

DIKTAT KULIAH

REKAYASA DAN PENGKONDISIAN

ENERGI TERBARUKAN

(KODE MK: TEU-9912)



Oleh
Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2016

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim.

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat ALLAH SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan diktat kuliah "Rekayasa dan Pengkondisian Energi Terbarukan". Dengan penulisan diktat ini diharapkan dapat membantu para pembaca khususnya mahasiswa jurusan Teknik Elektro untuk lebih mengenal dan memahami teori dan aplikasi tentang Energi Terbarukan di dunia.

Penyelesaian diktat kuliah ini tidak lepas dari beberapa pihak yang telah banyak membantu. Oleh karena itu bersama ini penulis menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Prof. Dr. Bambang Cipto, M.A., sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
2. Jazaul Ikhsan, S.T., M.T., Ph.D., sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
3. Ir. Agus Jamal, M.Eng., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
4. Sejawat Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang telah banyak membimbing dan membantu penulis dalam melaksanakan tugas yang diberikan kepada penulis,
5. Isteriku tercinta Dr. Indah Soesanti, S.T., M.T., yang telah banyak membantu dan memberikan masukan yang sangat berguna dalam penyelesaian diktat ini,
6. Ibunda dan ayahanda (alm) yang selalu mendoakan penulis,
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dan
8. Semua pihak yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa diktat kuliah ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun akan penulis terima dengan lapang dada.

Akhirnya, semoga diktat kuliah ini dapat bermanfaat dalam proses belajar-mengajar khususnya di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Yogyakarta, Agustus 2016
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENGANTAR ENERGI TERBARUKAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Gaya, Energi dan Daya	2
1.3 Konservasi Energi: Hukum Pertama Termodinamika	3
1.4 Bentuk energi	4
1.5 Konversi dan Efisiensi	6
1.6 Penggunaan Energi Saat Ini	7
1.7 Bahan Bakar Fosil dan Perubahan Iklim	10
1.8 Sumber Energi Terbarukan	12
1.9 Energi Terbarukan Di Masa Depan yang Berkelanjutan	14
BAB II ENERGI TERMAL SURYA	16
2.1 Pendahuluan	16
2.2 Pemanas Air Surya Roofitop	17
2.3 Sifat dan Ketersediaan Radiasi Matahari	20
2.4. Konservasi Daya Kompleks	19
2.5. Keajaiban Kaca	27
2.6. Sejarah Pemanasan Aktif Surya	37
2.7. Pemanas Surya Pasif	44
2.8. Pencahayaan	58
2.9. Mesin Surya Termal Dan Pembangkit Listrik	60
2.10. Ekonomi, Potensi Dan Dampak Lingkungan	70
BAB III PHOTOVOLTAIC SURYA	72
3.1. Pendahuluan	72
3.2 Mengenal Photovoltaics	72
3.3 PV dalam silikon: Prinsip-prinsip Dasar	76
3.4 Crystalline PV: Mengurangi Biaya Dan Meningkatkan Efisiensi	83

3.5 PV Film Tipis	85
3.6 Teknologi PV Inovatif Lainnya	89
3.7 Karakteristik Listrik Dan Modul Sel Silikon PV	93
3.8 Sistem PV untuk Keperluan Daya Jarak Jauh	95
3.9 Sistem PV Terkoneksi-Grid	96
3.10 Biaya Energi PV	103
3.11 Dampak Lingkungan dan Keamanan Sistem PV	104
3.12 PV: Integrasi, Sumber Daya dan Prospek Masa Depan	107
BAB IV BIOENERGI	112
4.1 Pendahuluan	112
4.2 Bioenergi: Dahulu dan Sekarang	114
4.3 Biomassa Sebagai Bahan Bakar	116
4.4 Bioenergi Sebagai Sumber Energi	119
4.5 Sumber-sumber Bioenergi Sebagai Limbah	123
4.6 Pembakaran Biomassa Padat	129
4.7 Produksi Bahan Bakar Gas Dari Biomassa	130
4.8 Produksi Bahan Bakar Cair Dari Biomassa	135
BAB V PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIDRO	138
5.1 Pendahuluan	138
5.2 Galloway Hydros	138
5.3 Sejarah Dan Prinsip Kerja PLTMH	142
BAB VI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN	147
6.1 Pendahuluan	147
6.2 Energi Angin	149
6.3 Turbin Angin	150
DAFTAR PUSTAKA	157

BAB I

PENGENALAN ENERGI TERBARUKAN

1.1 Pendahuluan

Sumber-sumber energi terbarukan (*renewable energy sources*) secara prinsip berasal dari daya radiasi surya yang sangat besar yang merupakan bentuk energi yang paling banyak digunakan oleh manusia.

Tenaga surya dalam bentuk radiasi matahari langsung dan tidak langsung seperti tenaga bioenergi, air atau angin, merupakan sumber energi pokok yang telah digunakan oleh umat manusia sejak lama. Ketika nenek moyang kita pertama kali menggunakan api, mereka memanfaatkan kekuatan fotosintesis sebagai proses alamiah surya terhadap tumbuhan yang menghasilkan oksigen dan menyerap karbon dioksida di atmosfer. Masyarakat terus mengembangkan cara-cara memanfaatkan gerakan air dan angin yang dihasilkan dari pemanasan matahari pada lautan dan atmosfer, menggiling jagung, mengairi tanaman dan mendorong kapal. Seiring peradaban umat manusia yang semakin canggih, para arsitek mulai merancang bangunan untuk memanfaatkan keuntungan energi matahari dengan meningkatkan penggunaan panas dan cahayanya secara alamiah, sehingga mampu mengurangi ketergantungan pada sumber-sumber energi konvensional untuk keperluan pemanasan dan penerangan.

Teknologi untuk memanfaatkan tenaga matahari, air kayu bakar, dan angin terus mengalami perbaikan hingga ke tahun-tahun awal revolusi industri. Akan tetapi saat itu muncul teknologi energi yang memanfaatkan batu bara sebagai sumber energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Teknologi ini telah menggantikan peran

sumber-sumber energi yang biasa digunakan saat itu seperti kayu, angin, dan air untuk keperluan di rumah-rumah, industri, dan sistem transportasi di negara-negara industri. Hingga saat ini bahan bakar fosil yaitu batubara, minyak, dan gas alam menyediakan tiga perempat dari konsumsi energi dunia.

Kekhawatiran tentang konsekuensi terhadap dampak lingkungan dan sosial yang merugikan dari penggunaan bahan bakar fosil seperti polusi udara dan kecelakaan saat eksplorasi pertambangan, dan juga konsekuensi terhadap terbatasnya cadangan bahan bakar fosil, sebenarnya telah diwacanakan selama beberapa abad terakhir. Hingga tahun 1970 ditandai dengan kenaikan harga yang drastis akibat 'krisis minyak' dunia dan munculnya gerakan-gerakan yang mengatasnamakan pencinta lingkungan, maka manusia mulai menganggap serius kemungkinan bahan bakar fosil yang akan 'habis', dan dengan demikian dapat memberikan keuntungan dengan destabilisasi ekosistem alam dan iklim global.

Pengembangan energi nuklir setelah Perang Dunia II memunculkan harapan baru sebagai bahan bakar alternatif yang murah, berlimpah dan bersih dibandingkan bahan bakar fosil. Akan tetapi pengembangan energi nuklir telah terhenti dalam beberapa tahun terakhir karena kekhawatiran terhadap beberapa faktor di antaranya biaya, keselamatan manusia, dampak lingkungan akibat pembuangan limbah, dan pengembangannya untuk pembuatan senjata pemusnah massal.

