dalam perjalanannya menuju boiler, udara tersebut dinaikkan suhunya oleh *air heater* (pemanas udara) agar proses pembakaran bisa terjadi di boiler.
9. Kembali ke siklus air. Setelah terjadi pembakaran, air mulai berubah wujud menjadi uap. Namun uap hasil pembakaran ini belum layak untuk memutar turbin, karena masih berupa uap jenuh atau uap yang masih mengandung kadar air. Kadar air ini berbahaya bagi turbin, karena dengan putaran hingga 3000 rpm, setitik air sanggup untuk membuat sudu-sudu turbin menjadi terkikis.
10. Untuk menghilangkan kadar air itu, uap jenuh tersebut di keringkan di super heater sehingga uap yang dihasilkan menjadi uap kering. Uap kering ini yang digunakan untuk memutar turbin.
11. Ketika Turbin berhasil berputar berputar maka secara otomatis generator akan berputar, karena antara turbin dan generator berada pada satu poros. Generator inilah yang menghasilkan energi listrik.
12. Pada generator terdapat medan magnet raksasa. Perputaran generator menghasilkan beda potensial pada magnet tersebut. Beda potensial inilah cikal bakal energi listrik.
13. Energi listrik itu dikirimkan ke trafo untuk dirubah tegangannya dan kemudian disalurkan melalui saluran transmisi PLN.
14. Uap kering yang digunakan untuk memutar turbin akan turun kembali ke lantai dasar. Uap tersebut mengalami proses kondensasi didalam kondensor sehingga pada akhirnya berubah wujud kembali menjadi air dan masuk kedalam hotwell.

Siklus PLTU ini adalah siklus tertutup (*close cycle*) yang idealnya tidak memerlukan lagi air jika memang kondisinya sudah mencukupi. Tetapi kenyataannya masih diperlukan banyak air penambah setiap hari. Hal ini mengindikasikan banyak sekali kebocoran di pipa-pipa saluran air maupun uap di dalam sebuah PLTU.

Untuk menjaga siklus tetap berjalan, maka untuk menutupi kekurangan air dalam siklus akibat kebocoran, hotwell selalu ditambah air sesuai kebutuhannya dari air yang berasal dari *demineralized tank*.

Berikut adalah gambaran siklus PLTU secara lengkap. (2)

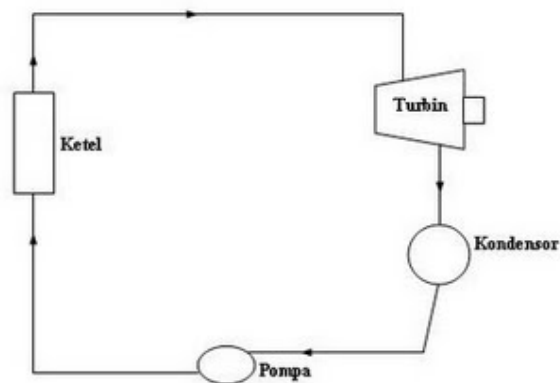


TURBIN UAP PADA PLTU AIR

Turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin langsung atau dengan bantuan elemen lain, dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Tergantung dari jenis mekanisme yang digerakkan turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, seperti untuk pembangkit listrik.

Turbin uap merupakan salah satu jenis mesin yang menggunakan metode external combustion engine (mesin pembakaran luar). Pemanasan fluida kerja (uap) dilakukan di luar sistem. Prinsip kerja dari suatu instalasi turbin uap secara umum adalah dimulai dari pemanasan air pada ketel uap. Uap air hasil pemanasan yang bertemperatur dan bertekanan tinggi selanjutnya digunakan untuk menggerakkan poros turbin. Uap yang keluar dari turbin selanjutnya dapat dipanaskan kembali atau langsung disalurkan ke kondensor untuk didinginkan. Pada kondensor uap berubah kembali menjadi air dengan tekanan dan temperatur yang telah menurun. Selanjutnya air tersebut dialirkan kembali ke ketel uap dengan bantuan pompa. Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa turbin uap adalah mesin pembangkit yang bekerja dengan sistem siklus tertutup.

<http://3.bp.blogspot.com/IPZlqhWfNA/StSaZYHCFI/AAAAAAAAAF8/s-mvdEnWrWE/s1600-h/turbin.JPG>



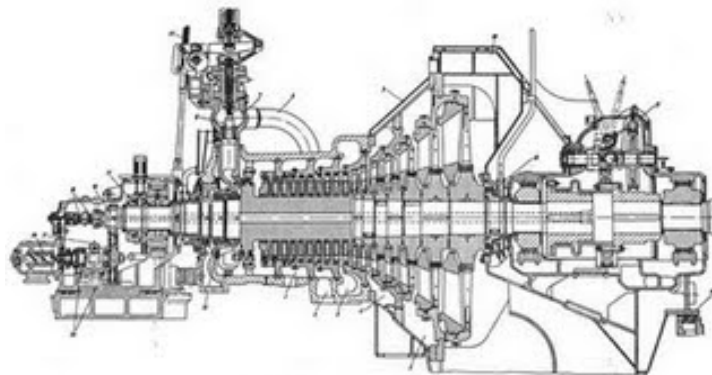
Gambar 2.1 Skema sederhana instalasi turbin uap

Komponen Utama Turbin Uap

Secara umum komponen-komponen utama dari sebuah turbin uap adalah :

- Nosel, sebagai media ekspansi uap yang merubah energi potensial menjadi energi kinetik.
- Sudu, alat yang menerima gaya dari energi kinetik uap melalui nosel.
- Cakram, tempat sudu-sudu dipasang secara radial pada poros.
- Poros, sebagai komponen utama tempat dipasangnya cakram-cakram sepanjang sumbu.
- Bantalan, bagian yang berfungsi untuk menyokong kedua ujung poros dan banyak menerima beban.
- Kopling, sebagai penghubung antara mekanisme turbin uap dengan mekanisme yang digerakkan.

http://2.bp.blogspot.com/IPZJqhjWFNA/SuY-6ny_npl/AAAAAAAAAGk/UOv3eFk2nuo/s1600-h/turbin2.JPG



Gambar 2.8 Turbin uap sederhana model 300000 W. Turbin tipe 18, 300000 W
 1 - 2 - 3 - 4 dan 5 - masing-masing adalah saluran pemasukan dan pengeluaran uap; 6 - pipa uap; 7 - ruang uap; 8 - kutub dinamo; 9 - ruang dinamo; 10 - saluran uap; 11 - saluran uap; 12 - saluran uap; 13 - saluran uap; 14 - saluran uap; 15 - saluran uap; 16 - saluran uap; 17 - saluran uap; 18 - saluran uap; 19 - saluran uap; 20 - saluran uap; 21 - saluran uap; 22 - saluran uap; 23 - saluran uap; 24 - saluran uap; 25 - saluran uap; 26 - saluran uap; 27 - saluran uap.

Klasifikasi Turbin Uap

Turbin uap dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Menurut arah aliran uap

- *Turbin aksial*

Fluida kerja mengalir dalam arah yang sejajar terhadap sumbu turbin

- *Turbin radial*

Fluida kerja mengalir dalam arah yang tegak lurus terhadap sumbu turbin.

b. Menurut prinsip aksi uap

- *Turbin impuls*

Energi potensial uap diubah menjadi energi kinetik di dalam nosel.

- *Turbin reaksi*

Ekspansi uap terjadi pada sudu pengarah dan sudu gerak.

c. Menurut kondisi uap pada sisi masuk turbin.

- *Turbin tekanan rendah*

Memakai uap pada tekanan 1,2 – 2 ata.

- *Turbin tekanan menengah*

Memakai uap pada tekanan sampai 40 ata.

