



**ANALISIS POTENSI SUMBER ENERGI ALTERNATIF
DAN IMPLIKASINYA TERHADAP SOSIAL-EKONOMI
MASYARAKAT INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar
Ahli Mada Teknik Elektro Instalasi Listrik

Oleh :

KHOIRUL UMAM

5351303008

PERPUSTAKAAN
UNNES

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2007

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul :

**ANALISIS POTENSI SUMBER ENERGI ALTERNATIF
DAN IMPLIKASINYA TERHADAP SOSIAL-EKONOMI
MASYARAKAT INDONESIA**

yang disusun oleh :

Nama/NIM : Khoirul Umam/5351303008

Prodi : Diploma III Teknik Elektro Instalasi Listrik

Jurusan/Fak : Teknik Elektro/ Fakultas Teknik

Telah diperiksa dan disetujui serta dipertahankan di hadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi dan Tugas Akhir pada tanggal 31 Agustus 2007.

Dosen Pembimbing,

Drs. Said Sunardiyo, M. T
NIP 131961219

Dosen Penguji I,

Drs. Sutarno, M. T
NIP 131404308

Dosen Penguji II,

Drs. Said Sunardiyo, M.T
NIP 131961219

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro,

Drs. Djoko Adi Widodo, M.T.
NIP 131570064

Ketua Prodi D3 TE,

Drs. Agus Murnomo, M.T.
NIP 131616610

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang,

Prof. Dr. Soesanto
NIP 130875753

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini telah dipertahankan di hadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi dan Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang dengan hasil yang sangat memuaskan.

Pada : hari Jumat

Tanggal : 31 Agustus 2007

PANITIA UJIAN

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Drs. Sutarno, M. T
NIP 131404308

Drs. Said Sunardiyo, M.T
NIP 131961219

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro,

Sekretaris Ujian,

Drs. Djoko Adi Widodo, M.T.
NIP 131570064

Drs. Agus Murnomo, M.T.
NIP 131616610

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madia disuatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka dan pendapat, rujukan/kutipan yang diambil menurut aturan ilmiah yang berlaku..

Semarang, 31 Agustus 2007

Yang menyatakan,

Khoirul Umam
NIM 5351303008

PERPUSTAKAAN
UNNES

ABSTRAK

Khoirul Umam, 2007. *Analisis Potensi Energi Alternatif dan Implikasinya Terhadap Sosial Ekonomi Masyarakat Indonesia*. Diploma III Teknik Elektro Instalasi Listrik, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. 160+xv hlm.

Lonjakan harga minyak dunia hingga US\$ 70/barel yang terjadi sejak minggu pertama april 2005 setidaknya telah banyak mempengaruhi aktifitas perekonomian di berbagai belahan dunia, tak terkecuali di Indonesia.. Penerapan UU Migas No. 22 Tahun 2001 juga dituding sebagai penyebab menurunnya kemampuan Pertamina dalam menyediakan BBM. Penderitaan masyarakat akan semakin lengkap jika ternyata pemerintah menaikkan tarif dasar listrik (TDL) yang dikabarkan mencapai 100% untuk industri, 83-90% untuk rumah tangga di atas 900 VA dan 10% untuk rumah tangga 450VA Peranan Sumber daya energi sebagai pendorong kesejahteraan masyarakat di Indonesia dicapai dalam fungsinya sebagai sumber energi pendorong pembangunan dan industrialisasi serta fungsinya sebagai sumber devisa. Namun demikian, dalam kenyataannya Indonesia dengan segala potensi sumber energi alternatifnya masih belum bisa keluar dari krisis energi. Oleh karena itu karya tulis ini mempunyai permasalahan, 1) Bagaimana gambaran kebutuhan konsumsi energi di Indonesia, 2) Bagaimana potensi sumber energi alternatif di Indonesia, 3) Bagaimana implikasi potensi sumber energi alternatif terhadap sosial ekonomi masyarakat Indonesia. Sedangkan tujuan penulisan karya ilmiah yaitu memberikan gambaran tentang konsumsi energi, potensi sumber energi alternatif dan implikasinya terhadap sosial ekonomi masyarakat. Sedangkan pendekatan yang digunakan dalam penulisan karya tulis ini ialah menggunakan pendekatan diskriptif dengan sumber kajian pustaka. Berdasarkan hal tersebut, hasil dari pembahasan dari karya tulis ini memberikan penjelasan bahwa dari segi konsumsi energi di Indonesia terbagi menjadi tiga sektor yaitu rumah tangga, industri dan transportasi. Kemudian potensi energi alternatif yang dapat dikembangkan meliputi air, angin, Batu bara, biodiesel, bioethanol, biofuel, biogas, biomassa, gas hidrat, magnet portable, matahari, nuklir, dan panas bumi (geothermal). Sementara implikasi yang diharapkan dari penggunaan energi alternatif bagi sektor rumah tangga yaitu pengurangan anggaran subsidi dari pemerintah, dari sektor industri yaitu terciptanya stabilitas *supply* energi dan bagi sektor transportasi yaitu lebih mudahnya penggunaan energi alternatif. Dari uraian singkat di atas maka dapat disimpulkan bahwa keunggulan dari energi alternatif bagi sosial ekonomi masyarakat yaitu adanya efisiensi atas penggunaan energi bagi tiap-tiap sektor.

Kata Kunci : *Krisis Energi, Potensi Energi Alternatif, Sosial Ekonomi.*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Potensi Sumber Energi Alternatif Dan Implikasinya Terhadap Sosial-Ekonomi Masyarakat Indonesia* dapat terselesaikan dengan baik. Perlu disadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak dapat selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan kerendahan hati disampaikan terima kasih kepada :

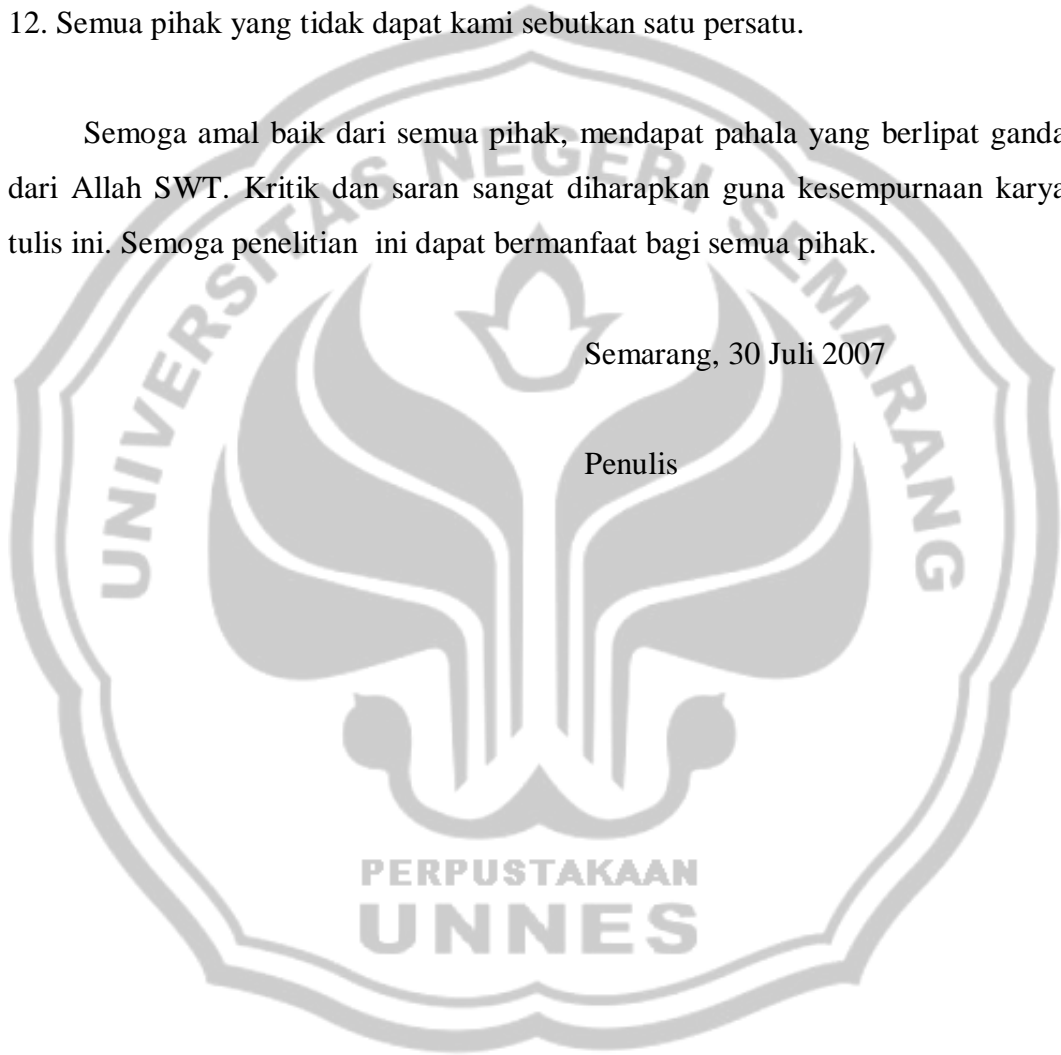
1. Rektor Universitas Negeri Semarang, Prof. Dr. H Sudijono Sastroatmojo, M.Si. beserta Jajaran Pimpinan Universitas.
2. Keluarga Besar Bapak Masrokan dan Ibu Sulastri (Kunayah, Hikmatul Muallifah, A. Sofyan dan M. Alfan Naim) beserta Keluarga Besar Bani Kyai Saeri dan Kyai Suhadi. atas segala dukungan yang tidak terhingga.
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Prof. Dr. Soesanto beserta Jajaran Pimpinan Fakultas.
4. Drs. Said Sunardiyo, M. T. , selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir ini.
5. Drs. Djoko Adi Widodo, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
6. Drs. Agus Murnomo, M. T. selaku Ketua Program Studi Diploma III di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
7. Dosen dan Karyawan di lingkungan Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik atas kesabarannya membantu kami dalam memproses administrasi.
8. Kak Drs. Eko Handoyo, M. Si dan Kak Dra. Martitah, M. Hum. selaku Ketua Gudep 14.111-14.112 Universitas Negeri Semarang beserta Jajaran Pembina di lingkungan Unnes yang senantiasa *men-support* kami melalui Gerakan Pramuka
9. Kakak-kakak di UKM Pramuka Racana Wijaya Gugusdepan Kota Semarang 14.111-14.112 Universitas Negeri Semarang, atas dukungan moril dan spiritnya, serta masukan dan saran yang telah diberikan.
10. Rekan-rekan seperjuangan di kelas Reguler dan Paralel D.III TIL tahun 2003.

11. Rekan-rekan yang setia mendampingi di rumah dinas FT dan kompleks Joglo Universitas Negeri Semarang. (Siswo, Haryono, Hasan, Yusuf, Mulyono, Meiyanto DI, M.T. Ardiansyah, Widodo, Eko Cahyo N, Purwanita PL, Rismha ER, Septi Wijayanti, Arif BW, Arif LA, JF. Safredika, Bang Kadir, Bang Yasser, Mas Achiar M. Permana, Mpok Yani, kang Jamal, Pak. Supri, Rhobi Shani, Triyas PU, Faiq NZ, Sahirul Alam, Sulistyawan dll)
12. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Semoga amal baik dari semua pihak, mendapat pahala yang berlipat ganda dari Allah SWT. Kritik dan saran sangat diharapkan guna kesempurnaan karya tulis ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, 30 Juli 2007

Penulis



PERSEMBAHAN

Dengan Bangga disertai Puji Syukur kepada Allah S.W.T, Maha Karya ini kami persembahkan kepada:

1. Allah S. W. T atas limpahan nikmat dan karunianya sehingga saya diberikan tambahan ilmu yang insya Allah dapat membawa berkah dan bermanfaat bagi diri kami dan sesama.
2. Keluarga Besar Bapak Masrokhan dan Ibu Sulastri (Kunayah, Hikmatul Muallifah, A. Sofyan, M. Alfian Naim) beserta keluarga besar Bani Kyai Saeri dan Bani Kyai Suhadi yang telah mencurahkan segalanya demi keberhasilan kami serta untuk penjaga rahasiaku Septi Wijayanti beserta keluarga yang senantiasa men-*Support* dan mendukung kami.
3. Universitas Negeri Semarang dan seluruh Civitas Akademika yang telah menerima kami sebagai bagian dari kampus tercinta ini.

Penulis

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. “

(QS. Al -Insyirah : 5&6)

“Barang siapa meniti jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan jalan baginya ke surga”.

(HR . Muslim)

“Barangsiapa ingin hidup di dunia maka haruslah mengerti ilmu-ilmu di dunia, barangsiapa ingin hidup di akhirat maka haruslah mengerti ilmu-ilmu tentang akhirat, dan apabila hendak hidup di keduanya maka haruslah kamu mengetahui ilmu-ilmu tentang keduanya (dunia dan akhirat).”

(HR. Bukhori Muslim)

“Kelemahan kita yang terbesar terletak dalam menyerah, cara yang paling pasti untuk meraih sukses adalah dengan selalu mencoba sekali lagi”

(Thomas Edison)

“Tanah yang basah adalah tanah yang dekat dengan sumber mata air, untuk mencapai hal itu, SILATURAHMI adalah jalannya”.

(Penulis)

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
PERSEMBAHAN.....	viii
MOTTO.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GRAFIK DAN GAMBAR	xii
DAFTAR BAGAN DAN TABEL.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan	3
1.3. Tujuan Penulisan.....	3
1.4. Manfaat.....	4
BAB II. TELAAH PUSTAKA	
2.1. Hakikat Energi.....	5
2.2 Pengaruh Sosial Ekonomi	6
2.3. Potensi Sumber Energi Alternatif	9
BAB III. METODE PENULISAN	
3.1. Pendekatan Penulisan.....	11
3.2. Sasaran Penulisan.....	11
3.3. Sumber Kajian	12
3.4 Prosedur Penulisan Tugas Akhir	12
BAB IV. PEMBAHASAN	
4.1. Kondisi Kebutuhan Energi di Indonesia	13
4.2. Konsumsi Energi.....	15
4.2.1 Sektor Rumah Tangga	18
4.2.2. Sektor Industri.....	19
4.2.3. Sektor Transportasi	22

4.3. Peluang Pengembangan Potensi Sumber Energi Alternatif	23
4.3.1. Mikrohidro/Air	25
4.3.2. Angin	31
4.3.3. Batu Bara	39
4.3.4. Bio Diesel.....	50
4.3.5. Bio Ethanol	57
4.3.6. Bio Fuel.....	63
4.3.7. Biogas	68
4.3.8. Biomassa.....	77
4.3.9. Gas Hydrat	87
4.3.10 Magnet Portable	92
4.3.11 Matahari.....	101
4.4.12 Nuklir	114
4.4.13 Panas Bumi (Geothermal)	127
4.4 Implikasi Sumber Energi Alternatif terhadap Sosial Ekonomi Masyarakat Indonesia	136
4.4.1 Gambaran dan implikasi konsumsi energi alternatif di sektor rumah tangga terhadap sosial ekonomi masyarakat	137
4.4.2 Gambaran dan implikasi konsumsi energi alternatif di sektor industri terhadap sosial ekonomi masyarakat.....	139
4.4.3 Gambaran dan implikasi konsumsi energi alternatif di sektor transportasi terhadap sosial ekonomi masyarakat.....	141
4.5 Faktor Penunjang bagi Pengembangan Potensi Energi Alternatif	143
4.6 Diversifikasi Energi sebagai Usaha Penyelamatan Lingkungan	145
4.7 Tenaga Nuklir sebagai Alternatif Pembangkit Listrik	157
BAB V. PENUTUP	
5.2. Kesimpulan	171
5.3. Rekomendasi.....	172
DAFTAR PUSTAKA	173

DAFTAR GRAFIK DAN GAMBAR

	Halaman
Grafik 1. kebutuhan konsumsi energi di Indonesia.....	17
Grafik 2. para pemakai briket batu bara dalam kehidupan sehari-hari.....	46
Grafik 3. rata – rata konsumsi bahan bakar.	100
Grafik 4. perbandingan daya yang dihasilkan dari 4 tipe fuel cell.....	108
Grafik 5. External costs produksi listrik.	115
Gambar 1. Arah putaran turbin yang terpasang pada salah satu model pembangkit Mikro Hydro.....	29
Gambar 2. Timba tertua yang ditemukan orang mesir untuk mengangkat air dengan prinsip hukum Archimedes.	30
Gambar 3. Arah putaran sudu-sudu kincir air yang digunakan untuk PLTMH yang dikopel dengan generator.....	30
Gambar 4. Kincir angin yang mampu menghasilkan daya 1 KW.....	37
Gambar 5. Konstruksi kincir angin berketinggian 5 Meter.....	38
Gambar 6. Almari kontrol dan ACCU penyimpan energi listrik yang dibangkitkan oleh kincir angin.	38
Gambar 7. Briket Batu Bara.....	39
Gambar 8. Nyala Briket Batu Bara tanpa Karbonisasi	47
Gambar 9. Nyala Briket Batu Bara ter-Karbonisasi tipe telur	47
Gambar 10. Nyala Briket Batu Bara tanpa Karbonisasi tipe silinder	48
Gambar 11. Tanaman Jarak Pagar (Jatropha curcas).....	52
Gambar 12. Biji Tanaman Jarak Pagar (Jatropha curcas)	54
Gambar 13. Uji coba pembakaran biji tanaman Jarak Pagar (Jatropha curcas)	55
Gambar 14. Buah jarak pagar muda dan biji ketika buahnya sudah tua.....	55
Gambar 15. Bibit tanaman Jarak Pagar (Jatropha curcas).	56
Gambar 16. Buah Jarak Pagar (Jatropha curcas) yang sudah tua dan siap diambil bijinya.....	56

Gambar 17. Foto penampang Magnet Portable.....	93
Gambar 18. Pengaruh Magnet terhadap bahan bakar	94
Gambar 19. Diagram percobaan dengan Magnet Portable.	95
Gambar 20. Temperatur gas buang beban 25 %.....	97
Gambar 21. Temperatur gas buang beban 85 %.....	98
Gambar 22. Konsumsi bahan bakar pada beban 25 %.....	99
Gambar 23. Konsumsi bahan bakar pada beban 85 %.....	99
Gambar 24. Penampang permukaan Solar cell.....	102
Gambar 25. Susunan satu (1) unit sel tunggal.....	105
Gambar 26. Penampang solar cell berkekuatan 200 Watt.	112
Gambar 27. Konstruksi pemasangan solar cell 4 blok berdaya masing- masing 50 Watt.....	113
Gambar 28. Pengurangan gas emisi CO2 dengan penggunaan energi Nuklir dan air.....	117
Gambar 29. Kontribusi energi nuklir terhadap energi nasional di beberapa negara.....	120
Gambar 30. Kebijakan energi <i>Mix</i> Nasional 2025 : Skenario Optimalisasi....	124
Gambar 31. Proses yang harus diperhatikan sebelum membangun PLTN.....	126
Gambar 32. Pembangkitan tenaga listrik dari energi panas bumi "uap basah".....	130
Gambar 33. Proses pembangkitan tenaga listrik dari energi panas bumi "air panas".....	131

DAFTAR BAGAN DAN TABEL

	Halaman
Bagan 1. Pemanfaatan Briket Batu Bara.....	45
Bagan 2. Mata Rantai konversi Bio Massa menjadi energi panas dan listrik	81
Tabel 1. Sumberdaya Energi Indonesia	14
Tabel 2. Pangsa Konsumsi BBM Persektor Tahun 1994-2003.....	16
Tabel 3. Pemanfaatan Energi baru dan terbarukan untuk pasokan listrik.....	24
Tabel 4. Data Motor Diesel	96
Tabel 5. Spesifikasi bahan bakar	97
Tabel 6. Cadangan energi primer dunia	129
Tabel 7. Penghematan Penggunaan BBM di Sektor Industri Jika Disubstitusi Dengan Batubara dan Gas (Milyar Rp).....	140
Tabel 8. Produksi bahan bakar Indonesia mulai tahun 1973 s.d 1991.....	146
Tabel 9. Cadangan bahan bakar Indonesia dan dunia.....	147
Tabel 10. Jumlah komponen pencemar dan sumber pencemaran	149
Tabel 11. Prosentase komponen pencemar pada transportasi	150

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lonjakan harga minyak dunia hingga US\$ 70/barel terjadi sejak minggu pertama April 2005. Hal ini banyak mempengaruhi aktivitas perekonomian di berbagai belahan dunia, tak terkecuali di Indonesia. Kemelut tersebut diperparah dengan maraknya penyelundupan minyak yang merugikan negara hingga 8,8 triliun rupiah per tahun (Setyo Yuli I, 2005: 5). Penerapan UU migas no. 22 tahun 2001 juga dituduh sebagai penyebab menurunnya kemampuan Pertamina dalam menyediakan BBM.

Secara langsung, kenaikan harga minyak akan meningkatkan biaya produksi barang dan jasa serta beban hidup masyarakat yang pada akhirnya akan memperlemah pertumbuhan ekonomi negara. Sebagai dampaknya adalah krisis nasional, seperti maraknya PHK, menurunnya perdagangan, dan hancurnya industri.

Penderitaan masyarakat akan semakin lengkap jika ternyata pemerintah menaikkan tarif dasar listrik (TDL) yang dikabarkan mencapai 100% untuk industri, 83-90% untuk rumah tangga di atas 900 VA dan 10% untuk rumah tangga 450VA (*Suara Merdeka*, 2006: 20).

Dalam konteks global, permasalahan di atas timbul secara bertautan satu dengan yang lainnya. Ketika BBM naik, maka TDL pun akan naik, dengan alasan

naiknya biaya produksi. Jadi, inti permasalahan yang terjadi sekarang terkait dengan masalah energi.

Peran sumberdaya energi sebagai pendorong kesejahteraan masyarakat di Indonesia, menjadi sumber pendorong pembangunan dan industrialisasi serta berfungsi sebagai sumber devisa. Dengan demikian, peran sumberdaya energi sebagai pendorong kesejahteraan masyarakat diukur dari perannya secara kontinu sebagai sumber energi dan penghasil devisa.

Pembangunan sektor energi dengan tugas utama sebagai alat untuk menanggulangi kemiskinan tidak hanya diamanatkan oleh KTT Bumi (WSSD) di satu sisi, di sisi lainnya merupakan hal utama bagi Indonesia karena alasan pemerataan pembangunan dan memajukan desa-desa sebagai kekuatan baru bagi ekonomi nasional.

Hal yang patut disyukuri oleh Bangsa Indonesia adalah potensi energi yang melimpah dan tersebar seperti mikro hidro, tenaga angin, tenaga surya, dan biomassa, umumnya berada di pedesaan atau bahkan daerah terpencil, di seluruh kepulauan nusantara. Namun hal tersebut tidak dibarengi dengan kenyataan di lapangan, keadaan yang terjadi justru sebaliknya, Indonesia dikatakan mengalami krisis energi dengan kondisi sumber energi alternatif yang melimpah.

Pemerintah telah banyak membuat kebijakan-kebijakan dalam mengatasi krisis energi, misalnya melalui gerakan penghematan energi yang dicanangkan oleh Presiden Susilo Bambang Yudoyono melalui Inpres No.10/2005, Kebijakan Umum Bidang Energi (KUBE) tahun 1980 dan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 996.K/43/MPE/1999 tentang prioritas penggunaan bahan bakar

terbaru untuk produksi listrik yang hendak dibeli PLN. Namun, dalam kenyataannya Indonesia dengan segala potensi sumber energi alternatifnya masih belum bisa keluar dari krisis energi.

Hal ini yang membuat penulis berupaya memberikan gambaran obyektif sekaligus mencari rekomendasi dan solusi alternatif terhadap krisis energi yang sekarang terjadi, baik dari sisi produksi, konsumsi, maupun tentang kebijakan energi nasional dalam rangka menindak lanjuti salah satu pendorong perekonomian, perindustrian dan kesejahteraan masyarakat.

1.2 Permasalahan

Krisis energi yang terjadi di Indonesia telah menyebabkan berbagai permasalahan yang muncul dalam masyarakat, dari mulai kenaikan BBM, sampai dengan kenaikan TDL. Rekomendasi alternatif untuk memecahkan permasalahan yang muncul setidaknya berpijak pada permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana gambaran kebutuhan konsumsi energi di Indonesia?
2. Bagaimana potensi sumber energi alternatif di Indonesia?
3. Bagaimana implikasi potensi sumber energi alternatif terhadap sosial ekonomi masyarakat Indonesia?

1.3 Tujuan Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini mempunyai tujuan utama memberikan solusi nyata yang terkait permasalahan krisis energi yang terjadi di Indonesia. Ada pun tujuannya ialah sebagai berikut :

1. Menjelaskan kebutuhan konsumsi energi di Indonesia.
2. Memberikan pengetahuan potensi sumber energi alternatif di Indonesia.
3. Mendeskripsikan implikasi sumber energi alternatif terhadap sosial-ekonomi masyarakat Indonesia.

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diambil dalam penulisan Tugas Akhir ini meliputi:

1. Bagi Penulis.

Tugas Akhir ini bermanfaat sebagai sarana untuk belajar lebih jauh tentang kebijakan – kebijakan pemerintah dalam pemanfaatan sumber energi alternatif kaitannya dengan krisis energi yang terjadi di Indonesia.

2. Bagi Masyarakat Luas.

Tugas Akhir ini bermanfaat untuk membuka cakrawala berpikir masyarakat tentang krisis energi yang sekarang terjadi di Indonesia dalam kondisinya sebagai negara yang kaya akan sumber daya alam.

3. Bagi Pemerintah.

Tugas Akhir ini dapat dijadikan sebagai pedoman alternatif untuk mengambil kebijakan dalam mengatasi krisis energi di Indonesia.

BAB II

TELAAH PUSTAKA

2.1. Hakikat Energi

Menurut Marek Walisiewicz (2003: 7) energi adalah sebuah konsep yang sukar dipahami. Ia tidak dapat dilihat dan tidak memiliki bentuk fisik. Sedangkan para ilmuwan mendefinisikan energi sebagai kemampuan melakukan kerja untuk menggerakkan sesuatu melawan sebuah gaya penahan. Bentuk dari energi, terdapat energi kinetik dan energi potensial. Contoh energi kinetik misalnya sebuah tongkat golf yang terayun memiliki energi karena mampu menggerakkan bola golf di atas rerumputan lapangannya. Sedangkan contoh dari energi potensial misalnya air yang tertahan oleh bendungan mungkin tidak bergerak, tetapi tentu saja memiliki kemampuan untuk melakukan kerja bila dilepaskan (Walisiewicz, 2003: 7).

Jenis energi yang lain adalah panas, kimia, listrik, dan nuklir, semua jenis energi tersebut dapat dilihat sebagai bentuk energi potensial atau energi kinetik. Suatu benda hanya akan panas oleh karena atom – atom penyusunnya bergerak lebih cepat daripada atom pada benda yang dingin. Minyak adalah cadangan energi kimia karena ikatan molekulnya menyimpan energi potensial. Sedangkan energi listrik yang dihasilkan oleh generator adalah arus elektron – elektron yang bergerak di dalam kawat.

Suatu prinsip dasar Fisika yang disebut dengan Hukum Pertama Termodinamika menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan. Tatkala kita “memba⁵kan” atau “menggunakan” energi, sesungguhnya kita hanya mengubah satu bentuk energi menjadi bentuk lainnya. Dalam proses perubahan itu, sebagian energi selalu berubah menjadi bentuk yang tidak diinginkan, karena itu efisiensi perubahan tidak pernah 100 persen (Walisiewicz, 2003: 7).

2.2. Pengaruh Sosial – Ekonomi

Dalam kehidupan, seluruh makhluk yang ada di muka bumi ini memerlukan energi. Apalagi manusia sebagai insan yang senantiasa mengkreasikan hidupnya dalam menghadapi zaman yang selalu berubah keadaannya.

Tak dapat dipungkiri, bahwasannya manusia memiliki kehausan yang tak terpuaskan terhadap energi. Permintaan global terhadap daya telah meningkat 3 kali sejak tahun 1950, hingga mencapai titik di mana kita sekarang menggunakan energi setara dengan 10.000 juta ton minyak tiap tahun. Menurut Dewan Energi Dunia, pemakaian energi cenderung naik sampai 50 persen pada tahun 2020. Sebagian besar daya dihasilkan oleh bahan bakar fosil, batu bara, gas, dan terutama minyak yang menjadi sumber tunggal yang paling kritis di planet kita (Walisiewicz, 2003: 6).

Menurut Dewan Energi Dunia, pemakaian energi cenderung naik sampai dengan 50 persen pada tahun 2020. Sebagian besar daya dihasilkan oleh bahan bakar fosil, batu bara, gas dan terutama minyak yang menjadi sumber tunggal

yang paling kritis di planet kita. Seiring dengan perkembangan zaman, ketergantungan manusia terhadap energi tidak akan lagi dihasilkan dari bahan bakar fosil, melainkan dalam bentuk energi lain.

Sekitar 32 persen pengeluaran energi di negara berkembang digunakan untuk transportasi, 25 persen untuk industri, dan lebih dari 40 persen untuk rumah dan kantor (Walisiewicz, 2003: 29).

Semakin banyaknya alat transportasi yang ada di Indonesia, mengakibatkan kebutuhan energi semakin terus meningkat. Hal ini juga yang menyebabkan dampak pada persoalan sosial – ekonomi masyarakat Indonesia.

Kenaikkan harga bahan bakar minyak akan mempengaruhi perekonomian di Indonesia. Diantara dampak dari kenaikan tersebut adalah inflasi dan timbulnya kemiskinan ataupun problematika sosial lainnya.

Kenaikan harga BBM secara langsung akan mempengaruhi kenaikan harga-harga barang lain. Karena BBM merupakan bagian dari faktor input. Dengan menggunakan model ekonomi keseimbangan umum (cge) LPEM-UI, secara keseluruhan dampak inflasi dari kenaikan BBM Maret 2005 adalah sebesar 0,718 % 2. Kenaikan BBM bulan Oktober 2005 sebesar 2.8-3.0 %. Perhitungan ini tidak memperhitungkan kenaikan inflasi yang disebabkan oleh faktor lain seperti perilaku pengusaha untuk menggeserkan beban kenaikan harga BBM kepada konsumen dengan menaikkan harga produk mereka secara tidak wajar.

Biaya BBM di sektor angkutan darat rata-rata mencapai 13 % pada akhir tahun 2001. Setelah kenaikan harga BBM tahun 2002, diperkirakan pengeluaran

BBM tidak mencapai 20 % dari total biaya produksi. Dengan demikian kenaikan yang wajar dari tiap tarip hanya sebesar 5.8 % ($29\% \times 20\% = 5.8\%$).

Sedangkan dampak kenaikan terhadap kemiskinan tergantung pada kenaikan inflasi. Karena inflasi akan mendorong peningkatan garis kemiskinan. Jika inflasi yang ditimbulkan oleh kenaikan BBM, khususnya inflasi bahan makanan cukup tinggi maka dampak kenaikan BBM terhadap kemiskinan juga tinggi.

Berdasarkan hasil simulasi data Susenas 2002 menunjukkan bahwa kenaikan jumlah penduduk miskin akibat kenaikan BBM bulan Maret 2005 (asumsi inflasi sebesar 0.9 %) adalah sebesar 0.24 % (dari 16.25% - 1649 %) dan jika inflasi yang terjadi semakin besar maka angka kemiskinan juga akan semakin membesar. Berdasarkan kenyataan ini, kemungkinan besar kenaikan BBM Oktober 2005 akan meningkatkan jumlah penduduk miskin sebesar 1 % atau sekitar 2 juta orang.

2.3. Potensi Sumber Energi Alternatif

Indonesia sesungguhnya memiliki potensi sumber energi dalam jumlah besar. Beberapa di antaranya bisa segera diterapkan di tanah air, seperti: bioethanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga angin, bahkan limbah/sampah organik pun bisa digunakan untuk membangkitkan listrik.

Hampir semua sumber energi tersebut sudah dicoba diterapkan dalam skala kecil di tanah air. Momentum krisis BBM saat ini merupakan waktu yang

tepat untuk menata dan menerapkan dengan serius berbagai potensi tersebut. Meski saat ini sangat sulit untuk melakukan substitusi total terhadap bahan bakar fosil, namun implementasi sumber energi sangat penting untuk segera dimulai dari sekarang (Hidayat, 2005: 5).

Indonesia memiliki sumber energi alternatif yang melimpah. Bagian dalam bumi merupakan campuran dari batuan yang meleleh, dan atmosfer planet dipenuhi oleh energi matahari dalam jumlah yang sangat besar. Semuanya cukup untuk memenuhi permintaan dunia lebih dari 115.000 kali energi.

Meskipun di Indonesia tersedia reservoir besar energi alamiah yang dapat diperbaharui tersebut, tetapi Indonesia masih mengandalkan bahan bakar fosil dan tenaga nuklir untuk alasan kemudahan, harga, dan kenyamanan politik. Masalah besar yang dihadapi oleh energi yang dapat diperbaharui adalah kesulitan mempergunakan sumber-sumber tersebut pada skala yang cukup besar. Sebagai contoh kecil, sinar matahari yang mencapai permukaan bumi tersebar pada area yang luas, membuat sulit dan mahal untuk dikumpulkan.

Akibat dari krisis energi di Indonesia saat ini, seharusnya menjadi usaha serius dan sistematis untuk mengembangkan dan menerapkan sumber energi terbaru guna mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

Penggunaan sumber energi terbaru yang ramah lingkungan juga berarti menyelamatkan lingkungan hidup dari berbagai dampak buruk yang ditimbulkan akibat penggunaan BBM. Terdapat beberapa sumber energi terbaru dan ramah lingkungan yang bisa diterapkan segera di tanah air seperti bioethanol, biodiesel, tenaga panas bumi, tenaga surya, mikrohidro, tenaga angin, dan limbah organik.

Kerjasama antar departemen teknis dan dukungan dari industri serta masyarakat untuk mewujudkan implementasi sumber energi terbaru sangat penting dilakukan.



BAB III

METODE PENULISAN

3.1. Pendekatan Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini menggunakan pendekatan deskriptif berdasarkan kajian kepustakaan. Pemilihan pendekatan deskriptif ini diasumsikan dapat memberikan gambaran mengenai analisis potensi sumber energi alternatif dan implikasinya terhadap sosial-ekonomi masyarakat Indonesia. Selain itu, pendekatan deskriptif juga digunakan untuk menganalisis bagaimana potensi sumber energi alternatif di Indonesia dan implikasi potensi sumber energi alternatif terhadap sosial-ekonomi masyarakat Indonesia. Dalam mendeskripsikan tersebut, penulis merujuk pada pustaka-pustaka yang relevan. Rujukan itu setidaknya dapat memperkuat pada bab pembahasan.