Kekhawatiran tentang 'keberlanjutan' penggunaan bahan bakar fosil dan nuklir telah menjadi pemicu utama bagi umat manusia untuk menemukan sumber-sumber energi terbarukan dalam beberapa dekade terakhir. Sumber energi yang terbarukan adalah sumber energi yang secara substansial tidak akan habis walaupun digunakan terus-menerus, tidak menimbulkan emisi polutan yang signifikan atau

masalah lingkungan lainnya, dan tidak menyebabkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat atau ketidakadilan sosial.

Gaya, Energi dan Daya

Energi berasal dari kata Yunani *en (in)* dan *ergon* (kerja). Secara konsep ilmiah, energi berfungsi untuk mengungkap fitur-fitur umum dalam proses yang beragam seperti pembakaran bahan bakar, menggerakkan mesin, atau pengisian baterai. Proses-proses tersebut dapat dijelaskan dalam bentuk energi (J) misalnya energi termal (panas), energi kimia (dalam bahan bakar atau baterai), energi kinetik (dalam menggerakkan zat), energi listrik, energi potensial, gravitasi, dan lain-lain.

Untuk menggerakkan suatu objek maka diperlukan gaya yang dalam satuan SI adalah newton (N). Gaya didefinisikan sebagai kekuatan yang akan mempercepat massa satu kilogram (kg) pada kecepatan satu meter per detik kuadrat ($m.s^{-2}$), dengan persamaan umumnya adalah,

$$\text{Gaya (N)} = \text{massa (kg)} \times \text{percepatan (ms}^{-2}\text{)}.$$

Dalam dunia nyata, gaya sering dibutuhkan untuk memindahkan objek pada kecepatan stabil. Akan tetapi karena ada gaya yang berlawanan seperti gaya gesekan, maka gaya gesekan tersebut harus dipertimbangkan dalam penentuan gaya resultan. Setiap kali gaya diberikan, maka harus disediakan energi. Energi dalam satuan Joule (J) didefinisikan sebagai energi yang dicatu oleh gaya sebesar satu newton sehingga menyebabkan pergerakan sejauh 1 meter. Secara umum persamaan energi adalah:

$$\text{Energi (dalam joule)} = \text{Gaya (dalam Newton)} \times \text{Jarak (dalam meter)}$$

Istilah energi dan daya sering digunakan secara informal seolah-olah keduanya identik, misalnya tenaga angin dan energi angin. Akan tetapi dalam diskusi ilmiah sangat penting untuk membedakannya. Daya (*power*) adalah tingkat dimana energi diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya, atau dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain. Satuannya adalah watt (w), dan satu watt didefinisikan sebagai satu joule per detik. Sebagai ilustrasi, sebuah bola lampu 100 watt mampu mengubah seratus joule energi listrik menjadi cahaya (dan juga panas) setiap detik.

Dalam prakteknya terkadang kita terbantu dalam memahami energi dan daya yang digunakan untuk jangka waktu tertentu. Jika daya pemanas listrik adalah 1 kW selama satu jam, maka kita dapat mengatakan bahwa pemanas telah mengkonsumsi satu kilowatt-jam (kwh) energi. Kilowatt adalah 1000 watt, yaitu 1000 joule per detik, dan terdapat 3600 detik dalam satu jam, jadi $1 \text{ kWh} = 3600 \times 1000 = 3,6 \times 10^6 \text{ Joule}$ (atau 3,6 MJ).

Energi juga sering diukur dalam jumlah bahan bakar, seperti ton batubara atau minyak. Dalam statistik energi nasional sering digunakan satuan juta ton setara minyak (1 Mtoe = 41,9 PJ).

Konservasi Energi: Hukum Pertama Termodinamika

Dalam setiap transformasi energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya, jumlah total energi tetap tidak berubah. Prinsip yang menganggap bahwa energi selalu terkonservasi ini disebut Hukum Pertama Termodinamika. Jadi jika jumlah energi dalam *output* dari pembangkit listrik kurang dari jumlah energi pada *input* bahan bakar, maka sebagian energi harus telah dikonversi menjadi bentuk lain (biasanya terbuang dalam bentuk panas). Jika jumlah total energi selalu sama, bagaimana

dengan konsumsi energi? Sebenarnya dapat dijelaskan bahwa dalam hal ini kita hanya mengubahnya dari satu bentuk ke bentuk lain. Kita konsumsi bahan bakar, yang merupakan sumber energi yang siap digunakan. Kita membakar bahan bakar dalam mesin, mengubah energi kimia disimpan ke dalam panas dan kemudian ke energi kinetik pada kendaraan yang bergerak. Sebuah turbin angin menyerap energi kinetik dari udara yang bergerak dan mengubahnya menjadi energi listrik, yang pada gilirannya dapat digunakan untuk memanaskan filamen lampu sehingga memancarkan energi dalam bentuk cahaya.

Bentuk energi

Pada tingkat paling dasar, keragaman bentuk energi dapat diturunkan menjadi empat bentuk yaitu energi kinetik, gravitasi, listrik dan nuklir.

Bentuk energi yang pertama adalah **energi kinetik** yang dimiliki oleh benda bergerak. Besarnya energi kinetik adalah sama dengan setengah massa objek dikalikan kuadrat kecepatan, yaitu:

$$\text{Energi kinetik} = 0,5 \times \text{massa} \times \text{kecepatan}^2$$

dengan energi dalam joule (J), massa dalam kilogram (kg) dan kecepatan dalam meter per detik (m/s).

Energi kinetik menentukan suhu dalam suatu material. Semua materi terdiri dari atom-atom. Gabungan dari atom-atom disebut molekul. Dalam material gas misalnya udara yang mengelilingi kita, atom-atom bergerak secara bebas. Dalam material padat atau cair, atom-atom membentuk jaringan yang terkait dan setiap partikel selalu bergetar. Energi termal atau panas adalah nama yang diberikan untuk energi kinetik yang terkait dengan gerakan partikel secara acak dan cepat. Semakin

tinggi suhu material maka molekul lebih cepat bergerak. Pada skala suhu yang paling alami dalam teori ilmiah, yaitu skala Kelvin (K), suhu nol Kelvin dapat disamakan dengan gerak molekular nol. Untuk skala suhu yang lebih umum digunakan skala suhu Celcius (dituliskan dengan °C). Skala nol derajat Celsius setara dengan titik beku air dan 100 derajat Celsius setara dengan titik didih air. Keterkaitan kedua skala suhu tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Suhu (K)} = \text{suhu (}^{\circ}\text{C)} + 273.$$

Bentuk dasar energi yang kedua adalah **energi gravitasi**. Masukan energi di permukaan bumi dibutuhkan untuk mengangkat objek karena tarikan gravitasi bumi yang melawan gerakan tersebut. Jika sebuah benda diangkat di atas kepala, maka energi input disimpan dalam bentuk yang disebut energi potensial gravitasi (sering juga disebut dengan 'energi potensial' atau 'energi gravitasi'). Energi yang tersimpan tersebut dapat dilihat dengan jelas ketika Anda melepaskan benda tersebut dari kepala dan mengamati konversi berikutnya menjadi energi kinetik.