- *Turbin tekanan tinggi*

Memakai uap pada tekanan sampai 170 ata atau lebih.

- *Turbin tekanan super tinggi*

Memakai uap pada tekanan sampai 235 ata atau lebih.

d. Menurut pemakaiannya di bidang industri

- *Turbin stasioner dengan putaran yang konstan yang dipakai terutama untuk generator.*

- *Turbin stasioner dengan putaran yang bervariasi dipakai untuk menggerakkan blower turbo, pompa, dan lain-lain.*

- *Turbin tidak stasioner dengan putaran yang bervariasi, biasa digunakan pada kapal dan lokomotif uap. (3)*

ENERGI MIKROHIDRO

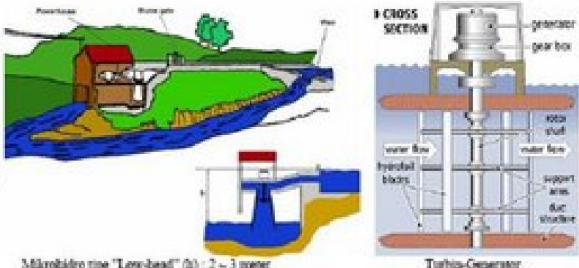
ENERGI MIKROHIDRO

Pendahuluan

ILUSTRASI PEMANFAATAN ENERGI MIKROHIDRO Arus Sungai & Dam mini



"Picohidro 1000 Watt" ← bend 1,5 meter ; Debit 130 Liter/detik ; Kecepatan Arus 0,41 meter/detik



Mikrohidro tipe "Low-head" (a) : 2 - 3 meter

Turbina-Generator



Dam mini / bendi-dam

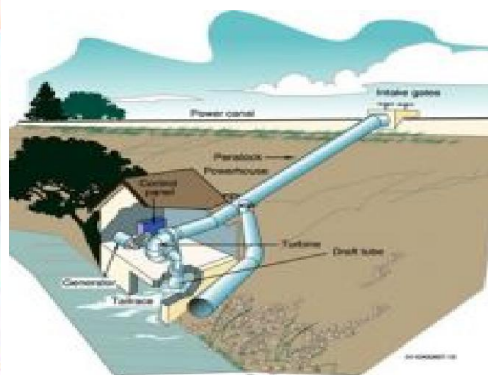


Potensi Mikrohidro Arus Sungai

INOVASI

Mikrohidro

1. **Wana bendung ("Weir")** merupakan bendung rendah yang mempunyai ketinggian yang rendah untuk menahan air.
2. **Bendung pengumpul ("check")** berfungsi mengumpulkan air dari sungai masuk ke dalam saluran pembuangan ("flume").
3. **Saluran pembuangan ("flume")** berfungsi mengalirkan air dari "check" ke "turbine" dengan tekanan yang rendah.
4. **Saluran ("head race")** adalah saluran yang mengalirkan air dari "flume" ke "turbine".
5. **Saluran pembuangan ("tail race")** adalah saluran yang mengalirkan air dari "turbine" ke sungai.
6. **Saluran pembuangan ("tail race")** berfungsi mengalirkan air dari "turbine" ke sungai.
7. **Pipa pesat ("penstock")** adalah saluran yang mengalirkan air dari "head race" ke "turbine".
8. **Bendungan pembangkit ("power house")** merupakan bangunan yang di dalamnya terdapat turbin, generator dan pemindah tenaga.
9. **"Tailrace"** adalah saluran yang mengalirkan air dari turbin kembali ke sungai.
10. **Jalanan transmisi tenaga listrik** adalah saluran yang mengalirkan tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik ke pemukiman penduduk.



Potensi tenaga air tersebar hampir di seluruh Indonesia dan diperkirakan mencapai 75.000 MW, sementara pemanfaatannya baru sekitar 2,5 persen dari potensi yang ada. Turbin air sebagai alat pengubah energi potensial air menjadi energi torsi / putar yang dapat dimanfaatkan sebagai penggerak generator, pompa dan peralatan lain. Untuk daerah

/ lokasi yang mempunyai sumber energi air sangatlah menguntungkan apabila memanfaatkan teknologi turbin air. (1)

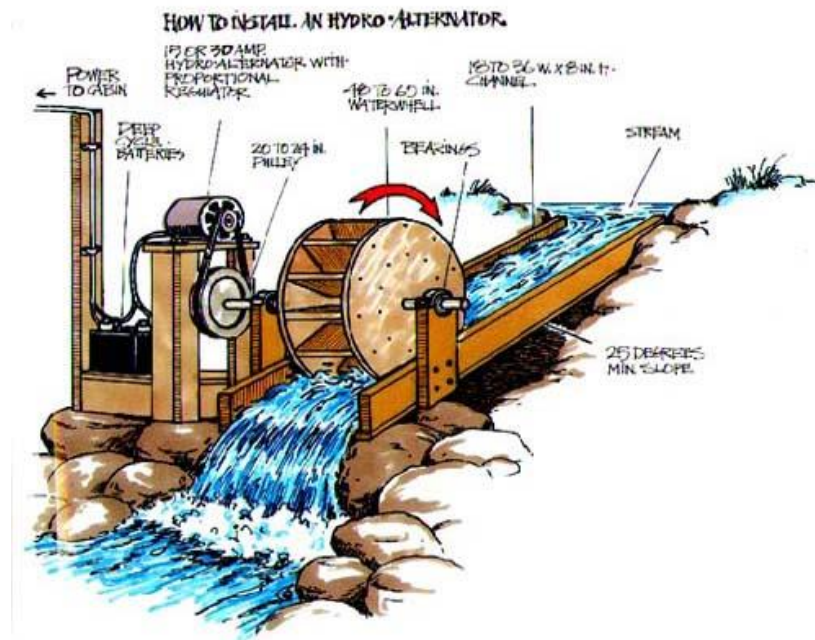
Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (resources) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu pada instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Biasanya Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (flow capacity) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah head. Mikrohidro juga dikenal sebagai white resources dengan teluemanan bebas bisa dikatakan "*energi putih*". Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan teknologi sekarang maka energi aliran air beserta energi perbedaan ketinggiannya dengan daerah tertentu (tempat instalasi akan dibangun) dapat diubah menjadi energi listrik, (2)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200 kW), yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut clean energy karena ramah lingkungan. Dari segi teknologi, PLTMH dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah, sedangkan biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya. Secara sosial, PLTMH mudah di terima masyarakat luas (bandingkan misalnya dengan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir). PLTMH biasanya dibuat dalam skala desa di daerah-daerah terpencil yang belum mendapatkan listrik dari PLN. Tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun. (3)

Pembangkit Listrik Mikrohidro

Listrik, kini menjadi kebutuhan pokok bagi manusia. Bayangkan, jika listrik padam saat malam, pemukiman penduduk seakan-akan menjadi kota hantu (dengan catatan, bila belum satu orang pun yang menyalakan lilin, lampu teplok, lampu senter, atau lampu darurat). Pernahkah anda membayangkan bahwa sebenarnya kita bisa menghasilkan listrik sendiri? Tentu saja ada syarat yang dibutuhkan, salah satunya, air yang mengalir kontinyu dan air yang mengalir dengan deras atau setidaknya aliran air memiliki perbedaan ketinggian.



Selama ini, kebanyakan dari kita yakin dan percaya bahwa listrik hanya bisa disediakan dari negara (baca: PLN). Sehingga, penduduk daerah pelosok negeri hanya bisa gigit jari, kapan ya waktu kita akan datang untuk mengecap sedikit cahaya dari benda yang telah lama ditemukan Alfa Edison?