3.2. Sasaran Penulisan

Tugas Akhir ini mengkaji tentang analisis potensi sumber energi alternatif dan implikasinya terhadap sosial-ekonomi masyarakat Indonesia. Sasaran penulisan Tugas Akhir ini ialah potensi sumber energi alternatif di Indonesia dan implikasi potensi sumber energi alternatif terhadap sosial-ekonomi masyarakat Indonesia.

3.3. Sumber Kajian

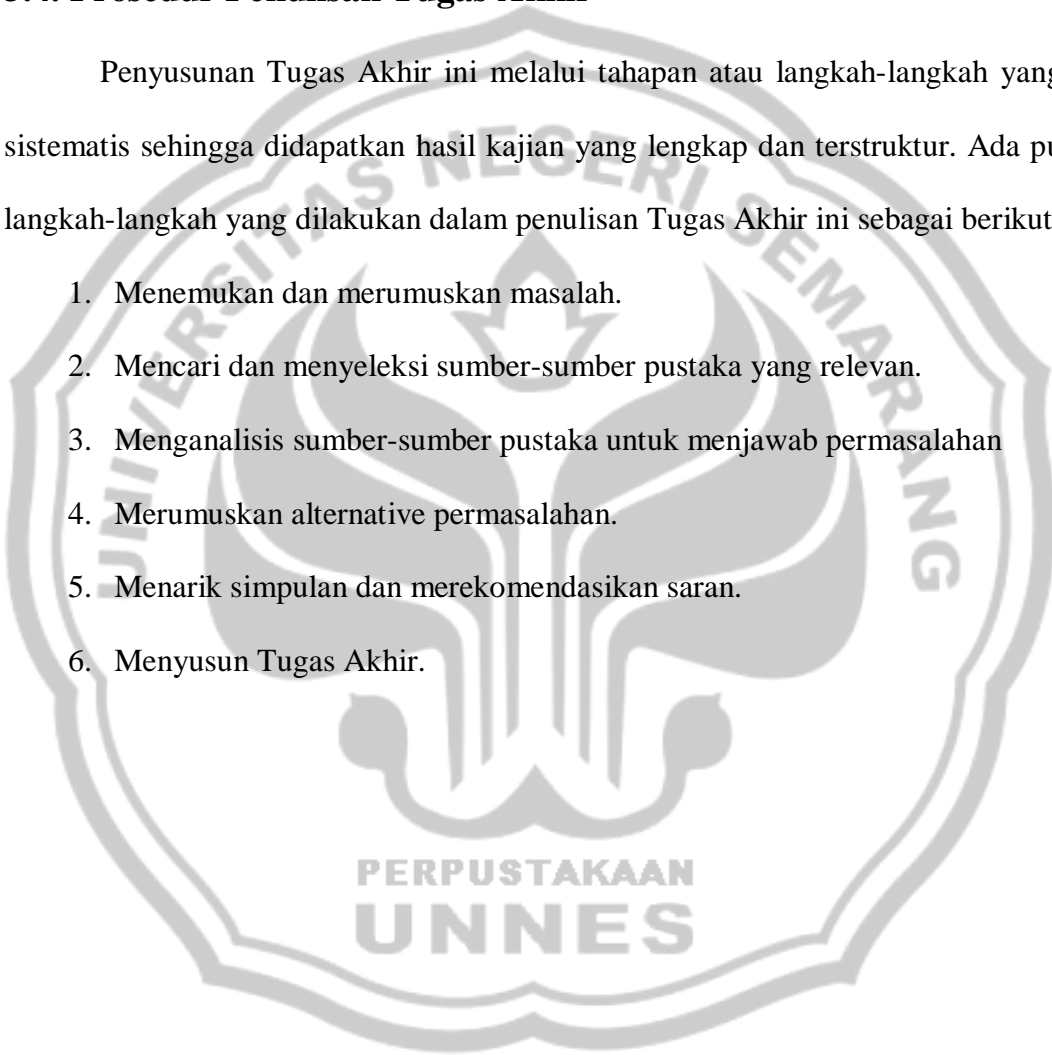
Penulis menggunakan studi kepustakaan untuk membahas permasalahan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini. Sumber kajian yang digunakan dalam

penulisan Tugas Akhir ini antara lain buku-buku yang relevan dengan topik penulisan, jurnal ilmiah, majalah, surat kabar, makalah, dan hasil penelitian. Sumber kajian ini diharapkan dapat memperkuat dan mempertajam pembahasan.

3.4. Prosedur Penulisan Tugas Akhir

Penyusunan Tugas Akhir ini melalui tahapan atau langkah-langkah yang sistematis sehingga didapatkan hasil kajian yang lengkap dan terstruktur. Ada pu langkah-langkah yang dilakukan dalam penulisan Tugas Akhir ini sebagai berikut.

1. Menemukan dan merumuskan masalah.
2. Mencari dan menyeleksi sumber-sumber pustaka yang relevan.
3. Menganalisis sumber-sumber pustaka untuk menjawab permasalahan
4. Merumuskan alternative permasalahan.
5. Menarik simpulan dan merekomendasikan saran.
6. Menyusun Tugas Akhir.



BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Kebutuhan Energi di Indonesia.

Terjadinya peningkatan kebutuhan energi di Indonesia mempunyai keterkaitan erat dengan perkembangan kegiatan ekonomi dan jumlah penduduk yang semakin meningkat dari tahun ke tahun. Sedangkan pertumbuhan ekonomi terus berlangsung yang ditunjukkan oleh bertambahnya *output* dan beragam aktivitas ekonomi yang dilakukan oleh masyarakat, maka peningkatan kebutuhan energi adalah suatu hal yang tak bisa dihindari.

Kenaikan harga BBM memang merupakan salah satu penyebab bengkaknya inflasi bulan Oktober, tapi bukan merupakan satu-satunya faktor yang melatar belakangi hal tersebut. Ongkos yang muncul dari pengurangan subsidi BBM memang hal yang pada akhirnya harus dibayar bersama-sama oleh masyarakat dan pemerintah. Akan tetapi, ongkos tersebut dapat dikurangi jika saja kebijakan yang harusnya membawa perekonomian kita ke arah yang lebih baik itu, dapat dibersihkan dari faktor-faktor yang menyebabkan para pengambil rente ekonomi mengambil kesempatan dalam kesempatan.

Berdasarkan pemaparan Ditjen Listrik dan Pemanfaatan Energi dalam diskusi di Pusat Penelitian Ekonomi-LIPI pada tahun 2004 dinyatakan, bahwa pada tahun 1970, konsumsi energi primer hanya sebesar 50 juta SBM (Setara Barel Minyak). Tiga puluh satu tahun kemudian, tepatnya tahun 2001 konsumsi

energi primer telah menjadi 715 juta SBM atau mengalami pertumbuhan yang luar biasa yaitu sebesar 1330% atau pertumbuhan rata-rata periode 1970-2001 sebesar 42.9% tiap tahun.

Sumberdaya	Cadangan	Kapasitas Produksi pertahun
Minyak bumi	9,82 milyar BOE	0,5 milyar BOE
Gas Alam	165,89 TSCF	3,19 TSCF
Batubara	38,01 milyar TCE	0,05 milyar TCE
Tenaga Air	75.000 MW	3200 MW
Geothermal	20.000 Mwe	230 MWe
Biomassa	1,085 juta Km ²	
Energi gelombang	Teridentifikasi	
Energi Angin	Prospektif	
Peat (Biomassa)	200 milyar ton	

Tabel 1. Sumberdaya Energi Indonesia

Sumber: Kebijakan Umum Bidang Energi, 1999

(data berdasarkan tahun 1997)

Tabel di atas memperlihatkan adanya keterbatasan terhadap sumberdaya energi yang dimiliki Indonesia walaupun cadangan sumberdaya energi dapat bertambah jika penemuan bertambah. Anggapan bahwa sumberdaya energi yang dimiliki Indonesia melimpah ruah dan tidak akan habis merupakan sesuatu yang keliru dan harus diluruskan. Sebagai contoh jika tidak ada penemuan sumberdaya minyak dan tingkat produksi minyak tetap sebesar 0,5 milyar barel per tahun, maka cadangan minyak bumi kita akan habis dalam dua dekade ke depan. Artinya dalam dua puluh tahun ke depan maka Indonesia harus mengimpor minyak bumi secara penuh (*net importer country*) atau mencari sumberdaya lain pengganti minyak bumi sebagai upaya mempertahankan pasokan minyak bumi kepada masyarakat.

Di tengah cadangan energi yang mulai menipis, khususnya Bahan Bakar Minyak (BBM) menjadi permasalahan yang sangat mengkhawatirkan dunia ekonomi dan sosial di Indonesia.

Situasi seperti ini konsumsi energi yang dilakukan oleh masyarakat adalah suatu keharusan dan menjadi hal penting bagi pemerintah sebagai regulator dan pengendali kebijakan dalam perekonomian khususnya dalam membuat kebijakan dan aturan-aturan di bidang energi. Selain itu, masyarakat sebagai konsumen untuk turut serta dalam upaya menghemat dan mendiversifikasi pemakaian energi. (Indartan, 2005: 5).

4.2. Konsumsi Energi.

Terjadinya peningkatan kebutuhan energi mempunyai keterkaitan erat dengan semakin berkembangnya kegiatan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk.

Sudah dikemukakan, bahwa keberhasilan pembangunan terlebih lagi dalam rangka menggerakkan perindustrian di Indonesia, maka kebutuhan energi akan terus meningkat dengan pesat. Masalah kebutuhan energi dan usaha untuk mencukupinya merupakan masalah serius yang harus dipikirkan.

Energi primer khususnya energi fosil yang ada tidak terkuras habis hanya "sekedar dibakar "untuk menghasilkan tenaga listrik. Padahal sumber daya alam energi fosil merupakan sumber kekayaan yang sangat berharga bila digunakan sebagai bahan dasar industri petrokimia.

Tahun	Industri (%)	Rumah Tangga & Komersial (%)	Transportasi (%)	Pembangkit Listrik (%)
1994	23.2	21.6	45.8	9.4
1997	21.1	19.0	47.9	12.0
1998	21.5	20.7	48.8	9.0
2000	21.7	22.2	47.1	9.0
2003	24.0	18.2	47.0	10.7

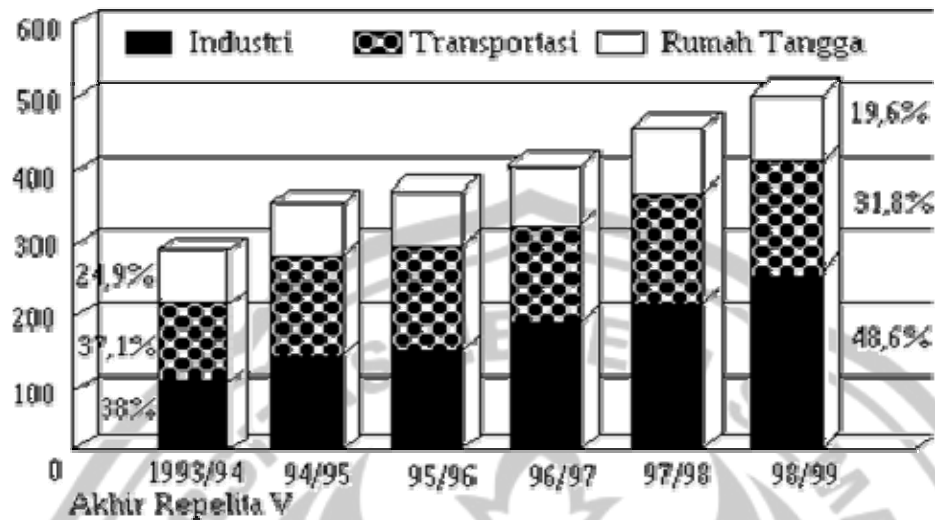
Tabel 2. Pangsa Konsumsi BBM Persektor Tahun 1994-2003

Sumber : Ditjen Migas. diolah.

Dalam bidang industri petrokimia ini Indonesia sudah cukup berpengalaman mulai dari mendesain, membangunnya sampai dengan mengoperasikannya, sehingga pemanfaatan bahan bakar fosil melalui industri petrokimia jelas akan mendatangkan devisa yang sangat besar. Atas dasar pemikiran ini maka sebaiknya sumber daya alam energi fosil difokuskan untuk industri petrokimia, sedangkan kebutuhan energi dipikirkan dari sumber energi primer lainnya misalnya energi panas bumi.

Di tengah cadangan energi yang semakin menipis, khususnya Bahan Bakar Minyak (BBM), maka jelas keadaan ini sangat mengkhawatirkan. Dalam situasi seperti ini, maka memahami pola konsumsi energi yang dilakukan oleh masyarakat adalah suatu keharusan dan menjadi hal penting bagi pemerintah sebagai regulator dan pengendali kebijakan dalam perekonomian khususnya dalam membuat kebijakan dan aturan-aturan di bidang energi. Selain itu, bagi

masyarakat sebagai konsumen untuk turut serta dalam upaya menghemat dan mendiversifikasi pemakaian energi.



Grafik 1 Kebutuhan konsumsi di Indonesia

Grafik di atas adalah gambaran kebutuhan atau konsumsi energi di Indonesia berdasarkan sektor kebutuhan untuk industri, transportasi dan rumah tangga pada Pelita VI.

Berdasarkan grafik di atas, tampak bahwa kebutuhan energi meningkat dari 284,3 juta SBM pada akhir Pelita V menjadi 504,5 SBM pada akhir Pelita VI. Dalam pengamatan tampak juga bahwa konsumsi energi sektor industri meningkat lebih cepat dibandingkan sektor-sektor lainnya. Hal ini terlihat dari pangsa konsumsi energi sektor industri meningkat dari 38,0 % pada akhir Pelita V menjadi 48,6 % pada akhir Pelita VI.

4.2.1. Sektor rumah tangga

Konsumsi energi sektor rumah tangga adalah seluruh konsumsi energi untuk keperluan rumah tangga tidak termasuk konsumsi untuk kendaraan pribadi. Konsumsi energi untuk kendaraan pribadi dimasukkan ke dalam kelompok penggunaan sektor transportasi.

Berdasarkan data pangsa pemakaian energi final walaupun tidak melakukan aktivitas produksi yang bersifat komersial, sektor rumah tangga merupakan sektor pemakai energi final terbesar diantara sektor lainnya (Hidayat 2005 : 5).

Pada tahun 1990, sektor rumah tangga mengkonsumsi 56, 5% dari total energi final. Memasuki tahun 1995, proporsi pemakaiannya mulai menurun menjadi 49,5% dan kecenderungan penurunan ini terus berlangsung, bahkan pada tahun 2000 tingkat pemakaian energi final di sektor rumah tangga ini bukan dikarenakan penurunan pemakaian energi di rumah tangga. Namun lebih disebabkan oleh pertumbuhan sektor industri dan transportasi yang pesat, sehingga menyebabkan besaran konsumsi energi final menjadi bertambah besar.

Di kawasan ASEAN pun, pemakaian energi oleh rumah tangga Indonesia merupakan yang terbanyak bila dibandingkan dengan negara anggota ASEAN lainnya. Berdasarkan data ASEAN Energy Review (Hidayat, 2005), pada tahun 1993 rumah tangga dan sektor komersial Indonesia mengkonsumsi energi sebesar 52 % dari konsumsi energi total yang

dikonsumsi oleh rumah tangga dan sektor komersial di ASEAN. Sementara konsumsi energi negara lainya seperti Thailand sebesar 20,9%, Malaysia 11,2%, Filipina 10,6%, Singapura 4,7% dan Brunei hanya 0,8%.

Berdasarkan jenis energi yang digunakan tercatat bahwa minyak tanah merupakan jenis energi terbesar kedua yang mereka konsumsi setelah kayu bakar. Pangsa konsumsi minyak tanah dari total energi final yang dikonsumsi oleh rumah tangga selama tahun 1990-2000 berkisar antara 16% - 18 %

4.2.2. Sektor industri

BBM merupakan energi dominan yang digunakan untuk aktivitas produksi oleh sektor industri. Selama tahun 1990-2000 tingkat konsumsi BBM sektor industri terhadap total konsumsi BBM dalam negeri rata-rata sebesar 21.8% setiap tahunnya.

Konsumsi BBM oleh sektor industri senantiasa mengalami kenaikan. Peningkatan terbesar terutama terjadi pada jenis minyak solar. Minyak bakar dan minyak tanah. Namun memasuki tahun 1998 konsumsi BBM sektor industri mengalami penurunan sebesar 4.3%. Hal ini berlanjut hingga tahun 1999 konsumsinya turun sebesar 6.2%. Terjadinya penurunan ini merupakan efek dari krisis ekonomi yang mulai melanda pada pertengahan tahun 1997.

Sejak krisis ekonomi, banyak industri yang menghentikan produksinya, sementara yang lain walaupun tetap memproduksi namun dengan kapasitas yang lebih rendah dari sebelumnya. Kejadian seperti ini banyak terjadi pada industri makanan dan minuman, industri tekstil, pakaian jadi, industri kulit,

dan barang dari kulit. Memasuki tahun 2000 konsumsi BBM di sektor industri kembali meningkat, bahkan pertumbuhannya terbilang tinggi yaitu 23.5 %.

Dalam lingkup mikro perlu diwaspadai bahwa peningkatan pemakaian energi di sektor industri dalam beberapa tahun terakhir bukan hanya terjadi karena proses transformasi struktural yang cepat dari pertanian ke industri saja. Namun lebih jauh dari itu diduga karena terjadi pemborosan pemakaian energi di sektor ini.

Krisis moneter pada pertengahan tahun 1997 telah membuat kurs rupiah terdepresiasi sangat tajam. Keadaan ini sangat memukul industri dalam negeri yang selama ini masih memiliki ketergantungan yang besar terhadap mesin-mesin produksi impor, sehingga banyak di antara mereka yang tak mampu untuk mengup-grade mesin-mesin produksinya. Sehingga banyak yang beroperasi hanya mengandalkan mesin-mesin tua yang tentu saja sangat boros bahan bakar. Indikasi ini bisa dilihat dari nilai intensitas energi pada tahun 1997 yaitu 4.196, nilai ini mengalami lonjakan yang cukup besar dari tahun 1996 yang hanya 2.637.

Intensitas energi yang semakin besar berarti pemakaian energi tidak efisien. Bila dilihat hubungan nilai tambah sektor industri dengan pemakaian energi, ternyata sebelum dan sesudah krisis ekonomi mengalami perubahan. Pada masa sebelum krisis ekonomi, pertumbuhan nilai tambah lebih besar dari pertumbuhan pemakaian energi. Namun semenjak tahun 1998, yang terjadi sebaliknya, pertumbuhan pemakaian energi lebih besar dari

pertumbuhan nilai tambahnya. Hal ini khusus terjadi pada industri makanan, industri tekstil, industri kertas, dan industri kimia.

Selain itu ada dugaan bahwa pemakaian energi di sektor industri lebih besar dari data yang disajikan oleh departemen energi dan sumber daya mineral. Selama ini konsumsi energi di sektor industri khususnya untuk BBM dicatat dengan pendekatan dari sisi supply yaitu berdasarkan pasokan langsung dari Pertamina. Padahal kalau kita menyimak berita di media massa, ternyata selama ini banyak penyelewengan penggunaan BBM oleh sektor industri yaitu berupa pengalihan jatah BBM rumah tangga ke sektor industri. Hal ini terjadi karena adanya disparitas harga yang cukup besar, yakni BBM untuk sektor industri sudah tidak mendapat subsidi lagi dari pemerintah. Jadi sebenarnya intensitas energi di sektor industri yang menunjukkan tingkat efisiensi pemakaian energi akan lebih besar dari angka yang ada.

4.2.3. Sektor transportasi

Sektor transportasi merupakan sektor terbesar pengguna Bahan Bakar Minyak di antara sektor-sektor lain. Pada tahun 1990 tingkat pemakaian BBM terhadap pemakaian BBM total dalam negeri sebesar 41.3 %. Angka ini terus mengalami peningkatan hingga pada tahun 2000 mencapai 47.1 %.

Menurut studi yang pernah dilakukan oleh Departemen Perhubungan, subsektor perhubungan darat mengkonsumsi sekitar 80 % dari seluruh BBM yang dikonsumsi oleh sektor perhubungan. Sementara sektor perhubungan

udara, perhubungan laut, dan ASDP memakai sarana dengan standar internasional, sehingga konsumsi di sub sektor ini sudah dianggap mencapai efisiensi yang wajar (Hidayat, 2005: 5).

Peningkatan pemakaian BBM di sektor ini berkaitan erat dengan pertumbuhan jumlah kendaraan. Lebih jauh dari itu Abdulkadir (Hidayat 2005 : 5) menyebutkan bahwa efisiensi dalam pemakaian BBM di sektor transportasi sangat tergantung pada hal-hal sebagai berikut:

1. Pengaturan dan disiplin lalu lintas yang baik,
2. Kondisi teknis mesin dan peralatan kendaraan sebagai fungsi pemeliharaan dan penggantian suku cadang yang tepat,
3. Cara dan teknik mengemudi,
4. Kondisi dan lebar jalan yang menentukan kecepatan rata-rata kendaraan,
5. Banyaknya konstruksi atau cegatan jalanan untuk pelbagai maksud, dan
6. kepadatan lalu lintas yang berlebih-lebihan.

4.3. Peluang Pengembangan Potensi Sumber Energi Alternatif di Indonesia

Indonesia sesungguhnya memiliki potensi sumber energi alternatif, yang memiliki kapasitas dalam jumlah besar. Beberapa di antaranya akan segera diterapkan di tanah air, seperti: bioethanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga uap air, bahkan sampah/limbah pun dapat digunakan untuk membangkitkan listrik. Hampir semua sumber energi tersebut sudah dicoba diterapkan dalam skala kecil di tanah air.

Perolehan sumber energi alternatif dapat dihasilkan oleh beberapa sumber daya alam yang ada, termasuk pada buah-buahan. Kulit buah pisang dan buah jeruk ternyata menyimpan tegangan listrik.

Kulit pisang dan jeruk diblender atau di jus kalau tidak ada maka cukup di hancurkan dan dihaluskan kemudian dicampur dengan air secukupnya. Setelah itu dibuat sel elektrokimia lalu larutan jus tadi ditaruh di dalam gelas tersebut. Kemudian dibuat elektroda-elektroda yang terbuat dari Cu dan Zn / tembaga dan seng disambung dengan kabel. Satu sel adalah satu wadah atau satu gelas kimia yang berisi 2 elektroda dan 1 tutup.

Kita ukur Voltase dan Amperenya setelah itu diaplikasikan. Aplikasi yang paling sederhana dan mudah diamati adalah kalkulator dan jam digital, begitu dihubungkan ternyata jam digital dan kalkulator bisa hidup normal seperti dihubungkan dengan batu batere. (*Geliat Unnes, Humas Unnes, Volume 1, No. 5, Tahun 2007. hal 2*).

Jenis Energi Terbarukan	Potensi (MW)	Kapasitas Terpasang (MW)	Persentase Kapasitas Terpasang (%)	Persentase Pemanfaatan (%)
Geothermal	20.000	812	69,2	4,06
Mikrohidro	459	54	4,6	11,76
Surya	4,8 EWH/M ² /Br	5	0,42	
Angin	448	0,5	0,05	
Biomassa	50.000	302	25,73	0,6
TOTAL	1.173,5	100		

Tabel 3. Pemanfaatan energi baru dan terbarukan untuk pasokan listrik
Sumber: Sumiarso, Luluk, *Government Policy on New and Renewable Sources of Energy in Indonesia*, Agustus 2001.

Dari tabel di atas, terlihat dengan jelas betapa timpangnya potensi dan kapasitas terpasang. Pemanfaatan panas bumi baru sekitar 4% dari total potensi yang tersedia. Begitu pula dengan pemanfaatan biomassa yang kurang dari 1% dari total potensi sebesar 50 GW. (Sari Agus P. 2005).

Sampai saat ini, terdapat lebih dari 200 unit instalasi biogas berbahan bakar biomassa dengan total kapasitas sebesar 4-15 m³. Umumnya teknologi ini banyak yang ditinggalkan oleh masyarakat karena tidak dapat bersaing dengan harga bahan bakar yang disubsidi oleh pemerintah. Pemanfaatan yang relatif lebih baik terlihat pada pemanfaatan mikrohidro, yaitu sebesar 11,76% dari total potensinya (54MW). Contoh pemanfaatan mikrohidro yang cukup berhasil dalam melistriki masyarakat desa adalah di Subang, Jawa Barat, yang bahkan dapat menjual listriknya ke jaringan listrik PLN.

Kendala finansial yang dihadapi adalah mahalnya investasi awal yang tinggi karena hampir seluruh peralatan dan teknologi yang masih impor. Keadaan ini ditambah pula dengan rendahnya kemampuan fabrikasi lokal, meskipun untuk beberapa peralatan sudah cukup baik. Faktor lain yang menjadi kendala adalah beragamnya jenis dan karakteristik energi terbarukan, ketersediaan pasokan yang tidak kontinyu dan fluktuatif karena ketergantungan terhadap alam sangat tinggi (contohnya adalah energi surya, angin, samudra) (Sari Agus P.. 2005).

Momentum krisis BBM saat ini merupakan waktu yang tepat untuk menata dan menerapkan dengan serius berbagai potensi tersebut. Meski saat ini sangat sulit untuk melakukan substitusi total terhadap bahan bakar fosil, namun

implementasi sumber energi terbarukan sangat penting untuk segera dimulai. Di bawah ini dibahas secara singkat berbagai sumber energi terbarukan tersebut.

4.3.1. Mikrohidro

Mikrohidro adalah pembangkit listrik tenaga air skala kecil (mencapai beberapa ratus kW). Relatif kecilnya energi yang dihasilkan mikrohidro (dibandingkan dengan PLTA skala besar) berimplikasi pada sederhananya peralatan serta kecilnya areal tanah yang diperlukan guna instalasi dan pengoperasian mikrohidro. Hal tersebut merupakan salah satu keunggulan mikrohidro, yakni tidak menimbulkan kerusakan lingkungan.

Mikrohidro cocok diterapkan di pedesaan yang belum terjangkau listrik dari PT PLN. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Energi tersebut dimanfaatkan untuk memutar turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Mikrohidro sangat memanfaatkan ketinggian air yang tidak terlalu besar, misalnya dengan ketinggian air 2.5 m dihasilkan listrik 400 W (Setyo 2005).

Potensi pemanfaatan mikrohidro secara nasional diperkirakan mencapai 7,500 MW, sedangkan yang dimanfaatkan saat ini baru sekitar 600 MW (Setyo, 2005). Meski potensi energinya tidak terlalu besar, namun mikrohidro patut dipertimbangkan untuk memperluas jangkauan listrik di seluruh pelosok nusantara.

Asal ada air yang mengalir dan beda ketinggian, maka listrik dapat dibangkitkan. Dua syarat itulah kunci pembangkitan listrik bertenaga mikro hidro (PLTMH). (Eddy Permadi, direktur CV Cihanjuang Inti Teknik (CINTEK)).

Turbin yang telah dipakai pada instalasi PLTMH biasanya adalah jenis turbin aliran silang (cross flow) untuk ketinggian 7 hingga 80 meter atau propeller yang tegak lurus untuk ketinggian di bawah 6 meter. Secara teori, dengan ketinggian 30 meter dan debit air 235 liter per detik dapat dihasilkan 44 kilowatt.

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.

Beberapa kelebihan dari PLTMH antara lain :

- 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. Efisiensi tinggi (70-85 persen).

Daerah-daerah yang debit airnya kecil dengan ketinggian 3 meter dan debit air 92 liter per detik sudah bisa menghasilkan 1.500 watt. Semakin besar debit dan ketinggiannya, semakin besar pula listrik yang dihasilkan. salah satu contoh di pintu air sungai Progo di Yogyakarta yang memiliki ketinggian 5 meter dengan debit air 5.000 liter per detik seharusnya dapat membangkitkan listrik 160 kilowatt.

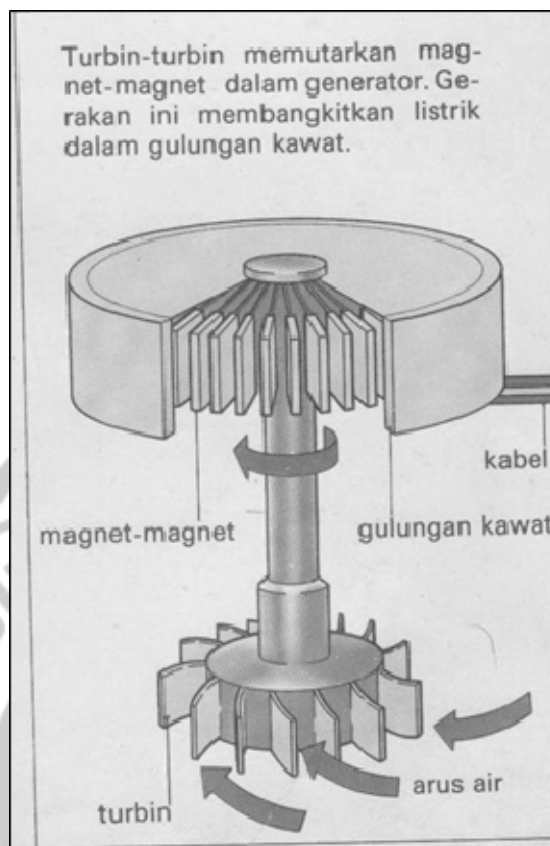
Dengan sumber bahan baku yang melimpah dan terbarukan, PLTMH sangat cocok di terapkan di Indonesia. Investasi yang diperlukan relatif kecil. "Untuk membangkitkan daya 2.500 watt kira-kira diperlukan biaya sekitar Rp25 juta," (Faisal Rahadian, Sekretaris Umum Asosiasi Hidro Bandung). Nilai investasi sebesar itu sebanding dengan manfaat listrik yang dapat digunakan untuk mendorong produktivitas masyarakat. Misalnya yang dilakukan di Tasikmalaya untuk mendukung industri bordir.

Namun, potensi yang lama diabaikan itu akan tetap sia-sia jika tidak diikuti langkah nyata pemerintah untuk memanfaatkannya. Meskipun kecil, 50 watt bagi setiap rumah di pedesaan mungkin sudah sangat berarti daripada 450 watt tapi harus menunggu entah berapa tahun lagi.

Di Makassar, sudah sekitar 3.000 unit pembangkit listrik tenaga air (PLTA) yang dibangun tahun 2007. dengan dana dari APBD akan dibangun lagi 150 unit di kabupaten Wajo, pinrang, enrekang, selayar, bone, pangkep, luwu timur dan bulukumba dan sinjai. Di luar yang pasti, 100 unit dijanjikan pembangunan 1.750 unit.

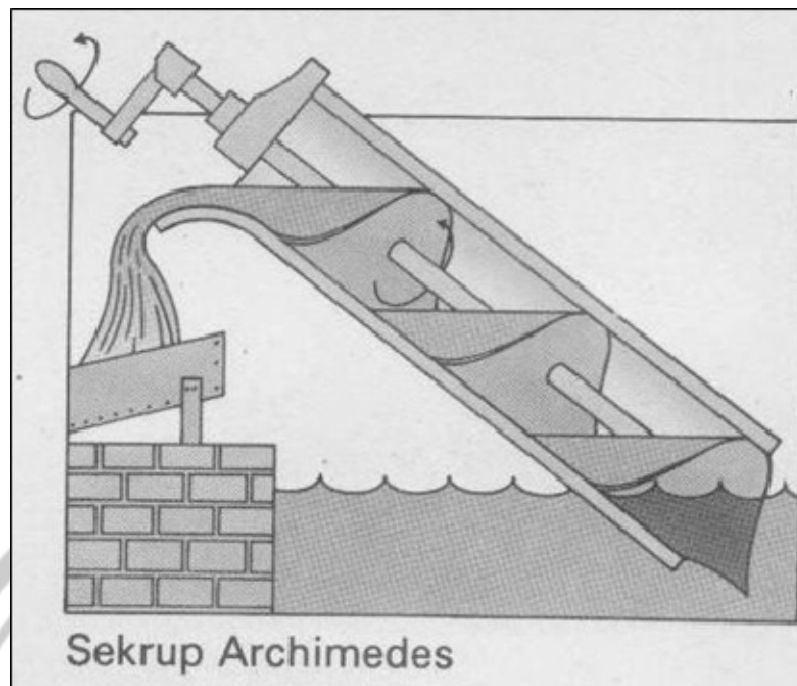
Tenaga listrik yang dihasilkan tenaga surya sekitar 50 watt/unit, tetapi bagi masyarakat daerah terpencil, hal itu cukup membantu dan setiap unit pembangkit bertenaga air bisa menghasilkan hingga 7.500 kW. (Kompas 21 April 2007:22).

Untuk pembangkit hidro, setidaknya harus ada air berketinggian 3 meter dan debit minimal 0.5 meter kubik per detik. (Sampara/Ka. Dinas Pertambangan dan Energi Sulsel, Kompas, 21 April 2007: 22).

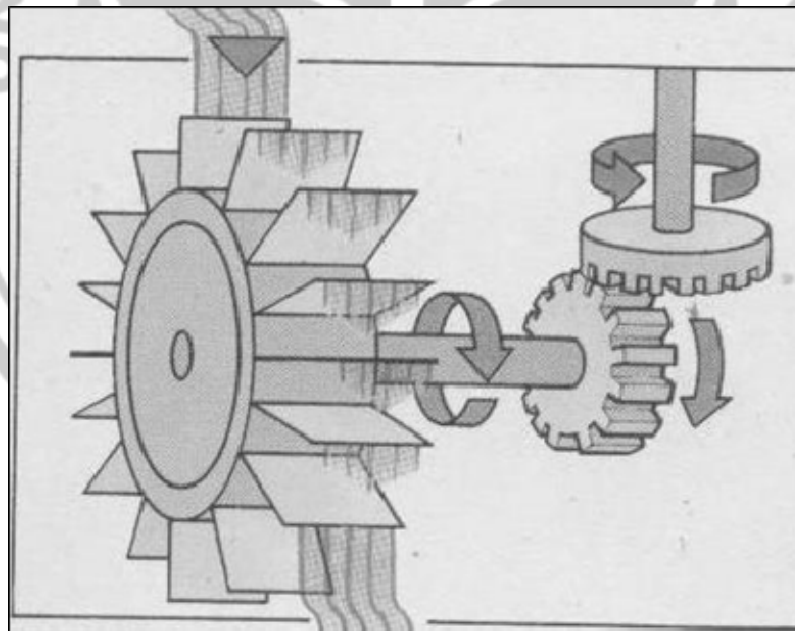


Gambar 1. putaran turbin yang terpasang pada salah satu pembangkit mikrohydro

Cara-cara tradisional yang disebut timba hasil rekayasa temuan Archimedes yang disebut sekrub Archimedes telah ditemukan oleh orang mesir untuk mengangkat air dari sungai guna keperluan irigasi sawah, keperluan sehari-hari bahkan untuk keperluan pembangkit listrik mikrohydro, jika cara-cara tradisional tersebut mendapatkan sentuhan cara modern maka tentu saja akan tercipta sebuah teknologi yang tepat.