Gaya gravitasi yang menarik suatu benda ke bumi disebut “bobot” benda tersebut. Besarnya bobot suatu benda adalah sama dengan massa (m) dikalikan dengan percepatan gravitasi (g) yang bernilai $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Energi potensial (dalam joule) yang disimpan dalam mengangkat suatu objek dengan massa m (dalam kilogram) hingga ketinggian h (dalam meter), yang diberikan oleh persamaan berikut:

$$\text{Energi} = \text{gaya} \times \text{jarak} = \text{bobot} \times \text{tinggi} = m \times g \times h.$$

Gravitasi bukanlah satu-satunya gaya yang mempengaruhi benda-benda di sekitar kita. Pada skala yang sangat kecil yang tidak dapat dilihat oleh mata yaitu gaya

listrik yang disebabkan oleh atom dan molekul dari semua bahan, maka gaya gravitasi menjadi gaya yang tidak berpengaruh secara signifikan pada tingkat molekular. **Energi listrik** yang terkait dengan gaya-gaya ini merupakan bentuk energi dasar yang ketiga. Setiap atom dapat dianggap terdiri dari awan partikel bermuatan listrik yang disebut elektron, bergerak tanpa henti di sekitar inti pusat. Ketika atom bergabung untuk membentuk molekul atau bahan padat, maka distribusi elektron berubah-ubah. Dengan demikian energi kimia dapat dianggap sebagai bentuk energi listrik. Ketika bahan bakar dibakar maka energi kimia yang dikandungnya diubah menjadi energi panas. Pada dasarnya energi listrik yang dilepaskan sebagai elektron-elektron atom yang tersusun kembali selanjutnya diubah menjadi energi kinetik dari molekul hasil pembakaran.

Bentuk energi listrik yang lebih umum adalah **arus listrik**, yaitu aliran elektron yang teratur dalam suatu material yang umumnya terbuat dari logam. Dalam logam, satu atau dua elektron dari setiap atom dapat terlepas dan bergerak bebas melalui struktur kisi materi. 'Elektron bebas' ini memungkinkan logam untuk membawa arus listrik. Untuk menjaga agar arus elektron stabil maka diperlukan masukan energi yang konstan karena elektron terus kehilangan energi dalam tabrakan dengan kisi logam. Tegangan listrik (dalam volt) adalah ukuran dari energi yang dibutuhkan untuk mempertahankan arus listrik. Daya listrik (dalam watt) dikirimkan oleh pencatu daya listrik atau yang digunakan oleh sebuah alat listrik. Besarnya daya listrik dapat dihitung dengan mengalikan tegangan (dalam volt) oleh arus (dalam ampere, atau 'amp'), yaitu:

$$\text{Daya} = \text{tegangan} \times \text{arus}$$

Dalam pembangkit listrik tenaga uap, masukan bahan bakar dibakar dan digunakan untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi, yang mendorong turbin berputar. Hal ini pada gilirannya drive generator listrik, yang beroperasi berdasarkan prinsip yang ditemukan oleh Michael Faraday pada tahun 1832: bahwa tegangan diinduksikan pada kumparan kawat berputar dalam medan magnet. Menghubungkan kumparan untuk sebuah sirkuit listrik kemudian akan memungkinkan arus mengalir. Energi listrik pada gilirannya dapat berubah menjadi panas, gerak, cahaya, dan lain-lain

Bentuk lain dari energi listrik adalah energi yang dibawa oleh radiasi elektromagnetik. Energi ini disebut **energi elektromagnetik**. Salah satu bentuk energi ini adalah energi matahari yang mencapai bumi. Energi elektromagnetik dipancarkan dalam jumlah besar atau lebih kecil oleh setiap objek. Energi elektromagnetik berjalan sebagai gelombang yang dapat membawa energi melalui ruang hampa. Panjang gelombang dikarakteristikan berdasarkan bentuknya di antaranya sinar-X, radiasi ultraviolet dan inframerah, cahaya tampak, gelombang radio dan gelombang mikro.

Bentuk dasar energi yang keempat adalah **energi nuklir**. Teknologi untuk melepaskannya dikembangkan selama Perang Dunia II untuk tujuan militer, dan kemudian dalam versi yang lebih terkendali untuk produksi listrik. Stasiun tenaga nuklir beroperasi pada prinsip yang sama seperti bahan bakar fosil. Perbedaannya hanya terdapat pada tungku pemanas uap, pada pembangkit listrik tenaga uap menggunakan tungku pemanas uap (boiler) sedangkan pada pembangkit listrik tenaga nuklir menggunakan reaktor nuklir dimana atom-atom uranium terbelah melalui proses fisi yang menghasilkan panas dalam jumlah besar.

Sumber energi matahari juga merupakan sumber nuklir. Dalam hal ini prosesnya bukan fisi nuklir tapi fusi nuklir, di mana banyak sekali atom hidrogen bergabung membentuk atom helium, menghasilkan radiasi surya dalam jumlah besar dalam proses tersebut. Upaya untuk meniru matahari dengan menciptakan reaktor fusi nuklir penghasil daya telah menjadi topic penelitian pada beberapa dekade terakhir akan tetapi masih belum memberikan hasil yang memadai.

Konversi dan Efisiensi

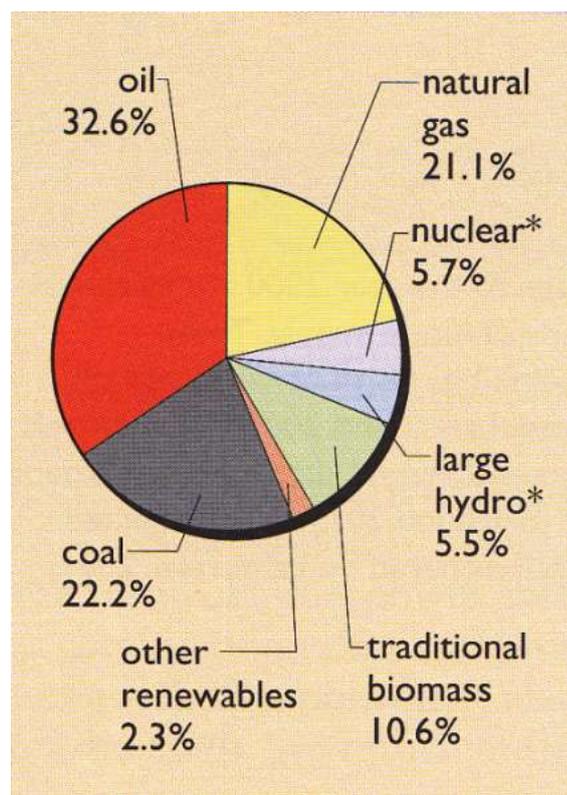
Ketika kita mengubah energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya, keluaran yang berguna tidak pernah mencapai sebanyak masukannya. Rasio keluaran yang berguna terhadap masukan yang dibutuhkan (biasanya dinyatakan sebagai prosentase) disebut efisiensi proses. Efisiensi ini dapat mencapai 90% pada turbin air atau pada motor listrik, sekitar 35-40% pada pembangkit listrik tenaga batu bara (jika panas sisa tidak dimanfaatkan), dan terendah 10-20% pada mesin pembakaran internal. Beberapa inefisiensi dapat dihindari dengan desain yang baik, akan tetapi inefisiensi yang lain melekat pada sifat jenis konversi energinya.