Waktu sekolah dulu, salah seorang guru Fisika saya, memanfaatkan sungai kecil dekat rumahnya untuk menghemat pasokan listrik dari PLN. Tapi memang daya yang dihantarkan tidak sedahsyat energi listrik yang diberikan oleh PLN, namun cukup untuk keperluan listrik daya rendah seperti lampu rumah.

Pembangkit listrik yang demikian disebut Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Kenapa mikro? Karena daya yang dihasilkan tergolong kecil (masih dalam hitungan ratusan kilowatt). Tenaga air ini bisa berasal dari saluran sungai, saluran irigasi, air terjun

alam, atau bahkan sekedar parit asal airnya kontinyu. Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan tinggi terjunnya dan jumlah debit air.

Teknik dari pembangkit listrik ini sangat sederhana, yaitu menggerakkan turbin dengan memanfaatkan tenaga air. Untuk bisa menggerakkan turbin ini, harus ada air yang mengalir deras karena perbedaan ketinggian. Jika di suatu daerah tidak ada air yang mengalir deras, maka dibuat jalur air buatan misalnya bendungan kecil yang berfungsi sebagai pembelok aliran air. Lalu, air yang mengalir deras akan sanggup menggerakkan turbin yang disambungkan ke generator, sehingga dihasilkanlah energi listrik.

Mikrohidro ini bisa dikatakan sebagai teknologi ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah atau sisa buangan yang berbahaya. Selain itu, bila diterapkan pada desa-desa terpencil, mereka akan mengurangi pemakaian bahan bakar fosil yang tidak bisa diperbaharui seperti minyak tanah atau pemakaian dari hasil hutan seperti kayu bakar. Dan juga akan meningkatkan kepedulian masyarakat terhadap hutan, karena bila ingin air terus mengalir, secara tidak langsung hutan harus dijaga dari penebangan secara liar. Kapan ya, seluruh pelosok daerah di negara kita bisa menggunakan teknologi ini? (4)

Komponen-Komponen Pembangkit Listrik Mikro Hidro



<http://adesalbg.files.wordpress.com/2008/06/image0021.gif>

- *Diversion Weir dan Intake (Dam/Bendungan Pengalih dan Intake)*
Dam pengalih berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka di bagian sisi sungai ('Intake' pembuka) ke dalam sebuah bak pengendap (Settling Basin).



<http://adesalbg.files.wordpress.com/2008/06/image0031.gif>

- *Settling Basin (Bak Pengendap)*
Bak pengendap digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dari air. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dampak pasir.



<http://adesalbg.files.wordpress.com/2008/06/image005.gif>

- *Headrace (Saluran Pembawa)*
Saluran pembawa mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan.



<http://adesalbg.files.wordpress.com/2008/06/image006.gif>

- *Headtank (Bak Penenang)*
Fungsi dari bak penenang adalah untuk mengatur perbedaan keluaran air antara sebuah penstock dan headrace, dan untuk pemisahan akhir kotoran dalam air seperti pasir, kayu-kayuan.



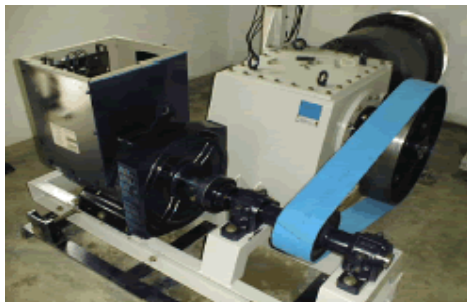
<http://adesalbg.files.wordpress.com/2008/06/image007.gif>

- *Penstock (Pipa Pesat/Penstock)*
Penstock dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah roda air, dikenal sebagai sebuah Turbin.



<http://adesalbg.files.wordpress.com/2008/06/image008.gif>

- *Turbine dan Generator (Turbin dan Generator)*



<http://adesalbg.files.wordpress.com/2008/06/image009.png>

Perputaran gagang dari roda dapat digunakan untuk memutar sebuah alat mekanikal (seperti sebuah penggilingan biji, pemeras minyak, mesin bubut kayu dan

sebagainya), atau untuk mengoperasikan sebuah generator listrik. Mesin-mesin atau alat-alat, dimana diberi tenaga oleh skema hidro, disebut dengan 'Beban' (Load). Bebannya adalah sebuah penggergajian kayu.

Tentu saja ada banyak variasi pada penyusunan disain ini. Sebagai sebuah contoh, air dimasukkan secara langsung ke turbin dari sebuah saluran tanpa sebuah penstock seperti yang terlihat pada penggergajian kayu di Gambar 2. Tipe ini adalah metode paling sederhana untuk mendapatkan tenaga air tetapi belakangan ini tidak digunakan untuk pembangkit listrik karena efisiensinya rendah. Kemungkinan lain adalah bahwa saluran dapat dihilangkan dan sebuah penstock dapat langsung ke turbin dari bak pengendap pertama. Variasi seperti ini akan tergantung pada karakteristik khusus dari lokasi dan skema keperluan-keperluan dari pengguna. (2)

Perencanaan PLTMH

Pemilihan Lokasi dan Lay out Dasar

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada dasarnya memanfaatkan energi potensial air (Gatuhuan air). Semakin tinggi jatuhan air (*head*) maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Di samping faktor geografs yang memungkinkan, tinggi jatuhan air (*head*) dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi.

Secara umum lay-out sistem PLTMH merupakan pembangkit jenis run off river, memanfaatkan aliran air permukaan (sungai). Komponen sistem PLTMH tersebut terdiri dari bangunan *intake* (penyadap) – bendungan, saluran pembavia, bak pengendap dan penenang, saluran pelimpah, pipa pesat, rumah pembangkit dan saluran pembuangan. Basic lay-out pada perencanaan pengembangan PLTMH dimulai dari penentuan lokasi intake, bagaimana aliran air akan dibawa ke turbin dan penentuan tempat rumah pembangkit untuk mendapatkan tinggi jatuhan (*head*) optimum dan aman dari banjir.

- Lokasi bangunan intake

Pada umumnya instalasi PLTMH merupakan pembangkit listrik tenaga air jenis aliran sungai langsung, jarang yang merupakan jenis waduk (bendungan besar). Konstruksi bangunan intake untuk mengambil air langsung dari sungai dapat berupa bendungan (intake dam) yang melintang sepanjang lebar sungai atau langsung membagi aliran air sungai tanpa dilengkapi bangunan bendungan. Lokasi intake harus dipilih secara cermat untuk menghindarkan masalah di kemudian hari.

- *Kondisi dasar sungai*

Lokasi intake harus memiliki dasar sungai yang relatif stabil, apalagi bila bangunan intake tersebut tanpa bendungan (intake dam). Dasar sungai yang tidak stabil inudah mengalami erosi sehingga permukaan dasar sungai lebih rendah dibandingkan dasar bangunan intake; hal ini akan menghambat aliran air memasuki intake.

Dasar sungai berupa lapisanlempeng batuan merupakan tempat yang stabil. Tempat di mana kemiringan sungainya kecil, umumnya memiliki dasar sungai yang relatif stabil. Pada kondisi yang tidak memungkinkan diperoleh lokasi intake dengan dasar sungai yang relatif stabil dan erosi pada dasar sungai memungkinkan teladi, maka konstruksi bangunan intake dilengkapi dengan bendungan untuk menjaga ketinggian dasar sungai di sekitar intake.

- *Bentuk aliran sungai*

Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada instalasi PLTMH adalah kerusakan pada bangunan intake yang disebabkan oleh banjir. Hal tersebut sering terjadi pada intake yang ditempatkan pada sisi luar sungai. Pada bagian sisi luar sungai (b) mudah erosi serta rawan terhadap banjir. Batti-batuan, batang pohon serta berbagai material yang terbawa banjir akan mengarah pada bagian tersebut. Sementara itu bagian sisi dalam sungai (c) merupakan tempat terjadinya pengendapan lumpur dan sedimentasi, schingga tidak cocok untuk lokasi intake. Lokasi intake yang baik terletak sepanjang bagian sungai yang relatif lurus (a), di mana aliran akan terdorong memasuki intake secara alami dengan membawa beban (bed load) yang kecil.