Gambar 2. timba yang merupakan penemuan tertua untuk mengangkat air dari sungai. Orang Mesir tetap memakai alat ini.



Gambar 3. arah putaran sudu-sudu kincir air yang sering digunakan untuk PLTMH yang dikopel dengan Generator.

4.3.2. Angin

Pembangkit listrik tenaga angin disinyalir sebagai jenis pembangkitan energi dengan laju pertumbuhan tercepat di dunia dewasa ini. Saat ini kapasitas total pembangkit listrik yang berasal dari tenaga angin di seluruh dunia berkisar 17.5 GW. Jerman merupakan negara dengan kapasitas pembangkit listrik tenaga angin terbesar, yakni 6 GW, kemudian disusul oleh Denmark dengan kapasitas 2 GW. Listrik tenaga angin menyumbang sekitar 12% kebutuhan energi nasional di Denmark; angka ini hendak ditingkatkan hingga 50% pada beberapa tahun yang akan disumbangkan untuk pelayanan kepada masyarakat.

Pemanfaatan tenaga angin sebagai sumber energi di Indonesia bukan tidak mungkin dikembangkan lebih lanjut. Ditengah potensi angin melimpah dikawasan pesisir Indonesia, total kapasitas terpasang dalam system konversi energi angina saat ini kurang dari 800 kilowatt.

Sejak empat tahun lalu, salah satu lembaga swadaya masyarakat memanfaatkan kincir angin untuk menggerakkan pompa air di beberapa wilayah, seperti di Indramayu Jawa barat. Hingga kini, sudah 40 kincir angina berdiri di beberapa kota/kabupaten.

“biaya investasinya sekitar Rp 60 juta hingga beroperasi. Dengan kecepatan angin kurang dari 3 m/detik, air yang dapat dipompa sekitar 2,7 meter per kubik per jamnya,” kata pengembang kincir angina untuk energi pompa air Hasan Hambali. Produknya diberi nama Energi gratis (EGRA).

Salah satu kincir angin EGRA yang pertama ada di indramayu digunakan untuk mengairi kebun Mangga seluas 10 hektar. Sebelum menggunakan teknologi kincir angin, air yang dipompa menggunakan mesin diesel menghabiskan biaya solar Rp 132.000 perhari. Kini biaya pemeliharaan kincir sekitar Rp 500.000 per tahun.

Kecepatan angin diwilayah Indonesia umumnya dibawah 5,9 meter per detik yang secara ekonomi kurang layak untuk membngun pembangkit listrik. Namun, bukan berarti hal itu tidak bermanfaat (kepala penelitian dan pengembangan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Nenny Sri Utami membacakan pidato Menteri ESDM saat membuka seminar teknologi dan pemanfaatan Energi Angin sebagai peluang Usaha Baru di Bogor, Rabu (28/3)).

Di seluruh Indonesia, lima unit kincir angin pembangkit berkapasitas masing-masing 80 kilowatt sudah dibangun. Tahun 2007, tujuh unit dengan kapasitas sama menyusul dibangun di empat lokasi, masing-masing dipulau selayar tiga unit, sulawesi utara 2 unit, dan Nusa Penida, Bali serta Bangka Belitung masing-masing satu unit.

Menurut kepala Subdirektorat Usaha Energi Baru dan terbarukan Ditjen Listrik dan Pemanfaatan Energi (LPE) ESDM Kosasih Abbas, mengacu pada kebijakan energi nasional, maka Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) harus mampu menghasilkan 250 Megawatt (MW) pada tahun 2025.

Salah satu program yang harus dilakukan sebelum mengembangkan PLTB adalah pemetaan potensi energi angin di Indonesia. Hingga sekarang

Indonesia belum memiliki peta komprehensif, karena pengembangannya butuh biaya miliaran rupiah.

Potensi energi angin di Indonesia umumnya berkecepatan lebih dari 5 meter per detik.(m/detik) Hasil pemetaan lembaga penerbangan dan antariksa nasional (Lapan) pada 120 lokasi menunjukkan, beberapa wilayah memiliki kecepatan angin diatas 5 meter per detik, masing-masing Nusa tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi selatan, dan Pantai Selatan Jawa.

Adapun kecepatan angina 4 m/detik hingga 5 m/detik tergolong berskala menengah dengan potensi kapasitas 10-100 kW.

Agar lebih bermanfaat dan tepat sasaran, harus ada data potensi energi angin yang kontinu dan akurat dilokasi terpilih dengan lama pengukuran minimal satu tahun, (Soeripno Martosaputro dari Lapan).

Berdasarkan kapasitas pembangkitan listriknya, turbin skala dibagi dua, yakni skala besar (orde beberapa ratus kW) dan skala kecil (di bawah 100 kW). Perbedaan kapasitas tersebut mempengaruhi kebutuhan kecepatan minimal awal (cut-in win speed) yang diperlukan: turbin skala besar beroperasi pada cut-in win speed 5 m/s sedangkan turbin skala kecil bekerja mulai 3 m/s. Untuk Indonesia dengan estimasi kecepatan berputar rata-rata sekitar 3 m/s, turbin skala kecil lebih cocok digunakan, meski tidak menutup kemungkinan bahwa pada daerah yang berkecepatan lebih tinggi (Sumatra Selatan, Jambi, Riau (Setyo 2005).

Perlu diketahui, bahwa kecepatan turbin bersifat fluktuatif, sehingga pada daerah yang memiliki kecepatan berputar rata-rata 3 m/s, akan terdapat saat-

saat kecepatan anginnya lebih besar dari 3 m/s. Pada saat inilah turbin tenaga angin dengan cut-in win speed 3 m/s akan bekerja. Selain untuk pembangkitan listrik, turbin tenaga angin sangat cocok.

a. Asal energi angin

Semua energi yang dapat diperbaharui dan bahkan energi pada bahan bakar fosil-kecuali energi pasang surut dan panas bumi-berasal dari Matahari. Matahari meradiasi $1,74 \times 1.014$ kilowatt jam energi ke Bumi setiap jam. Dengan kata lain, Bumi menerima $1,74 \times 1.017$ watt daya.

Sekitar 1-2 persen dari energi tersebut diubah menjadi energi angin. Jadi, energi angin berjumlah 50-100 kali lebih banyak daripada energi yang diubah menjadi biomassa oleh seluruh tumbuhan yang ada di muka Bumi.

Sebagaimana diketahui, pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan temperatur antara udara panas dan udara dingin. Daerah sekitar khatulistiwa, yaitu pada busur 0° , adalah daerah yang mengalami pemanasan lebih banyak dari Matahari dibanding daerah lainnya di Bumi.

Daerah panas ditunjukkan dengan warna merah, oranye, dan kuning pada gambar inframerah dari temperatur permukaan laut yang diambil dari satelit NOAA-7 pada Juli 1984. Udara panas lebih ringan daripada udara dingin dan akan naik ke atas sampai mencapai ketinggian sekitar 10 kilometer dan akan tersebar ke arah utara dan selatan.

Jika Bumi tidak berotasi pada sumbunya, maka udara akan tiba di kutub utara dan kutub selatan, turun ke permukaan lalu kembali ke khatulistiwa. Udara yang bergerak inilah yang merupakan energi yang dapat diperbaharui,

yang dapat digunakan untuk memutar turbin dan akhirnya dapat menghasilkan listrik.

b. Mekanisme turbin angin

Sebuah pembangkit listrik tenaga angin dapat dibuat dengan menggabungkan beberapa turbin angin sehingga menghasilkan listrik ke unit penyalur listrik. Listrik dialirkan melalui kabel transmisi dan didistribusikan ke rumah-rumah, kantor, sekolah, dan sebagainya.

Turbin angin dapat memiliki tiga buah bilah turbin. Jenis lain yang umum adalah jenis turbin dua bilah. Jadi, bagaimana turbin angin menghasilkan listrik? Turbin angin bekerja sebagai kebalikan dari kipas angin. Bukannya menggunakan listrik untuk membuat angin, seperti pada kipas angin, turbin angin menggunakan angin untuk membuat listrik.

Angin akan memutar sudut turbin, kemudian memutar sebuah poros yang dihubungkan dengan generator, lalu menghasilkan listrik. Turbin untuk pemakaian umum berukuran 50-750 kilowatt. Sebuah turbin kecil, kapasitas 50 kilowatt, digunakan untuk perumahan, piringan parabola, atau pemompaan air.

c. Jenis turbin angin

Dalam perkembangannya, turbin angin dibagi menjadi jenis turbin angin propeler dan turbin angin Darrieus. Kedua jenis turbin inilah yang kini memperoleh perhatian besar untuk dikembangkan.

Pemanfaatannya yang umum sekarang sudah digunakan adalah untuk memompa air dan pembangkit tenaga listrik.

Turbin angin propeler adalah jenis turbin angin dengan poros horizontal seperti baling- baling pesawat terbang pada umumnya. Turbin angin ini harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepatannya.

Kecepatan angin diukur dengan alat yang disebut anemometer. Anemometer jenis mangkok adalah yang paling banyak digunakan. Anemometer mangkok mempunyai sumbu vertikal dan tiga buah mangkok yang berfungsi menangkap angin.

Jumlah putaran per menit dari poros anemometer dihitung secara elektronik. Biasanya, anemometer dilengkapi dengan sudut angin untuk mendeteksi arah angin.

Jenis anemometer lain adalah anemometer ultrasonik atau jenis laser yang mendeteksi perbedaan fase dari suara atau cahaya koheren yang dipantulkan dari molekul-molekul udara.

Turbin angin Darrieus merupakan suatu sistem konversi energi angin yang digolongkan dalam jenis turbin angin berporos tegak. Turbin angin ini pertama kali ditemukan oleh GJM Darrieus tahun 1920.

Keuntungan dari turbin angin jenis Darrieus adalah tidak memerlukan mekanisme orientasi pada arah angin (tidak perlu mendeteksi arah angin yang paling tinggi kecepatannya) seperti pada turbin angin propeler.

Di Indonesia telah mulai dikembangkan proyek percontohan baik oleh lembaga penelitian maupun oleh pusat studi beberapa perguruan tinggi. Proyek ini perlu memperoleh perhatian dari pihak yang terkait untuk dikembangkan karena membutuhkan riset yang cukup intensif mengenai

kecepatan angin, lokasi penempatan turbin angin, serta cara untuk mengatur pembebanan turbin yang tidak merata. Misalnya pada malam hari angin cukup kencang, sedangkan pada pagi dan siang hari kecepatan angin turun sehingga harus ada mekanisme penyimpanan energi serta mekanisme untuk menstabilkan fluktuasi tegangan listrik yang dihasilkan. Dalam situasi yang serba kekurangan pasokan listrik seperti sekarang, tampaknya alternatif energi angin perlu dikaji ulang. Selain hasilnya selalu berkelanjutan, harganya pun kompetitif dibanding pembangkit listrik lainnya. (*Kompas*, Kamis, 21 Agustus 2003).



Gambar 4. kincir angin yang dapat menghasilkan listrik hingga 1 KW



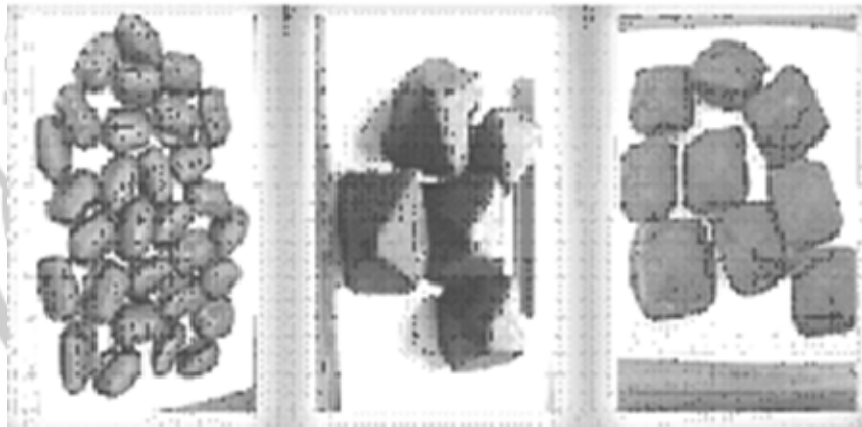
Gambar 5. Konstruksi kincir angin berketiingan 5 Meter



4.3.3. Batu Bara

Briket batubara merupakan bahan bakar padat yang terbuat dari batubara, bahan bakar padat ini merupakan bahan bakar alternatif atau merupakan pengganti Minyak tanah yang paling murah dan dimungkinkan untuk dikembangkan secara masal dalam waktu yang relatif singkat mengingat teknologi dan peralatan yang digunakan relatif sederhana.

Briket batubara adalah bahan bakar padat dengan bentuk dan ukuran tertentu, yang tersusun dari butiran batubara halus yang telah mengalami proses pemampatan dengan daya tekan tertentu, agar bahan bakar tersebut lebih mudah ditangani dan menghasilkan nilai tambah dalam pemanfaatannya.



Gambar 7. Briket Batu Bara

Sudah saatnya perusahaan tambang batubara mengembangkan tambang bawah tanah. Antisipasi itu diperlukan sebab tekanan terhadap tambang permukaan semakin besar dengan adanya konflik hutan lindung, masalah lingkungan, dan penambahan penduduk.

Ada 4 dasar pemikiran mengapa briket perlu mendapat perhatian yang serius dalam pengembangan diversifikasi energi di Indonesia yaitu :

- Makin menipisnya cadangan minyak bumi;
- Potensi dan kualitas batubaranya cukup tersedia dan dapat menghasilkan briket yang mempunyai persyaratan;
- Tersedianya teknologi sederhana yang memungkinkan batubara dapat dibentuk menjadi briket;

Dapat menggantikan penggunaan kayu bakar yang sangat meningkatkan konsumsinya dan berpotensi merusak ekologi hutan.

Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Purnomo Yusgiantoro mengemukakan itu saat membuka workshop data base cadangan batu bara Indonesia, Kamis (19/4) di Jakarta. Menurut Purnomo “perluasan tambang batu bara secara ekstensifikasi akan semakin sulit meskipun sebenarnya dari 2 juta hektar lahan pertambangan hanya 50.000 hektar yang terkelupas,” .

Terdapat tiga cara pembuatan briket batubara :

1. Teknologi tanpa karbonisasi

Batubara halus (-3 mm) dicampur bahan pengikat (dapat berupa tepung tapioca, serbuk tanah liat, molase atau pengikat lainnya) lalu dicetak pada tekanan pembriket 200 – 400 kg/cm², selanjutnya dikeringkan.

2. Teknologi dengan karbonisasi

Batubara dipanaskan pada temperatur 700 derajat celcius selama 3 - 4 jam, didinginkan, digerus sampai -3 mm. Selanjutnya dilakukan pekerjaan seperti no. 1 di atas.

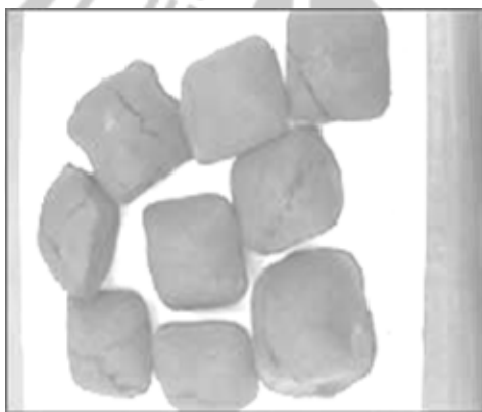
3. Teknologi biobatubara (biocoal)

Batubara halus - 3 mm dikeringkan sampai kadar air 10 %, ditambahkan biomasa (berupa bagas, serbuk gergaji) kemudian dicetak pada tekanan pembriketan 2-3 ton/cm².

Produksi batu bara di Indonesia tahun 2006 mencapai 162 juta ton. Sebanyak 120 juta ton diekspor dengan tujuan utama ke Jepang, Taiwan, dan Hongkong. Di dalam negeri, konsumsi batu bara terbesar adalah untuk PT perusahaan Listrik Negara (PLN). (Kompas, Jumat, 20 April 2007 hal 18).

Terdapat 3 (tiga) bentuk briket batubara :

1. Bentuk Telur

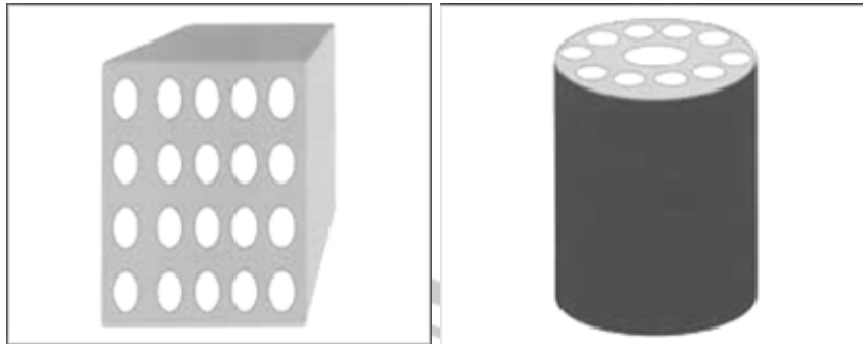


Briket Super (Terkarbonisasi, Bentuk Telor) Tanjung Enim



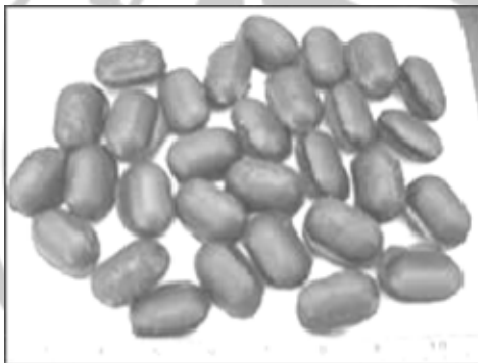
Briket Non Karbonisasi bentuk (bentuk telur) Tarahan

2. Bentuk kubus berlubang




Briquet Non Karbonisasi (bentuk kubus dan silinder)
Gresik dan Bandung





3. Bentuk kenari (briquet bio batubara)



Briquet Biobatubara (non
karbonisasi, bentuk kenari)
Palimanan Cirebon.

Adapun bentuk fisik dari kompor batu bara adalah sebagai berikut:

No.	Gambar tungku	Spesifikasi	Kinerja
1	 <p>Desain Tekmira</p>	Diameter = 20 cm Tinggi = 35 cm Kapasitas = 1 kg briquet Lama pembakaran : 400°C = 125 menit 500°C = 100 menit	Efisiensi = 31%


2		Diameter = 25 cm Tinggi = 30 cm Kapasitas = 1,5 kg briket Lama pembakaran : 400°C = 160 menit 500°C = 145 menit	Efisiensi = 31%
3		Diameter = 30 cm Tinggi = 35 cm Kapasitas = 4 kg briket Lama pembakaran : 400°C = 300 menit 500°C = 270 menit	Efisiensi = 33%
4		Diameter = 22,5 cm Tinggi = 31 cm Kapasitas = 1,5 kg briket Lama pembakaran : 400°C = 120 menit 500°C = 100 menit	Efisiensi = a. 28% dengan penutup emisi b. 33% tanpa penutup emisi
5		Diameter = 22 Cm Tinggi = 55 cm Kapasitas = 1,5 kg briket Lama pembakaran : 400°C = 120 menit 500°C = 60 menit 600°C = 5 menit	Efisiensi = 33%

Desain Tekmira

Desain Tekmira

Desain Jepang

Desain Jepang

6	 <p data-bbox="384 712 561 741">Desain Korea</p>	Diameter = 20 cm Tinggi = 40 cm Kapasitas = 2 kg briket Lama pembakaran : 400°C = 220 menit 500°C = 190 menit	Efisiensi = 40%
---	---	--	-----------------

Kebutuhan batu bara di dalam negeri akan naik signifikan dengan beroperasinya pembangkit-pembangkit berbahan bakar batu bara milik PLN maupun swasta. Saat ini kebutuhan batu bara PLN sekitar 31 juta ton dan diperkirakan meningkat menjadi 100 juta ton pada tahun 2010.

Purnomo mengatakan, pemerintah sedang membahas insentif untuk perusahaan yang memasok batu bara ke dalam negeri. “kemungkinan *domestic market obligation* tidak dibayar tunai dalam bentuk uang sebagai PNBP (penerimaan Negara Bukan Pajak) namun diberi dalam bentuk minyak mentah atau batu bara,”.

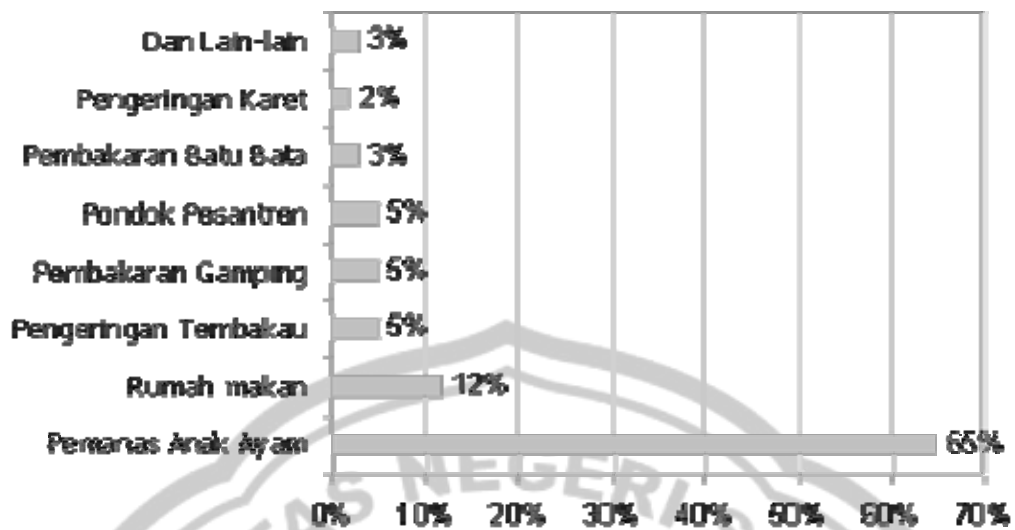
New energy dan industrial technology development organization, badan geologi, dan Ditjen Mineral batu bara dan panas bumi mengembangkan sistem evaluasi cadangan batu bara. Penerapan sistem itu di Sumatera Selatan menghasilkan kenaikan status jumlah cadangan batu bara dari 2,6 miliar ton menjadi 12 miliar ton. Cadangan itu berada pada berbagai level kedalaman sampai 400 meter di bawah permukaan laut.

Direktur eksekutif asosiasi perusahaan pertambangan batu bara Indonesia Sudjoko mengatakan banyak industri tekstil yang mencari batu bara dengan kualitas bagus, tetapi kesulitan mendapat pasokan. “Cuma, sayangnya, karena mereka ingin mendapat harga murah, jadinya pakai batu bara dari penambangan tanpa izin seperti di Cirebon,” ujarnya. Padahal, mereka bisa mendapat jaminan pasokan batu bara jika mengikat kontrak dengan produsen batu bara yang jelas. Sudjoko menilai, saat ini terjadi bias kebijakan batu bara karena pengelolaannya diserahkan ke daerah. Padahal seharusnya batu bara ditetapkan sebagai komoditas strategis.

Briket batu bara dapat di gunakan oleh berbagai sektor seperti tersebut dalam bagan di bawah ini:



Bagan 1. pemanfaatan briket batu bara



Grafik 2. para pengguna briket batu bara dalam kehidupan sehari-hari

Terdapat 3 (tiga) cara untuk menyalakan briket batubara :

1. Cara penyalan dari atas (*top down*)

Cara ini berlaku untuk briket batubara tanpa karbonisasi tipe telur atau tipe silinder atau tipe kubus.

Untuk briket tipe telur tanpa karbonisasi:

- a. Siapkan anglo, masukan briket batubara kedalam anglo sesuai kapasitas anglo.
- b. Tambahkan briket batubara yang telah direndam dalam minyak tanah kurang lebih sebanyak 10 -15 butir di bagian atas.
- c. Sulut briket yang basah minyak tanah, biarkan menyala dan merambat ke bawah.
- d. Untuk mempercepat nyala diperlukan pengipasan dari bagian atas



Gambar 8. Nyala briket batu bara tanpa karbonisasi

2. Cara penyalan dari bawah (bottom up)

Cara ini berlaku untuk briket batubara terkarbonisasi tipe telur :

1. Masukkan briket batubara yang telah direndam dalam minyak tanah kurang lebih sebanyak 10 -15 butir di bagian bawah.
2. Tambahkan riket batubara kedalam anglo sesuai kapasitas anglo.
3. Sulut briket yang basah minyak tanah dari bagian bawah anglo, biarkan menyala dan merambat ke atas.
4. Untuk mempercepat nyala diperlukan pengipasan dari bagian bawah.



Gambar 9. Nyala briket batu bara terkarbonisasi tipe telur

3. Cara penyalan briket tipe silinder tanpa karbonisasi

1. Siapkan anglo, masukan briket batubara kedalam anglo.
2. Tambahkan potongan kayu bakar yang telah dibasahi minyak tanah.
3. Sulut potongan kayu bakar tadi, biarkan menyala dan merambat ke bawah.
4. Untuk mempercepat nyala diperlukan pengipasan dari bagian atas.



Gambar 10. Nyala briket batu bara tanpa karbonisasi tipe silinder

Manfaat yang dapat diperoleh dari penggunaan briket batu bara adalah :

- a. Pemasok Bahan Bakar Yang Potensial dan Dapat Dihandalkan Untuk Rumah Tangga dan Industri Kecil
- b. Sumberdaya Energi Yang Mampu Menyuplai Dalam Jangka Panjang
- c. Pengganti BBM/Kayu Bakar Dalam Industri Kecil dan Rumah Tangga
- d. Merupakan tempat penyerapan tenaga kerja yang cukup berarti baik di pabrik briketnya, distributor, industri tungku, dan mesin briket dsbnya.
- e. Merupakan bahan bakar yang harganya terjangkau bagi masyarakat pada daerah-daerah terpencil.
- f. Memberikan sumber pendapatan kepada penyuplai bahan baku briket seperti batubara, tanah liat, kapur, serbuk biomas, dsbnya.

- g. Sebagai wadah pengalihan teknologi dan keterampilan bagi tenaga kerja Indonesia baik langsung maupun tidak langsung.
- h. Menghasilkan briket batubara yang sangat dibutuhkan bagi masyarakat berpenghasilan rendah dan UKM dalam kebutuhan energinya yang akan terus meningkat setiap tahunnya.

4. Gambaran Perbandingan Pemakaian Minyak Tanah dengan Briket Batu Bara

Rumah tangga untuk 3 ltr/hari Minyak tanah Rp. 9000/hari; Briket Rp. 5400/hari; Penghematan Rp. 3600/hari. Warung makan untuk 10 ltr/hari Minyak Tanah Rp. 30.000/hari; Briket Rp. 18.000/hari; Penghematan Rp. 12.000/hari. Industri kecil untuk 25 ltr/hari Minyak Tanah Rp. 75.000/hari; Briket 45.000/hari; Penghematan Rp. 30.000/hari.

Industri kecil untuk 100 ltr/hari Minyak Tanah Rp. 2.000.000/hari; Briket Rp. 1.502.450/hari; Penghematan Rp. 497.550/hari.

Parameter Antara Minyak Tanah dan Briket

- Nilai kalori : Minyak Tanah 9.000 kkal/ltr; Briket : 5.400 kkal/kg
- Ekuivalen : Minyak Tanah 1 ltr; Briket 1.50 kg
- Biaya : Minyak Tanah Rp. 2800,- Briket : Rp. 1.300

4.3.4. Biodiesel

Serupa dengan bioethanol, biodiesel telah digunakan di beberapa negara, seperti Brazil dan Amerika, sebagai pengganti solar. Biodiesel didapatkan dari minyak tumbuhan seperti sawit, kelapa, jarak pagar, dsb. Beberapa

lembaga riset di Indonesia telah mampu menghasilkan dan menggunakan biodiesel sebagai pengganti solar, misalnya BPPT serta Pusat Penelitian Pendayagunaan Sumber Daya Alam dan Pelestarian Lingkungan ITB.

Kandungan sulfur yang cukup rendah serta angka cetane yang lebih tinggi menambah daya tarik penggunaan biodiesel dibandingkan solar. Seperti telah diketahui, tingginya kandungan sulfur merupakan salah satu kendala dalam penggunaan mesin diesel, misalnya di Amerika. Serupa dengan produksi bioethanol, pemanfaatan bagian tanaman yang tidak digunakan dalam produksi biodiesel perlu mendapatkan perhatian serius. Dengan kerjasama yang erat antara pemerintah, industri, dan masyarakat, bioethanol dan biodiesel merupakan dua kandidat yang segera diimplementasikan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

Jarak pagar ini akan digunakan untuk membuat minyak jarak sebagai alternatif pengganti solar atau minyak tanah. (Muslimin Nasution (APBI-ICMA (dari Bisnis Indonesia) dan Ketua Majelis Wali Amanat Institut Pertanian Bogor).

Presiden Susilo Bambang Yudhoyono dan sejumlah menteri, pada Rabu 21 Februari 2007 menggalakkan tanam jarak dan mencanangkan Desa Mandiri Energi di Desa Tanjungharjo, Kecamatan Ngaringan, Kabupaten Grobogan. dijadwalkan Presiden juga akan meresmikan pabrik pengolahan biji jarak pagar (*Jatropha Curcas*) di Grobogan. (Kompas, Senin, 19 Februari 2007 hal J)

Menurut Haryono, dari PT Rajawali Nusantara Indonesia (RNI) pabrik pengolahan biji jarak pagar yang berlabel PT Energi Hijau Lestari (EHL) merupakan kerjasama antara RNI dengan Pemkab Grobogan, termasuk Perum Perhutani dan Dinas Kehutanan.

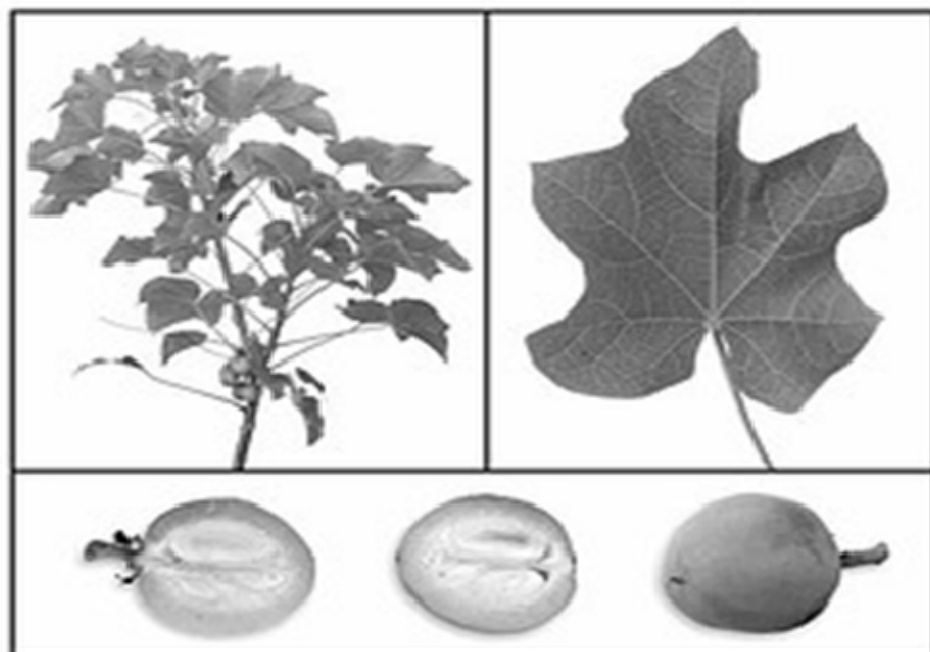
Pada saat ini telah siap dioperasikan tiga unit mesin pengolahan yang berkapasitas 300 kilogram biji jarak per jam dan kebun bibit seluas tujuh hektar. Untuk tahap awal mesin itu hanya dioperasikan mengolah biji jarak menjadi minyak mentah khusus untuk kebutuhan kompor yang ditujukan kepada kalangan rumah tangga pedesaan. Penduduk yang ingin mengolah biji jaraknya dikenakan tariff bagi hasil, dengan besaran 65 persen untuk petani dan 35 persen untuk PT EHL.

Setiap kilogram biji jarak pagar kering dengan rendemen 30 persen bakal menghasilkan 0.3 liter minyak tanah. guna merangsang minat penduduk untuk menanam jarak pagar, perusahaan RNI bakal memberikan bibit unggul gratis sebanyak 50.000 pohon dan korting 20 persen bagi para pembeli bibit unggul yang biasanya dijual dengan harga Rp 500 per polybag (tempat untuk menanam satu bibit dalam ukuran kecil). Untuk jangka panjang, disiapkan 8.000 hektar. (Sup, Kompas, Senin 19 Februari 2007 hal:j).

Menurut Gamawan (Gubernur Sumatera Barat) prospek untuk mengembangkan bahan baku energi ramah lingkungan itu sangat bagus dibandingkan dengan kelapa sawit. Bahkan, lahan kritis yang selama ini menjadi lahan terlantar bisa didayagunakan. Umur satu tahun tanaman jarak

sudah berbuah dan tahun ketiga puncak panen. Tanaman jarak bisa berproduksi sampai umur 30 tahun dan sangat baik untuk konservasi tanah.

Selain itu, kata Gamawan, jika dua persen dari konsumsi solar negara kita disubstitusi dengan biodiesel produksi dalam negeri, per tahun dibutuhkan 720.000 kiloliter biodiesel, atau sama dengan 200.000 hektar lahan tanaman jarak. Bagi Sumbar, lanjut Gamawan, arti penting investasi untuk produksi biodiesel ini adalah selain memanfaatkan lahan kritis dan sebagai energi alternatif masa depan, juga sebagai program pengentasan kemiskinan dan juga mengurangi dampak sosial pengangguran yang relatif tinggi di daerah ini. “Setidaknya, industri biodiesel menyerap 35.000 tenaga kerja. Rakyat juga bisa menanam jarak di lahan sendiri. Produksi buah jarak dipastikan akan ditampung pengusaha,” ungkapnya.