Dalam sistem-sistem tersebut, perbedaan antara efisiensi konversi yang tinggi dan rendah adalah karena melibatkan konversi energi panas menjadi energi mekanik atau energi listrik. Panas adalah energi kinetik molekul yang bergerak secara acak yang merupakan bentuk dasar energi yang tidak teratur. Tidak ada mesin yang dapat mengkonversi energi ini sepenuhnya menjadi energi mekanik atau listrik. Hal ini merupakan pesan penting dari Hukum Kedua Termodinamika: bahwa ada batas tertentu pada efisiensi mesin panas.

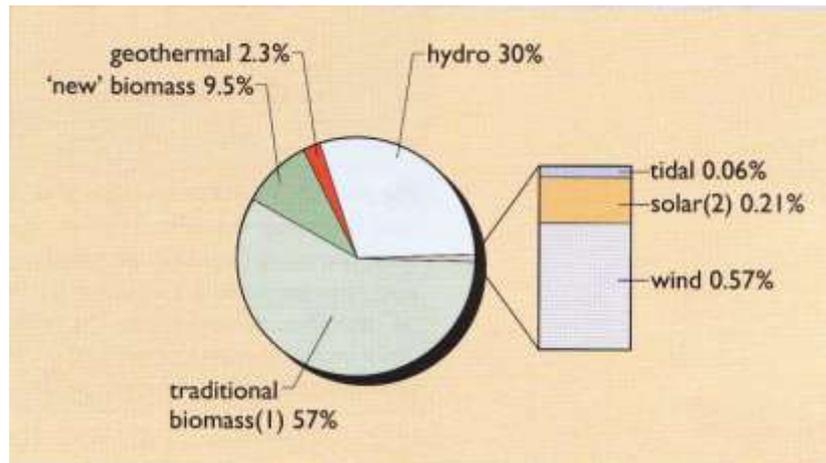
1,2 Penggunaan Energi Saat Ini

Suplai Energi Dunia

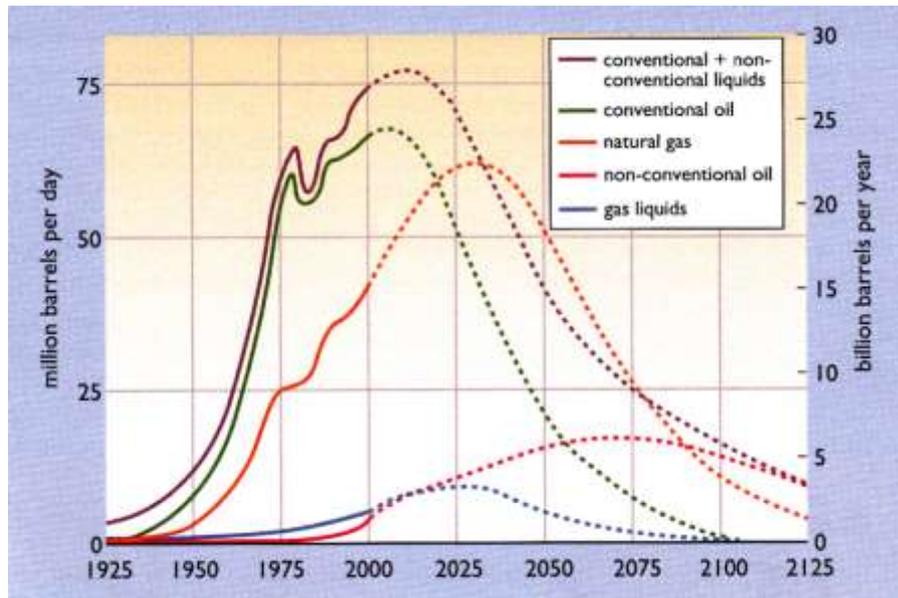
Konsumsi tahunan total segala bentuk energi primer meningkat lebih dari sepuluh kali lipat selama abad kedua puluh, dan pada tahun 2002 mencapai 451,8 EJ (exajoules) atau sekitar 10.800 Mtoe. Gambar 1.1 menunjukkan bahwa bahan bakar fosil memberikan tiga perempat dari total energi dunia. Populasi penduduk dunia tahun 2002 adalah sekitar 6,2 miliar jiwa, sehingga konsumsi energi rata-rata tahunan per orang adalah sekitar 74 GJ, setara dengan 6 liter minyak per hari untuk setiap orang baik pria, wanita dan anak-anak.



Gambar 1.1. Prosentase kontribusi berbagai sumber energi terhadap konsumsi energi primer dunia pada tahun 2002.



Gambar 1.2. Estimasi prosentase kontribusi berbagai sumber energi terbarukan terhadap suplai energi dunia.



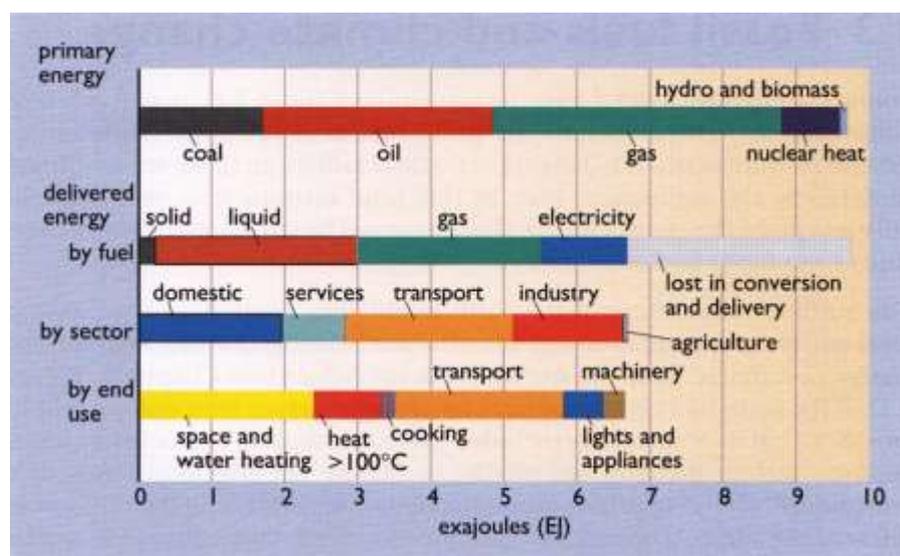
Gambar 1.3. Produksi minyak dan gas dunia. Untuk tahun 2000 adalah data historis; setelah itu kurva putus-putus mewakili proyeksi pasokan di masa depan.

Amerika Utara rata-rata mengkonsumsi hampir lima kali rata-rata dunia: sekitar 350 GJ per tahun. Orang di Eropa dan bekas Uni Soviet menggunakan sekitar setengah jumlah ini, dan mereka di seluruh dunia hanya sekitar seperlima (lihat teks pendamping, Tabel 2.3).

Berapa lama cadangan fosil di dunia bahan bakar terakhir? Pada tingkat konsumsi saat ini, cadangan terbukti batubara dunia harus berlangsung selama sekitar 200 tahun, minyak sekitar 40 tahun dan gas alam untuk sekitar 60 tahun. (BP, 2003). Namun, dunia produksi bahan bakar cair, termasuk non-konvensional serta sumber-sumber konvensional, tampaknya akan mencapai puncaknya antara tahun 2005 dan 2015. Puncak produksi gas alam mungkin sekitar 2030. Sejak saat itu, meskipun large jumlah minyak dan gas akan tetap, sumber daya keseluruhan akan menurun (lihat Gambar 1.3).