<http://adesalbg.files.wordpress.com/2008/06/image0032.gif>

- *Lokasi rumah pembangkit (power house)*

Pada dasarnya setiap pembangun an mikrohidro berusaha untuk mendapatkan head yang maksimum. Konsekuensinya lokasi rumah pembangkit (power house) berada pada tempat yang serendah mungkin. Karena alasan keamanan dan 6nstruksi, lantai rumah pembangkit harus selalu lebih tinggi dibandingkan permukaan air sungai. Data dan informasi ketinggian permukaan sungai pada waktu banjir sangat diperlukan dalam menentukan lokasi rumah pembangkit.

Selain lokasi rumah pembangkit berada pada ketinggian yang aman, saluran pembuangan air (*tail race*) harus terlindung oleh kondisi alam, seperti batu-batuan besar. Disarankan ujung saluran tail race tidak terletak pada bagian sisi luar sungai karena akan mendapat beban yang besar pada saat banjir, serta memungkinkan masuknya aliran air menuju ke rumah pembangkit.

- Lay-out Sistem PLTMH

Lay out sebuah sistem PLTMH merupakan rencana dasar untuk pembangunan PLTMH. Pada lay out dasar digambarkan rencana untuk mengalirkan air dari intake sampai ke saluran pembuangan akhir.

Air dari intake dialirkan ke turbin menggunakan saluran pembawa air berupa kanal dan pipa pesat (penstock). Penggunaan pipa pesat memerlukan biaya yang lebih besar dibandingkan pembuatan kanal terbuka, sehingga dalam membuat lay out perlu diusahakan agar menggunakan pipa pesat sependek mungkin. Pada lokasi tertentu yang tidak memungkinkan pembuatan saluran pembawa, penggunaan pipa pesat yang panjang tidak dapat dihindari.

Pendekatan dalam membuat lay out sistem PLTMH adalah sebagai berikut:

- Air dari intake dialirkan melalui penstock sampai ke turbin. Jalur pemipaan mengikuti aliran air, paralel dengan sungai (gbr 5.3, long penstock following river). Metoda ini dapat dipilih seandainya pada medan yang ada tidak memungkinkan untuk dibuat kanal, seperti sisi sungai berupa tebing batuan. Perlu diperhatikan bahwa penstock harus aman terhadap banjir. (2)

Prinsip kerja PLT Mikrohidro

PLT Mikrohidro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Pembangunan PLTMH perlu diawali dengan pembangunan bendungan untuk mengatur aliran air yang akan dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak PLTMH. Bendungan ini dapat berupa bendungan beton atau bendungan beronjong. Bendungan perlu dilengkapi dengan pintu air dan saringan sampah untuk mencegah masuknya kotoran atau endapan lumpur. Bendungan sebaiknya dibangun pada dasar sungai yang stabil dan aman terhadap banjir.

Di dekat bendungan dibangun bangunan pengambilan (intake). Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan saluran penghantar yang berfungsi mengalirkan air dari intake. Saluran ini dilengkapi dengan saluran pelimpah pada setiap jarak tertentu untuk mengeluarkan air yang berlebih. Saluran ini dapat berupa saluran terbuka atau tertutup. Di ujung saluran pelimpah dibangun kolam pengendap. Kolam ini berfungsi untuk mengendapkan pasir dan menyaring kotoran sehingga air yang masuk ke turbin relatif bersih. Saluran ini dibuat dengan memperdalam dan memperlebar saluran penghantar dan menambahnya dengan saluran penguras. Kolam penenang (forebay) juga dibangun untuk menenangkan aliran air yang akan masuk ke turbin dan mengarahkannya masuk ke pipa pesat (penstock). Saluran ini dibuat dengan konstruksi beton dan berjarak sedekat mungkin ke rumah turbin untuk menghemat pipa pesat.

Pipa pesat berfungsi mengalirkan air sebelum masuk ke turbin. Dalam pipa ini, energi potensial air di kolam penenang diubah menjadi energi kinetik yang akan memutar roda turbin. Biasanya terbuat dari pipa baja yang dirol, lalu dilas. Untuk sambungan antar pipa digunakan flens. Pipa ini harus didukung oleh pondasi yang mampu menahan beban statis dan dinamisnya. Pondasi dan kedudukan ini diusahakan selurus mungkin, karena itu perlu dirancang sesuai dengan kondisi tanah.

Turbin, generator dan sistem kontrol masing-masing diletakkan dalam sebuah rumah yang terpisah. Pondasi turbin-generator juga harus dipisahkan dari pondasi rumahnya. Tujuannya adalah untuk menghindari masalah akibat getaran. Rumah turbin harus dirancang sedemikian agar memudahkan perawatan dan pemeriksaan.

Setelah keluar dari pipa pesat, air akan memasuki turbin pada bagian inlet. Di dalamnya terdapat *guided vane* untuk mengatur pembukaan dan penutupan turbin serta mengatur jumlah air yang masuk ke *runner/blade* (komponen utama turbin). *Runner* terbuat dari baja dengan kekuatan tarik tinggi yang dilas pada dua buah piringan sejajar. Aliran air akan memutar *runner* dan menghasilkan energi kinetik yang akan memutar poros turbin. Energi yang timbul akibat putaran poros kemudian ditransmisikan ke generator. Seluruh sistem ini harus *balance*. Turbin perlu dilengkapi casing yang berfungsi mengarahkan air ke *runner*. Pada bagian bawah casing terdapat pengunci turbin. Bantalan (*bearing*) terdapat pada sebelah kiri dan kanan poros dan berfungsi untuk menyangga poros agar dapat berputar dengan lancar.

Daya poros dari turbin ini harus di transmisikan ke generator agar dapat diubah menjadi energi listrik. Generator yang dapat digunakan pada mikrohidro adalah generator sinkron dan generator induksi. Sistem transmisi daya ini dapat berupa sistem transmisi langsung (*daya poros langsung* dihubungkan dengan poros generator dengan bantuan kopleng), atau sistem transmisi daya tidak langsung, yaitu menggunakan sabuk atau belt untuk memindahkan daya antara dua poros sejajar. Keuntungan sistem transmisi langsung adalah lebih kompak, mudah dirawat, dan efisiensinya lebih tinggi. Tetapi sumbu poros harus benar-benar lurus dan putaran poros generator harus sama dengan kecepatan putar poros turbin. Masalah ketidaklurusan sumbu dapat diatasi dengan bantuan kopleng fleksibel. Gearbox dapat digunakan untuk mengoreksi rasio kecepatan putaran. Sistem transmisi tidak langsung memungkinkan adanya variasi dalam penggunaan generator secara lebih luas karena kecepatan putar poros generator tidak perlu sama dengan kecepatan putar poros turbin. Jenis sabuk yang biasa digunakan untuk PLTMH skala besar adalah jenis flat belt, sedang V-belt digunakan untuk skala di bawah 20 kW. Komponen pendukung yang diperlukan pada sistem ini adalah pulley, bantalan dan kopleng. Listrik yang dihasilkan oleh generator dapat langsung ditransmisikan lewat kabel pada tiang-tiang listrik menuju rumah konsumen. (3)

Perhitungan Teknis

Potensi daya mikrohidro dapat dihitung dengan persamaan: daya (P) = 9.8 x Q x Hn x h; di mana:

P = Daya (kW)

Q = debit aliran (m³/s)

Hn = Head net (m)

9.8 = konstanta gravitasi

h = efisiensi keseluruhan.