Gambar 11. tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*)

a. Urutan Taksonomi hierarki tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)

Kingdom	<u><i>Plantae</i></u> -- plants
Subkingdom	<u><i>Tracheobionta</i></u> -- vascular plants
Division	<u><i>Magnoliophyta</i></u> -- flowering plants, angiosperms
Class	<u><i>Magnoliopsida</i></u> -- dicots, dicotyledons
Subclass	<u><i>Rosidae</i></u>
Order	<u><i>Euphorbiales</i></u>
Family	<u><i>Euphorbiaceae</i></u>
Genus	<u><i>Jatropha</i></u>
Species	<i>Jatropha curcas</i>

b. Jenis-jenis tanaman Jarak di dunia

Kingdom	<i>Plantae</i> —plants
Subkingdom	<i>Tracheobionta</i> -- vascular plants
Division	<i>Magnoliophyta</i> -- flowering plants, angiosperms
Class	<i>Magnoliopsida</i> -- dicots, dicotyledons
Subclass	<i>Rosidae</i>
Order	<i>Euphorbiales</i>
Family	<i>Euphorbiaceae</i>
Genus	<i>Jatropha</i>
Species	<i>Jatropha cardiophylla</i>
Species	<i>Jatropha cathartica</i>
Species	<i>Jatropha cinerea</i>
Species	<i>Jatropha costaricensis</i>

Species *Jatropha cuneata*

Species *Jatropha curcas*

Species *Jatropha dioica*

Species *Jatropha gossypifolia*

Species *Jatropha hernandiifolia*

Species *Jatropha*

integerrima

Species *Jatropha macrorhiza*

Variety *Jatropha macrorhiza* var. *macrorhiza*

Species *Jatropha multifida*

Species *Jatropha podagrica*

Species *Jatropha*

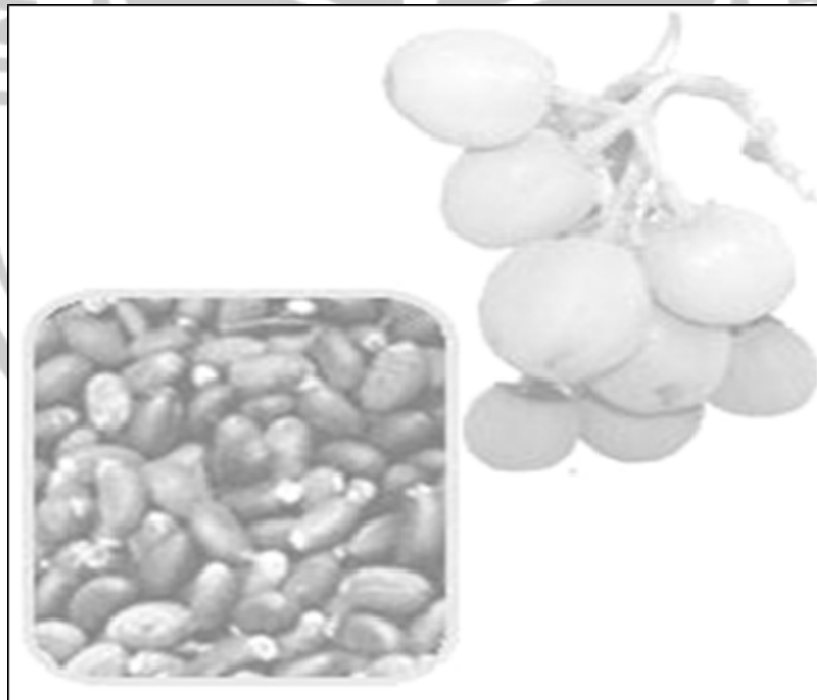
spathula



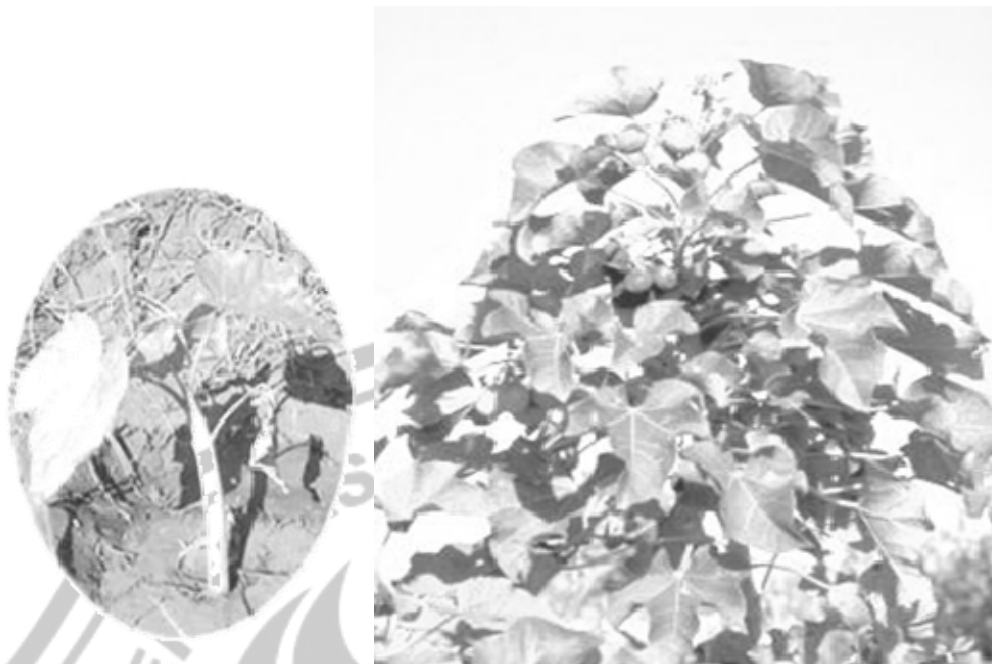
Gambar 12. Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)



Gambar 13. uji coba pembakaran bagian dalam biji jarak pagar



Gambar 14. buah Jarak Pagar muda dan Biji ketika buahnya sudah tua



Gambar 15. bibit pohon Jarak Pagar (Jatropha Curcas)



Gambar16. buah jarak pagar yang sudah tua dan siap diambil bijinya

4.3.5. Bioethanol

Bioethanol adalah ethanol yang diproduksi dari tumbuhan. Brazil, dengan 320 pabrik bioethanol, adalah negara terkemuka dalam penggunaan serta ekspor bioethanol saat ini (Setyo, 2005: 5). Di tahun 1990-an, bioethanol di Brazil telah menggantikan 50% kebutuhan bensin untuk keperluan transportasi (Setyo, 2005). Hal ini jelas sebuah angka yang sangat signifikan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Untuk pengganti premium, terdapat alternatif Gasohol yang merupakan campuran antara bensin dan bioethanol (ethanol yang berasal dari sumber hayati).

a. Studi kasus penggunaan bahan bakar ethanol di Brazil

Brazil mencanangkan program bahan bakar ethanol dalam skala besar sejak terjadinya krisis minyak pada era 1970-an (Riberio dkk, 1997). Ethanol diekstrak dari tebu (sugarcane). Bagian tanaman yang tidak digunakan dalam produksi gula / ethanol, yakni bagasse, digunakan pula sebagai bahan bakar untuk distilasi ethanol dan untuk menghasilkan listrik Ebaik untuk memenuhi kebutuhan listrik pabrik ethanol serta dijual ke masyarakat. Pembakaran bagasse relatif ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar minyak dan batu bara. Kandungan abu bagasse hanya 2.5 dibandingkan batu bara: antara 30-50 dan bagasse juga tidak mengandung sulfur (Wikipedia). Dengan menggunakan bagasse, pabrik ethanol tidak memerlukan asupan energi dari luar, justru dia bisa menjual sisa listrik yang dihasilkannya ke masyarakat. Terlebih karena hal tersebut terjadi di musim panas, manakala pembangkit

listrik tenaga air tidak bisa maksimal dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat (Wikipedia).

Posisi program bahan bakar ethanol dan produk sampingnya di Brazil pada periode 2003/2004 (kecual disebutkan lain) adalah:

Areal pertanian : 45,000 m² pada tahun 2000

Pekerja : 1 juta pekerjaan -(50ertani, 50emrosesan)

Sugarcane : 344 juta ton (50-50 untuk gula dan alkohol)

Gula : 23 juta ton (30iekspor)

Ethanol : 14 juta m³ (7.5 anhydrous, 6.5 hydrated; 2.4iekspor)

Bagasse kering : 50 juta ton

Listrik dihasilkan : 1350 MW (1200 MW dipergunakan pabrik ethanol, 150 MW dijual ke masyarakat) pada tahun 2000

Sumber: Wikipedia

*Sebagai perbandingan, PLTU Suralaya yang merupakan pemasok sekitar 25 kebutuhan listrik Jawa-Bali memiliki kapasitas 3,400 MW (Sumber: Miningindo).

Penggunaan bahan bakar ethanol (murni ataupun campuran dengan gasolin) diperhitungkan telah menekan emisi CO₂ di Brazil dari tahun 1995-2010 sebesar 293 ton (hipotesis rendah) hingga 461 ton (hipotesis tinggi). Ini berarti emisi CO₂ tahunan yang bisa dikurangi di Brazil adalah sekitar 12 juta menggunakan hipotesis tinggi (Riberio dkk, 1997).

Implementasi bahan bakar ethanol di Brazil tidak selamanya berjalan mulus. Dukungan politik dan insentif pemerintah diperlukan guna

keberlanjutan program tersebut. Di awal implementasi program penggunaan bahan bakar ethanol, yakni di era 1980-an, lebih dari 900 mobil yang terjual di Brazil adalah mobil yang berbahan bakar khusus ethanol (Riberio dkk, 1997). Namun tidak lancarnya pasokan ethanol di awal 1990-an menyebabkan penjualan mobil yang sama hanya mencapai kurang dari 1 juta tahun 1997 (Riberio dkk, 1997). Pada tahun 1997, hanya separuh dari seluruh jumlah mobil di Brazil yang menggunakan bahan bakar khusus ethanol, sedangkan sisanya menggunakan campuran gasolin + ethanol (hingga 22% (Riberio dkk, 1997). Sedangkan saat ini, seperti dikemukakan di awal, 40% pasokan energi di Brazil berasal dari bioethanol (Nature, 1 July 2005).

b. Keuntungan penggunaan Bioethanol

Bioethanol tidak saja menjadi sumber energi alternatif yang sangat menarik untuk substitusi bensin, namun juga mampu menurunkan emisi CO₂ hingga 18% di Brazil.

Bioethanol bersumber dari karbohidrat yang potensial sebagai bahan baku, seperti tebu, nira, sorgum, ubi kayu, garut, ubi jalar, sagu, jagung, jerami, bonggol jagung, dan kayu. Setelah melalui proses fermentasi, dihasilkanlah ethanol.

Berdasarkan uji unjuk kerja mesin Kijang pada kecepatan 80 kilometer per jam, kinerja mesin berbahan bakar Gasohol E-10 mampu menyamai penggunaan bahan bakar bensin Pertamina

Dalam hal prestasi mesin, bioethanol dan gasohol (kombinasi bioethanol dan bensin) tidak kalah dengan bensin; bahkan dalam beberapa hal,

bioethanol dan gasohol lebih baik dari bensin. Pada dasarnya pembakaran bioethanol tidak menciptakan CO₂ netto ke lingkungan karena zat yang sama akan diperlukan untuk pertumbuhan tanaman sebagai bahan baku bioethanol.

Bioethanol juga didapat dari tanaman seperti tebu, jagung, singkong, ubi, dan sagu. ini merupakan jenis tanaman yang umum dikenal para petani di tanah air. Efisiensi produksi bioethanol dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan bagian tumbuhan yang tidak digunakan sebagai bahan bakar yang bisa menghasilkan listrik.

Potensi mengembangkan energi terbarukan telah muncul sejak beberapa tahun lalu. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) misalnya, mengembangkan biodiesel sejak tahun 2001 dan menjalani tes jalanan menempuh rute Jawa-Sumatera pada tahun 2002 dan Jakarta-Bali pulang pergi pada tahun 2004.

Kini, teknologi tersebut diaplikasikan pada sepuluh bus antar jemput pegawai BPPT. Beberapa pegawai pun menggunakannya untuk mobil mereka. "Biodiesel bisa langsung dicampur solar di kendaraan bermesin diesel tanpa perlu modifikasi," kata Senior Engineer Balai Rekayasa Desain dan Sistem Teknologi BPPT Agung Wijono dalam pameran, Kamis (14/7).

Berdasarkan uji laboratorium, campuran efektif biodiesel 5-30 persen per liter solar. Selain berkarakter pelumas sehingga aman untuk mesin, sistem pembakaran pun menjadi lebih sempurna.

Khusus untuk mengurangi polusi secara signifikan, penggunaan biodiesel dicampur solar dengan rasio 5-10 persen.

Pada pameran kemarin, beberapa pengunjung tampak antusias menanyakan efektivitas Gasohol (nama dagang bioetanol) dan Solarmax (nama dagang Biodiesel).

Menurut Process Engineer Balai Rekayasa Disain dan Sistem Teknologi BPPT Susianih, banyak pengunjung memesan Solarmax dengan harga Rp 8.000 per liter. Untuk Gasohol, per liter harganya Rp 4.000.

Setiap hari, proses fabrikasi biodiesel di Puspiptek Serpong menghasilkan 1,5 ton biodiesel.

Selain biodiesel dan bioetanol, para mahasiswa jurusan Teknik Mesin Universitas Trisakti Jakarta menampilkan penelitian minyak jelantah sebagai alternatif pengganti solar. Penelitian yang dimulai Maret 2005 lalu telah melalui uji lapangan menggunakan mesin diesel Isuzu di Sirkuit Sentul, Bogor.

Diakui para mahasiswa, dampak negatif yang muncul adalah pemborosan bahan bakar sekitar sepuluh persen. Akselerasi kecepatan pun demikian.

Akan tetapi, sesuai teori, jelantah memiliki karakter yang mirip dengan bahan bakar biodiesel dengan emisi gas buang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar dari energi tak terbarukan. Kami belum meneliti detail soal itu, kata salah satu mahasiswa, Alam.

Deretan potensi energi terbarukan bertambah dengan peluncuran mobil bebas polusi dan hemat energi yang diberi nama Marmut Listrik LIPI (Marlip), awal tahun 2005 lalu.

Sayang, seperti diungkapkan para pengamat, potensi besar itu belum didukung kemauan politik pemerintah.

Dari sisi teknik pembangkitan daya dan emisi gas buang, ethanol (dalam bentuk murni ataupun campuran) relatif superior terhadap gasolin. Penggunaan ethanol sebagai bahan bakar pada mesin pembakaran dalam akan meningkatkan efisiensi mesin, serta menurunkan kadar emisi gas yang berbahaya bagi lingkungan (relatif terhadap gasolin). Produk samping berupa listrik, serta dampak penurunan emisi CO₂ merupakan dua nilai tambah yang sangat berkontribusi positif terhadap lingkungan hidup.

Terdapat beberapa hal yang bisa dipelajari dari Brazil dalam implementasi bahan bakar bioethanol, yakni:

- a. Perlunya diversifikasi sumber ethanol untuk menghindari penurunan kualitas tanah secara radikal.
- b. (2) Implementasi bahan bakar bioethanol lebih baik dimulai dari pencampuran gasoline + ethanol, bukan dari penggunaan bioethanol 100%. Hal tersebut akan menjamin transisi ke arah bioenergy secara lebih mulus. Esembari menyiapkan secara lebih matang seandainya era penggunaan bioethanol 100% dipandang sudah tiba.
- c. (3) Perlunya kerjasama yang erat dengan pihak industri otomotif untuk menyediakan kendaraan yang optimal bagi implementasi bahan bakar gasoline + ethanol (4) Perlu sinergi antar instansi serta antara pemerintah pusat dan daerah dalam rangka penyediaan bahan baku, pemrosesan, serta distribusi bahan bakar bioethanol.

4.3.6. Biofuel

Briket arang limbah batang jagung sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar minyak merupakan usaha yang paling sederhana yang mampu dilakukan oleh seluruh lapisan masyarakat di Indonesia.

Ketika rakyat menjerit karena harga BBM melambung tinggi, dan pemerintah kesulitan karena nilai subsidiya meningkat pesat menjadi lebih dari 49 triliun rupiah per tahun dengan menggunakan lebih kurang 10 juta kilo liter, maka pemerintah berusaha mengurangi subsidi. Inipun belum bisa mengatasi gejolak akibat kenaikan BBM tersebut. Untuk itu diperlukan bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak, khususnya kinyak tanah.

Hanya dicampur dengan sedikit semen dan perekat (kanji), briket arang batang jagung mampu menggantikan sebagian dari kegunaan minyak tanah seperti untuk pengolahan makanan, pengeringan, pembakaran, dan pemanasan.

Bahan baku briket arang batang jagung adalah limbah batang jagung yang sumbernya berlimpah di Indonesia dan mempunyai cadangan untuk lebih kurang 150 tahun.

Keuntungan briket arang batang jagung adalah lebih keras dan relatif ringan, bara lebih panas, untuk memanaskan 1 liter air hanya memerlukan 300 gram briket dalam waktu lebih kurang 12 menit, memiliki kemampuan penyebaran bara api yang baik, tidak mudah padam serta tidak perlu mengeluarkan tenaga ekstra untuk pengipasan, dapat meningkatkan tarap

perekonomian rakyat kecil, kandungan karbondioksida dan karbon monoksida sebagai hasil samping pembakaran tidak sedahsyat kayu atau bahan bakar minyak tanah. (Geliat Unnes, Humas Unnes, Vol.1 No. 5 tahun 2007 hal 2-3).

Kajian yang dilakukan oleh tim peneliti biofuel dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) menyebutkan, penciptaan lapangan kerja kegiatan usaha biofuel terutama di bagian hulu, yakni di perkebunan dan pabrik pengolahannya.

Di perkebunan kelapa sawit, misalnya, lahan 2 hektar membutuhkan 1 tenaga kerja. Artinya, untuk 1 juta hektar berpeluang bagi 500.000 orang. Untuk tanaman jarak pagar, 1 hektar lahan membutuhkan tenaga 2 orang. Apabila pengembangan ini dilakukan, maka peluang kerja itu bisa diisi oleh tenaga yang menganggur di sektor pertanian. Tidak perlu lagi mengambil tenaga kerja dari sektor lain yang punya pengalaman atau keterampilan.

Untuk pengolahannya, satu pabrik biodiesel yang berkapasitas 3.000 ton per tahun membutuhkan setidaknya 30 tenaga kerja. Semakin besar kapasitas pabrik, semakin banyak tenaga kerja yang dibutuhkan.

Di sektor distribusi relatif tidak membutuhkan pemain atau tenaga kerja baru karena bisa memanfaatkan jalur distribusi PT Pertamina. Pertamina berkomitmen membeli dan menyalurkan produk biodiesel. Saat ini Pertamina telah memasarkan biodiesel dengan nama dagang Biosolar B5, yakni campuran 5 persen faty acid metil ester dan 95 persen solar.

Dalam proses produksinya, jika lokasi pabrik berada di perkotaan, pengolahan biodiesel menggunakan reaktor atau pemanas dengan energi listrik bersuhu hingga 70 derajat Celcius. Penggunaan energi listrik ini berbiaya tinggi. Akan tetapi, jika lokasinya dekat dengan pabrik kelapa sawit, maka bahan bakar pengolahannya bisa menggunakan biomassa kelapa sawit untuk suplai pemanas sehingga efisien dan menguntungkan produsen.

Akan tetapi, biaya produksi biodiesel tergantung pada harga bahan baku. Jika harga CPO tinggi, maka harga jual juga akan mahal. Kalkulasi BPPT, dengan harga CPO Rp 3.000 per kilogram, maka biaya pengolahan Rp 1.000 per kilogram, ditambah pajak, biaya transportasi, dan margin keuntungan pengusaha, harga bersih biodiesel Rp 4.455 per liter. Harga ini lebih tinggi dari harga jual Pertamina yang sebesar Rp 4.300 per liter.

Selain itu, biaya produksi juga tergantung pada kapasitas produksi. Semakin besar kapasitas produksi, semakin kecil biaya pengolahan per liter biodiesel.

Pada kapasitas produksi pabrik sebanyak 3.000 ton per tahun, biaya pengolahan Rp 1.000 per kilogram. Namun, jika kapasitas produksi 30.000 ton per tahun, biaya pengolahan turun menjadi Rp 800 per kilogram, dan 100.000 ton per tahun menjadi Rp 600 per kilogram. Sayangnya, teknologi dan keuangan pemerintah baru mampu untuk membangun pabrik berkapasitas 3.000 ton per tahun. Saat ini, harga jual biodiesel bersaing dengan harga solar di Mid Oil Platts Singapore (MOPS). Apabila harga jual biodiesel dalam

negeri lebih tinggi, maka lebih untung bagi pemerintah mengimpor solar pada harga MOPS.

Namun, jika industri biodiesel berkembang dan biaya produksi bisa terus ditekan, nilai positif yang bisa dipetik oleh pemerintah bukan hanya pada efek berantai yang tercipta, tetapi juga menghemat belanja negara.

Diperkirakan, pada harga minyak mentah 57 dollar AS per barrel, anggaran yang bisa dihemat dari substitusi solar impor bisa mencapai Rp 400 miliar per tahun. Apabila harga minyak mentah 63 dollar AS per barrel, belanja yang bisa dihemat hampir Rp 1,2 triliun.

Dengan segala kekhawatiran dan optimistis yang menyertai kebijakan energi, pekerjaan superbesar ini harus tetap berlanjut. Kebijakan energi ini telah mengikutsertakan Indonesia ke dalam daftar negara-negara yang mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang tak terbarukan. Produksi biodiesel dunia tahun 2005 sudah mencapai 3.762 juta liter. Penyumbang terbesar (51 persen) adalah Jerman dengan produksi jenis B100 (biofuel murni).

Sampai tahun 2025 pemerintah menargetkan pemakaian energi dari biofuel meningkat menjadi 5 persen dari total konsumsi. Pertamina sudah memasarkan biodiesel di 198 stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU) di Jakarta dan 5 SPBU di Surabaya. Volume pemasaran di Jakarta berkisar 1.200 kiloliter hingga 1.300 kiloliter per hari. Di Surabaya berkisar 80 kiloliter hingga 100 kiloliter per hari.

Tantangan yang harus dijawab pemerintah agar pihak swasta mau terjun ke bisnis ini antara lain kemudahan dalam perluasan lahan dan status kepemilikan tanah. Lalu menyosialisasikan jenis bahan bakar nabati ini kepada masyarakat agar mau beralih menggunakan biofuel.

Salah satu bahan baku pembuatan biofuel adalah kelapa sawit. Indonesia dan Malaysia menguasai lebih dari 85 persen pasar kelapa sawit dunia. Menurut Presiden KLBC, M Munir Abdul Majid, Indonesia-Malaysia sudah sepakat akan menggunakan 40 persen kelapa sawit produksi dua negara untuk dipakai sebagai energi alternatif.

Sementara itu Kepala BKPM mengungkapkan di Eropa pada akhir 2009 sudah ditargetkan pemakaian biofuel sebesar 20 persen dari seluruh pemakaian energi di benua tersebut. "Nah inilah yang kita semua perhatikan, bagaimana Indonesia dan Malaysia bisa mengantisipasi peluang tersebut," katanya.

Menurut Lutfi, saat ini di Indonesia perkebunan kelapa sawit mencapai 5,5 juta hektar dan dalam 5 tahun ke depan luas perkebunan kelapa sawit akan ditambah 3,5 juta hektar. "Karenanya peluang untuk memasok biofuel di pasar Eropa itu sangat menjanjikan," katanya.

Lutfi mengemukakan para pengusaha Malaysia dalam semester I 2006 ini merupakan investor asing terbesar kedua yang telah menanamkan modalnya di Indonesia, yakni sebesar 334 juta dollar AS, yang terdiri dari perkebunan kelapa sawit dan sektor telekomunikasi.

4.3.7. Biogas.

Biogas adalah campuran beberapa gas, biogas tergolong bahan bakar gas hasil fermentasi dari bahan organik dalam kondisi anaerob, dan gas yang dominan adalah gas metana (CH_4) dan gas karbondioksida (CO_2) (Simamora, 1989 dalam Eddy Nurtjahya, dkk., 2003).

Biogas memberikan solusi terhadap masalah penyediaan energi dengan murah dan tidak mencemari lingkungan. Berdasarkan hasil temuan mahasiswa KKN UK Petra Surabaya (1995) dan Penelitian Kecamatan Rawan di Magetan (1995) di desa Plangkongan, rata-rata di setiap rumah terdapat 1-3 ekor lembu karena memelihara lembu merupakan pekerjaan kedua setelah bertani. Setiap harinya rata-rata seekor lembu menghasilkan kotoran sebanyak 30 kg. Jika terdapat 2.000 ekor lembu, maka setiap hari akan terkumpul 60 ton kotoran. (Majalah Kampus Genta UK Petra Edisi 117, Tahun XXXIII/ 27 Maret 1998).

Lembu dan kerbau merupakan penghasil tinja terbesar dengan produksi 28 kg perhari. 20 % dari produksi tersebut atau sekitar 5,6 kg adalah bahan kering. Biogas yang dihasilkan sebanyak 0,25 m³/kg bahan kering atau 1,4 m³ biogas dengan panas 7000 kkal sehari. Padahal 1 m³ biogas mengandung 5000 kkal panas, sehingga bila dibandingkan dengan minyak bumi dengan nilai panas setiap 1 kg-nya bila dibulatkan mencapai 10 ribu kkal maka biogas sebanyak 99,3 milyar kkal perhari setara dengan 9,93 juta liter minyak bumi sehari atau 62,5 ribu barrel minyak bumi sehari.

Gas bio adalah suatu campuran gas-gas yang dihasilkan dari suatu proses fermentasi bahan organik oleh bakteri dalam keadaan tanpa oksigen (*anaerobic process*).

Dari campuran gas-gas tersebut, gas methane (CH₄) adalah yang paling banyak, sedangkan gas-gas lainnya dalam proporsi yang relative sedikit.

Menurut Serasi Ginting yang disitasi oleh Filino Harahap (1978) mengemukakan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pusat Teknologi Pembangunan Institut Teknologi Bandung (PTP-ITB) bahwa gas bio yang diperoleh dari fermentasi kotoran sapi mempunyai komposisi sebagai berikut:

❖ <i>methane</i> (CH ₄)	65,7 persen
❖ <i>Karbon Dioksida</i> (CO ₂)	27.0 persen
❖ <i>Nitrogen</i> (N ₂)	2.3 persen
❖ <i>Karbon Monoksida</i>	0.0 persen
❖ <i>Oksigen</i> (O ₂)	1.0 persen
❖ <i>Propan</i> (C ₃ H ₈)	0.7 persen
❖ <i>Hidrogen Sulfida</i> (H ₂ S)	tak terukur

Nilai kalori total 6513 Kcal/m³

Di Pekalongan kotoran manusia ternyata bisa dimanfaatkan. Di RT 8 RW 16 keluarahan Panjang Wetan, Pekalongan Utara terdapat sejumlah tempat mandi, cuci dan kakus (MCK) umum. Di situ, tinja di tangki penampungan dijadikan energi gas.

Seorang tokoh masyarakat, Abu Ayyash, menyatakan gembira dengan adanya tempat itu. Pasalnya, masyarakat bisa buang hajat, mandi dan

mengambil air bersih. Di samping itu, bisa juga memasak dengan kompor gas disalah satu ruangan tempat itu.

Meski gas itu sudah bisa digunakan, hingga kini warga belum bisa maksimal memanfaatkannya. Sebab, dari 85 keluarga yang berdomisili di daerah itu, sebagian besar belum memiliki kompor gas.

Seandainya warga sekitar telah memiliki kompor jenis tersebut, ujar dia, kemungkinan gas itu akan disalurkan ke rumah warga.

“mungkin setelah diresmikan, ada tindak lanjut dari pemerintah untuk membantu masyarakat menyediakan kompor gas,” ucap dia.

Abu Ayyash mengemukakan, proses pemanfaatan kotoran manusia itu dari hasil buangan di tiap-tiap tempat penampungan yang hampa udara. Kemudian, mikroorganisme di dalamnya menghasilkan energi dan gas metan. (Suara Merdeka, Senin 9 April 2007 hal. 23).

Dengan teknologi tertentu, gas methan dapat dipergunakan untuk menggerakkan turbin yang menghasilkan energi listrik, menjalankan kulkas, mesin tetas, traktor, dan mobil. Secara sederhana, gas methan dapat digunakan untuk keperluan memasak menggunakan kompor gas. Gas methan (CH_4) mempunyai karakteristik hampir sama dengan gas elpiji (Liquidified Petroleum Gas/LPG), perbedaannya adalah gas methana mempunyai satu atom C, sedangkan elpiji mempunya atom C lebih banyak daripada gas methan.

a. Teknologi biogas

Gas metan terbentuk karena proses fermentasi secara anaerobik (tanpa udara) oleh bakteri metan atau disebut juga bakteri anaerobik dan bakteri biogas yang mengurangi sampah-sampah yang banyak mengandung bahan organik (biomassa) sehingga terbentuk gas metan (CH_4) yang apabila dibakar dapat menghasilkan energi panas. Sebetulnya di tempat-tempat tertentu proses ini terjadi secara alamiah sebagaimana peristiwa ledakan gas yang terbentuk di bawah tumpukan sampah di Tempat Pembuangan Sampah Akhir (TPA) Leuwigajah, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, (Kompas, 17 Maret 2005).

Gas metan sama dengan gas elpiji (liquidified petroleum gas/LPG), perbedaannya adalah gas metan mempunyai satu atom C, sedangkan elpiji lebih banyak.

Kebudayaan Mesir, China, dan Roma kuno diketahui telah memanfaatkan gas alam ini yang dibakar untuk menghasilkan panas. Namun, orang pertama yang mengaitkan gas bakar ini dengan proses pembusukan bahan sayuran adalah Alessandro Volta (1776), sedangkan Willam Henry pada tahun 1806 mengidentifikasi gas yang dapat terbakar tersebut sebagai metan. Becham (1868), murid Louis Pasteur dan Tappeiner (1882), memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan metan.

Pada akhir abad ke-19 ada beberapa riset dalam bidang ini dilakukan. Jerman dan Perancis melakukan riset pada masa antara dua Perang Dunia dan beberapa unit pembangkit biogas dengan memanfaatkan limbah pertanian.

Selama Perang Dunia II banyak petani di Inggris dan benua Eropa yang membuat digester kecil untuk menghasilkan biogas yang digunakan untuk menggerakkan traktor. Karena harga BBM semakin murah dan mudah memperolehnya pada tahun 1950-an pemakaian biogas di Eropa ditinggalkan. Namun, di negara-negara berkembang kebutuhan akan sumber energi yang murah dan selalu tersedia selalu ada. Kegiatan produksi biogas di India telah dilakukan semenjak abad ke-19. Alat pencernaan anaerobik pertama dibangun pada tahun 1900. (FAO, *The Development and Use of Biogas Technology in Rural Asia*, 1981).

Negara berkembang lainnya, seperti China, Filipina, Korea, Taiwan, dan Papua Niugini, telah melakukan berbagai riset dan pengembangan alat pembangkit gas bio dengan prinsip yang sama, yaitu menciptakan alat yang kedap udara dengan bagian-bagian pokok terdiri atas pencernaan (digester), lubang pemasukan bahan baku dan pengeluaran lumpur sisa hasil pencernaan (slurry) dan pipa penyaluran gas bio yang terbentuk.

Dengan teknologi tertentu, gas metan dapat dipergunakan untuk menggerakkan turbin yang menghasilkan energi listrik, menjalankan kulkas, mesin tetas, traktor, dan mobil. Secara sederhana, gas metan dapat digunakan untuk keperluan memasak dan penerangan menggunakan kompor gas sebagaimana halnya elpiji.

b. Alat pembangkit biogas

Ada dua tipe alat pembangkit biogas atau digester, yaitu tipe terapung (floating type) dan tipe kubah tetap (fixed dome type). Tipe terapung

dikembangkan di India yang terdiri atas sumur pencerna dan di atasnya ditaruh drum terapung dari besi terbalik yang berfungsi untuk menampung gas yang dihasilkan oleh digester. Sumur dibangun dengan menggunakan bahan-bahan yang biasa digunakan untuk membuat fondasi rumah, seperti pasir, batu bata, dan semen. Karena dikembangkan di India, maka digester ini disebut juga tipe India. Pada tahun 1978/79 di India terdapat l.k. 80.000 unit dan selama kurun waktu 1980-85 ditargetkan pembangunan sampai 400.000 unit alat ini.

Tipe kubah adalah berupa digester yang dibangun dengan menggali tanah kemudian dibuat bangunan dengan bata, pasir, dan semen yang berbentuk seperti rongga yang ketat udara dan berstruktur seperti kubah (bulatan setengah bola). Tipe ini dikembangkan di China sehingga disebut juga tipe kubah atau tipe China (lihat gambar). Tahun 1980 sebanyak tujuh juta unit alat ini telah dibangun di China dan penggunaannya meliputi untuk menggerakkan alat-alat pertanian dan untuk generator tenaga listrik. Terdapat dua macam tipe ukuran kecil untuk rumah tangga dengan volume 6-10 meter kubik dan tipe besar 60-180 meter kubik untuk kelompok.

India dan China adalah dua negara yang tidak mempunyai sumber energi minyak bumi sehingga mereka sejak lama sangat giat mengembangkan sumber energi alternatif, di antaranya biogas.

Di dalam digester bakteri-bakteri methan mengolah limbah bio atau biomassa dan menghasilkan biogas methan. Dengan pipa yang didesain sedemikian rupa, gas tersebut dapat dialirkan ke kompor yang terletak di

dapur. Gas tersebut dapat digunakan untuk keperluan memasak dan lain-lain. Biogas dihasilkan dengan mencampur limbah yang sebagian besar terdiri atas kotoran ternak dengan potongan-potongan kecil sisa-sisa tanaman, seperti jerami dan sebagainya, dengan air yang cukup banyak.

Untuk pertama kali dibutuhkan waktu lebih kurang dua minggu sampai satu bulan sebelum dihasilkan gas awal. Campuran tersebut selalu ditambah setiap hari dan sesekali diaduk, sedangkan yang sudah diolah dikeluarkan melalui saluran pengeluaran. Sisa dari limbah yang telah "dicerna" oleh bakteri methan atau bakteri biogas, yang disebut slurry atau lumpur, mempunyai kandungan hara yang sama dengan pupuk organik yang telah matang sebagaimana halnya kompos sehingga dapat langsung digunakan untuk memupuk tanaman, atau jika akan disimpan atau diperjualbelikan dapat dikeringkan di bawah sinar matahari sebelum dimasukkan ke dalam karung.

Untuk permulaan memang diperlukan biaya untuk membangun pembangkit (digester) biogas yang relatif besar bagi penduduk pedesaan. Namun sekali berdiri, alat tersebut dapat dipergunakan dan menghasilkan biogas selama bertahun-tahun. Untuk ukuran 8 meter kubik tipe kubah alat ini, cocok bagi petani yang memiliki 3 ekor sapi atau 8 ekor kambing atau 100 ekor ayam di samping juga mempunyai sumber air yang cukup dan limbah tanaman sebagai pelengkap biomassa. Setiap unit yang diisi sebanyak 80 kilogram kotoran sapi yang dicampur 80 liter air dan potongan limbah lainnya dapat menghasilkan 1 meter kubik biogas yang dapat dipergunakan

untuk memasak dan penerangan. Biogas cocok dikembangkan di daerah-daerah yang memiliki biomassa berlimpah, terutama di sentra-sentra produksi padi dan ternak di Jawa Tengah, Jawa Timur, Sulawesi Selatan, Bali, dan lain-lain.