Penggunaan energi di Inggris

Di Inggris, seperti di kebanyakan negara, permintaan energi dikategorikan dalam statistik resmi menjadi empat sektor utama: domestik, komersial dan institusional, industri dan transportasi.



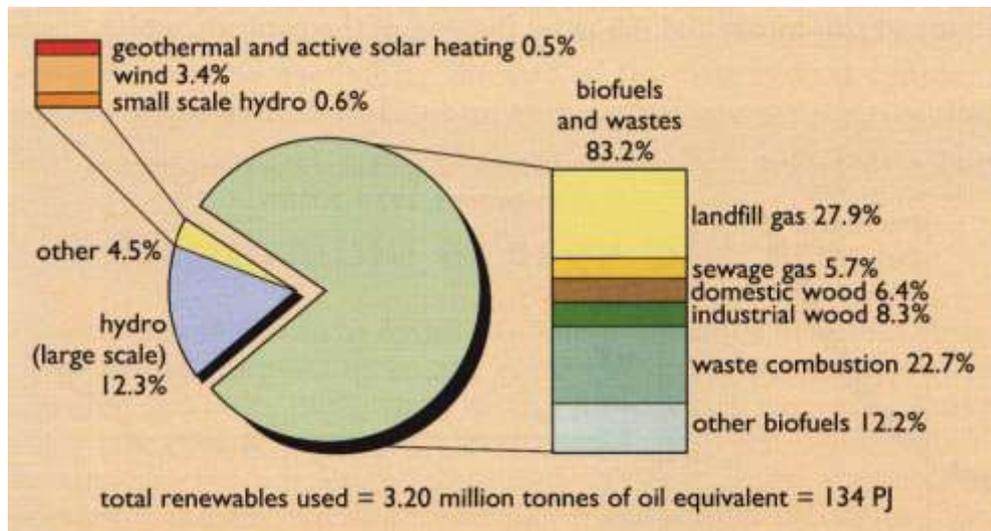
Gambar 1.4. Energi primer berdasarkan bahan bakar, dan energi terkirim berdasarkan bahan bakar, sector, dan pengguna akhir.

Energi yang digunakan oleh konsumen akhir di sektor ini biasanya merupakan hasil dari serangkaian konversi energi. Sebagai contoh, energi dari pembakaran batu bara dapat dikonversi dalam pembangkit listrik untuk listrik, yang kemudian didistribusikan ke rumah tangga dan digunakan dalam pemanas imersi untuk memanaskan air di dalam negeri tangki air panas. Energi yang dilepaskan pada saat batubara dibakar disebut energi primer yang diperlukan untuk digunakan. Jumlah listrik mencapai konsumen setelah kerugian transmisi di jaringan listrik adalah energi yang disampaikan. Setelah kerugian lebih lanjut dalam tangki dan pipa, jumlah yang akhir, yang disebut energi yang berguna, yang keluar dari keran panas.

Seperti Gambar 1.4 menunjukkan, hampir sepertiga dari energi primer Inggris hilang dalam proses konversi dan pengiriman - sebagian besar dalam bentuk panas 'limbah' dari pembangkit listrik. Kerugian ini lebih besar dari total permintaan di negara itu untuk ruang dan energi pemanas air. Dan bahkan ketika energi telah diserahkan kepada pelanggan di berbagai sektor, sering digunakan sangat sia-sia. Beberapa cara yang terbuang ini dapat dikurangi dijelaskan secara singkat dalam Bab 1 dari teks pendamping. Sistem energi Inggris ini dijelaskan secara lebih rinci dalam Bab 10 buku ini.

Di Inggris, kontribusi energi terbarukan untuk pasokan energi primer sangat kecil: hanya lebih dari 1% di 2002 (DTI, 2003a). Persentase kontribusi energi terbarukan untuk pasokan listrik agak lebih besar, namun. Dari 375 TWh dihasilkan dalam 2002, 2.60h berasal dari sumber yang terbarukan, terutama dalam bentuk tenaga air, dengan kontribusi lebih kecil dari limbah atau pembakaran TPA gas dan tenaga angin (DTI, 2003). Pemerintah Inggris bertujuan untuk meningkatkan proporsi listrik

dari energi terbarukan untuk 1.000 tahun 2010 dan 20% 2020. Kami kembali ke topik ini pada Bab 10.



Gambar 1.5. Kontribusi energi primer yang berasal dari energi terbarukan di Inggris tahun 2002. Kontribusi utamanya adalah biofuel dalam berbagai bentuk, dan tenaga air.

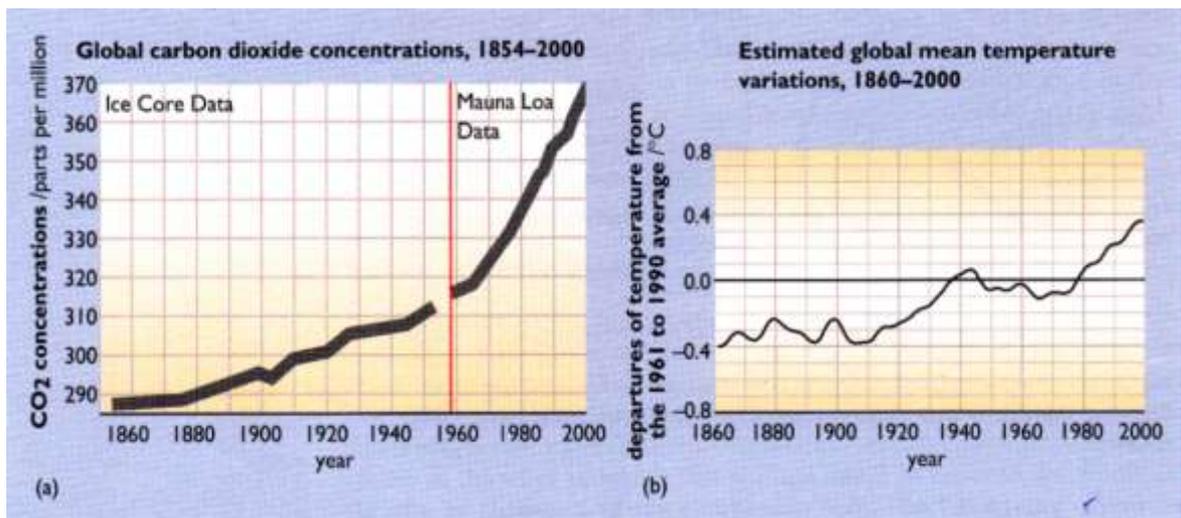
1.3 Bahan Bakar Fosil dan Perubahan Iklim

Penggunaan oleh masyarakat dunia terhadap bahan bakar fosil dan nuklir memiliki konsekuensi yang banyak merugikan. Ini termasuk polusi udara, hujan asam, penipisan sumber daya alam dan bahaya radiasi nuklir, ini dijelaskan secara rinci dalam teks pendamping. Dalam pengantar singkat, kami menyoroiti hanya satu masalah: perubahan iklim global yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca dari pembakaran bahan bakar fosil.