>> Misalnya, diketahui data di suatu lokasi adalah sebagai berikut: Q = 300 m³/s, Hn = 12 m dan h = 0.5. Maka, besarnya potensi daya (P) adalah:

$$\begin{aligned} >> P &= 9.8 \times Q \times Hn \times h \\ &= 9.8 \times 300 \times 12 \times 0.5 \\ &= 17\,640 \text{ W} \\ &= 17.64 \text{ kW} \end{aligned}$$

Perhitungan Ekonomis

Pembangunan PLT Mikrohidro memerlukan investasi yang relatif besar. Nilai investasi per kW terpasangnya - menurut perhitungan Yayasan Mandiri - berkisar antara Rp. 4 juta sampai Rp. 8 juta. Adapun, biaya (harga) listrik per kWh-nya dihitung berdasarkan biaya awal (initial cost) dan biaya operasional (operational cost). Komponen biaya awal terdiri dari: biaya bangunan sipil, biaya fasilitas elektrik dan mekanik serta biaya sistem pendukung lain. Komponen biaya operasional yaitu: biaya perawatan, biaya penggantian suku cadang, biaya tenaga kerja (operator) serta biaya lain yang digunakan selama pemakaian.

Contoh perhitungan harga listrik per kWh dari PLT Mikrohidro adalah sebagai berikut. Misalkan, untuk membangun suatu PLTMH dengan kapasitas terpasang 1 kW, dibutuhkan biaya awal Rp 4 juta. Umur pakai mikrohidro yang dirancang adalah 10 tahun dengan biaya operasional Rp. 10 juta/tahun. Sehingga total biayanya menjadi Rp. 10 juta. Maka, biaya rata-rata (Rp) per hari adalah:

$$\begin{aligned} \text{Rp/hari} &= [\text{biaya awal} + \text{biaya operasional}] / [\text{umur pakai}(\text{tahun}) \times \text{jumlah hari} / \text{tahun}] \\ &= [\text{Rp } 4 \text{ juta} + \text{Rp } 10 \text{ juta}] / [10 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari/tahun}] \\ &= \text{Rp } 3836 / \text{hari} \end{aligned}$$

Biaya (harga) per kWh ditentukan oleh biaya rata-rata per hari dan besarnya energi listrik yang dihasilkan per hari (kWh/hari). Energi per hari ini ditentukan oleh besarnya daya terpasang serta faktor daya (Faktor daya adalah jumlah waktu (jam) efektif di mana PLT Mikrohidro menghasilkan energi listrik dalam satu hari (satunya: jam/hari). Nilai faktor daya dipengaruhi oleh karakteristik (fluktuasi) aliran air dimana PLTM dibangun). Jika diasumsikan faktor daya besarnya 12, maka harga energi listrik per kWh adalah:

$$\begin{aligned} \text{Harga/kWh} &= [\text{Biaya/hari}] / [\text{Energi listrik yang dihasilkan (kWh/hari)}] \\ &= [\text{Biaya/hari}] / [\text{Daya terpasang (kW)} \times \text{faktor daya}] \\ &= [\text{Rp } 3836 / \text{hari}] / [1 \text{ kW} \times 12 \text{ (jam/hari)}] \\ &= \text{Rp } 320 / \text{kWh} \end{aligned}$$

Perancangan sistem PLT Mikrohidro

Tahap pertama perancangan PLT Mikrohidro adalah studi awal. Studi ini diawali dengan survey lapangan untuk memperoleh data primer mengenai debit aliran dan head (beda ketinggian). Debit aliran dapat diukur dengan metode konduktivitas atau metode Weir. Berdasarkan data tersebut dapat dihitung perkiraan potensi daya awal. Data lapangan sebaiknya diambil beberapa kali pada musim yang berbeda untuk memperoleh gambaran yang tepat mengenai potensi daya dari aliran air tersebut.

Selain itu, perlu dicari data pendukung, yaitu: kondisi air (keasaman, kekeruhan, serta kandungan pasir atau lumpur), keadaan dan kestabilan tanah di lokasi bangunan sipil, serta ketersediaan bahan, transportasi dan tenaga trampil (operator). Setelah survey lapangan, tahap perancangan selanjutnya adalah pemilihan lokasi dan penentuan dimensi utama, pembuatan analisis keunggulan dan kelemahan setiap alternatif pilihan, pembuatan sketsa elemen utama, penentuan tipe serta kapasitas turbin dan generator yang akan digunakan, penentuan sistem control system (manual /otomatis), perancangan jaringan transmisi dan distribusi serta perancangan sistem penyambungan ke rumah-rumah.

Sebelum membangun PLT Mikrohidro di suatu tempat perlu diketahui dahulu rencana PLN untuk daerah yang bersangkutan, kebutuhan listriknya, rencana penggunaan daya listrik dan faktor bebannya, studi kelayakan ekonomi serta kesiapan lembaga pengelola. Setelah semua studi yang diperlukan siap dan layak, dilakukan proses disain yang lebih lebih rinci, yaitu: pembuatan detail gambar teknik, penentuan spesifikasi teknis secara jelas, penyusunan jadwal kegiatan, penghitungan biaya setiap komponen serta penyiapan pengurus yang akan mengelola PLTMH. Jika seluruh disain ini telah siap maka pembangunan PLT Mikrohidro dapat dimulai.(3)

Keunggulan

Beberapa kelebihan dari PLTMH antara lain : (1)

- a. Potensi energi air yang melimpah;
- b. Teknologi yang handal dan kokoh sehingga mampu beroperasi lebih dari 15 tahun;
- c. Teknologi PLTMH merupakan teknologi ramah lingkungan dan terbarukan;
- d. Effisiensi tinggi (70-85 persen).

**ENERGI
HIDROGEN /
FUEL CELL**

ENERGI BAHAN BAKAR HIDROGEN

Pendahuluan



Energi menjadi komponen penting bagi kelangsungan hidup manusia karena hampir semua aktivitas kehidupan manusia sangat tergantung pada ketersediaan energi yang cukup. Dewasa ini dan beberapa tahun ke depan, manusia masih akan tergantung pada sumber energi fosil karena sumber energi fosil inilah yang mampu memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar. Sedangkan sumber energi alternatif / terbarukan belum dapat memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar karena fluktuasi potensi dan tingkat keekonomian yang belum bisa bersaing dengan energi konvensional.

Di lain pihak, manusia dihadapkan pada situasi menipisnya cadangan sumber energi fosil dan meningkatnya kerusakan lingkungan akibat penggunaan energi fosil. Melihat kondisi tersebut maka saat ini sangat diperlukan penelitian yang intensif untuk mencari, mengoptimalkan dan menggunakan sumber energi alternatif / terbarukan. Hasil penelitian tersebut diharapkan mampu mengatasi beberapa permasalahan yang berkaitan dengan penggunaan energi fosil. Salah satu bentuk energi terbarukan yang dewasa ini menjadi perhatian besar pada banyak negara, terutama di negara maju adalah hidrogen. Hidrogen diproyeksikan oleh banyak negara akan menjadi bahan bakar masa depan yang lebih ramah lingkungan dan lebih efisien. Dimana suplai energi yang dihasilkan sangat bersih karena hanya menghasilkan uap air sebagai emisi selama berlangsungnya proses.