Pembangkit biogas juga cocok dibangun untuk peternakan sapi perah atau peternakan ayam dengan mendesain pengaliran tinja ternak ke dalam digester. Kompleks perumahan juga dapat dirancang untuk menyalurkan tinja ke tempat pengolahan biogas bersama. Negara-negara maju banyak yang menerapkan sistem ini sebagai bagian usaha untuk daur ulang dan mengurangi polusi dan biaya pengelolaan limbah. Jadi dapat disimpulkan bahwa biogas mempunyai berbagai manfaat, yaitu menghasilkan gas, ikut menjaga kelestarian lingkungan, mengurangi polusi dan meningkatkan kebersihan dan kesehatan, serta penghasil pupuk organik yang bermutu.

Untuk menuai hasil yang signifikan, memang diperlukan gerakan secara massal, terarah, dan terencana meliputi pengembangan teknologi, penyuluhan, dan pendampingan. Dalam jangka panjang, gerakan pengembangan biogas dapat membantu penghematan sumber daya minyak bumi dan sumber daya kehutanan. Mengenai pembiayaannya mungkin secara bertahap sebagian subsidi BBM dialihkan untuk pembangunan unit-unit pembangkit biogas. Melalui jalan ini, mungkin imbauan pemerintah mengajak masyarakat untuk bersama-sama memecahkan masalah energi sebagian dapat direalisasikan.

Biogas biasanya dikenal sebagai gas rawa atau lumpur. Gas campuran ini didapat dari proses perombakan kotoran ternak menjadi bahan organik oleh mikroba dalam kondisi tanpa oksigen. Proses ini populer dengan nama anaerob. Selama proses fermentasi, biogas pun terbentuk.

Dari fermentasi ini, akan dihasilkan campuran biogas yang terdiri atas metana (CH_4), karbon dioksida, hidrogen, nitrogen dan gas lain seperti H_2S . Metana yang dikandung biogas berjumlah 54 – 70 persen, sedang karbon dioksida antara 27 – 43 persen.

Masyarakat di sekitar Kali Taman mulai mengembangkan energi alternatif biogas sejak Oktober 2004 dengan memanfaatkan limbah manusia yang ditampung di WC umum yang dibangun dengan dana swadaya masyarakat dan dana bantuan Pemerintah Kota Salatiga. Ada lima toilet atau WC Umum yang dibangun dalam proyek sanitasi berbasis masyarakat (sanimas) ini. Selain itu, juga dibangun dua kamar mandi dan satu rumah penjaga. Sejak 4 Mei 2006, proyek sanimas ini sudah menghasilkan biogas. Dengan kapasitas kotoran manusia yang tertampung saat ini, biogas yang dihasilkan bisa memenuhi kebutuhan bahan bakar untuk dua keluarga.

Teknologi pembuatan energi alternatif biogas juga dikembangkan di SLTP Alternatif Qaryah Thayyibah, Kali Bening Salatiga Jawa Tengah. Bahkan kotoran manusia tidak hanya dimanfaatkan untuk membuat biogas, tetapi sebagian cairan hasil fermentasi kotoran ini juga dijadikan pupuk untuk pertanian organik. Pengembangan energi alternatif biogas saat ini mulai populer di Salatiga. Meski saat ini penggunaannya belum sepenuhnya

menggeser keberadaan energi dari fosil, ke depan diharapkan bisa mengurangi ketergantungan terhadap BBM dari fosil.

4.3.8. Biomassa

a. Potensi Pengembangan Energi dari Biomassa Hutan di Indonesia

Pengembangan sumber energi dapat diperbaharui, termasuk biomassa, merupakan fundamental bagi kesinambungan ketersediaan energi masa depan. Biomassa dapat memainkan peranan penting sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui, yang berfungsi sebagai penyedia sumber karbon untuk energi, yang dengan menggunakan teknologi modern dalam pengkonversiannya dapat menjaga emisi pada tingkat yang rendah. Di samping itu, penggunaan energi biomassa pun dapat mendorong percepatan rehabilitasi lahan terdegradasi dan perlindungan tata air. Secara general, keragaman sumber biomassa dan sifatnya yang dapat diperbaharui dapat berperan sebagai pengaman energi di masa mendatang sekaligus berperan dalam konservasi keanekaragaman hayati.

Biomassa dapat digunakan untuk menyediakan berbagai vektor energi, baik panas, listrik atau bahan bakar kendaraan. Namun demikian, energi biomassa dapat berasal dari berbagai sumber daya dan mungkin juga rute konversi yang beragam, sehingga dapat menimbulkan pemahaman yang kompleks dalam implikasinya. Sejumlah isu memerlukan klarifikasi dalam rangka memahami potensi biomass sebagai sumber energi yang berkesinambungan: mengenai sumber daya dan ketersediaannya, aspek

logistik, biaya-biaya rantai bahan bakar, dan dampaknya terhadap lingkungan. Di sisi lain juga timbul pertanyaan berapa kuantitas residu yang dapat digunakan dari suatu sumber biomassa, dimana dan bagaimana harus dikembangkan, apa dan bagaimana kebutuhan infrastruktur harus dipenuhi, kesemuanya memerlukan pertimbangan yang seksama.

b. Status Implementasi Bioenergi

Peningkatan konsumsi bahan bakar fosil menyebabkan peningkatan emisi yang pada gilirannya akan menimbulkan pemanasan global yang berpengaruh nyata terhadap pola hidup dan kehidupan manusia. Dengan demikian penggunaan energi yang terbarukan, dalam hal ini bioenergi perlu terus dikembangkan.

Penggunaan biomassa untuk listrik (bioelectricity) di Indonesia masih sangat jarang ditemukan. Beberapa diantaranya telah dikembangkan oleh PT. Ajiubaya di sebagian kecil wilayah Kabupaten Sampit, Kalimantan Timur, dengan kapasitas 4 - 6 MW, dan juga beberapa instalasi Bioner-1 (gasifikasi biomassa yang dikoneksikan pada mesin diesel yang dapat digunakan untuk power generating, pompa dan mesin penggiling) yang dikembangkan oleh PT. Boma Bisma Indra dengan kapasitas sekitar 18 kW juga dimanfaatkan di beberapa wilayah di Kalimantan, Sumatra dan Sulawesi Utara [5, 8].

Beberapa perusahaan industri, baik milik pemerintah maupun swasta juga telah memulai penggunaan bioenergi sebagai pembangkit listrik, energi mekanik dan energi panas. Utami (1997) dalam Boer et al [1] melaporkan bahwa Indonesia telah mempunyai sekitar 50 unit gasifikator dengan

kapasitas antara 15-100 kW/unit atau total kapasitas sekitar 2.200 kW. Sebagai tambahan, sekitar 200 unit biogas (diproduksi dari biomassa melalui proses fermentasi anaerobic) juga telah dimanfaatkan di beberapa daerah pedesaan dengan kapasitas 4 - 15 m³.

c. Prospek Implementasi Bioenergi

Masih banyaknya wilayah yang belum menikmati listrik negara ataupun swasta, dan belum optimalnya pemanfaatan biomassa merupakan prospek yang sangat besar dalam implementasi bioenergi.

Sisa pemanfaatan kayu merupakan sumber potensial bagi pembangkit listrik tenaga biomassa. Biomassa yang belum dimanfaatkan tersebut sebagian besar bersumber dari sisa pembalakan, konversi lahan hutan, maupun dari perkebunan rakyat. Rachman [7] melaporkan bahwa sisa pembalakan dari hutan alam sekitar 46%, yakni 8% dari tunggak, 20% dari log yang rusak dan sisa cabang sampai diameter 10 cm sebanyak 18%. Berdasarkan produksi log rata-rata tahunan dari hutan alam sebesar 22 juta m³ saja, dapat dihitung besaran biomassa yang ditinggalkan di lapangan tanpa adanya pemanfaatan. Sebagai contoh, menurut Triono (1999) dalam Rachman [7] jumlah sisa pembalakan di Provinsi Jambi antara periode 1995/96-1998/99 mencapai angka 110.000 - 350.000 m³ per tahunnya.

Di samping residu biomassa dari hutan alam, residu biomassa dari hutan tanaman juga berpotensi besar sebagai sumber energi, dimana program pemanfaatannya bisa diintegrasikan dengan kegiatan lain berbasis sosial ekonomi masyarakat sekitar hutan. Dalam implementasi-nya, program

pengembangan bioenergi di daerah sekitar hutan ini selain berkontribusi dalam peningkatan taraf dan kualitas hidup masyarakat yang umumnya berpenghasilan rendah, juga dapat menjadi sarana komunikasi yang efektif untuk tujuan pengelolaan hutan berkelanjutan.

Heriansyah dan Kanazawa melaporkan bahwa residu biomassa dari kegiatan pemanenan akhir di hutan tanaman jumlahnya mencapai 20% untuk hutan tanaman yang djarangi dan 35% dari hutan tanaman tanpa penjarangan. Besaran tersebut belum termasuk biomassa cabang dan ranting, atau residu biomassa dari kegiatan penjarangan. Laporan lain dalam Boer et al., menyebutkan bahwa produksi biomassa hutan tanaman adalah 8-25 ton/ha/tahun.

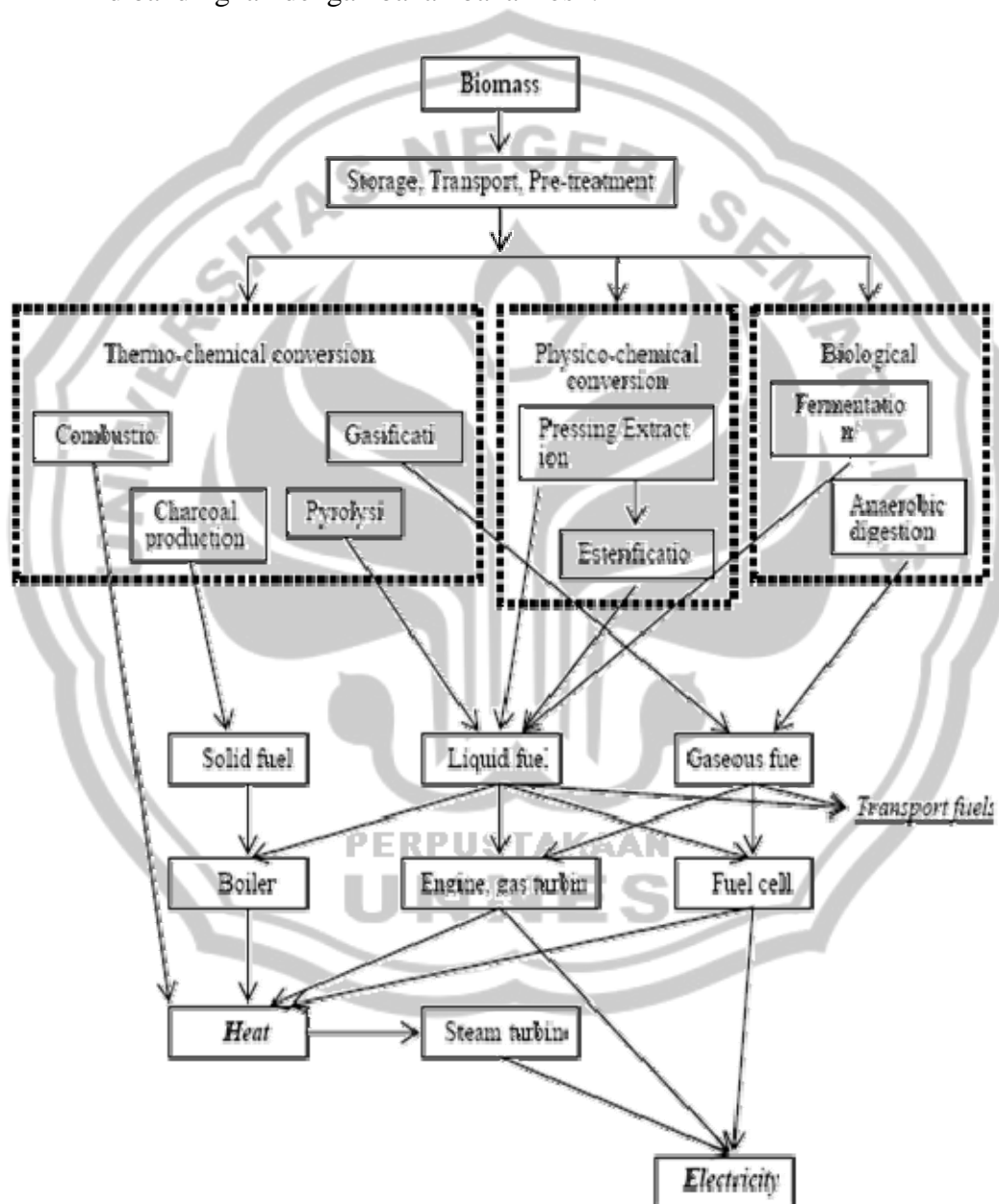
Dengan limpahan residu dari biomassa hutan yang sangat besar, maka implementasi energi biomassa memiliki prospek yang besar. Di samping itu pemanfaatan biomassa menjadi energi pun dapat mengurangi emisi CO₂ baik dari respirasi akibat dekomposisi maupun dari kemungkinan kebakaran, serta berkontribusi besar pada penurunan penggunaan bahan bakar fosil yang semakin langka dan mahal.

d. Teknologi Konversi Biomassa Menjadi Energi

Semua material organik mempunyai potensi untuk dikonversi menjadi energi. Biomassa dapat secara langsung dibakar atau dikonversi menjadi bahan padatan, cair atau gas untuk menghasilkan panas dan listrik (Gambar 1). Beberapa pilihan teknologi konversinya adalah sebagai berikut:

- ❖ Konversi biomassa pada ketel uap modern

Biomassa dibakar pada ketel uap modern untuk menghasilkan panas, listrik atau kombinasi panas dan tenaga. Sistem ini secara komersial telah banyak digunakan di Amerika Serikat, Australia, Finlandia dan Jerman, walaupun secara tipikal hanya menghasilkan 20% energi jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil.



Bagan 2. Mata rantai konversi biomassa menjadi energi panas dan listrik

❖ Proses *anaerobic*

Merupakan proses biologi yang konversi biomass baik padatan maupun cair menjadi gas tanpa oksigen. Gas yang dihasilkan didominasi methane dan CO₂. Hasil ikutan berupa kompos dan pupuk untuk pertanian dan kehutanan. Teknologi ini telah dikembangkan secara komersial di Eropa dan Amerika utara.

❖ Gasifikasi Biomassa

Gasifikasi merupakan konversi dengan menggunakan parsial oksidasi pada suhu karbonisasi sehingga menghasilkan bahan bakar gas dengan level panas berkisar antara 0,1-0,5 dari gas alam, tergantung proses gasifikasi yang digunakan. Konversi ini lebih menguntungkan secara ekonomi dibandingkan dengan pembakaran langsung, bersih, dan efisien dalam pengoperasian. Produk dari gasifikasi ini dapat juga di-reform untuk menghasilkan methanol dan hydrogen. Teknologi ini sedang dalam awal komersial.

❖ Pyrolysis Biomassa

Pyrolysis merupakan pendegradasian panas pada biomassa tanpa oksigen, untuk menghilangkan komponen volatile pada karbon. Hasil dari proses ini selalu dalam bentuk gas, dan hasil penguapannya dapat menghasilkan bahan bakar cair dan padatan sisa. Bahan bakar cair ini dapat menghasilkan panas dan listrik apabila dibakar dalam ketel uap, mesin atau turbin. Produk lain dari proses pyrolysis ini adalah berupa

arang dan bahan kimia. Teknologi konversi pyrolysis biomassa ini telah demonstrasikan di Eropa selama 3 tahun, dari tahun 2002 - 2005.

❖ **Pembuatan arang**

Penyiapan lahan baik pertanian maupun HTI (Hutan Tanaman Industri) seringkali dengan cara pembakaran, selain beresiko kebakaran dan gangguan pernafasan, cara inipun dapat menstimulus pemanasan global akibat peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer. Dengan mengkonversinya menjadi arang tentunya dapat meminimalkan emisi, pun menambah penghasilan masyarakat. Selain digunakan sebagai sumber panas, arang pun dapat digunakan sebagai kondisioner tanah untuk mempercepat terjadinya simbiotik antara akar dengan mikoriza, yang berkontribusi pada percepatan pertumbuhan tanaman dan penyerapan emisi CO₂ di atmosfer.

Dalam hubungannya dengan peningkatan karbon sequestrasi, konversi biomassa menjadi arang merupakan salah satu pilihan bijak yang efektif dan efisien, karena karbon pada arang dapat disimpan dalam durasi yang lama dibanding dengan karbon pada bentuk kayu.

e. Pengembangan Energi Biomassa

Penggunaan bahan bakar biomassa atau kayu sebagai bahan substitusi bahan bakar fosil merupakan salah satu peranan penting hutan. FAO mengestimasi bahwa penggunaan biomassa di negara berkembang berkontribusi sekitar 15% dari total biaya energi yang diperlukan. Pada tahun 2000, sekitar 18,4 GW energi biomassa telah diinstalasi di negara-

negara anggota OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), yang terdiri dari negara-negara di Amerika Utara, Eropa dan Pasifik. Amerika Serikat mendominasi 7.4 GW, salah satunya dikembangkan di Wisconsin oleh Northern States Power Co. dengan kapasitas 75 MW.

Finlandia merupakan negara yang memiliki instalasi energi biomassa terbanyak dengan proporsi sekitar 8% dari total negara-negara anggota OECD. Dengan luas areal dan potensi hutan yang jauh lebih besar dari Finlandia (24.4 juta ha), Indonesia memiliki prospek pengembangan energi biomassa yang potensial dan kompetitif.

Terkait dengan kelangkaan bahan bakar minyak serta besarnya potensi pengembangan energi biomassa di Indonesia, maka dalam proses pengembangannya perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

Pengembangan energi dari biomassa perlu didukung teknologi konversi yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan.

Pasar yang kompetitif perlu diciptakan sehingga residu biomassa dari kehutanan dapat dimanfaatkan optimal, tanpa berefek negatif pada keberlanjutan eksploitasi.

Pengembangan bioenergi dari biomassa harus diintegrasikan dengan kebijakan terkait dari sektor energi, lingkungan, pertanian, dan kehutanan, sehingga terjadi insentif yang merangsang pertumbuhan dari semua sektor yang diintegrasikan.

Kebijakan yang dibuat harus berjangka panjang untuk merangsang investasi, dan pemerintah harus menetapkan target dan ukuran kebijakan yang menguntungkan semua pihak.

Kontinuitas penelitian, pengembangan, desiminasi, dan demonstrasi terhadap tipe/jenis biomassa, manajemen, serta teknologi konversinya, sehingga efektif dan efisien secara ekonomi dan ramah lingkungan dari sisi ekologi.

Disamping iklim usaha yang kompetitif, pengembangan energi dari biomassa yang berkesinambungan secara ekonomi, lingkungan dan sosial, harus pula memperhatikan beberapa kriteria berikut:

1. Biomassa yang digunakan harus berasal dari sumber yang dapat diperbaharui yang dikelola dengan manajemen yang berkelanjutan.
2. Biaya-biaya proses harus dijaga rendah untuk memastikan efisiensi ekonomi.
3. Bahan input lain yang dipergunakan dalam rantai teknologi konversi yang berasal dari sumber yang tidak dapat diperbaharui harus tetap rendah untuk menekan tingkat emisinya dan dengan tetap menggunakan teknologi konversi terbaik.
4. Rancangan pengembangan bioenergi harus bermanfaat bagi pembangunan masyarakat secara luas.

Energi berbasis biomassa berpotensi besar dalam mendukung pasokan energi yang berkelanjutan di masa mendatang. Meskipun demikian, pengembangannya harus dirancang sedemikian rupa sehingga berefek positif terhadap pembangunan sosial ekonomi masyarakat dan di pihak lain juga tidak berdampak negatif terhadap lingkungan.

Semua teknologi konversi biomassa menjadi energi bisa diterapkan di Indonesia, dengan pengembangan disesuaikan dengan besaran supply biomassa, teknologi yang telah dikuasai, ketersediaan anggaran dan jenis produk yang dibutuhkan pasar di masing-masing daerah. Alternatif teknologi konversi dalam mengantisipasi kelangkaan BBM misalnya, akan lebih tepat bila teknologi gasifikasi dan proses anaerobik yang diterapkan; selain lebih efisien, produknya pun berupa bahan bakar gas yang dapat digunakan sebagai sumber panas, listrik dan bahan bakar kendaraan.

Kebijakan pemerintah yang komprehensif dan terintegrasi dengan sektor terkait juga perlu dirancang guna merangsang iklim investasi yang kondusif dan kompetitif. Pengembangan energi berbasis biomassa sebagai energi yang dapat diperbaharui pada akhirnya akan mampu mensubstitusi bahan bakar fosil dengan kuantitas besar, yang pada gilirannya akan mereduksi jumlah CO₂ yang diemisikan ke atmosfer. Dalam konteks global, untuk mereduksi gas rumah kaca dalam jangka panjang, pasokan biomassa yang stabil dan berkelanjutan merupakan tuntutan mutlak bagi pengembangan energi biomassa. Dengan demikian struktur insentif dalam pengelolaan hutan yang berkelanjutan perlu diciptakan secara kompetitif.

4.3.9. Gas Hidrat

Salah satu sumber energi alternatif yang cukup menarik perhatian para peneliti dan industri adalah “Gas Hidrat”. Gas Hidrat dianggap memiliki sekian banyak keunggulan jika dibandingkan pilihan sumberdaya energi yang

lain. Kelebihannya adalah : 1. volumenya yang sangat besar di bumi, 2. letaknya yang relatif tidak terlalu dalam sehingga memudahkan untuk dieksplorasi dan 3. cukup mudah untuk dimanfaatkan

Gas hidrat diperkirakan memiliki cadangan sebesar 10^{15} - 10^{17} m³ [1] atau setara dengan dua kali lipat besarnya cadangan gas konvensional (2.5×10^{14} m³) dan hampir 2 kali lebih besar daripada sumber energi yang berasal dari fosil seperti batubara, minyak dan gas alam.

Gas hidrat secara alami terbentuk dalam ikatan kristal padat berbentuk es. Oleh karena itu, gas hidrat juga sering disebut sebagai "The Burning Ice". Strukturnya nya dibentuk dalam ikatan molekul hidrogen. Ada banyak jenis molekul gas yang dapat terikat untuk membentuk hidrat. Tetapi kebanyakan gas hidrat alam yang ditemui di bumi adalah. Oleh karena itu, gas hidrat ini juga lebih sering disebut dengan metan hidrat.

Teknologi eksplorasi merupakan kendala terbesar sampai saat ini, sehingga gas hidrat belum juga bisa dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Jepang sendiri mentargetkan 2016 sebagai awal dimulainya eksplorasi bagi gas hidrat yang mereka miliki. Menilik pesat dan banyaknya kajian mengenai gas hidrat ini, agaknya kita boleh optimis bahwa gas hidrat dapat digunakan dalam waktu yang mungkin lebih cepat dari perkiraan semula. Ketika teknologi eksplorasi ini sudah dapat dikuasai, sehingga eksplorasi gas hidrat menjadi cukup ekonomis, maka akan ada pengaruh yang besar bagi dunia industri, ekonomi maupun politik dunia.

Ditengah ramainya pembicaraan mengenai tingginya harga bahan bakar minyak dan upaya setiap negara untuk mencari energi alternatif pengganti BBM, penggunaan gas hidrat sebagai energi abad 21 juga ramai dibicarakan oleh para ahli. Ada banyak alasan yang menyebabkan bangsa Indonesia juga perlu melakukan penelitian di bidang gas hidrat ini. Pembahasan umum mengenai gas hidrat dalam segala aspek, akan penulis sampaikan dalam tulisan berseri.

Pertimbangan beralih dari minyak bumi ke berbagai energi alternatif.

Ada banyak pertimbangan dalam menentukan pemilihan energi alternatif. Beberapa isu yang cukup penting untuk dipertimbangkan adalah

1. Harga produksi sebuah energi alternatif dibandingkan dengan bahan bakar minyak.
2. Keberadaannya di bumi, dan jenis energi yang dihasilkan; apakah termasuk energi terbarukan atau tidak.
3. Kemudahan pengolahan atau proses produksi untuk bisa digunakan.
4. Keberadaan sumber energi yang menjadi bahan baku bagi sumber energi alternatif tersebut (jika bukan merupakan energi yang langsung diambil dari alam).
5. Manfaat tambahan yang bisa ditawarkan oleh energi alternatif tersebut.
6. Nilai keamanan bagi penggunaan energi tersebut
7. Kemudahan proses modifikasi peralatan yang akan menggunakan energi tersebut.

Semua jenis energi alternatif memiliki berbagai keunggulan. Demikian pula dengan sumber energi alternatif gas hidrat. Kelebihan gas Hidrat jika dibandingkan dengan minyak bumi atau energi lainnya adalah

1. Volumanya yang sangat besar di bumi.

Banyak perhitungan yang telah dilakukan mengenai besarnya keberadaan gas hidrat di bumi. Meskipun perhitungan yang dilakukan masih dalam bentuk perhitungan kasar. Tetapi hampir semua prediksi volume gas hidrat merujuk dalam orde yang sangat besar. Diperkirakan besarnya volume gas hidrat ada pada orde 10¹⁵ sampai 10¹⁹ m³. Secara garis besar, total gas hidrat ini diperkirakan sebesar 2 kali lipat dari keberadaan bahan bakar fosil baik yang terbarukan maupun yang tidak terbarukan. Dengan besarnya cadangan gas hidrat di bumi, potensinya untuk menggantikan penggunaan bahan bakar minyak memang cukup besar. Di samping itu, pencarian potensi keberadaan gas hidrat ini masih sedikit dilakukan, sehingga estimasi besarnya cadangan gas hidrat sangat berpeluang untuk menjadi semakin besar, seiring dengan semakin banyaknya penelitian yang dilakukan.

Selain potensi di atas, ada lagi potensi gas bebas yang biasanya terperangkap di bawah lapisan gas hidrat. Melihat beberapa penelitian mengenai ketebalan gas bebas ini (free gas), agaknya jumlahnya juga berada dalam orde yang sangat besar. Dengan demikian, keberadaannya yang selalu seiring dengan keberadaan gas hidrat, akan dapat diperhitungkan sebagai potensi tambahan bagi eksploitasi gas hidrat.

2. Distribusi Gas Hidrat.

Pada umumnya, gas hidrat lebih banyak ditemui di laut. Distribusi gas hidrat di dunia menunjukkan kecenderungan yang lebih merata dibandingkan dengan keberadaan minyak bumi. Negara-negara yang selama ini adalah konsumen terbesar pengguna minyak bumi seperti Amerika, Jepang dan Kanada, diperkirakan memiliki cadangan gas hidrat dalam jumlah besar. Dengan demikian, pemanfaatan gas hidrat ini juga cukup menggairahkan negara-negara yang miskin sumberdaya energi.

3. Bahan bakar ramah lingkungan.

Gas hidrat yang selama ini ditemui, pada umumnya terdiri dari gas metan. Gas metan ini merupakan bahan bakar yang sangat baik bagi proses pengapian, baik pembakaran pada ruang terbuka terbuka (open-flame burning), maupun pada sistem pembakaran terkontrol dalam fuel cell. Dibandingkan dengan gas alam lainnya, gas metan memiliki rasio H:C tertinggi. Dengan demikian, gas metan memiliki kandungan karbon yang lebih rendah dibandingkan gas lainnya. Jika gas metan terbakar, maka akan dihasilkan sedikit sekali gas CO₂ permole nya. Methan bahkan menghasilkan CO₂ permole yang lebih sedikit dibandingkan dengan alkohol, apalagi jika dibandingkan dengan LPG. Dengan semakin besarnya perhatian terhadap isu pemanasan global yang secara internasional telah diangkat dalam Protokol Kyoto, penggunaan emisi gas CO₂ ini memang harus dikurangi. Pengalihan dari bahan bakar minyak ke gas alam, merupakan salah satu solusinya.

Dengan demikian, gas hidrat semakin menarik untuk dijadikan sumber energi alternatif.

4. Menjanjikan Kemudahan dan Kesehatan.

Apabila proses eksplotitasi gas hidrat ini sudah bisa dilakukan, maka akan banyak manfaat yang akan kita peroleh dari penggunaan gas hidrat sebagai pengganti bahan bakar minyak, sebagai proses transisi dari petreoleum-based ke gas-based economy. Methan sebagai gas yang paling banyak terdapat dalam gas hidrat, selain menjanjikan gas buang yang bersih juga memberikan kemudahan dalam proses transportasi dari satu tempat ke tempat yang lain. Pembakaran gas methan menghasilkan karbon dioksida dan polutan yang rendah, sehingga secara biomedis merupakan gas yang tidak mengganggu kesehatan tubuh, karena tubuh bisa mentolerir polutan dalam kadar rendah.

5. Proses Peralihan yang Cepat

Gas hidrat relatif mudah untuk dimanfaatkan tanpa membutuhkan banyak modifikasi pada mesin. Dengan keunggulan yang dimiliki, gas hidrat (dalam hal ini methan), justru memberikan harapan yang lebih baik terhadap performa mesin, memperpanjang waktu penggunaan, dan kemudahan perawatan. Trend untuk beralih kepada gas-based economy juga dilakukan pemerintah Indonesia. Dengan demikian, pada saat teknologi eksploitasi gas hidrat juga telah kita kuasai, akan semakin mudah bagi kita untuk melakukan proses peralihan ke penggunaan gas methan ini.

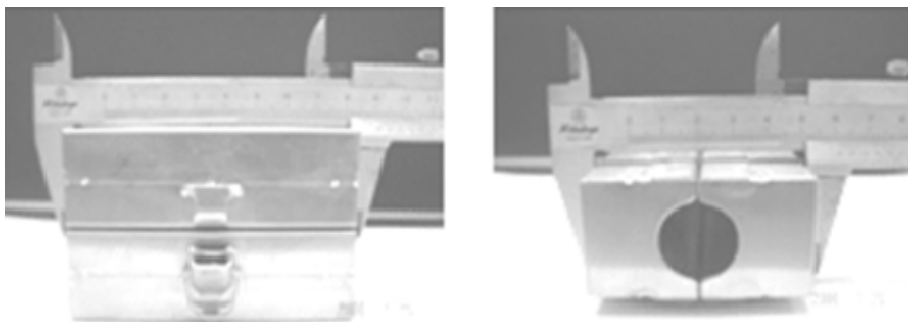
4.3.10. Magnet Portabel

Kenaikan harga dasar bahan bakar di akhir tahun 2005 menghantam segala sendi perekonomian dan kehidupan masyarakat Indonesia. Berbagai cara untuk menghemat energi pun telah dilakukan oleh masyarakat luas dan industri. Seperti mengganti dengan bahan bakar alternatif, melakukan pembatasan bepergian dengan kendaraan, dan banyak lainnya. Terutama di kota-kota besar, para pemilik kendaraan bermotor mencoba untuk berhemat dalam menggunakan bahan bakar kendaraannya. Namun tidak dapat disangkal, pelayanan angkutan umum masih dirasa sebagian warga kota belum nyaman dan aman untuk digunakan. Tak pelak lagi pemakaian kendaraan pribadi untuk keperluan ke kantor, berbelanja, dan bertamasya tidak dapat dihindarkan. Untuk itu tindakan cerdas untuk melakukan penghematan bahan bakar kendaraan menjadi sesuatu yang penting. Magnet, kita tahu belum banyak digunakan untuk keperluan sehari-hari kecuali untuk keperluan industri dan peralatan elektronik. Dalam tulisan ini ditampilkan penggunaan magnet portabel untuk menghemat bahan bakar pada kendaraan bermotor, dalam percobaan kali ini diaplikasikan untuk motor diesel.

a. Dasar Teori

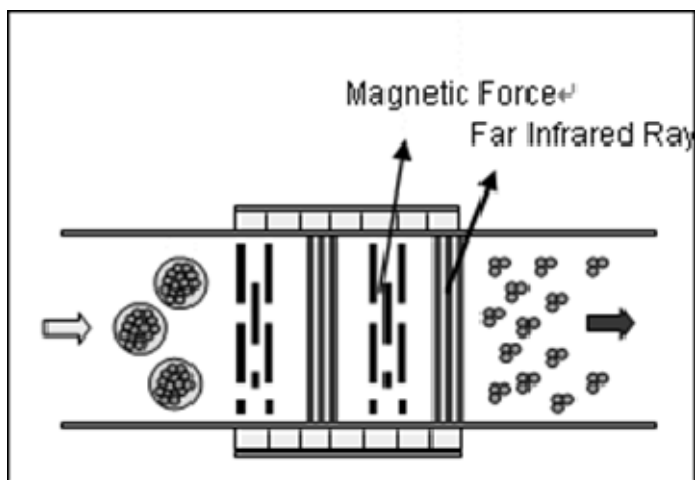
Magnet portabel yang digunakan dapat dilihat dalam Gambar 1. Ukuran magnet portabel ini dirancang untuk diletakkan di pipa bahan bakar antara tangki service dan motor diesel untuk kendaraan bermotor. Untuk kedepan diperuntukkan juga untuk kendaraan bermotor dengan bahan bakar premium. Dari photo dapat dilihat, bagian tengah yang berlubang adalah tempat meletakkan pipa bahan bakar yang dimaksud. Magnet portabel ini berukuran 9x6x3.5 cm, dan

dapat dipasang dan dilepas sesuai keinginan pemakai. Magnet portable ini dilapisi dengan bahan aluminium. Dalam percobaan ini kami menggunakan 2 tipe magnet, yang pertama magnet dengan kekuatan 2000 gauss dan berikutnya adalah 4200 gauss.



Gambar 17. Photo penampang magnet portable

Penggunaan magnet ditujukan untuk membantu proses ionisasi di dalam bahan bakar. Ionisasi ini diperlukan agar bahan bakar dapat dengan mudah mengikat oksigen selama proses pembakaran. Jika proses ionisasi ini terjadi dengan baik maka konsumsi bahan bakar akan berkurang karena sedikitnya produk unburned hydrocarbon hasil proses pembakaran bahan bakar. Ukuran struktur molekul bahan bakar akan berubah menjadi ikatan yang lebih kecil setelah bahan bakar terpengaruh magnetisasi. Ukuran molekul yang lebih kecil ini secara langsung akan berakibat pada semakin mudahnya proses pembakaran dalam ruang bakar. Dengan kata lain proses magnetisasi pada bahan bakar akan membuat pembakaran lebih sempurna. Visualisasi proses dapat digambarkan dalam Gambar di bawah ini.