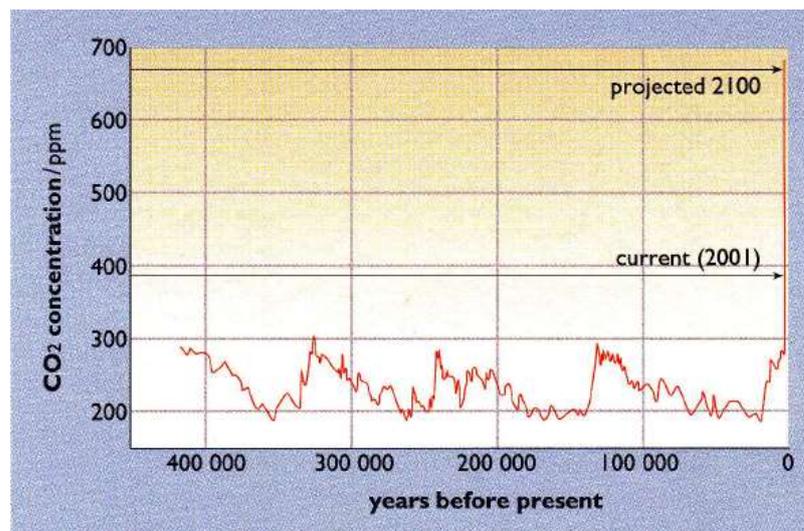
Suhu permukaan bumi menetapkan sendiri pada tingkat keseimbangan di mana energi yang masuk dari matahari menyeimbangkan energi inframerah keluar kembali terpancar dari bagian belakang permukaan ke dalam ruang (lihat Bab 2,

Gambar 2.5). Jika bumi tidak memiliki atmosfer suhu permukaan rata-rata akan menjadi -18°C , tetapi atmosfernya mencakup 'gas rumah kaca', terutama uap air, karbon dioksida dan metana. Ini bertindak seperti panel rumah kaca, yang memungkinkan radiasi matahari untuk masuk tetapi menghambat arus keluar radiasi inframerah. 'Efek rumah kaca' alam mereka menyebabkan sangat penting dalam menjaga suhu permukaan bumi pada tingkat yang cocok untuk kehidupan, sekitar 15°C .

Sejak revolusi industri, bagaimanapun, aktivitas manusia telah menambah gas rumah kaca tambahan ke atmosfer. Penyumbang utama untuk emisi ini meningkat adalah karbon dioksida dari pembakaran bahan bakar fosil (Gambar 1.6 (a)). Para ilmuwan memperkirakan (IPCC, 2001) bahwa 'antropogenik' (akibat ulah manusia) emisi menyebabkan kenaikan suhu permukaan global rata-rata bumi sebesar $0,6^{\circ}\text{C}$ selama abad kedua puluh (Gambar 1.6 (b)). Jika emisi tidak dikekang, suhu permukaan diperkirakan naik sebesar 1 .. untuk $5,8^{\circ}\text{C}$ (tergantung pada asumsi yang dibuat) pada akhir abad kedua puluh satu. Kenaikan tersebut mungkin akan menyebabkan peningkatan frekuensi ekstrim iklim, seperti banjir atau kekeringan, dan gangguan serius bagi pertanian dan ekosistem alam.



Gambar 1.6. Konsentrasi CO₂ di atmosfer tahun 1854 – 2000.



Gambar 1.7. Konsentrasi CO₂ di atmosfer.

Artinya permukaan air laut cenderung meningkat sekitar 0,5 m pada akhir abad ini, yang bisa menggenangi beberapa daerah dataran rendah. Dan setelah tahun 2100, naik laut jauh lebih besar bisa terjadi jika tingkat utama lapisan es Antartika yang mencair. Ancaman perubahan iklim global yang disebabkan oleh emisi karbon dioksida dari pembakaran bahan bakar fosil adalah salah satu alasan utama

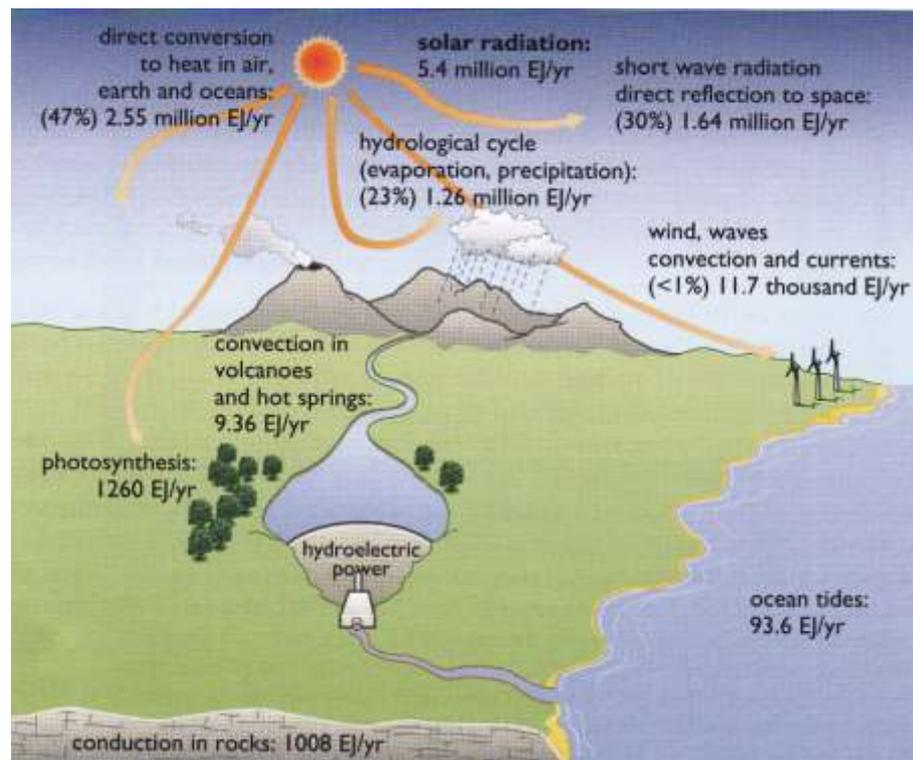
mengapa ada konsensus yang berkembang pada kebutuhan untuk mengurangi emisi tersebut. Penurunan di kisaran 60-80% mungkin diperlukan pada akhir abad kedua puluh satu dan, akhirnya, beralih ke sumber energi rendah atau nol-karbon seperti energi terbarukan.

1.4 Sumber energi terbarukan

Energi terbarukan dapat didefinisikan sebagai 'energi diperoleh dari arus terus menerus atau berulang-ulang energi berulang dalam lingkungan alam' (Twidell dan Weir, 1986). Atau sebagai 'aliran energi yang diisi ulang pada tingkat yang sama seperti yang "digunakan"' (Sorensen, 2000), Dari Gambar 1.8, yang merangkum asal-usul dan besaran dari sumber terbarukan bumi energi, jelas bahwa sumber utama mereka adalah radiasi matahari.

Energi Surya: Penggunaan Langsung

Radiasi matahari dapat dikonversi menjadi energi useful langsung, dengan menggunakan berbagai teknologi. Asyik surya kolektor, dapat menyediakan air panas atau pemanas ruangan. Bangunan juga dapat dirancang dengan fitur 'pasif surya' yang meningkatkan kontribusi energi surya untuk pemanas ruangan dan persyaratan pencahayaan.



Gambar 1.8. Berbagai bentuk energi terbarukan yang sangat tergantung pada radiasi surya.