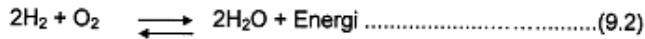
Daya hidrogen terutama dalam bentuk sel bahan bakar hidrogen (hydrogen fuel cells) menjanjikan penggunaan bahan bakar yang tidak terbatas dan tidak polusi, sehingga menyebabkan ketertarikan banyak perusahaan energi terkemuka di dunia, industri otomotif maupun pemerintahan. Teknologi sel bahan bakar ini dengan begitu banyak keuntungan yang dijanjikan menimbulkan gagasan "hydrogen economy" dimana hidrogen dijadikan sebagai bentuk energi utama yang dikembangkan. (1)

Pembakaran pada dasarnya adalah proses oksidasi. Pada proses pembakaran terdapat energi yang dibebaskan berupa panas. Pada pembakaran hidrokarbon maka

unsure zat arang (C) bersenyawa dengan unsure zat asam (O) membentuk karbondioksida (CO₂) dengan membebaskan energi sebagai berikut :



Pada dasarnya hal serupa dapat terjadi bila unsur zat cair hydrogen (H) bersenyawa dengan unsur zat asam (O) terbentuk apa yang kita kenal sebagai air (H₂O) dengan membebaskan energy :



Rumus diatas merupakan perputaran suatu siklus : air dipisah menjadi H₂ dan O₂ kemudian membentuk air kembali.

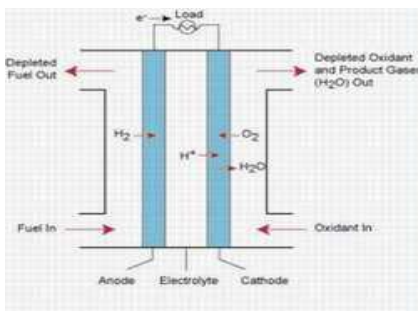
Pada oksidasi zat cair hanya terjadi air yang rumus kimianya H₂O dan yang bukan merupakan suatu polutan atau pengotor lingkungan. Bahkan H₂O merupakan bagian alamiah dari lingkungan.

Sebagai perbandingan, pembakaran 1 Kg minyak bumi menghasilkan energy sebanyak 10.000 Kkal. Pembakaran 1 Kg bahan bakar metan memberikan panas sebanyak 12.000 Kkal. Dan hydrogen dalam 1 Kg akan memberikan energy sebanyak 28.600 Kkal.

Mengapa hydrogen menjadi potensial untuk bahan bakar, karena unsur hydrogen dalam bentuk air banyak terdapat di alam, unsur yang lain karena hydrogen mudah disimpan dan mudah dikonversi menjadi listrik dan sebaliknya. Faktor yang lain yang lebih penting karena hydrogen mudah diangkut.

Pada pusat listrik konversi listrik menjadi hydrogen dapat dilakukan melalui elektrolisa. Dengan demikian maka pusat listrik yang letaknya jauh dari pusat beban akan dapat bekerja secara efisien. (2)

Hidrogen



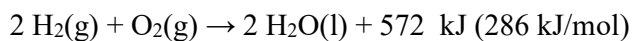
Hidrogen (bahasa Latin: hydrogenium, dari bahasa Yunani: hydro: air, genes: membentuk) adalah unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,00794 amu, hidrogen adalah unsur teringan di dunia.

Hidrogen juga adalah unsur paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam semesta. Kebanyakan bintang dibentuk oleh hidrogen dalam keadaan plasma. Senyawa hidrogen relatif langka dan jarang dijumpai secara alami

di bumi, dan biasanya dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana. Hidrogen juga dapat dihasilkan dari air melalui proses elektrolisis, namun proses ini secara komersial lebih mahal daripada produksi hidrogen dari gas alam.

Isotop hidrogen yang paling banyak dijumpai di alam adalah protium, yang inti atomnya hanya mempunyai proton tunggal dan tanpa neutron. Senyawa ionik hidrogen dapat bermuatan positif (kation) ataupun negatif (anion). Hidrogen dapat membentuk senyawa dengan kebanyakan unsur dan dapat dijumpai dalam air dan senyawa-senyawa organik. Hidrogen sangat penting dalam reaksi asam basa yang mana banyak reaksi ini melibatkan pertukaran proton antar molekul terlarut. Oleh karena hidrogen merupakan satu-satunya atom netral yang persamaan Schrödingernya dapat diselesaikan secara analitik, kajian pada energetika dan ikatan atom hidrogen memainkan peran yang sangat penting dalam perkembangan mekanika kuantum.

Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% H₂ di udara bebas. Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia:



Ketika dicampur dengan oksigen dalam berbagai perbandingan, hidrogen meledak seketika disulut dengan api dan akan meledak sendiri pada temperatur 560 °C. Lidah api hasil pembakaran hidrogen-oksigen murni memancarkan gelombang ultraviolet dan hampir tidak terlihat dengan mata telanjang. Oleh karena itu, sangatlah sulit mendeteksi terjadinya kebocoran hidrogen secara visual. Kasus meledaknya pesawat Hindenburg adalah salah satu contoh terkenal dari pembakaran hidrogen. Karakteristik lainnya dari api hidrogen adalah nyala api cenderung menghilang dengan cepat di udara, sehingga kerusakan akibat ledakan hidrogen lebih ringan dari ledakan hidrokarbon. Dalam kasus kecelakaan Hidenburg, dua pertiga dari penumpang pesawat selamat dan kebanyakan kasus meninggal disebabkan oleh terbakarnya bahan bakar diesel yang bocor.

H₂ bereaksi secara langsung dengan unsur-unsur oksidator lainnya. Ia bereaksi dengan spontan dan hebat pada suhu kamar dengan klorin dan fluorin, menghasilkan hidrogen halida berupa hidrogen klorida dan hidrogen fluorida. Hidrogen adalah unsur yang paling melimpah di alam semesta ini dengan persentase 75% dari barion berdasarkan massa dan lebih dari 90% berdasarkan jumlah atom. Unsur ini ditemukan dalam kelimpahan yang besar di bintang-bintang dan planet-planet gas raksasa. Awan molekul dari H₂ diasosiasikan dengan pembentukan bintang. Hidrogen memainkan peran penting dalam pemberian energi bintang melalui reaksi proton-proton dan fusi nuklir daur CNO.

Di seluruh alam semesta ini, hidrogen kebanyakan ditemukan dalam keadaan atomik dan plasma yang sifatnya berbeda dengan molekul hidrogen. Sebagai plasma, elektron hidrogen dan proton terikat bersama, dan menghasilkan konduktivitas

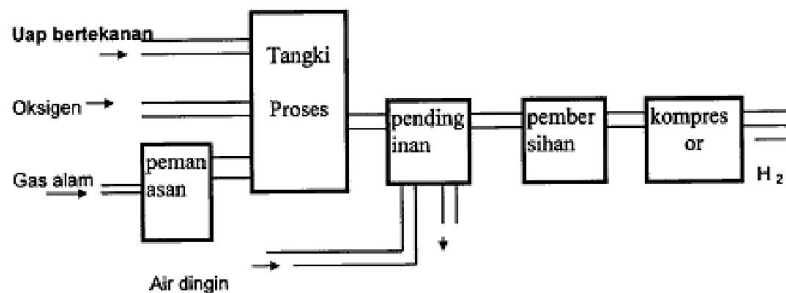
elektrik yang sangat tinggi dan daya pancar yang tinggi (menghasilkan cahaya dari matahari dan bintang lain). Partikel yang bermuatan dipengaruhi oleh medan magnet dan medan listrik. Sebagai contoh, dalam angin surya, partikel-partikel ini berinteraksi dengan magnetosfer bumi dan mengakibatkan arus Birkeland dan fenomena Aurora. Hidrogen ditemukan dalam keadaan atom netral di medium antarbintang. Sejumlah besar atom hidrogen netral yang ditemukan di sistem Lyman-alpha teredam diperkirakan mendominasi rapatannya barionik alam semesta sampai dengan pergeseran merah $z=4$.