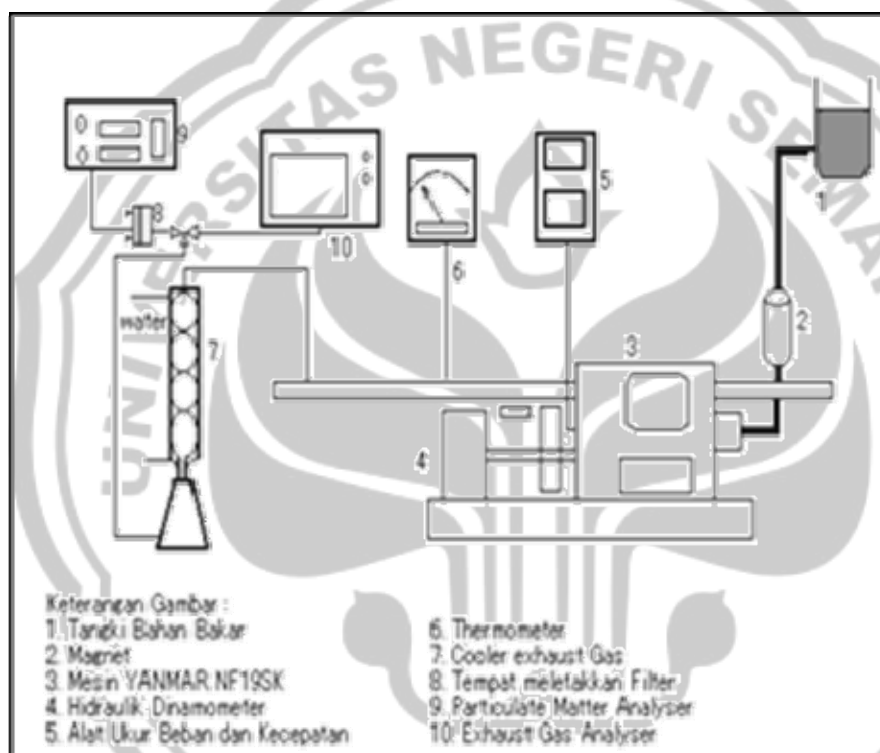
Gambar 18. pengaruh magnet terhadap bahan bakar

Bahan bakar masuk ke dalam ruang magnet dari arah kiri (lihat Gambar 18). Kekuatan magnetisasi didalam magnet portable menyebabkan terpecahnya ikatan karbon dalam bahan bakar menjadi bagian-bagian kecil ikatan, sementara itu Far Infrared Ray memperkuat ikatan-ikatan kecil tadi dan memposisikan ikatan tersebut secara beraturan. Ikatan kecil dan beraturan inilah yang menyebabkan mudahnya oksigen bereaksi dengan bahan bakar pada proses pembakaran.

b. Pelaksanaan Percobaan

Percobaan dilakukan di laboratorium energi (Energy Engineering Research Laboratorium), Fakultas Maritim, Kobe University, Jepang. Mesin diesel injeksi langsung (Direct engine) tipe NF-19 SK (Horizontal Single Cylinder 4 stroke Diesel Engine: YANMAR NF 19SK) digunakan dalam percobaan. Batasan beban mesin yang digunakan sebagai patokan adalah beban 25% mewakili kondisi idle (kondisi beban mula) dan beban 85% mewakili kondisi Service (kondisi kerja optimum). Kondisi beban penuh tidak dilakukan karena kondisi mesin kurang dapat dipacu pada beban tersebut Banyaknya titik sampling yang diambil adalah 7

titik sampel dengan masing masing titik sampel 1200 rpm, 1350 rpm, 1500 rpm, 1650 rpm, 1800 rpm, 1950 rpm, 2100 rpm, dengan pengambilan data percobaan di tiap titik sebanyak 5 kali. Bahan bakar Marine diesel (Marine Diesel Oil) digunakan dalam percobaan. Bahan bakar dialirkan dari tangki service dan melalui pipa bahan bakar menuju motor diesel, pada pipa bahan bakar tersebut diletakkan magnet portabel. Untuk jelasnya dapat dilihat dalam Gambar berikut.



Gambar 19. diagram percobaan dengan magnet portable

Dilakukan tiga kondisi percobaan dalam pengambilan sampel. Kondisi tanpa menggunakan magnet (normal), menggunakan magnet 2000 gauss (2000G) dan menggunakan magnet 4200 gauss (4200G). Detail mesin dan bahan bakar yang digunakan dalam percobaan dapat dilihat dalam Tabel di bawah ini.

Item	Penjelasan
Cylin. Bore and stroke	? 110 x 106
Maximum Volume	1007 cm?
Maximum Power	19.0 PS/ 2400 rpm
Rated Continous Power	16.0 PS/ 2400 rpm
Colling System	Radiator
Weight	192 kg

Tabel 4. Data motor diesel

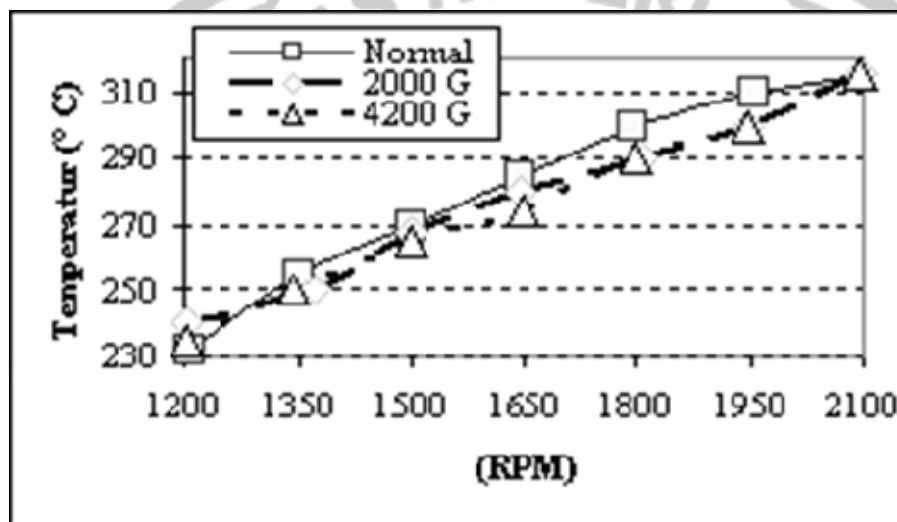
Fuel Oil	Marine Oil
Density of Fuel Oil	844 kg/m?
Carbon Content	86.50%
Calorific Heating Value	45130 kJ/Kg
Water content	12.70%
Nitrogen Content	0.02%
Sulfur Content	0.733 m/m%

Tabel 5. Spesifikasi bahan bakar

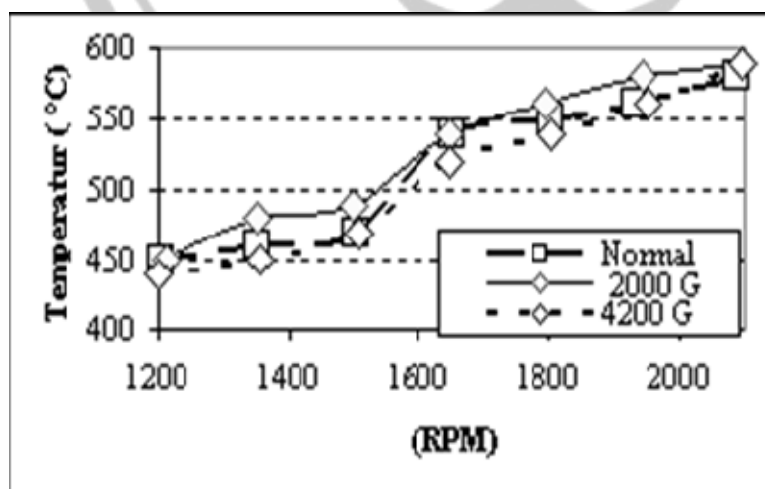
c. Hasil Percobaan

1. Temperatur Gas Buang

Analisa perubahan temperatur dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan yang terjadi akibat adanya perbedaan kondisi perlakuan terhadap bahan bakar. Temperatur akan meningkat sesuai dengan peningkatan kecepatan kerja mesin. Pada percobaan ini diambil 3 kondisi yaitu : normal, menggunakan magnet 2000 gauss, dan menggunakan magnet 4200 gauss.



Gambar 20. Temperatur gas buang beban 25%

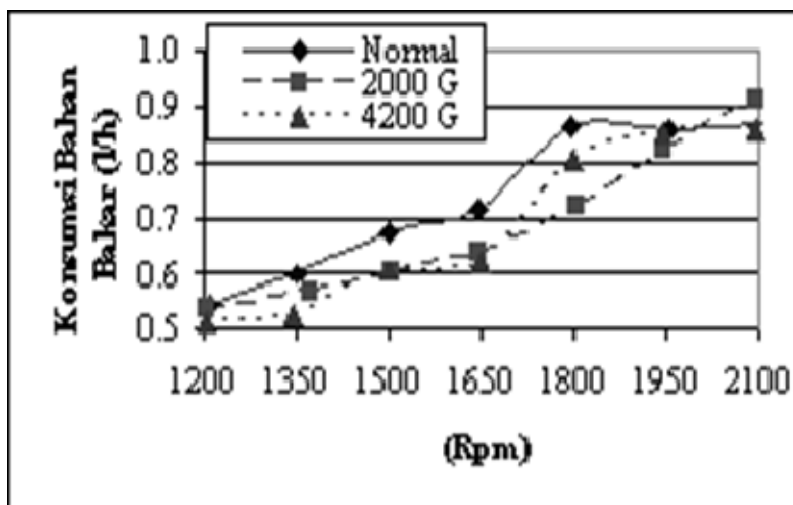


Gambar 21. Temperatur gas buang beban 85%

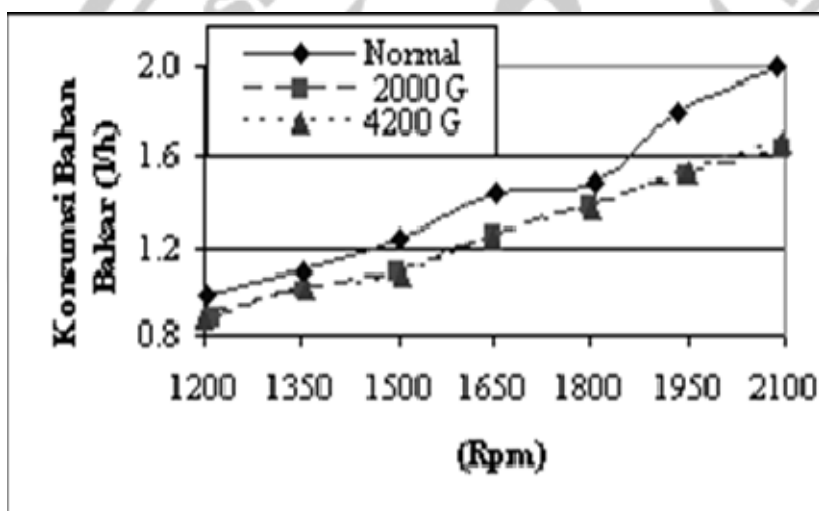
Temperatur yang diukur pada gas buang naik mengikuti pertambahan kecepatan pada motor, seperti terlihat pada Gambar 20 dan 21. Hal ini terjadi karena konsumsi bahan bakar naik mengikuti besarnya beban bekerja pada Diesel. Bahan bakar yang diberi magnet memungkinkan terjadinya pemotongan rantai hidrokarbon yang menyebabkan terbentuknya ion yang memudahkan dalam mengikat oksigen, sehingga pembakaran berjalan lebih baik. Penurunan temperatur dapat diprosentasikan sebagai berikut : Pada beban 25% adalah 1.21% (magnet 2000 G) dan 1.89% (magnet 4200G), Sedangkan pada beban 85% adalah 2.86% (magnet 2000G) dan 3.035% (magnet 4200G).

2. Konsumsi bahan bakar (FOC)

Besarnya konsumsi bahan bakar (Fuel Oil Consumption / FOC) yang dibutuhkan selama proses operasional motor diesel merupakan salah satu parameter patokan dalam pemilihan diesel. Biasanya dicari Diesel dengan daya yang besar tetapi sedapat mungkin kecil dalam konsumsi bahan bakar, sehingga biaya operasional akan dapat ditekan. Dengan digunakannya magnet dalam pipa aliran bahan bakar, menyebabkan pengikatan atom oksigen oleh bahan bakar pada saat proses pembakaran menjadi lebih mudah. Pada akhirnya pembakaran lebih sempurna dan konsumsi bahan bakar menurun.

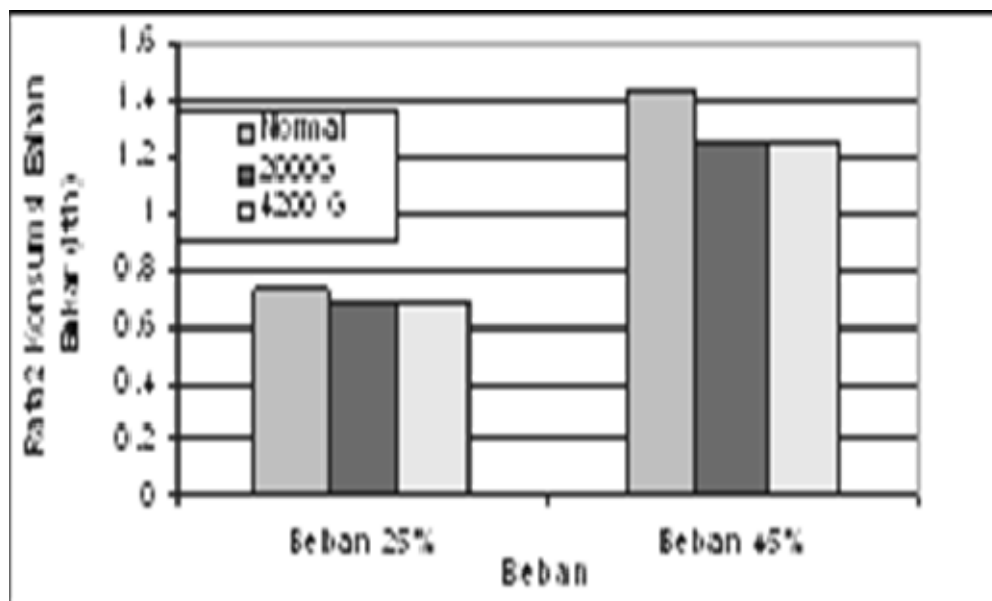


Gambar 22. Konsumsi bahan bakar pada beban 25%



Gambar 23. Konsumsi bahan bakar pada beban 85%

Dari Gambar 6 dan 7 dapat diketahui manfaat penggunaan magnet yang digunakan dalam pipa aliran bahan bakar dalam mengurangi konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan dalam proses operasional Diesel. Dari percobaan berhasil didapatkan prosentase besarnya penurunan konsumsi bahan bakar.



Grafik 3. Rata-rata konsumsi bahan bakar

Dari Grafik 3, prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada beban 25% sebesar 7.05% (magnet 2000 G) dan 8.28% (magnet 4200G), Sedangkan pada beban 85% sebesar 13.11% (magnet 2000G) dan 13.55% (magnet 4200G).

Dari pembahasan di atas dapat dikatakan bahwa dengan penggunaan magnet pertabel ini konsumsi bahan bakar akan dapat ditekan. Walaupun dalam prosentase terlihat penurunan yang rendah (dibawah 15%) namun dari segi penghematan bahan bakar penggunaan alat ini dapat dijadikan rujukan. Satu hal yang penting adalah pemilihan kekuatan magnetisasi alat ini karena akan menentukan harga magnet.

Percobaan penggunaan magnet portabel pada motor diesel menunjukkan performa yang positif pada motor diesel yang diuji. Dengan menggunakan magnet, temperatur gas buang dapat diturunkan, pada akhirnya akan berpengaruh pada karakteristik gas buang. Penggunaan

magnet portabel ini pun menunjukkan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 13-14% pada kondisi beban normal. Penelitian lanjutan sangat diperlukan untuk menjadikan alat magnet portabel ini benar-benar layak digunakan di masyarakat umum, terutama untuk aplikasi pada motor berbahan bakar premium.

4.3.11. Matahari

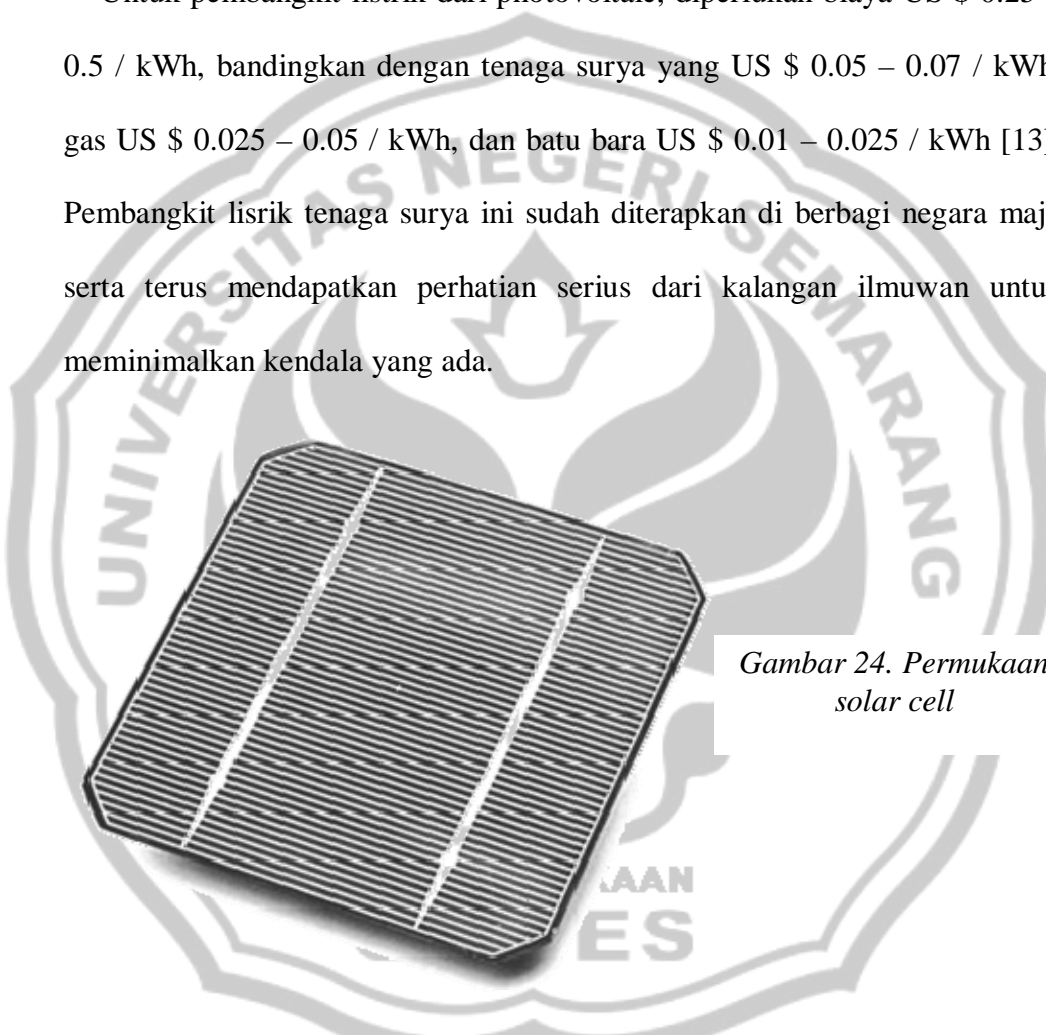
Energi yang berasal dari radiasi matahari merupakan potensi energi terbesar dan terjamin keberadaannya di muka bumi. Berbeda dengan sumber energi lainnya, energi matahari sangat mudah dijumpai di seluruh permukaan bumi. Pemanfaatan radiasi matahari sama sekali tidak menimbulkan polusi ke atmosfer. Perlu diketahui bahwa berbagai sumber energi seperti tenaga surya, bio-fuel, tenaga air, dsb, sesungguhnya juga berasal dari energi matahari.

Pemanfaatan radiasi matahari umumnya terbagi dalam dua jenis, yakni termal dan photovoltaic. Pada solar termal, radiasi matahari digunakan untuk memanaskan fluida atau zat tertentu yang selanjutnya fluida atau zat tersebut dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik. Sedangkan pada photovoltaic, radiasi matahari yang mengenai permukaan semikonduktor akan menyebabkan loncatan energi yang selanjutnya menimbulkan arus listrik. Karena tidak memerlukan instalasi yang rumit, photovoltaic lebih banyak digunakan.

Sebagai negara tropis, Indonesia diuntungkan dengan intensitas radiasi matahari yang bersinar sepanjang tahun, yakni dengan intensitas harian rata-

rata sekitar 4.8 kWh/m² (Setyo, 2005). Meski terbilang memiliki potensi yang sangat besar, namun pemanfaatan energi matahari untuk menghasilkan listrik masih dihadang oleh dua kendala serius, yaitu: rendahnya efisiensi (berkisar hanya 10%) dan mahalny biaya per-satuan daya listrik.

Untuk pembangkit listrik dari photovoltaic, diperlukan biaya US \$ 0.25 – 0.5 / kWh, dibandingkan dengan tenaga surya yang US \$ 0.05 – 0.07 / kWh, gas US \$ 0.025 – 0.05 / kWh, dan batu bara US \$ 0.01 – 0.025 / kWh [13]. Pembangkit listrik tenaga surya ini sudah diterapkan di berbagai negara maju serta terus mendapatkan perhatian serius dari kalangan ilmuwan untuk meminimalkan kendala yang ada.



Gambar 24. Permukaan solar cell

Fuel cell, mungkin sudah tidak asing ditelinga kita. Dewasa ini seiring dengan makin mahalny, terbatasny minyak bumi dan efek rumah kaca yang sudah mengglobal, pemakaian energi alternatif yang ramah lingkungan dan sustainable sangatlah diperlukan. Salah satunya adalah energi hydrogen. Hydrogen merupakan salah satu zat kimia yang penting di dunia, yang dikonsumsi

di dunia mencapai 50 juta ton/tahunnya. Untuk mengubah hydrogen, yang memiliki *energy carrier*, untuk menjadi listrik, diperlukan sebuah alat yang dinamakan fuel cell.

Pada kesempatan kali ini akan dicoba dibahas tentang fuel cell, mulai dari sejarahnya hingga perkembangan saat ini dengan menggunakan bahasa yang sederhana. Semoga bermanfaat.

a. Prinsip Fuel cell

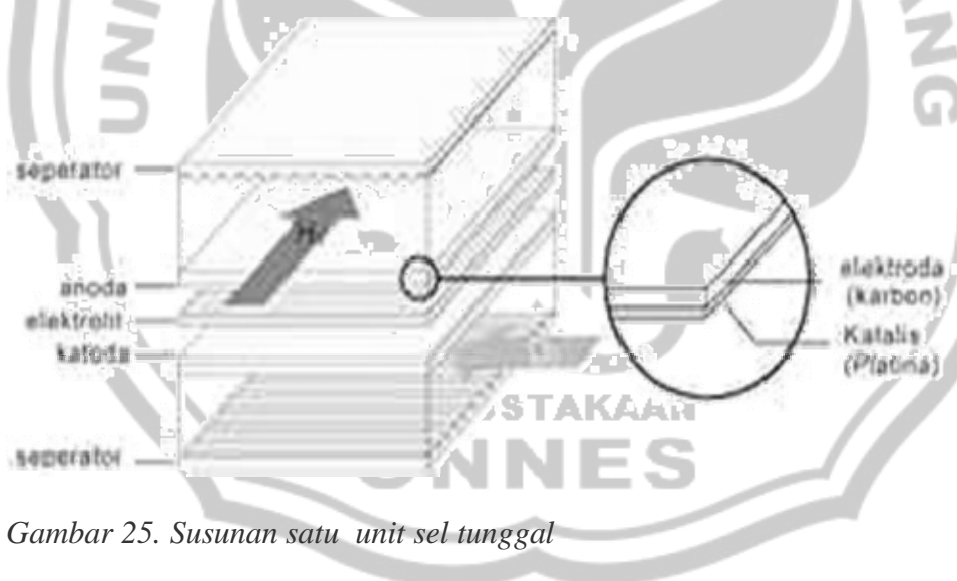
Mungkin kita masih ingat dengan sel volta ketika pelajaran SMU. Prinsip fuel cell sendiri sangatlah mirip dengan sel volta yaitu mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Bagian terpenting pada Fuel cell adalah 2 lapis elektroda dan elektrolit. Elektrolit disini adalah zat yang akan membiarkan ion lewat, namun tidak halnya dengan elektron.

Pada anoda, H_2 dialirkan, kemudian platina (Pt) yang terdapat pada anoda akan bekerja sebagai katalis, yang kemudian akan “mengambil” elektron dari atom hidrogen. Kemudian, ion H^+ yang terbentuk akan melewati elektrolit, sedangkan elektron tetap tertinggal di anoda. Pada katoda, oksigen dialirkan. Kemudian, ion H^+ yg melewati elektrolit akan berikatan dengan oksigen menghasilkan air dengan bantuan platina yg terkandung pd katoda sebagai katalis. Reaksi ini akan berlangsung jika ada elektron. Pada anoda terdapat elektron, sedangkan pada katoda membutuhkan elektron. Sehingga, jika anoda dan katoda dihubungkan maka elektron akan mengalir. Hal ini lah yang menjadi prinsip dasar dari fuel cell.

b. Unit Fuel Cell

1 unit fuel cell yang terdiri atas 2 buah Pt Elektroda dan elektrolit disebut sel tunggal. Tegangan yang diperoleh dari 1 buah sel tunggal ini berkisar 1 volt , sama dengan sel kering. Untuk mampu menghasilkan tegangan yang tinggi/yang diinginkan maka sel tersebut bisa disusun secara seri/pararel. Kumpulan dari banyak sel tunggal ini disebut *stack*. Utk membuat *stack*, selain dibutuhkan sel tunggal, juga diperlukan sel seperator.

Agar bisa digunakan pada hp, diperlukan beberapa single cell. Sedangkan utk penggunaan rumah tangga diperlukan 20 lebih dan utk mobil diperlukan 200 lebih single cell. Sehingga Pt elektroda, elektrolit, dan sel separator yang dibutuhkan ikut meningkat. Saat ini harga dari bahan2 tersebut sangatlah mahal. sehingga utk diterapkan pada mobil masih terbilang mahal.



Gambar 25. Susunan satu unit sel tunggal

c. Sejarah Fuel Cell

Fuel cell ditemukan oleh Francis Bacon (1904-1992), *engineer* kelahiran Inggris. Bacon yang memulai penelitiannya sejak tahun 1930, menemukan fuel cell dengan basa (KOH) sebagai elektrolitnya, yang kemudian disebut alkaline fuel cell (fuel cell tipe basa). Berselang setelah ditemukan *alkaline fuel cell*, di

tahun 1950-an, Perusahaan Amerika, General Electric (GE), berhasil mengembangkan fuel cell tipe baru, dengan polimer membran sebagai elektrolitnya, yang kemudian disebut PEFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell). PEFC yang ditemukan oleh GE mampu menghasilkan daya sekitar 1 KWatt, dan memiliki keunggulan pada design, lebih *compact*, bila dibandingkan fuel cell yang ditemukan oleh F Bacon saat itu.

Fuel Cell mulai mendapat perhatian, ketika NASA mulai menggunakan fuel cell buatan GE sebagai sumber energi pada komputer dan alat komunikasi-nya pada tahun 1965. Masih ingat dengan Apollo 11, pesawat yang berhasil membawa Neil Armstrong dan dua awak lainnya sebagai manusia pertama yang menginjakkan kaki di bulan pada tahun 1969. Ternyata pada Apollo 11 pun telah terpasang fuel cell didalamnya. Fuel cell yang digunakan saat itu adalah alkaline fuel cell, yang dayanya lebih besar dibanding buatan GE.

Fuel cell yang sering digunakan pada *space shuttle* adalah *alkaline fuel cell*. fuel cell ini selain sebagai sumber listrik di dalam pesawat juga bermanfaat sebagai sumber air minum bagi awak pesawat luar angkasa. Namun, air dan oksigen yang digunakan harus memiliki tingkat kemurnian tinggi.

d. Tipe Fuel Cell

Sejak dipergunakan untuk pengembangan eksplorasi luar angkasa oleh NASA, fuel cell mulai mendapat perhatian khusus dari para peneliti. Hingga saat ini, telah muncul berbagai macam jenis fuel cell.

Berdasarkan atas perbedaan elektrolit yg digunakan, fuel cell dapat dibagi menjadi 4 tipe. Keempat tipe tersebut, suhu dan skala energi yang dihasilkan pun berbeda.

4 tipe tersebut kemudian bisa dipisah menjadi 2, yaitu yang bekerja pada suhu tinggi (dua tipe) dan pada suhu rendah (2 tipe)

Tipe pada suhu tinggi adalah **MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell)** dan **SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)**. Kedua tipe ini berkerja pada suhu 500-1000 C. Pada suhu tinggi, kecepatan reaksi bisa berlangsung cepat, sehingga pada fuel cell tipe ini tidak diperlukan katalis (Pt). Namun pada suhu tinggi pula, diperlukan bahan yang mempunyai durability bagus dan tahan akan korosi.

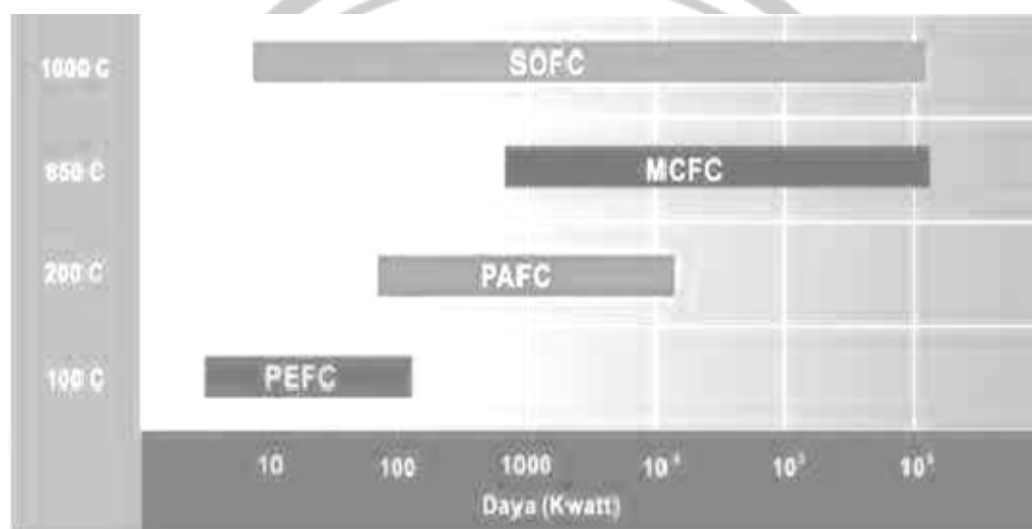
MCFC bekerja pada suhu 650 C, dan elektrolit yang digunakan adalah garam karbonat (Li_2CO_3 , K_2CO_3 , dll) dalam bentuk larutan. Sedangkan **SOFC**, bekerja pada suhu 1000 C, dengan keramik padat (misal, ZrO_2) sebagai elektrolitnya. **MCFC** dan **SOFC** sendiri hingga saat ini masih tahap laboratorium, dan belum dikomersilkan. Diharapkan di masa depan bisa diterapkan dalam skala besar. Dan apabila teknologi dimana suhu kerja bisa diturunkan berkembang, bukan tidak mungkin kelak kedua fuel cell tipe ini bisa diterapkan dalam skala rumah tangga.

Sedangkan untuk tipe suhu rendah adalah **PAFC (Phosphoric acid Fuel Cell)** dan **PEFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell)**. Pada kedua tipe ini, berkerja pada suhu dibawah 200 C. keunggulan pada tipe ini adalah waktu utk mengaktifkannya cukup cepat dan bisa diterapkan dalam skala kecil. Namun, karena memerlukan Pt, yg harganya cukup mahal, sbg elektroda, maka biayanya pun menjadi mahal.

PAFC bekerja pada suhu 200 C, dan asam fosfat (H_3PO_4) sebagai elektrolitnya. Ditemukan pada tahun 1967, dan sejak tahun 1980-an, khususnya di

Jepang dan Amerika, mulai dipergunakan pada hotel, rumah sakit, dan lain lain. Diantara 4 tipe fuel cell, tipe inilah yang paling cepat untuk dikomersilkan.

PEFC bekerja pada suhu dibawah 100 C, membran polimer sebagai elektrolitnya. Karena menggunakan lapisan tipis membran polimer, ukuran secara keseluruhan sangatlah kecil. Dewasa ini, penggunaan fuel cell tipe ini sudah cukup luas digunakan, mulai dari mobil hingga hp.



Grafik 4. Perbandingan daya yang dihasilkan dari 4 tipe fuel cell

e. Keunggulan fuel cell

Jika berbicara tentang keunggulan fuel cell, maka salah satunya adalah tingkat efisiensi energi yang dihasilkan. Jika pada pembangkit listrik tenaga termal, suhu pembakaran sekitar 550 C, secara teoritis memiliki tingkat efisiensinya maksimal 60 %. Namun untuk fuel cell yang menggunakan hydrogen sebagai sumber energinya, pada suhu kamar pun, secara teoritis memiliki tingkat efisiensi mencapai 83 %.

Kenapa tingkat efisiensi dari fuel cell, bisa tinggi? Agar lebih mudah dipahami mungkin kita bisa mengambil contoh dari perbandingan filamen pada bohlam dan LED (Light Emitting Dioda).

Filamen pada lampu bohlam, akan mengubah energi listrik menjadi energi panas terlebih dahulu. Kemudian dari energi panas diubah menjadi energi cahaya. Namun energi panas yang seharusnya diubah menjadi energi listrik, kebanyakan lolos keluar menuju lingkungan. Hal ini dapat dirasakan dengan memegang lampu bohlam yang terasa hangat. Sedangkan pada LED, energi listrik segera diubah menjadi energi cahaya, tanpa diubah terlebih dahulu menjadi energi panas. Sehingga daya yang hilang dan konsumsi daya dari LED sangat kecil bila dibanding lampu bohlam.

Seperti halnya contoh diatas, pada pembangkit listrik tenaga thermal, bahan bakarnya terlebih dahulu diubah menjadi energi panas (dibakar), kemudian baru diubah menjadi energi listrik. Dengan perlakuan seperti itu, resiko loss (kehilangan) akan sangat besar, khususnya ketika perubahan energi panas menjadi energi listrik, banyak energi panas yang lolos. Hal inilah penyebab rendahnya efisiensi pada pembangkit listrik tenaga thermal.