Energi matahari juga dapat terkonsentrasi oleh cermin untuk menyediakan panas suhu tinggi untuk menghasilkan listrik. Pembangkit listrik seperti "surya termal-listrik" yang beroperasi komersial di Amerika Serikat. Konversi energi surya termal dijelaskan dalam Bab 2. Radiasi matahari juga dapat dikonversi langsung menjadi listrik menggunakan photovoltaic (PV) modul, biasanya dipasang di atap atau fasad bangunan. Listrik dari photovoltaics saat ini mahal tapi harga jatuh dan industri berkembang dengan cepat. Photovoltaics surya dijelaskan dalam Bab 3.

Energi Matahari: Penggunaan Tak-langsung

Radiasi matahari dapat diubah menjadi energi yang berguna secara tidak langsung melalui bentuk-bentuk energi lainnya. Sebuah fraksi besar dari radiasi yang mencapai permukaan bumi diserap oleh lautan, pemanasan mereka dan menambahkan uap air ke udara. Uap air mengembun sebagai hujan untuk memberi makan sungai, ke dalam mana kita dapat menempatkan bendungan dan turbin untuk mengambil beberapa energi. Tenaga air, dijelaskan dalam Bab 5, telah terus tumbuh selama abad kedua puluh, dan sekarang menyediakan sekitar seperenam dari listrik dunia.

Sinar matahari jatuh tegak lurus arah yang lebih di daerah tropis dan lebih miring di lintang tinggi, pemanasan daerah tropis ke tingkat yang lebih besar daripada daerah kutub. Hasilnya adalah aliran panas besar ke arah kutub, terbawa arus di lautan dan atmosfer. Energi dalam arus tersebut dapat dimanfaatkan, misalnya dengan turbin angin. Tenaga angin, dijelaskan dalam Bab 7, telah dikembangkan dalam skala besar hanya dalam beberapa dekade terakhir, tetapi sekarang salah satu yang tumbuh paling cepat sumber the'new'renewable listrik. Mana angin reda membentang panjang laut, mereka menciptakan gelombang, dan berbagai perangkat dapat digunakan untuk mengekstrak energi itu. Tenaga ombak, dijelaskan dalam Bab 8, adalah menarik pendanaan baru untuk penelitian, pengembangan dan demonstrasi di beberapa negara.

Bioenergi, dibahas dalam Bab 4, adalah manifestasi lain tidak langsung dari energi surya. Melalui fotosintesis pada tumbuhan, radiasi matahari mengubah air dan karbon dioksida atmosfer menjadi karbohidrat, yang membentuk dasar dari molekul

yang lebih kompleks. Biomassa, dalam bentuk kayu atau 'biofuel', merupakan sumber energi utama dunia, terutama di negara berkembang. Bahan bakar gas dan cairan yang berasal dari sumber biologis membuat kontribusi yang signifikan terhadap pasokan energi dari beberapa negara. Biofuel juga bisa berasal dari limbah, banyak yang bersumber dari biologi. Biofuel adalah sumber daya terbarukan jika tingkat di mana mereka dikonsumsi tidak lebih dari tingkat di mana tanaman baru kembali tumbuh - yang, sayangnya, sering tidak terjadi. Meskipun pembakaran biofuel menghasilkan CO atmosfer, emisi, ini harus diimbangi dengan CO₂ diserap saat tanaman tumbuh, tetapi emisi yang signifikan dari gas rumah kaca lainnya dapat terjadi jika pembakaran tidak efisien.

Energi Terbarukan Non-surya

Dua sumber energi terbarukan tidak tergantung pada radiasi matahari: energi pasang surut dan panas bumi. Energi pasang surut, dibahas dalam Bab 0, sering bingung dengan energi gelombang, tetapi asal-usulnya (dijelaskan pada Gambar 1,6) sangat berbeda. Kekuatan dari arus dapat dimanfaatkan dengan membangun bendungan rendah atau 'serangan' di mana air yang naik ditangkap dan kemudian dibiarkan mengalir kembali melalui turbin pembangkit listrik, Hal ini juga memungkinkan untuk memanfaatkan kekuatan arus bawah air yang kuat, yang terutama pasang surut di asal. berbagai perangkat untuk mengeksploitasi sumber energi, seperti turbin laut saat ini (bukan seperti turbin angin bawah air) yang pada tahap prototipe. Panas dari dalam bumi adalah sumber energi panas bumi, dibahas pada Bab 9. Suhu tinggi interior awalnya disebabkan oleh kontraksi gravitasi dari

planet seperti yang terbentuk, tapi sejak itu telah ditingkatkan oleh panas dari peluruhan bahan radioaktif di dalam inti bumi.

Di beberapa tempat di mana batu panas sangat dekat permukaan, mereka dapat memanaskan air dalam akuifer bawah tanah. Ini telah digunakan selama berabad-abad untuk menyediakan air panas atau uap. Di beberapa negara, uap panas bumi digunakan untuk menghasilkan listrik dan, di lain, air panas dari sumur panas bumi digunakan untuk pemanasan. Jika uap atau air panas diekstraksi pada tingkat yang lebih besar dari panas diisi kembali batuan sekitarnya Irom, sebuah situs panas bumi akan mendingin dan lubang baru harus dibor di dekatnya. Bila dioperasikan dengan cara ini, energi panas bumi tidak sepenuhnya terbarukan. Namun, adalah mungkin untuk beroperasi dalam mode terbarukan dengan menjaga tingkat ekstraksi bawah tingkat pembaharuan.

1.5. Energi Terbarukan Di Masa Depan yang Berkelanjutan

Kita telah melihat bahwa sumber energi terbarukan yang telah menyediakan proporsi yang signifikan dari energi primer dunia. Bab Integrasi 1.0 akan menjelaskan sejumlah studi jangka panjang menunjukkan bahwa energi terbarukan kemungkinan akan memberikan proporsi yang jauh lebih besar dari energi dunia pada paruh kedua abad kedua puluh satu. Sementara itu, kami menyimpulkan bab pendahuluan dengan melihat sebentar di prospek untuk energi terbarukan di Inggris dalam beberapa dekade mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ali Keyhani, Mohammad N. Marwali, dan Min Dai, 2010, "Integration of Green and Renewable Energy on Electric Power Systems", John Wiley & Sons, New Jersey.
- [2] Aldo Vieira da Rosa, 2005, "Fundamentals of Renewable Energy Processes", Elsevier Academic Press, London.
- [3] A. Tapia, G. Tapia, J. X. Ostolaza, and J. R. Saenz, "Modeling and control of a wind turbine driven doubly fed induction generator," IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol.18, pp. 194-204, 2003. Bent Sørensen, 2007, "Renewable Energy Conversion, Transmission, and Storage", AP Press, New York.
- [4] B.C. Babu and K.B. Mohanty, "Doubly-Fed Induction Generator for Variable Speed Wind Energy Conversion Systems - Modeling & Simulation", International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 1793-8163, February, 2010.
- [5] David Pimentel, 2008, "Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems: Benefits and Risks", Springer, New York.
- [6] H.Li and Z. Chen, "Overview of generator topologies for wind turbines," IET Proc. Renewable Power Generation, vol. 2, no. 2, pp. 123–138, Jun.2008.
- [7] J.G. Slootweg, S. W. H. Haan, H. Polinder, and W.L. Kling. "General Model for Representing Variable Speed Wind Turbines in Power System Dynamics Simulations". IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 18, No. 1, February, 2003
- [8] J.J. Grainger dan W.D. Stevenson, 1994, "Power System Analysis", McGraw-Hill, Singapore.
- [9] John Twidell and Tony Weir, 2006, "Renewable Energy Resources, Second Edition", Taylor & Francis, New York.
- [10] L. Mihet-Popa and F. Blaabrierg, "Wind Turbine Generator Modeling and Simulation Where Rotational Speed is the Controlled Variable", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 40, No.1, Jan./Feb. 2004.
- [11] Syahputra, R., Soesanti, I. (2016). DFIG Control Scheme of Wind Power Using ANFIS Method in Electrical Power Grid System. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), 11(7), pp. 5256-5262.
- [12] Soesanti, I., Syahputra, R. (2016). Batik Production Process Optimization Using Particle Swarm Optimization Method. Journal of Theoretical and Applied Information Technology (JATIT), 86(2), pp. 272-278.
- [13] Syahputra, R., Soesanti, I. (2016). Design of Automatic Electric Batik Stove for Batik Industry. Journal of Theoretical and Applied Information Technology (JATIT), 87(1), pp. 167-175.
- [14] Syahputra, R. (2016). Application of Neuro-Fuzzy Method for Prediction of Vehicle Fuel Consumption. Journal of Theoretical and Applied Information Technology (JATIT), 86(1), pp. 138-149.
- [15] Jamal, A., Suropto, S., Syahputra, R. (2016). Performance Evaluation of Wind Turbine with Doubly-Fed Induction Generator. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), 11(7), pp. 4999-5004.
- [16] Syahputra, R., (2016), "Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.