Dalam keadaan normal di bumi, unsur hidrogen berada dalam keadaan gas diatomik, H_2 . Namun, gas hidrogen sangatlah langka di atmosfer bumi (1 ppm berdasarkan volume) oleh karena beratnya yang ringan yang menyebabkan gas hidrogen lepas dari gravitasi bumi. Walaupun demikian, hidrogen masih merupakan unsur paling melimpah di permukaan bumi ini. Kebanyakan hidrogen bumi berada dalam keadaan bersenyawa dengan unsur lain seperti hidrokarbon dan air. Gas hidrogen dihasilkan oleh beberapa jenis bakteri dan ganggang. (1)

Produksi hidrogen

1. Ekstraksi Gas Alam

Salah satu cara pembuatan hidrogen adalah dengan ekstraksi dari gas alam, dengan suatu proses ini, gas alam setelah dipanaskan dimasukkan dalam suatu tangki besar. Ke dalam tangki juga dimasukkan uap bertekanan tinggi dan oksigen. Suhu dalam tangki menjadi sangat tinggi. Dengan mengatur tekanan dan aliran gas alam, uap, dan oksigen maka terjadilah reaksi.

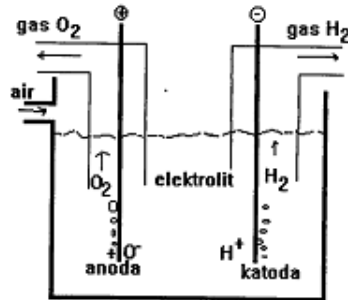


Prinsip pembuatan gas hidrogen ekstraksi gas alam

Hidrogen tersebut didinginkan, kemudian dibersihkan dari berbagai bahan kimia seperti CO_2 , CO dan H_2S dan setelah dikompres didapat gas H_2 yang diperlukan, yang mempunyai kemurnian yang tinggi dan siap untuk dipakai. Proses tersebut terlihat pada gambar di atas. Mengingat gas alam merupakan bahan yang sifatnya akan habis, maka pembuatan hidrogen dari ekstraksi gas alam dirasa kurang tepat. Disamping itu mengingat gas alam merupakan hasil dari suatu tambang, tentunya pembuatan pabrik hidrogen tidak bias dilakukan pada sembarang daerah, sehingga menjadi suatu kendala pada pengiriman hasil hidrogen tersebut.

2. Elektrolisa

Suatu cara yang tampaknya memberikan harapan baik untuk memproduksi hydrogen adalah elektrolisa, yang memerlukan energy listrik. Karena tidak memerlukan bahan yang sifatnya tidak dapat diperbaharui, di dalam elektrolisa bahan yang diperlukan adalah air dan listrik yang tidak begitu besar, sehingga memungkinkan elektrolisa dapat diproduksi pada sembarang tempat.



Gambar 9.2. Skema prinsip elektrolisa

Gambar diatas memperlihatkan skema prinsip elektrolisa. Sebuah tangki diisi dengan air yang dicampur dengan asam, sehingga air tersebut dapat berfungsi sebagai konduktor untuk menghantarkan arus listrik. Campuran asam dan air dinamakan elektrolit. Dalam elektrolit dipasang dua elektroda, yaitu elektroda positif atau anoda dan elektroda negative atau katoda. Anoda dihubungkan dengan sisi positif listrik arus searah dan katoda pada sisi negative.

Jika arus searah mengalir terjadilah elektrolisa sehingga atom-atom hydrogen dari air kehilangan elektronnya, sedang atom oksigen mendapat tambahan elektron. Dengan demikian atom oksigen menjadi sebuah ion bermuatan negative (O^-) dan atom hydrogen menjadi sebuah ion bermuatan positif (H^+).

Karena bermuatan positif, ion-ion H^+ akan tertarik pada katoda yang bermuatan negative. Ion-ion H^+ akan berkumpul pada katoda. Pada saat menyentuh katoda, ion H^+ akan menerima sebuah electron dan kembali menjadi sebuah atom H biasa, tanpa mempunyai muatan. Atom-atom hydrogen ini bergabung menjadi gas H_2 dalam bentuk gelembung-gelembung dan melalui katoda mengambang keatas untuk dikumpulkan melalui sebuah pipa dan kemudian dikompres. Hal serupa terjadi dengan ion O, yang berkumpul ke anoda, kemudian menjelma menjadi gas O_2 .

Untuk mempercepat proses elektrolisa, maka harus dilakukan pada suhu tinggi, yaitu antara 800 sampai 1000⁰ C. Dengan suhu yang tinggi ini maka dapat mengurangi kerugian tegangan. (2)

Fuel Cells (Sel Bahan Bakar)

Di zaman modern seperti sekarang ini, listrik bukanlah hal yang baru lagi bagi kita. Energi multifungsi ini sangat berperan besar dalam kehidupan. Terutama untuk manusia. Bahkan mungkin, kita tak akan bisa hidup walau sehari tanpa listrik. Sebaliknya, hal itu tidak berlaku pada zaman dulu, ketika listrik belum ditemukan.

Penerangan di malam hari saja, saat itu sudah cukup dengan mengandalkan api. Beruntung, kita hidup di zaman yang canggih seperti sekarang. Segala alat, sarana, dan prasarana penunjang dan pemanja hidup sudah lengkap tersedia. Tentu kita masih ingat bagaimana evolusi energi listrik terjadi hingga seperti sekarang. Salah satu tahapnya adalah penggunaan accumulator atau yang biasa kita sebut sebagai accu atau aki. Alat penghasil listrik ini dulu sering kita jumpai sebagai penghidup televisi. (1)

Hidrogen Sebagai Sel Bahan Bakar (Hydrogen Fuel cells) : Sumber Energi Masa Depan

Wikipedia (2006) menyatakan laju pertumbuhan penggunaan hidrogen di dunia saat ini adalah 10% per tahun dan terus meningkat. Untuk tahun 2004, produksi hidrogen dunia mencapai 50 juta metrik ton (million metric tons-MMT) atau setara dengan 170 juta ton minyak bumi. Diharapkan pada tahun 2010 sampai 2020, laju penggunaan hidrogen bisa menjadi dua kali lipat dari laju penggunaan saat ini. Industri di USA sendiri telah menghasilkan 11 juta metrik ton hidrogen per tahun dan nilai ini setara dengan energi termal sebesar 48 GW. Jumlah hidrogen tersebut dihasilkan dengan proses reforming gas alam (5% dari total kebutuhan gas alam nasional) dan melepaskan 77 juta ton CO₂ per tahun (World Nuclear Association, August 2007).

Diperlukan metode baru untuk menghasilkan hidrogen tanpa melepaskan CO₂ ke atmosfer. Hidrogen bukanlah sumber energi (energy source) melainkan pembawa energi (energy carrier), artinya hidrogen tidak tersedia bebas di alam atau dapat ditambang layaknya sumber energi fosil. Hidrogen harus diproduksi. Produksi hidrogen dari H₂O merupakan cara utama untuk mendapatkan hidrogen dalam skala besar, tingkat kemurnian yang tinggi dan tidak melepaskan CO₂. Kendala utama metode elektrolisis H₂O konvensional saat ini adalah efisiensi total yang rendah (~30%), umur operasional electrolyzer yang pendek dan jenis material yang ada di pasaran masih sangat mahal. Kendala-kendala tersebut membuat hidrogen belum cukup ekonomis untuk dapat bersaing dengan bahan bakar konvensional saat ini.