Berbeda dengan pembangkit listrik tenaga thermal, pada fuel cell, bahan bakar (hidrogen) secara langsung diubah menjadi energi listrik tanpa melewati perubahan ke energi panas terlebih dahulu. Hal ini lah yang menyebabkan tingkat efisiensi pada fuel cell tinggi.

f. Katalis pada Fuel Cell

Kendala terbesar pada fuel cell adalah terletak pada biaya, akibat mahalanya platina. Sebagai gambaran, pada PEFC, salah satu tipe fuel cell, yang digunakan pada mobil/rumah tangga (dengan daya 100 K Watt) dibutuhkan sekitar 100 gram platina. Jika seandainya harga platina saat ini sekitar 8000 yen (sekitar Rp 620.000) maka untuk 100 gram platina berkisar 800.000 yen (sekitar 62 juta). Sangat lah mahal.

Selain itu diperkirakan platina yang terkandung di bumi hanya berkisar 28.000 ton. Sehingga bisa disimpulkan apabila tidak ditemukan alternatif pengganti platina, yang jumlahnya sangat terbatas dan harganya yang sangat mahal, maka fuel cell tinggallah mimpi belaka.

Untuk itu, ada beberapa cara yang dikembangkan. Salah satunya adalah dengan menghemat penggunaan platina, yaitu cukup digunakan partikel platina saja (diameter berkisar 2 nm) bukan logam secara keseluruhan. Partikel platina tersebut kemudian dilekatkan pada carbon yang telah dipadatkan dengan teknologi karbon nanotube. Dengan perkembangan nanoteknologi saat ini, muncul teknologi karbon nanohorn yang dikembangkan oleh perusahaan jepang, NEC, yang mampu memperluas permukaan partikel platina sehingga meningkatkan daya yang dihasilkan (output) sekitar 20 %.

Cara lainnya adalah menggantikan platina dengan logam lain. Salah satu logam yang potensial adalah perpaduan kobalt dengan nikel. QuantumSphere Inc., perusahaan yang berbasis di California, mengklaim berhasil mengembangkan

nanomaterial nikel-kobalt yang mampu menggantikan penggunaan platina pada fuel cell. Dan mampu menghemat biaya pembuatan fuel cell hingga 50 %.

Namun perlu pengorbanan kecil pada performance dari fuel cell. Sebagai perbandingan, jika menggantikan platina pada katoda secara keseluruhan ($7.7 \text{ mikrogram/cm}^2$) dengan nikel-kobalt, akan menghemat biaya 90% namun performance, dibanding platina murni, turun 27 %.

g. Pemanfaatan Fuel Cell saat ini dan masa datang

Sebagai contoh di Jepang adalah salah satu negara yang serius mengembangkan teknologi fuel cell ini. Mengingat Jepang bukanlah Negara yang kaya akan sumber daya alam, sehingga teknologi fuel cell ini menjadi salah satu harapan untuk sumber energi masa depannya.

Kementrian Ekonomi, Perdagangan dan Industri Jepang telah menargetkan penggunaan fuel cell di Jepang pada 5 juta mobil, dan diprediksikan akan mampu menghasilkan 10 juta kilo watt (utk konsumsi 1 juta rumah) pada tahun 2020. Sedangkan penggunaan fuel cell pada laptop, hp dan alat mobile elektronik lainnya diperkirakan akan mencapai 10 % pada tahun 2015.

Penerapan fuel cell sudah dimulai sejak tahun 2005 yang lalu. Khususnya pada skala rumah tangga. Di Jepang sendiri diperkirakan sudah terpasang sekitar 600 fuel cell skala rumah tangga. Namun untuk harga satu buah fuel cell saat ini bisa menghabiskan ratusan ribu yen (puluhan juta rupiah). Diharapkan pada tahun 2020 nanti, harganya bisa menjadi 1/10-nya [2].

Dengan adanya pemakaian fuel cell pada rumah tangga, maka sudah tidak diperlukannya lagi kabel pengalir listrik (dari pembangkit listrik ke rumah), sehingga loss dayanya menjadi nol. Selain itu, bila panas yang dihasilkan bisa dimanfaatkan lagi, salah satunya utk memanaskan air/ ofuro (kebiasaan merendam orang jepang di air panas) dengan koordinasi seperti ini, maka tingkat efisiensi pemanfaatan energi fuel cell bisa mencapai 80 %.

Untuk saat ini penggunaan fuel cell pada skala rumah tangga di jepang masih menggunakan gas alam sebagai bahan bakarnya. Dengan menggunakan system perpipaan gas yang sudah terpasang di setiap rumah, gas tersebut dialirkan kemudian akan diubah oleh suatu alat menjadi hidrogen dan baru kemudian dialirkan ke fuel cell. Dimasa depan, Jika hidrogen bisa dihasilkan secara massal, sama halnya dengan rute gas, dengan pembuatan rute hydrogen disetiap rumah hidrogen bisa dialirkan langsung ke fuel cell yang telah disetiap rumah.



Gambar 26. penampang solar sel berkekuatan 200 Watt

Selain pada rumah, fuel cell sudah mulai digunakan secara luas, salah satunya pada hand phone. Hp saat ini, khususnya di jepang, sudah mulai dilengkapi dengan berbagai macam fitur yang sangat tinggi, seperti MP3 player, TV, navigasi, dll. Sehingga untuk mampu menjalankan fitur2 tingkat tinggi maka diperlukan baterai dengan daya tinggi dan tahan lama. Apabila melihat perkembangan baterai saat ini (baterai litium) maka hal ini menjadi mustahil.

Yang diharapkan saat ini adalah fuel cell. Seandainya baterai hp saat ini digantikan dengan fuel cell dengan ukuran yang sama, mampu meningkatkan waktu guna hp minimal 10 kali lipat dibanding baterai lithium. Tidak hanya hp, penggunaan fuel cell saat ini sudah mulai diterapkan pada perangkat elektronik mobile lainnya, seperti laptop, dan digital kamera.



Gambar 27. konstruksi pemasangan solar sel 4 blok berdaya masing-masing 50 W

Jenis Fuel Cell yang banyak digunakan pada perangkat elektronik mobile adalah DMFC (Direct Methanol Fuel Cell). DMFC merupakan salah satu jenis PMFC, dengan methanol sebagai bahan bakarnya. Keunggulan dari DMFC ini, terletak pada methanol. Berbeda dengan hidrogen, yang sangat sulit untuk dibawa kemana-mana, methanol dapat disimpan dalam botol plastik sehingga dapat dibawa ketika berpergian.

Penggunaan fuel cell pun saat ini pun, sudah mulai merambah ke alat transportasi massal. Seperti Bis, dan yang baru-baru ini adalah pada kereta api. Pada tanggal 19 Oktober yang lalu, Japan Railway East melakukan uji coba kereta yang digerakkan oleh fuel cell, untuk pertama kalinya didunia. Kereta ini disebut NE Train (New Energy Train). Dengan fuel cell berdaya 65 K Watt dan 7 tank hydrogen yang terletak dibagian bawah dan baterai kedua yang terletak di atap, kereta ini hanya menghasilkan air sebagai limbahnya dan mampu jalan tanpa kabel. NE Train ini mampu berlari pada kecepatan maksimal 100 kph selama 50 sampai 100 km tanpa memerlukan pengisian ulang hidrogen. Pihak JR berharap pada 10-20 tahun mendatang, NE Train ini bisa digunakan secara luas pada commuter train di Jepang.

4.3.12. Nuklir

Kontribusi energi nuklir terhadap pasokan energi sekitar 6 % dan pasokan listrik sekitar 17 %. Densitas energi nuklir sangat tinggi dikarenakan dalam 1 kg uranium dapat menghasilkan 50.000 kWh (3.500.000 kWh dengan beberapa proses) energi, sementara 1 kg batu bara dan 1 kg minyak dapat memhasilkan

hanya 3 kWh dan 4 kWh. Kemudian pada sebuah reaktor berkekuatan 1000 MWe memerlukan : 2.600.000 ton batu bara (2000 kereta angkut dengan daya angkut 1.300 ton), atau 2,000,000 ton minyak bumi (10 supertanker), atau 30 ton uranium (dengan teras reaktor 10 m³). Densitas energi bisa di ukur dengan areal lahan yang diperlukan per unit produksi energi. Fosil dan lahan reaktor nuklir membutuhkan 1-4 km². Lahan solar thermal atau photovoltaics (PV) memerlukan 20-50 km². Areal bahan dari sumber angin memerlukan 50-150 km². Biomass memerlukan 4.000 - 6.000 km². Dalam aspek investasi dan faktor ekonomis, sebuah reaktor nuklir dapat bersaing secara kompetitif dengan sumber energi lainnya.



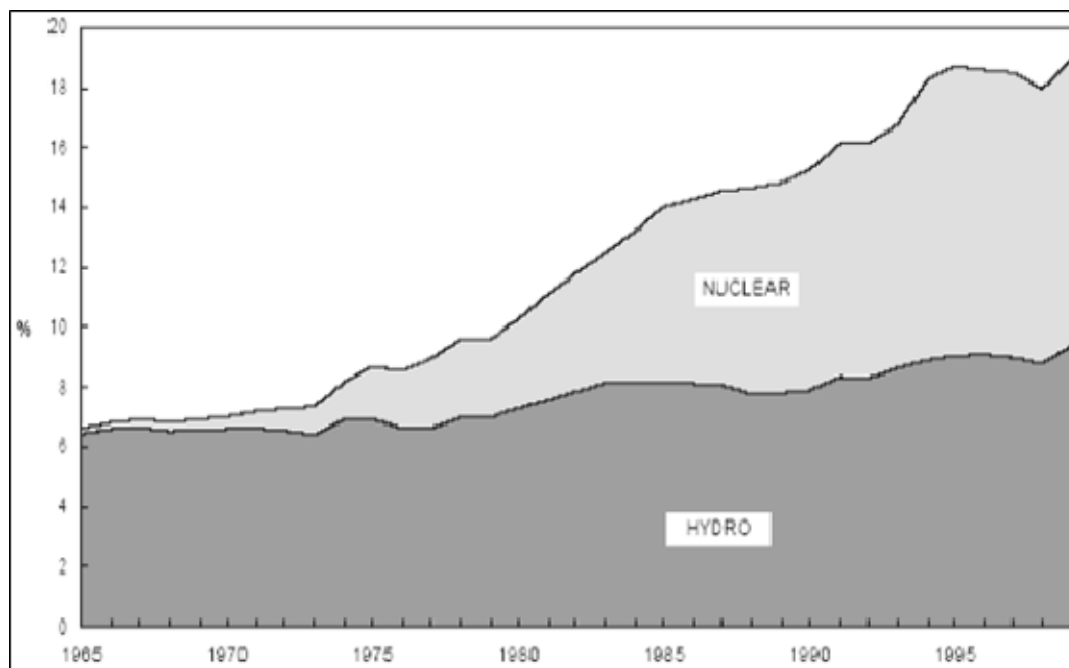
Grafik 5. External Costs produksi listrik

3. Limbah Bahan Bakar Fosil dan Nuklir

Pada Sebuah pembangkit listrik 1000 MWe dengan bahan fosil menghasilkan ribuan ton nitrous oxide(NO_x), partikel-partikel dan abu logam

berat, dan sampah padat berbahaya. Sekitar 500.000 ton produksi sulfur oksida (SO_x) dari batu bara, lebih dari 300.000 ton dari minyak bumi, dan 200.000 ton dari gas alam. Pada sebuah reaktor nuklir 1000 MWe tidak menghasilkan gas noxious atau polutan lainnya dan akan dihasilkan 3 % sampah hasil reaksi, yang sebagian besar adalah produk fisi. Sekitar 96% uranium yang tak terpakai dan menyisakan 1% plutonium. Teknologi daur ulang sudah dapat menjadikan bahan bekas menjadi bahan bakar yang baru dan menyisakan kurang dari 3% produk fisi dengan waktu paruh 100 sampai 1000 tahun dan beberapa minor actinida. Kemudian pertimbangan lainnya dalam berhubungan dengan bahan bakar fosil (minyak bumi, batu bara dan gas alam) adalah deteoriasi lingkungan dengan greenhouse dari gas keluaran.

Karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan NO_x adalah gas-gas utama yang meningkatkan efek greenhouse dari aktifitas manusia. Gambar 2 menunjukkan pengaruh pemanfaatan air dan nuklir terhadap pengurangan produksi CO₂. Sejak perjanjian Kyoto (Kyoto protocol) ditandatangani yang berkaitan dengan pengurangan emisi gas buang CO₂ terutama yang menjadi faktor terjadinya pemanasan global karena efek rumah kaca yang ditimbulkannya.



Gambar 28. Pengurangan gas emisi CO₂ dengan penggunaan energi Nuklir dan Air

Gas buang tersebut berasal dari pemanfaatan bahan bakar fosil untuk keperluan energi saat ini. Reaktor nuklir telah berhasil mengurangi sampai 20% emisi CO₂.

4. Perkembangan Pembangkit Tenaga Nuklir (NPP, Nuclear Power Plant)

Pada periode pertama penggunaan energi nuklir adalah untuk tujuan militer seperti halnya sebuah reaktor pendorong kapal selam (submarine) [9] milik US "Nautilus" dan senjata mematikan seperti bom atom yang pernah di jatuhkan di Hiroshima dan Nagasaki pada akhir perang dunia II. Pengembangan energi nuklir untuk tujuan sipil seperti reaktor nuklir untuk pembangkit daya dimulai secara intensif setelah konferensi Genewa "On the peaceful uses of atomic energy" yang di sponsori oleh UN (PBB) tahun 1955.

beberapa jenis reaktor nuklir dalam skala komersial. Reaktor tersebut dikategorikan menjadi 2 jenis, yaitu reaktor nuklir dengan proses reaksi fisi yang

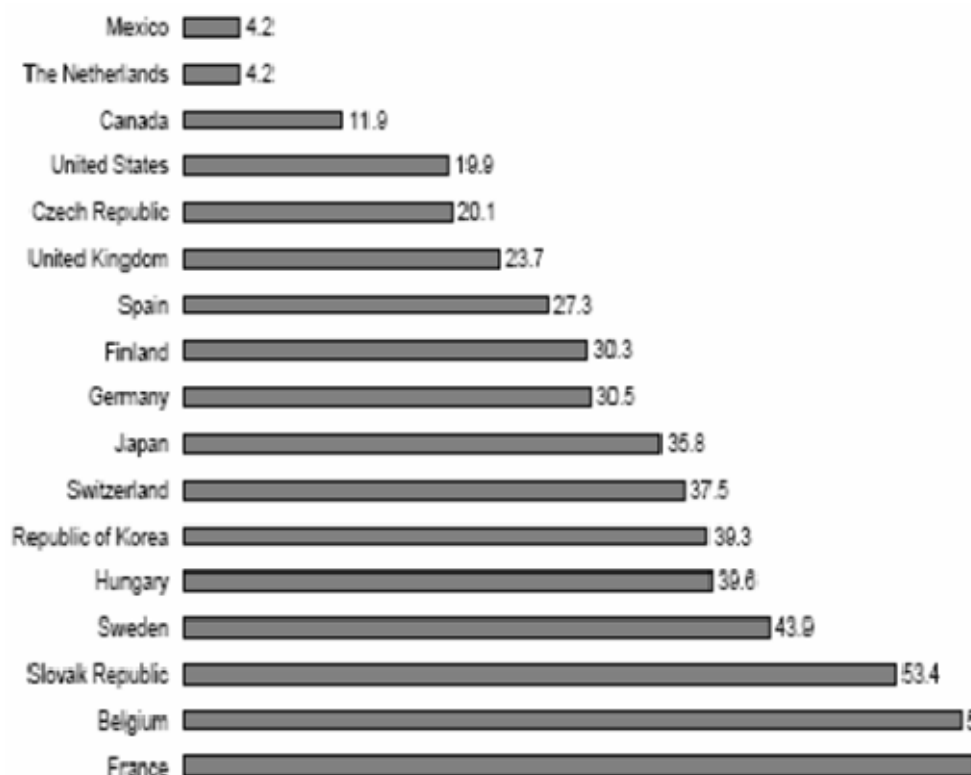
diakibatkan oleh neutron thermal, reaktor ini disebut reaktor thermal, dan reaktor nuklir dengan proses fisi yang terjadi pada energi neutron yang tinggi (fast neutron), reaktor ini disebut (fast reactor) reaktor cepat.

Reaktor cepat tidak memerlukan moderator, sementara reaktor thermal membutuhkan moderator untuk mengurangi energi neutron cepat menjadi neutron thermal. Tipe reaktor thermal yang ada banyak sekali, seperti reaktor berpendingin air ringan (light water moderated reactor atau LWR), reaktor berpendingin air berat (heavy water moderated reactor atau HWR), reaktor berpendingin gas (gas-cooled reactor), dan reaktor temperature tinggi berpendingin gas (high temperature gas-cooled reactor atau HTGR). Ada 2 tipe dari LWR yaitu pressurized water reactor (PWR) dan boiling water reactor (BWR). HWR untuk tujuan komersial ada 2 tipe utama, kadang kala di sebut pressurized heavy water reactor (PHWR) dan boiling light water reactors (BLWR).

Reaktor Canadian Deuterium Uranium (CANDU) nya Canada termasuk didalamnya dua tipe itu dan untuk steam-generating heavy water reactor (SGHWR) ada di Inggris dengan versi jenis BLWR. Reaktor FUGEN Jepang bisa di kategorikan sebagai BLWR, sejak penggunaan moderator dari air berat (heavy water) dan pendinginnya air ringan (light water). Gas cooled-reactors termasuk Magnox gas cooled reactor (GCR) dan advanced gas cooled-reactor (AGR). Kelompok HTTR terdiri dari HTGR dengan bahan bakar uranium disebut HTR, dan HTGR dengan berbahan bakar uranium dan thorium (THTR). Jenis lainnya terdapat di rusia yaitu graphite moderated light water reactor (RBMK).

Sejak tidak digunakannya moderator di reaktor jenis reaktor cepat yaitu fast breeder reactor (FBR), ukuran reaktor menjadi kecil, dengan laju transfer panas yang tinggi pada pendingin dengan logam cair (liquid metal) sebagai pendinginnya dan dengan peluang penggunaan gas helium bertekanan tinggi (high-pressure helium gas).

Reaktor berjenis LWR(PWR dan BWR) memiliki kinerja yang baik, dari faktor ekonomis dalam reaktor komersial, reliable dan mempunyai sistem keamanan reactor yang cukup mapan. Di dunia sudah terdapat banyak reaktor nuklir dibangun dan telah lama beroperasi dengan berbagai tipe [1]. Pada tahun 2000, sekitar 60% (256 dari 438 unit) dari Pembangkit tenaga nuklir terdiri dari reaktor PWR. BWR terdapat 21 % (92 dari 438 unit) pembangkit tenaga nuklir dunia. Lebih detail, Jepang mempunyai 52 NPP (nuclear power plant) dalam operasi, 23 adalah reaktor berjenis PWR dan 28 unit berjenis BWR. USA mempunyai 104 NPP yang beroperasi, 69 unit NPP berjenis PWR dan 35 berjenis BWR. Perancis mempunyai 57 NPP dalam operasi, 56 adalah berjenis PWR. Berdasarkan informasi di atas terlihat bahwa LWR di dunia masih terdepan dalam abad ini. Beberapa negara yang mempunyai NPP telah memberikan kontribusi energi listrik bagi kebutuhan negaranya, yang tergambarkan pada Gambar 3.



Gambar 29. Kontribusi energi nuklir terhadap energi nasional di beberapa Negara.

Dalam hubungannya dengan cadangan global sumber alam, untuk cadangan global uranium diperkirakan sekitar 4.36 juta ton. Kalau mengadopsi skenario saat ini dari daur ulang bahan bakar nuclear (nuclear fuel cycle) Amerika Serikat (US), yaitu dengan sistem daur ulang once through, dimana setelah bahan bakar yang telah digunakan di reaktor, akan dibuang ke sebuah daerah pembuangan khusus, oleh karenanya apabila digunakan sistem ini maka penggunaan uranium ini hanya dapat seluruhnya digunakan sampai 72 tahun. Akan tetapi jika kita mengadopsi dengan mendaur ulang atau memproses ulang bahan bakar yang telah digunakan, dan dengan ditambah kontribusi FBR (Fast Breeder Reactor) dengan jumlah yang signifikan terhadap jumlah NPP di dunia, semua sisa uranium dapat menjadi supply energi untuk ribuan tahun. Kemudian

juga diketahui terdapat 4 milyar ton uranium dalam konsentrasi rendah di lautan dan terdapat thorium sebanyak tiga kali jumlah uranium, dimana thorium ini bisa menjadi sumber bahan bakar nuklir yang lain di bumi ini. Oleh karena itu, energi nuklir dapat digunakan jutaan tahun.

5. Isu Global Teknologi Nuklir

Terdapat 3 isu global tentang pemanfaatan energi nuklir dan kita sejak sekarang harus mulai memikirkannya, yaitu: isu mengenai "Nuclear Safety" atau keselamatan reaktor nuklir, "nuclear non-proliferasi" atau pembatasan penggunaan bahan nuklir, dan "radioactive waste management" atau pengaturan sampah radioaktif. Untuk isu keselamatan reaktor nuklir, estimasi resiko pada kecelakaan reaktor yang beresiko tinggi menjadi resiko yang rendah dibandingkan dengan semua resiko pada kehidupan manusia umumnya. Kemajuan dalam keselamatan reaktor ini dapat diperoleh dengan usaha keras untuk mempertinggi dan pemeliharaan keselamatan reaktor, manajemen keselamatan dan sumber daya manusia.

Nuclear non-proliferasi yang berkaitan dengan pengaturan dan pembatasan penggunaan bahan nuklir harus dijamin tidak hanya pengukuran dan optimasi secara teknis tapi juga semua hal yang berkaitan dengan politik internasional [6]. Meskipun jumlah sampah radio aktif per unit produksi listrik dari NPP adalah relatif sangat kecil, toxic pada sampah radio aktif harus direduksi serendah mungkin, dalam rangka mendapatkan penerimaan publik secara lebih baik lagi dan mengurangi resiko dari serangan terror.

6. Fase Renaisans Energi Nuklir

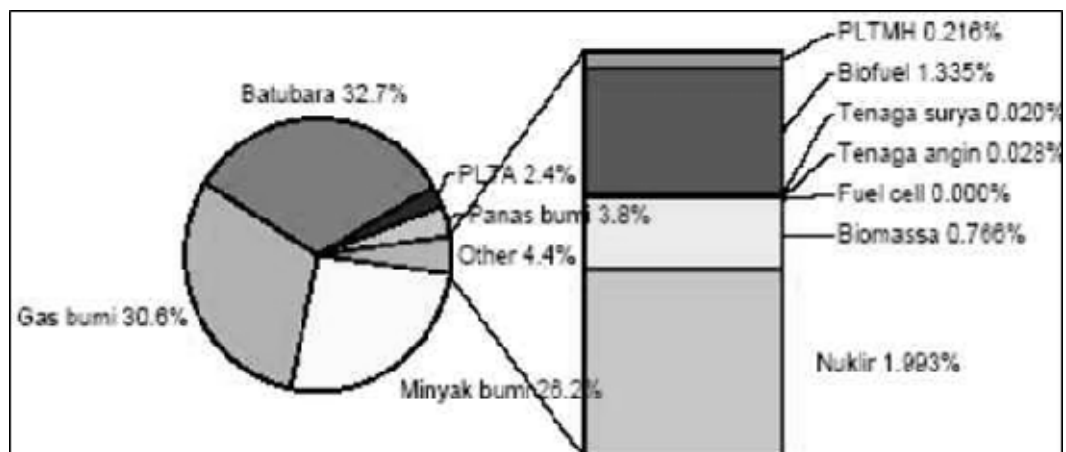
Kesadaran bersama akan pentingnya produksi energi yang berkesinambungan dengan bahan bakar yang terbaharukan serta ramah pada lingkungan merupakan tanggung jawab dan kebutuhan bersama. Energi nuklir pada gilirannya sudah mengalami fase regenerasi dari generasi I ke generasi ke II sampai Sekarang dan yang akan datang ke III dan ke IV. Berbagai inovasi telah dilakukan sehingga tidak hanya berkaitan pada level keamanan reaktor yang tinggi dan berlapis, manajemen sampah nuklir dan reprocessing, akan tetapi berkaitan dengan dapat digunakannya energi nuklir untuk berbagai kebutuhan lain seperti produksi hidrogen untuk kendaraan dan desalinasi air untuk kebutuhan sehari hari, hal ini bisa dilakukan dengan memanfaatkan kelebihan panas dari reaktor.

Pilihan energi nuklir sebagai salah satu opsi energi yang bersih disadari oleh salah seorang pendiri organisasi lingkungan dunia greepeace Dr. Patrick Moore, PhD, dia sampaikan pandangannya tersebut dalam Congressional Subcommittee on Nuclear Energy - April 28, 2005: "Nuclear energy is the only non-greenhouse gas-emitting power source that can effectively replace fossil fuels and satisfy global demand." [3] . Pandangan Moore mensiratkan adanya sebuah kesadaran ahli lingkungan hidup akan kebutuhan energi yang bersih dan berkesinambungan dengan memilih opsi energi nuklir. Dua penghargaan nobel untuk IAEA sebuah organisasi energi nuklir dunia dan ketuanya Muhammad Al-Baradei pada bulan oktober 2005 juga merupakan babak baru bagi perhatian dunia terhadap energi nuklir untuk keperluan damai dan keperluan sipil. Beberapa factor

di atas mengemuka dan menjadi fase baru "renaissance" bagi nuklir saat ini dan yang akan datang, hal tersebut juga terungkap dalam sebuah konferensi internasional di Jepang GLOBAL 2005 Nuclear energy system for future generation and global sustainability yang dihadiri oleh 32 negara dan lebih dari 500 peserta.

7. Kebijakan Energi Nasional

Konsep kebijakan energi mix nasional, dengan memasukan opsi energi nuklir terdapat dalam cetak biru energi nasional pada departemen energi Indonesia, guna memenuhi kebutuhan energi untuk pemenuhan listrik nasional dalam 1 dan 2 dasawarsa kedepan. Kebijakan energi mix untuk tahun 2025 masih di dominasi bahan bakar fosil dengan komposisi batubara 32,7 %, Gas bumi 30.6%, minyak bumi 26.2%, PLTA 2.4%, panas bumi 3.8% dan lainnya 4.4%. Energi nuklir masuk pada komposisi lainnya dengan kontribusi 1.993% terhadap kebutuhan energi nasional seperti dijelaskan pada Gambar 4. Sebenarnya aplikasi energi nuklir dalam bidang lainnya sudah lama berkontribusi, seperti pada bidang kesehatan, pangan, dan industri. Akan tetapi aplikasi energi nuklir dalam memenuhi kebutuhan listrik nasional baru dapat di adopsi dengan tahapan pembangunan tersebut.



Gambar 30. Kebijakan energi mix Nasional 2025: Skenario optimalisasi

Tahapan pembangunan dibagi pada 2 periode. Rencana pembangunan awal 2 reaktor dengan daya 1000 MWe dan 2000 MWe mulai beroperasi 2016 dan 2017. Periode kedua dengan 2 reaktor dengan daya 3000 MWe dan 4000 MWe dengan rencana operasi mulai 2023 dan 2024. Total daya yang diinginkan 10 GWe dengan harga per kWh.

Terkait rencana pembuatan PLTN di Semenanjung Muria yang akan dimulai proses tender pada 2007-2008, Sukarman menyatakan, saat ini sudah dilimpahkan rencana peraturannya kepada presiden. Akhir 2006 diharapkan dapat disetujui peraturan tersebut, sehingga proses persiapan realisasi PLTN dapat segera ditempuh. (NAW)

Sabtu, 8 Juli 2005 Himpunan Masyarakat Nuklir Indonesia (HIMNI) menyelenggarakan workshop bertemakan energi nuklir. Hadir dalam workshop bertajuk Prospek Energi Nuklir di Indonesia ini para praktisi, pemegang kepentingan, serta ahli di bidang nuklir. Workshop yang diselenggarakan di Ruang Konferensi Program Studi Fisika, FMIPA ITB ini memberikan pemaparan menyeluruh namun singkat mengenai implementasi teknologi nuklir, mulai dari

basis kebijakan pengembangan energi nuklir di Indonesia, prospek dan tantangan, teknologi reaktor, pembiayaan, hingga aspek sosial politik pengembangan energi nuklir di Indonesia.

Workshop ini dilatarbelakangi oleh munculnya kebijakan pasokan energi nasional dari energi nuklir sebesar dua persen pada tahun 2025. Wujud nyata dua persen sumber ini adalah pembangunan empat unit Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) di Semenanjung Muria. PLTN perdana akan mulai konstruksinya pada 2010 dan direncanakan mulai beroperasi pada 2016.

Pasokan energi nuklir yang persentasenya dua persen ini merupakan bagian dari skenario optimalisasi "energy mix" yang dikeluarkan oleh Pemerintah melalui Peraturan Presiden No. 5/2006 tentang Kebijakan Energi Mix Nasional. Indonesia memang menyadari bahwa kondisi eksisting perolehan sumber energi yang tergantung pada minyak tidaklah sehat. Karenanya kemudian disusunlah sebuah strategi berisi target penggunaan sumber-sumber lain selain minyak, gas, dan batu-bara.

Workshop ini dihadiri para pakar di bidang nuklir, seperti Ir. Ariwardojo, Deputi Kepala Badan Atom Nasional (Batan), Bidang Pengembangan Teknologi dan Energi Nuklir dan Dr. Zaki Su'ud, staf pengajar Program Studi Fisika, FMIPA ITB, seorang ahli reaktor nuklir.

Mantan Kepala Batan yang sekarang duduk sebagai anggota Dewan Pengawas HIMNI pusat Ir. Iyos Subki, M.Sc, mengungkapkan bahwa workshop ini memang luas dan hanya menyentuh permukaan. Setiap sub tema dari workshop ini bisa dijadikan seminar sehari, katanya sambil tertawa. Dr. Ari

Darmawan Pasek, Ketua HIMNI cabang Jawa Barat, yang sekaligus menjabat sebagai Kepala Pusat Rekayasa Industri ITB (dulu PAU, Pusat Antar Universitas) mengakui bahwa workshop ini luas dan hanya bisa menyentuh permukaan, namun dengan memberikan pemahaman menyeluruh justru menurutnya ini diharapkan menjadi pemicu kepedulian terhadap pengembangan energi nuklir di Indonesia. (*krisna* Institut Teknologi Bandung).



Gambar 31. Proses yang harus diperhatikan sebelum membangun PLTN.

4.3.13. Panas Bumi (Geothermal)

Sebagai negara yang terletak di daerah ring of fire, Indonesia diperkirakan memiliki cadangan tenaga panas bumi tak kurang dari 27 GW (Setyo 2005). Jumlah tersebut tidak jauh dari daya total pembangkitan listrik nasional yang saat ini mencapai 39.5 GW (Setyo 2005).

Pemanfaatan tenaga panas bumi di Indonesia masih sangat rendah, yakni sekitar 3%. Tenaga panas bumi berasal dari magma (yang temperaturnya mencapai ribuan derajat celcius). Panas tersebut akan mengalir menembus berbagai lapisan batuan di bawah tanah. Bila panas tersebut mencapai reservoir air bawah tanah, maka akan terbentuk air/uap panas bertekanan tinggi.

Ada dua cara pemanfaatan air/uap panas tersebut, yakni langsung (tanpa perubahan bentuk energi) dan tidak langsung (dengan mengubah bentuk energi).

Untuk uap bertemperatur tinggi, tenaga panas bumi tersebut dimanfaatkan untuk memutar turbin dan generator yang selanjutnya menghasilkan listrik. Sedangkan uap/air yang bertemperatur lebih rendah (sekitar 100°C) dimanfaatkan secara langsung untuk sektor pariwisata, pertanian, industri, dan sebagainya.

Dengan adanya UU No 27 Tahun 2003 tentang panas bumi serta inventarisasi data panas bumi yang telah dilakukan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, maka eksploitasi tenaga panas bumi ini akan segera direalisasikan untuk mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar fosil.

Panas bumi adalah anugerah alam yang merupakan sisa-sisa panas dari hasil reaksi nuklir yang pernah terjadi pada awal mula terbentuknya bumi dan alam semesta ini. Reaksi nuklir yang masih terjadi secara alamiah di alam semesta pada saat ini adalah reaksi fusi nuklir yang terjadi di matahari dan

juga di bintang-bintang yang tersebar di jagat raya. Reaksi fusi nuklir alami tersebut menghasilkan panas berorde jutaan derajat Celcius. Permukaan bumi pada mulanya juga memiliki panas yang sangat dahsyat, namun dengan berjalannya waktu (dalam orde milyar tahun) suhu permukaan bumi mulai menurun dan akhirnya tinggal perut bumi saja yang masih panas berupa magma dan inilah yang menjadi sumber energi panas bumi.

Energi panas bumi digunakan manusia sejak sekitar 2000 tahun SM berupa sumber air panas untuk pengobatan yang sampai saat ini juga masih banyak dilakukan orang, terutama sumber air panas yang banyak mengandung garam dan belerang. Sedangkan energi panas bumi digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik baru dimulai di Italia pada tahun 1904. Sejak itu energi panas bumi mulai dipikirkan secara komersial untuk pembangkit tenaga listrik.

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.

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 %

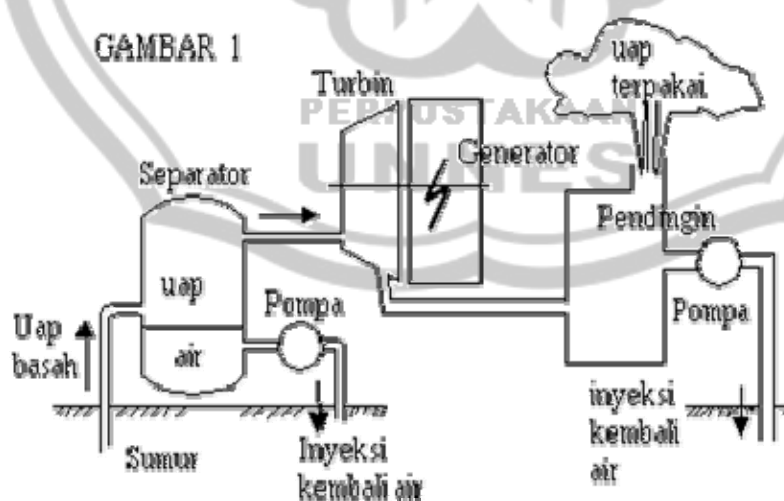
Tabel 6. Cadangan energi primer dunia

Sedangkan cadangan energi panas bumi di Indonesia relatif lebih besar bila dibandingkan dengan cadangan energi primer lainnya, hanya saja belum dimanfaatkan secara optimal. Selain dari pada itu panas bumi adalah termasuk juga energi yang terbarukan, yaitu energi non fosil yang bila dikelola dengan baik maka sumberdayanya relatif tidak akan habis, jadi amat sangat menguntungkan.

Energi panas bumi yang ada di Indonesia pada saat ini dapat dikelompokkan menjadi:

1. Energi panas bumi "uap basah"

Pemanfaatan energi panas bumi yang ideal adalah bila panas bumi yang keluar dari perut bumi berupa uap kering, sehingga dapat digunakan langsung untuk menggerakkan turbin generator listrik. Namun uap kering yang demikian ini jarang ditemukan termasuk di Indonesia dan pada umumnya uap yang keluar berupa uap basah yang mengandung sejumlah air yang harus dipisahkan terlebih dulu sebelum digunakan untuk menggerakkan turbin.