- [17] Syahputra, R., (2015), "Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- [18] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 10(2). pp. 293-304.
- [19] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Reconfiguration of Distribution Network with DER Integration Using PSO Algorithm. *TELKOMNIKA*, 13(3). pp. 759-766.
- [20] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). PSO Based Multi-objective Optimization for Reconfiguration of Radial Distribution Network. *International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, 10(6), pp. 14573-14586.
- [21] Syahputra, R. (2015). Simulasi Pengendalian Temperatur Pada Heat Exchanger Menggunakan Teknik Neuro-Fuzzy Adaptif. *Jurnal Teknologi*, 8(2), pp. 161-168.
- [22] Syahputra, R. (2015). Characteristic Test of Current Transformer Based EMTP Software. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), pp. 11-15.
- [23] Syahputra, R., (2012), "Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2012.
- [24] Jamal, A., Suropto, S., Syahputra, R. (2015). Multi-Band Power System Stabilizer Model for Power Flow Optimization in Order to Improve Power System Stability. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 80(1), pp. 116-123.
- [25] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). Optimization of Distribution Network Configuration with Integration of Distributed Energy Resources Using Extended Fuzzy Multi-objective Method. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 9(3), pp. 629-639.
- [26] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). Performance Analysis of Wind Turbine as a Distributed Generation Unit in Distribution System. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 6, No. 3, pp. 39-56.
- [27] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2014), "Distribution Network Efficiency Improvement Based on Fuzzy Multi-objective Method". *IPTEK Journal of Proceedings Series*. 2014; 1(1): pp. 224-229.
- [28] Jamal, A., Syahputra, R. (2014). Power Flow Control of Power Systems Using UPFC Based on Adaptive Neuro Fuzzy. *IPTEK Journal of Proceedings Series*. 2014; 1(1): pp. 218-223.
- [29] Syahputra, R., (2013), "A Neuro-Fuzzy Approach For the Fault Location Estimation of Unsynchronized Two-Terminal Transmission Lines", *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 5, No. 1, pp. 23-37.
- [30] Jamal, A., Syahputra, R. (2013). UPFC Based on Adaptive Neuro-Fuzzy for Power Flow Control of Multimachine Power Systems. *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, 2(10), pp. 05-14.
- [31] Syahputra, R., (2012), "Fuzzy Multi-Objective Approach for the Improvement of Distribution Network Efficiency by Considering DG", *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 4, No. 2, pp. 57-68.

- [32] Jamal, A., Syahputra, R. (2012), "Adaptive Neuro-Fuzzy Approach for the Power System Stabilizer Model in Multi-machine Power System", *International Journal of Electrical & Computer Sciences (IJECS)*, Vol. 12, No. 2, 2012.
- [33] Jamal, A., Syahputra, R. (2011), "Model Power System Stabilizer Berbasis Neuro-Fuzzy Adaptif", *Semesta Teknik*, Vol. 14, No. 2, 2011, pp. 139-149.
- [34] Utomo, A.T., Syahputra, R., Iswanto, (2011), "Implementasi Mikrokontroler Sebagai Pengukur Suhu Delapan Ruang", *Jurnal Teknologi*, 4(2).
- [35] Syahputra, R., (2010), "Aplikasi Deteksi Tepi Citra Termografi untuk Pendeteksian Keretakan Permukaan Material", *Forum Teknik*, Vol. 33, 2010.
- [36] Syahputra, R., Soesanti, I. (2015). "Control of Synchronous Generator in Wind Power Systems Using Neuro-Fuzzy Approach", *Proceeding of International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE) 2015*, UNESA Surabaya, pp. 187-193.
- [37] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). "Optimal Distribution Network Reconfiguration with Penetration of Distributed Energy Resources", *Proceeding of 2014 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2014*, UNDIP Semarang, pp. 388 - 393.
- [38] Soedibyo, Ashari, M., Syahputra, R. (2014), Power loss reduction strategy of distribution network with distributed generator integration. *1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2014*, UNDIP Semarang, pp. 404 – 408.
- [39] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2013), "Distribution Network Efficiency Improvement Based on Fuzzy Multi-objective Method". *International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS)*. 2013; pp. 224-229.
- [40] Riyadi, S., Azra, R.A., Syahputra, R., Hariadi, T.K., (2014), "Deteksi Retak Permukaan Jalan Raya Berbasis Pengolahan Citra dengan Menggunakan Kombinasi Teknik Thresholding, Median Filter dan Morphological Closing", *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)2 2014*, UMS Surakarta, pp. 46-53.
- [41] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2012), "Reconfiguration of Distribution Network with DG Using Fuzzy Multi-objective Method", *International Conference on Innovation, Management and Technology Research (ICIMTR)*, May 21-22, 2012, Melacca, Malaysia.
- [42] Jamal, A., Syahputra, R., (2011), "Design of Power System Stabilizer Based on Adaptive Neuro-Fuzzy Method". *International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS)*. 2011; pp. 14-21.
- [43] Syahputra, R. (2010). Fault Distance Estimation of Two-Terminal Transmission Lines. *Proceedings of International Seminar on Applied Technology, Science, and Arts (2nd APTECS)*, Surabaya, 21-22 Dec. 2010, pp. 419-423.
- [44] Syahputra, R., (2015), "Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- [45] Syahputra, R., (2014), "Estimasi Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Saluran Transmisi Tenaga Listrik", *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik* Vol. 17, No. 2, pp. 106-115, Nov 2014.
- [46] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2011), "Modeling and Simulation of Wind Energy Conversion System in Distributed Generation Units". *International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS)*. 2011; pp. 290-296.

- [47] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2011), "Control of Doubly-Fed Induction Generator in Distributed Generation Units Using Adaptive Neuro-Fuzzy Approach". International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS). 2011; pp. 493-501.
- [48] Jamal, A., Syahputra, R. (2016). Heat Exchanger Control Based on Artificial Intelligence Approach. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), 11(16), pp. 9063-9069.
- [49] Syahputra, R., Soesanti, I. (2015). Power System Stabilizer model based on Fuzzy-PSO for improving power system stability. 2015 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA), Surabaya, 15-17 Oct. 2015 pp. 121 - 126.