Kegunaan Hydrogen Fuel Cells

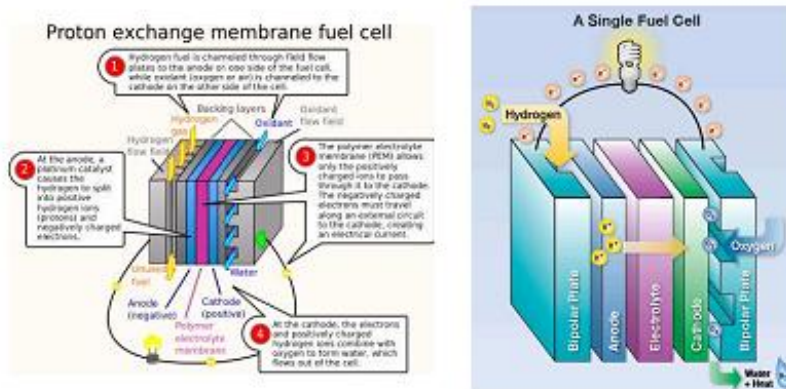
- Transportasi
 - Digunakan untuk bus di Los Angeles, Chicago, Vancouver dan Jerman
 - Prototipe hampir semua perusahaan otomotif di U.S dan pasar global
- Pembangkit Tenaga

- Digunakan di perumahan dan perkantoran
- Digunakan dalam aplikasi kendaraan militer



Gambar.1. A Fuel Cell Transportation unit

Kinerja Hydrogen Fuel Cell serupa seperti aki (accu), hanya saja reaksi kimia penghasil tenaga listrik ini menggunakan hidrogen dan oksigen yg bereaksi dan mengalir seperti aliran bahan bakar melalui sebuah motor bakar. Namun tidak ada pembakaran dalam proses pembangkit listrik ini. Dengan demikian limbah dari proses ini hanyalah air murni yang aman untuk dibuang.



Gambar.2 Bagan Kinerja 'Hydrogen Fuel Cells'

Secara sederhana proses dapat dilihat pada Gambar.2 diatas :

- Hidrogen (yang ditampung dalam sebuah tabung khusus) dialirkan melewati anoda, dan oksigen/udara dialirkan pada katoda
- Pada anoda dengan bantuan katalis platina Pt hidrogen dipecah menjadi bermuatan positif (ion/proton), dan negatif (elektron)
- Membran di tengah-tengah anoda-katoda kemudian hanya berfungsi mengalirkan proton menyebrang ke katoda
- Proton yang tiba di katoda bereaksi dengan udara dan menghasilkan air

- Tumpukan elektron di anoda akan menjadi energi listrik searah yang dapat menyalakan lampu.

Namun ada hal yang sangat penting yang harus dimengerti mengenai hidrogen fuel cell ini bahwa tidak ada sumber hidrogen di alam. Fuel Cell memiliki efisiensi yang cukup tinggi hingga mencapai angka diatas 70%. Nah, kalau saja kita dapat menghasilkan gas hidrogen, barulah dengan fuel cell akan diperoleh efisiensi energi yg lebih baik.

Para pakar energi yakin bahwa hidrogen akan menjadi sumber listrik penting di masa depan, terutama dalam bentuk fuel cell. Namun terlebih dulu para peneliti harus mengembangkan cara yang murah untuk menghasilkan hidrogen dalam jumlah yang banyak dan itu berarti mencari cara untuk memecahkan masalah dengan produk sampingan reaksi kimia yang menghasilkan gas. (1)

Penutup

Keuntungan energi hidrogen antara lain bebas polusi (emisi yang dihasilkan hanya air), tidak berisik, beroperasi pada efisiensi yang lebih tinggi daripada mesin pembakaran internal ketika bahan bakar mulai dikonversi menjadi listrik. Sedangkan kerugian energi hidrogen dimana saat ini harganya lebih mahal daripada sumber energi yang lain, infrastruktur yang ada saat ini belum dibuat untuk mengakomodasi bahan bakar hidrogen, proses ekstraksi hidrogen membutuhkan bahan bakar fosil sehingga menyebabkan polusi, dan hidrogen sulit dalam penyimpanan dan distribusi.

Hidrogen sangat potensial sebagai energi bahan bakar yang mendukung penciptaan lingkungan yang bersih dan juga mengurangi ketergantungan mengimport sumber energi. Sebelum energi memainkan peranan yang besar dan menjadi alternatif banyak fasilitas dan sistem yang harus dipersiapkan, seperti fasilitas untuk memproduksi hidrogen, penyimpanan dan pemindahannya. Konsumen akan membutuhkan bahan bakar yang ekonomis, teknologi dan pengetahuan dalam penggunaan bahan bakar ini secara aman.

Perlu diperhatikan bahwa fuel cell (hydrogen fuel) ini sendiri sangat ramah lingkungan, namun dalam memproduksi bahan bakar masih harus banyak yang diperhatikan. Secara keseluruhan sangat mungkin terjadi penghematan energi. Walaupun sisi ramah lingkungannya masih hanya di sisi pemanfaatan, bukan pembuatan fuel hydrogen.

Dalam dekade mendatang dengan harga minyak yang melangit serta kesadaran efisiensi energi, maka teknologi hidrogen (fuel cell) akan menjadi sangat penting. Dengan hidrogen kita akan mencapai visi dalam penciptaan keamanan, kebersihan, sumber energi yang melimpah serta menghasilkan sumber energi masa depan (1)

DAFTAR PUSTAKA

ENERGI BIOMASSA

- (1) http://energialternatif.ekon.go.id/index.php?option=com_content&task=view&id=116&Itemid=31
- (2) <http://ulasingkat.blogspot.com/2009/03/ulas-energi-biomassa-sebagai-sumber.html>
- (3) http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/index-dasar_fisika_energi.htm
- (4) <http://mendem.dagdigdug.com/2008/11/23/pemanfaatan-energi-biomassa-sebagai-biofuel-konsep-sinergi-dengan-ketahanan-pangan/>
- (5) http://www.dw-world.de/dw/article/0,,3057079_page_2,00.html
- (6) http://www.dw-world.de/dw/article/0,,3057079_page_1,00.html
- (7) http://www.dw-world.de/dw/article/0,,3057079_page_3,00.html

ENERGI PANAS BUMI

- (1) http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/index-dasar_fisika_energi.htm
- (2) <http://agungr.vox.com/library/post/energi-panas-bumi-1.html>

ENERGI ANGIN

- 1) <http://www.alpensteel.com/article/47-103-energi-angin--wind-turbine>
- 2) http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/index-dasar_fisika_energi.htm
- 3) <http://www.greenradio.fm/index.php/energy/wind-power/1682-serba-serbi-pembangkit-listrik-tenaga-angin->
- 4) <http://www.greenradio.fm/index.php/energy/wind-power/1699-dampak-lingkungan-pembangkit-listrik-tenaga-angin-1.html>
- 5) <http://www.greenradio.fm/index.php/energy/wind-power/1700-dampak-lingkungan-pembangkit-listrik-tenaga-angin-selesai.html>

ENERGI SURYA

- 1) http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/index-dasar_fisika_energi.htm
- 2) <http://www.elektroindonesia.com/elektro/energi10.html>
- 3) Damastuti, Anya P., Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Wacana No. 7, Maret-April 1997.

ENERGI UAP

- 1) <http://berita-iptek.blogspot.com/2008/06/pembangkit-listrik-tenaga-uap.html>
- 2) <http://wongkentir.blogspot.com>
- 3) <http://www.rider-system.net/2009/10/turbin-uap.html>

ENERGI MIKROHIDRO

- 1) <http://www.energi.lipi.go.id> (PLTMH)
- 2) http://www.energiterbarukan.net/index.php?Itemid=72&id=20&option=com_content&task=view
- 3) Damastuti, Anya P., *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*, Wacana No. 8, Mei-Juni 1997.
- 4) <http://pinginpintar.com/?tag=mikrohidro>

ENERGI HIDROGEN

- 1) Mulyati, Neni., *Hidrogen Sebagai Sel Bahan Bakar : Sumber Energi Masa Depan*, 2008.
- 2) http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/index-dasar_fisika_energi.htm