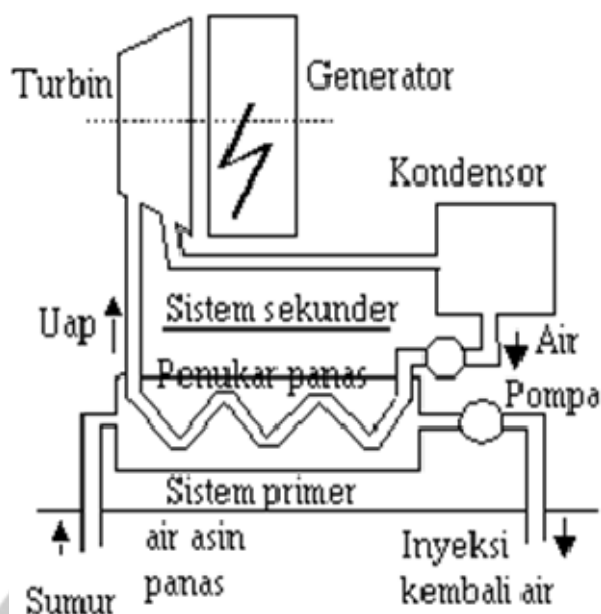
Gambar 32. Pembangkitan tenaga listrik dari energi panas bumi "uap basah".

Uap basah yang keluar dari perut bumi pada mulanya berupa air panas bertekanan tinggi yang pada saat menjelang permukaan bumi terpisah menjadi kira-kira 20 % uap dan 80 % air. Atas dasar ini maka untuk dapat memanfaatkan jenis uap basah ini diperlukan separator untuk memisahkan antara uap dan air. Uap yang telah dipisahkan dari air diteruskan ke turbin untuk menggerakkan generator listrik, sedangkan airnya disuntikkan kembali ke dalam bumi untuk menjaga keseimbangan air dalam tanah. Skema pembangkitan tenaga listrik atas dasar pemanfaatan energi panas bumi "uap basah" dapat dilihat pada Gambar 1.

2. Energi panas bumi "air panas"

Air panas yang keluar dari perut bumi pada umumnya berupa air asin panas yang disebut "brine" dan mengandung banyak mineral. Karena banyaknya kandungan mineral ini, maka air panas tidak dapat digunakan langsung sebab dapat menimbulkan penyumbatan pada pipa-pipa sistem pembangkit tenaga listrik. Untuk dapat memanfaatkan energi panas bumi jenis ini, digunakan sistem biner (dua buah sistem utama) yaitu wadah air panas sebagai sistem primernya dan sistem sekundernya berupa alat penukar panas (heat exchanger) yang akan menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin.

Energi panas bumi "uap panas" bersifat korosif, sehingga biaya awal pemanfaatannya lebih besar dibandingkan dengan energi panas bumi jenis lainnya. Skema pembangkitan tenaga listrik panas bumi "air panas" sistem biner dapat dilihat pada Gambar 2.



GAMBAR 2

Gambar 33. Proses pembangkitan tenaga listrik energi panas bumi "air panas".

3. Energi panas bumi "batuan panas"

Energi panas bumi jenis ini berupa batuan panas yang ada dalam perut bumi akibat berkontak dengan sumber panas bumi (magma). Energi panas bumi ini harus diambil sendiri dengan cara menyuntikkan air ke dalam batuan panas dan dibiarkan menjadi uap panas, kemudian diusahakan untuk dapat diambil kembali sebagai uap panas untuk menggerakkan turbin. Sumber batuan panas pada umumnya terletak jauh di dalam perut bumi, sehingga untuk memanfaatkannya perlu teknik pengeboran khusus yang memerlukan biaya cukup tinggi.

Sudah dikemukakan bahwa keberhasilan pembangunan terlebih lagi dalam rangka menggerakkan perindustrian di Indonesia, maka kebutuhan energi

akan terus meningkat dengan pesat. Masalah kebutuhan energi dan usaha untuk mencukupinya merupakan masalah serius yang harus dipikirkan, agar energi primer khususnya energi fosil yang ada tidak terkuras habis hanya "sekedar dibakar "untuk menghasilkan tenaga listrik. Padahal sumber daya alam energi fosil merupakan sumber kekayaan yang sangat berharga bila digunakan sebagai bahan dasar industri petrokimia.

Dalam bidang industri petrokimia ini Indonesia sudah cukup berpengalaman mulai dari mendesain, membangunnya sampai dengan mengoperasikannya, sehingga pemanfaatan bahan bakar fosil melalui industri petrokimia jelas akan mendatangkan devisa yang sangat besar.. Atas dasar pemikiran ini maka sebaiknya sumber daya alam energi fosil difokuskan untuk industri petrokimia, sedangkan kebutuhan energi dipikirkan dari sumber energi primer lainnya misalnya energi panas bumi.

Berdasarkan data yang telah diolah pada Grafik 1 tersebut di atas, tampak bahwa kebutuhan energi meningkat dari 284,3 juta SBM pada akhir Pelita V menjadi 504,5 SBM pada akhir Pelita VI. Dalam pengamatan tampak juga bahwa konsumsi energi sektor industri meningkat lebih cepat dibandingkan sektor-sektor lainnya. Hal ini terlihat dari pangsa konsumsi energi sektor industri meningkat dari 38,0 % pada akhir Pelita V menjadi 48,6 % pada akhir Pelita VI.

Penyediaan Energi di Indonesia

Mengingat akan banyaknya kebutuhan energi yang diperlukan untuk menggerakkan pembangunan khususnya dalam bidang industri seperti telah

ditampilkan pada Grafik 1 di atas, maka persoalan berikutnya adalah bagaimana mengenai penyediaan energi untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut. Mengenai penyediaan energi tersebut usaha diversifikasi telah dilakukan agar kebutuhan energi tidak semata-mata tergantung pada minyak bumi saja.

Bila dikaji dari data yang telah diolah melalui Grafik 2 tersebut di atas, tampak bahwa usaha diversifikasi energi primer telah berhasil menurunkan pangsa pemakaian minyak bumi dalam usaha memenuhi kebutuhan energi dari 63,7 % pada akhir Pelita V menjadi 52,3 % pada akhir Pelita VI. Sedangkan pangsa pemakaian batubara mengalami kenaikan dari 8,2 % pada akhir Pelita V menjadi 17,5 % pada tahun 1998/99 ini.

Selain dari pada itu, bila dikaji lebih cermat ternyata pemakaian energi panas bumi yang selama ini sering terabaikan, ternyata sudah mulai diperhatikan sebagai usaha mencukupi kebutuhan energi di Indonesia. Hal ini tampak dari kenyataan bahwa pada tahun 1994/95 (akhir Pelita V) pangsa energi panas bumi hampir tak berarti hanya sekitar 0,6 % saja dari seluruh pemenuhan kebutuhan energi, akan tetapi pada tahun 1998/99 pangsa energi panas bumi telah naik hampir 3 kali lipat menjadi 1,7 %. Keadaan ini sudah barang tentu sangat memberikan harapan bagi pengembangan energi panas bumi pada masa mendatang.

Uap air pada dasarnya terbentuk dari penguapan air di dalam perut Bumi. Energi panas yang dimiliki uap air berasal dari magma bertemperatur lebih dari 1.200 derajat Celcius. Panasnya mengalir melalui lapisan batuan kedap

air di atasnya yang disebut bedrock. Di atas bedrock itulah terdapat lapisan aquifer berisi air yang berasal dari akumulasi rembesan air hujan.

Air yang dipanaskan pada suhu tinggi cenderung menguap dan bergerak ke atas karena berat jenisnya menurun. Tapi, karena di atas lapisan aquifer terdapat lapisan caprock yang juga kedap air, maka uap air terkurung dan membentuk reservoir uap bertekanan tinggi.

Saat dibuat lubang yang menembus lapisan batuan tersebut, uap akan memancar dengan tekanan antara 3,5 hingga 4 bar dan suhu 140 derajat Celcius. Aliran uap ini kemudian dialirkan melalui pipa-pipa dan diatur untuk menggerakkan turbin. Mula-mula aliran uap dialirkan ke dalam steam receiving header (penyimpan uap) yang mengatur alirannya agar konstan.

Selanjutnya uap dialirkan ke bagian penyaring untuk memisahkan zat-zat padat, silika, dan bintik-bintik air yang terbawa sebagai cara menghindari terjadinya vibrasi, erosi, dan pembentukan kerak pada turbin. Uap yang sudah bersih digunakan untuk menggerakkan turbin. Putaran inilah yang akan menimbulkan interaksi elektromagnetik pada generator sehingga membangkitkan listrik. Pada kecepatan 3.000 rotasi per menit, proses ini menghasilkan listrik dengan arus tiga fasa, frekuensi 50 Hertz, dan tegangan 11,8 kilovolt.

Sekitar 3 persen produksi listriknya dipakai untuk memenuhi pasokan energi bagi sistem pembangkit dan fasilitas di sekitarnya. Sedangkan sebagian besar lainnya dikirimkan ke sistem interkoneksi PLN. Menggunakan transformator step up, arus listrik dinaikkan tegangannya

hingga 150 kilovolt untuk dikirimkan melalui sambungan umum tegangan ekstra tinggi (SUTET).

Agar turbin bekerja efisien, uap air harus segera dikondensasikan sempurna. Sekitar 70 persen uap air yang terkondensasi akan menguap selama proses pendinginan. Sedangkan 30 persen sisanya diinjeksikan kembali ke dalam tanah. Selain untuk mengurangi pengaruh pencemaran lingkungan, tambahan air diharapkan dapat mengisi kembali pasokan reservoir.

Tapi, bukan berarti pembangkitan listrik dengan panas Bumi tidak menghasilkan emisi gas berbahaya. Gas yang tidak terkondensasi harus diekstraksi agar kandungan karbon dioksida, hidrogen sulfida, dan nitrogen yang dilepas ke atmosfer tidak membahayakan lingkungan. Meskipun demikian, emisi yang dihasilkan masih lebih rendah daripada pembangkit bertenaga fosil (batubara dan gas).

4.4 Implikasi sumber energi alternatif terhadap sosial ekonomi masyarakat Indonesia.

Implikasi keberadaan sumber energi alternatif terhadap sosial ekonomi masyarakat jelas sangat besar. pada saat ini, ketergantungan masyarakat akan sektor-sektor seperti transportasi dan industri merupakan faktor pendorong bagi meningkatnya kebutuhan akan energi. Sedangkan sektor-sektor tersebut belum

mampu memanfaatkan secara optimal dari keberadaan energi alternatif yang ada di Indonesia.

Oleh karena itu, strategi kebijakan berusaha melepas Indonesia dari ketergantungan pada minyak bumi. Strategi tersebut ialah dengan cara mengembangkan sumber energi alternatif untuk menggantikan minyak bumi dalam usaha memenuhi kebutuhan energi dalam negeri. Sehingga perlu adanya proyeksi dalam mengukur seberapa efisien keterlibatan atau implikasi sumber-sumber energi alternatif terhadap kegiatan sosial ekonomi masyarakat Indonesia terkhusus bagi sektor rumah tangga, industri dan transportasi.

4.4.1. Gambaran dan implikasi konsumsi energi alternatif di sektor rumah tangga terhadap sosial ekonomi masyarakat

Selain minyak tanah. Pada saat ini, energi lain yang dikonsumsi oleh rumah tangga adalah untuk keperluan bahan bakar dan pembangkitan energi listrik. Briket batubara, LPG, gas kota terintegrasi, arang kayu dan kayu bakar diperlukan untuk bahan bakar pengolahan makanan ataupun keperluan rumah tangga lain. Untuk bahan bakar pembangkit energi listrik skala besar diperlukan energi panas gas bumi, batubara dan gas hidrat, sedangkan pembangkitan skala kecil maupun menengah dimungkinkan untuk pemanfaatan energi matahari, biogas metana, mikrohidro (pembangkit tenaga air skala kecil), energi angin, maupun panas bumi (geothermal).

Pangsa konsumsi sektor rumah tangga untuk energi alternatif (non minyak) ini mencapai kurang lebih 82% dari total energi final yang dikonsumsi

oleh rumah tangga. Walaupun demikian, mayoritas penggunaan energi alternatif yang ada, masih didominasi oleh penggunaan jenis energi yang tidak terbaru. Sehingga penggunaan energi alternatif yang ada sebenarnya belum berpengaruh untuk efisiensi sosial ekonomis secara makro.

Pola konsumsi untuk energi non minyak di sektor rumah tangga lebih terkonsentrasi pada penggunaan kayu bakar. Sementara batu bara yang sudah diperkenalkan untuk konsumsi rumah tangga pada tahun 1993 ternyata tingkat penggunaan masih sangat kecil. Hingga tahun 2000 hanya memiliki tingkat penggunaan sebesar 0.03%. Dilihat dari pertumbuhan pun ada kecenderungan menurun. Sama halnya dengan batu bara, konsumsi LPG dan gas kota juga tingkat penggunaannya masih relatif kecil. Pada tahun 1990, tingkat penggunaan LPG oleh rumah tangga hanya 0.8 %, sementara gas kota hanya 0.02%. Empat tahun berturut-turut proporsi penggunaan LPG tidak mengalami perubahan hanya sebesar 0.8 %. Hal yang sama terjadi pada proporsi penggunaan gas kota, selama delapan tahun berturut-turut tetap tidak ada perubahan hanya sebesar 0.02%.

Beberapa faktor yang menyebabkan pola konsumsi di sektor rumah tangga lebih terkonsentrasi pada penggunaan minyak tanah dan kayu bakar, yaitu: pertama, faktor harga. Minyak tanah merupakan energi dengan harga relatif lebih murah dibandingkan dengan energi lain yang digunakan untuk keperluan yang sama. Kedua, faktor pendapatan. Sebagian besar rumah tangga di Indonesia merupakan kategori kelompok rumah tangga dengan pendapatan rendah dan menengah. Pada kelompok rumah tangga seperti ini, energi (bahan bakar) yang terjangkau dan umum digunakan adalah minyak tanah dan kayu bakar. Ketiga,

alasan kepraktisan. Keempat, kurangnya sosialisasi pemanfaatan energi non minyak. Program pemanfaatan diversifikasi energi yang dicanangkan oleh pemerintah ternyata belum banyak diketahui oleh masyarakat luas. Hingga saat ini belum banyak masyarakat tahu briket batubara dan cara menggunakannya untuk keperluan rumah tangga. Dari keempat kendala tersebut, setidaknya, membuka peluang bagi penggunaan energi alternatif lainnya untuk dicoba digunakan dalam sektor rumah tangga.

Sedangkan keterkaitan penggunaan energi alternatif bagi sektor rumah tangga terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat secara luas sebenarnya sangat erat. Bagi tiap keluarga misalnya, apabila penggunaan energi alternatif dapat terlaksana, maka masyarakat tidak akan terpenaruh oleh fluktuasi harga minyak tanah ataupun bahan bakar minyak lain. Sehingga memungkinkan bagi sektor ini untuk tetap bertahan pada saat terjadi krisis energi sekalipun. Selain itu, dengan terlaksananya penggunaan energi alternatif maka bagi pemerintah akan dapat mengurangi beban subsidi untuk sektor ini. Maka alokasi anggaran dapat digunakan untuk bidang-bidang lain yang lebih penting seperti pendidikan dan kesehatan.

4.4.2. Gambaran dan implikasi konsumsi energi alternatif di sektor industri terhadap sosial ekonomi masyarakat

Energi alternatif (non minyak) yang digunakan oleh sektor industri meliputi batu bara, LPG gas, dan kayu bakar. Rata-rata tingkat pemakaian energi non minyak terhadap total energi final yang dikonsumsi di sektor industri dalam

periode tahun 1990-2000 sekitar 47 %/tahun. Tabel 4 di bawah memperlihatkan bahwa pertumbuhan konsumsi batubara di sektor industri cukup tinggi dan terus meningkat. Pertumbuhan yang negatif pada tahun 1996 lebih disebabkan oleh terjadinya kenaikan harga batubara untuk beberapa industri yang menggunakan bahan bakar batubara cukup besar. Pada tahun 1999 juga terjadi kenaikan harga batubara untuk beberapa industri dan lebih luas dari tahun 1996. namun juga terjadi penurunan harga untuk sebagian industri lainnya. maka penurunan pemakaian batubara tidak terlalu tajam sebesar 5.3 %.

Tahun	Minyak Tanah Disubstitusi dengan		Minyak Diesel Disubstitusi dengan		Minyak Solar Disubstitusi dengan	
	Batu bara	Gas	Batu bara	Gas	Batu bara	Gas
1996	93	99	510	540	1453	1.528
1998	75	8	724	416	2354	1.497
2002	157	158	1.268	1.271	9.752	9.773
2003	203	112	1.205	1.025	10.164	8.684

Tabel 7. Penghematan Penggunaan BBM di Sektor Industri Jika disubstitusi dengan Batubara dan Gas (Milyar Rp)

Selanjutnya, konsumsi LPG dan gas di sektor industri selama tahun 1990-2000 juga mengalami peningkatan yang cukup besar. Rata-rata pertumbuhan pemakaian LPG dan gas masing-masing sebesar 11.8 % dan 4.7 % pertahun dalam periode tersebut. Krisis ekonomi yang dimulai pertengahan tahun 1997 telah membuat collapse beberapa industri. sehingga permintaan energi pada tahun 1998 mengalami penurunan termasuk LPG dan gas (kecuali batubara tetap meningkat). Pertumbuhan pemakaian LPG yang negatif pada tahun 1998 juga

terjadi karena kenaikan harga LPG untuk sektor industri sebesar 50 %, yaitu dari Rp 1000 per kg menjadi 1500 per kg.

Teknologi eksplorasi merupakan kendala terbesar untuk mendapatkan energi alternatif ini, diantaranya potensi gas hidrat, belum bisa dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Jepang sendiri menargetkan 2016 sebagai awal dimulainya eksplorasi bagi gas hidrat yang mereka miliki. Menilik pesat dan banyaknya kajian mengenai gas hidrat ini, agaknya kita boleh optimis bahwa gas hidrat dapat digunakan dalam waktu yang mungkin lebih cepat dari perkiraan semula.

Dari gambar bagan konsumsi energi alternatif menurut sektor pengguna (daftar gambar 2), dapat disimpulkan bahwa sebenarnya selama ini penggunaan energi alternatif untuk sektor industri masih terbatas sekali. Padahal sektor inilah kedepan sangat bergantung akan keberadaan sumber energi alternatif. Keuntungan bagi sektor industri dalam menggunakan sumber energi alternatif terletak pada harga energi alternatif yang murah dan cenderung stabil. Sehingga memungkinkan sektor ini untuk dapat bertahan baik pada masa krisis sekalipun.

Sektor industri secara potensial dimungkinkan dapat memanfaatkan semua jenis energi alternatif sebagai bahan bakar mesin industri ataupun penyedia suplai listrik untuk proses produksinya. Mikrohidro, Matahari, Angin dan Biogas Metahan mampu dikonversikan menjadi energi listrik, sedangkan Gas Bumi, Batubara dan Gas Hidrat adalah bahan bakar mentah yang diperlukan untuk sebuah pembangkit energi listrik. Bioetanol dan biodiesel juga mampu digunakan

untuk menggantikan konsumsi bahan bakar diesel dan bensin yang diperlukan mesin industri.

4.4.3. Gambaran dan implikasi konsumsi energi alternatif di sektor transportasi terhadap sosial ekonomi masyarakat

Penggunaan energi alternatif di sektor transportasi sudah dirintis sejak 3 Januari 1986, yaitu dengan memanfaatkan Bahan Bakar Gas (BBG) sebagai pengganti bensin atau solar. Program ini belumlah dilaksanakan secara nasional, tapi masih dalam bentuk "Pilot Project" yang khusus digunakan pada taksi dan mikrolet di DKI Jakarta. Selain BBG, pada bulan Agustus 1995 ditetapkan juga pemanfaatan LPG untuk sektor transportasi. Dilihat dari sisi harga, bahan bakar gas ini relatif lebih murah sekitar Rp 450 per LSP (Liter Setara Premium). Dilihat dari kegunaan BBG lebih irit daripada premium. Bila diasumsikan bahwa satu LSP BBG memberikan manfaat yang sama dengan satu liter premium, maka ada selisih harga sekitar Rp 4.050 perliter, karena saat ini premium dijual dengan harga sekitar Rp 4.500 perliter. Bisa kita bayangkan berapa besar penghematan pemakaian bahan bakar di sektor transportasi jika upaya diversifikasi pemakaian BBG ini berjalan sukses.

Namun selama ini yang menjadi masalah adalah peralatan pendukung yang relatif mahal dan juga keamanan belum sepenuhnya terjamin. Disamping itu, ketersediaan stasiun BBG juga masih terbatas. Belum lagi proses pengisian yang butuh waktu lama. Hal ini merupakan beberapa penyebab mengapa pemakai BBG dan LPG di sektor transportasi masih sedikit.

Pemanfaatan energi alternatif sebagai bahan bakar mesin transportasi menjadi sebuah tantangan. Setelah pemanfaatan BBG, bioetanol dan biodiesel mampu digunakan untuk menggantikan konsumsi bahan bakar diesel dan bensin yang diperlukan mesin kendaraan.

Pemanfaatan biodiesel khususnya yang berbasis minyak sawit (CPO), mempunyai banyak keunggulan dibandingkan dengan minyak bumi, biodiesel dapat diproduksi secara lestari dari bahan baku minyak atau lemak alami, tidak mencemari udara, mudah terurai, dan bisa langsung pakai tanpa mengubah mesin. Teknologi yang umum digunakan pada skala komersial berupa transesterifikasi antara minyak/lemak nabati dan metanol menggunakan katalis basa NaOH atau KOH.

Biaya produksi BMS (biodiesel Minyak Sawit) saat ini masih tergolong mahal, yaitu sekitar Rp 4.000 per liter. Namun, jika harga petrodiesel diserahkan pada mekanisme pasar sesuai dengan Undang-Undang Migas kita, harga tersebut tergolong masih kompetitif. Artinya, BMS akan mampu bersaing dengan minyak diesel tanpa subsidi. Oleh karena itu, dalam masa transisi sebelum mekanisme pasar diterapkan, produksi BMS diarahkan sebagai substitusi sebagian dari petrodiesel.

Bagi negara-negara penghasil minyak sawit, BMS menjadi satu pilihan yang sangat prospektif. Apalagi produksi lahan kelapa sawit yang sudah di atas empat juta hektar saat ini akan segera panen dengan menghasilkan sekitar 11 juta ton CPO per tahun. Per 100.000 ton CPO dapat dihasilkan 100.000 ton BMS dan 12.000 ton gliserol sebagai produk samping per tahun. Tentu kita tak perlu menggunakan seluruh produksi tersebut menjadi BMS, tetapi sebagai strategi

outlet ketika harga CPO melorot hingga di bawah Rp 3.000 per kg dan atau harga petrodiesel sudah tidak disubsidi lagi.

Faktor Penunjang bagi Pengembangan Potensi Energi Alternatif

Melalui Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 996.K/43/MPE/1999, telah mengatur urutan prioritas dan proporsi pembelian listrik dari koperasi oleh PLN yang pada intinya adalah memprioritaskan produksi listrik dari sumber daya terbarukan seperti berikut: (1) Pembangkit dengan sumber energi angin, matahari dan mikrohidro; (2) Pembangkit dengan sumber energi sampah atau buangan hasil pertanian/industri, sampah kota, sumber panas dari tetumbuhan, panas bumi, cogeneration dari sisa hasil pertanian/industri; (3) Pembangkit dengan sistem cogeneration dari gas alam, batubara, minyak bumi, sesuai tingkat efisiensinya; dan terakhir (4) Pembangkit dengan sumber energi gas alam, batubara, dan minyak bumi. (Sari Agus P. 2005)

Pemerintah sejak tahun 1980-an telah melakukan inventarisasi potensi energi terbaru. Kebijakan Umum Bidang Energi (KUBE) 1980 memasukkan program pengembangan energi baru dan terbarukan sebagai sumber energi alternatif. Namun, kebijakan tersebut hanya di atas kertas belaka.

Walaupun di satu sisi pemerintah mendukung pengembangan energi terbaru, di sisi lain justru kebijakan yang dikeluarkan cenderung menghambat. Misalnya kebijakan subsidi energi, perpajakan dan bea impor terhadap komponen peralatan energi terbaru. Meskipun melalui Kepres No. 49/1991 telah memberikan keringanan berupa pemberian insentif kepada setiap pengusaha panas bumi dalam

bentuk penundaan pembayaran pajak pertambahan nilai (PPN) kepada pengusaha panas bumi yang belum berproduksi sampai dengan saat mulai berproduksi. Namun, hal ini tidaklah menjawab akar permasalahan karena biaya investasi untuk energi terbaru tetap tinggi.

4.6 Diversifikasi Energi sebagai Usaha Penyelamatan Lingkungan

Pemakaian bahan bakar fosil (minyak dan batubara) secara besar-besaran sebagai penyedia sumber daya energi telah terbukti ikut menambah beratnya pencemaran lingkungan. Sedangkan Indonesia yang akan memasuki era industrialisasi jelas akan memerlukan tambahan energi dalam jumlah yang relatif besar dan hal ini sudah barang tentu akan berdampak pula terhadap lingkungan. Diversifikasi energi merupakan salah satu jawaban untuk mencukupi kebutuhan energi yang terus meningkat, akan tetapi masalah penyelamatan lingkungan juga harus diperhatikan. Tulisan ini akan menguraikan secara garis besar masalah diversifikasi energi dan juga usaha penyelamatan lingkungan berkaitan dengan meningkatnya kebutuhan energi.

Pembangunan Jangka Panjang I yang lalu telah berhasil meletakkan dasar-dasar untuk menuju pembangunan berkelanjutan dalam lingkungan dalam bidang industri yang akan dilaksanakan pada PJP II. Untuk itu harus dipikirkan kebutuhan energi yang diperlukan untuk menunjang kegiatan industri tersebut ⁽¹⁾. Kebutuhan energi yang diperlukan untuk menggerakkan industri, antara lain dengan melalui pembakaran bahan bakar fosil. Akan tetapi pemakaian bahan bakar fosil (minyak dan batubara) sejauh ini telah terbukti merupakan salah satu

penyebab pencemaran lingkungan. Oleh sebab itu harus dicarikan penyelesaiannya agar lingkungan tetap terjaga kelestariannya dan ini berarti pula sebagai usaha untuk menjaga agar lingkungan tetap dapat memberikan daya dukungnya bagi kelangsungan pembangunan di Indonesia.

Dalam tulisan ini akan diuraikan seberapa jauh kebutuhan energi Indonesia yang tampaknya terus meningkat seiring dengan laju pembangunan. Selain dari itu akan disimak pula seberapa banyak cadangan sumber daya alam Indonesia dalam rangka memenuhi kebutuhan energi termasuk jenis diversifikasi energi yang telah dilakukan sebagai upaya penyelamatan lingkungan dari dampak pencemaran lingkungan akibat pemakaian bahan bakar fosil.

4.6.1 Produksi dan cadangan bahan bakar

Telah dikatakan bahwa pemakaian bahan bakar fosil merupakan salah satu jawaban untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat untuk dapat menggerakkan kegiatan industri yang telah diletakkan dasar-dasarnya pada PJP I yang lalu. Data yang diperoleh dari Departemen Pertambangan dan Energi tentang produksi bahan bakar yang menunjukkan kenaikan dari tahun ke tahun seperti tampak pada Tabel berikut:

No	Produksi	1973/1974	1983/1984	1990/1991
1	Minyak bumi (juta barel)	508,4	517,6	553,0
2	Gas bumi (ribu mef)	186,1	1.228,2	2.206,9
3	Batubara (ribu ton)	145,8	614,7	11.211,6
4	LNG (juta MMBTU)	226,2	569,3	1.142,0

Tabel 8. Produksi bahan bakar Indonesia antara tahun 1973 s/d 1991.

Bila dilihat dari Tabel di atas tampak bahwa produksi minyak bumi selama hampir 20 tahun sejak tahun 1973 tidak banyak mengalami kenaikan dibandingkan dengan produksi bahan bakar lainnya. Keadaan ini disebabkan karena belum ditemukan sumber cadangan minyak baru dan ini sekaligus menunjukkan bahwa pada suatu saat cadangan minyak akan habis. Tambang minyak di darat saat ini relatif sudah habis dan penambangan minyak kini sudah mengarah ke lepas pantai. Sedangkan cadangan bahan bakar Indonesia relatif sangat sedikit bila dibandingkan cadangan bahan bakar dunia. Tabel 2 akan menunjukkan jumlah cadangan tersebut.

1.	Minyak bumi	Timur Tengah 70 %	Indonesia 1,1 %
2.	Gas bumi	Rusia 25 %	Indonesia 1,5 %
3.	Batubara	Amerika Utara 25 %	Indonesia 3,1 %

Tabel 9. Cadangan bahan bakar Indonesia dan Dunia

Mengingat jumlah cadangan bahan bakar Indonesia sangat terbatas dan bila terus dilakukan penambangan untuk mencukupi kebutuhan energi yang terus meningkat, maka pada suatu saat pasti akan habis. Oleh karena itu sudah saatnya untuk mulai memikirkan masalah diversifikasi energi agar cadangan bahan bakar tidak cepat habis. Pemikiran masalah diversifikasi energi ini juga dimaksudkan

sebagai upaya penyelamatan lingkungan dari dampak pencemaran lingkungan akibat pemakaian bahan bakar fosil.

4.6.2 Pencemaran akibat pemakaian bahan bakar fosil

Sebagian besar produksi bahan bakar seperti tersebut pada Tabel 1 digunakan untuk mendukung kegiatan industri dan transportasi. namun akibat dari penggunaan bahan bakar tersebut untuk kegiatan industri dan transportasi adalah meningkatnya pencemaran udara dan hal ini sudah barang tentu akan berdampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

Udara di daerah perkotaan yang mempunyai banyak kegiatan industri dan berlalulintas padat pada umumnya sudah tidak bersih lagi. Udara tersebut telah tercemari oleh berbagai macam pencemar dan yang paling banyak berpengaruh dalam pencemaran udara adalah komponen-komponen berikut ini :

- | | | | |
|----|-----------------|------------------------|--------------------|
| 1. | <i>Karbon</i> | <i>monoksida</i> | (CO) |
| 2. | <i>Nitrogen</i> | <i>Oksida</i> | (NO _x) |
| 3. | <i>Belerang</i> | <i>Oksida</i> | (SO _x) |
| 4. | <i>Hidro</i> | <i>Karbon</i> | (HC) |
| 5. | Partikel | (<i>Particulate</i>) | |

Komponen pencemar udara tersebut di atas dapat mencemari udara secara sendiri-sendiri atau dapat pula mencemari udara secara bersama-sama. Komposisi komponen pencemar udara tergantung pada sumbernya. Untuk mendapatkan gambaran komposisi komponen pencemar udara berikut asal sumbernya, dapat dilihat pada Tabel di bawah ini yang diambil dari daerah industri di Amerika, sedangkan data untuk Indonesia masih terus diteliti.

Sumber Pencemaran	Jumlah komponen pencemar, juta ton / tahun					
	CO	NOx	SOx	HC	Partikel	Total
Transportasi	63,8	8,1	0,8	16,6	1,2	90,5
Industri	9,7	0,2	7,3	4,6	7,5	29,3
Pembuangan Sampah	7,8	0,6	0,1	1,6	1,1	11,2
Pembakaran Stasioner	1,9	10,0	24,4	0,7	8,9	45,9
Lain-lain	16,9	1,7	0,6	8,5	9,6	37,3

Tabel 10. Jumlah komponen pencemar dan sumber pencemaran.

Dari Tabel 3 tersebut tampak bahwa sumber pencemaran terbesar berasal dari transportasi, kemudian disusul oleh pembakaran stationer yaitu pembakaran bahan bakar fosil pada mesin-mesin pembangkit tenaga listrik (diesel). Seperti telah dikatakan di muka bahwa data komponen pencemar dan sumber pencemaran untuk Indonesia sampai saat ini masih dalam penelitian, namun khusus untuk bidang transportasi dapat diperkirakan prosentasi komponen pencemar seperti tersebut dalam Tabel berikut:

Komponen Pencemar	Prosentase
CO	70,50 %
NOx	8,89 %
SOx	0,88 %
HC	18,34 %
Partikel	1,33 %
Total	100,00%

Tabel 11. Prosentasi komponen pencemar pada transportasi

Sebagai tambahan dapat dikemukakan bahwa pemakaian bahan bakar fosil (misalnya batubara) untuk pembangkit tenaga listrik (PLTU berdaya 1000 MW) akan menghasilkan bahan pencemar sebagai berikut :

- a. CO₂ sebanyak 6,5 juta ton
- b. SO_x sebanyak 44.000 ton
- c. No_x sebanyak 22.000 ton
- d. Abu logam berat (Hg, Cd, Pb, As dan Va) sebanyak 320.000 ton.

Pencemaran udara seringkali tidak dapat ditangkap oleh panca indera manusia. Walaupun tidak dapat ditangkap oleh panca indera, namun potensi bahayanya tetap saja ada! Kalau panca indera manusia sudah dapat menangkap merasakan adanya pencemaran udara, maka pencemaran udara tersebut pastilah sudah sangat parah atau sangat "mengerikan". Misalnya indera mata dapat melihat bentuk pencemaran, misalnya asap tebal hasil pembakaran (baik dari industri, mesin, maupun bentuk pembakaran lainnya), berarti komponen partikel-partikel di dalam asap tebal tersebut sudah sangat banyak. Seandainya indera penciuman dapat mencium bau pencemaran udara atau bahkan merasakan sesak pada dada akibat mencium gas tersebut, maka tingkat pencemaran sudah sangat berbahaya dan mungkin saja sudah menjadi racun yang dapat mematikan bila terjadi kontak dalam waktu cukup lama. Kalau indera perasa (tangan) dapat merasakan pencemaran udara, misalnya adanya butir-butir minyak atau partikel yang lain, berarti komponen pencemar udara banyak mengandung HC dan partikel.

Seringkali bentuk pencemaran udara yang tidak tertangkap oleh panca indera, justru lebih berbahaya dan bersifat racun! Sebagai contoh pencemaran gas

CO adalah pencemaran yang tidak tampak oleh mata karena tidak berwarna dan juga tidak berbau, akan tetapi sifat racunnya sangat tinggi karena dapat mengganggu kesehatan sampai kepada kematian karena mencium gas CO tersebut. Begitu juga bentuk pencemar gas NO, tidak berwarna dan tidak berbau tapi sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, bagi hewan bahkan juga tanaman.

4.6.3 Diversifikasi Energi

Berdasar penjelasan Dasar Teori di atas, maka penggunaan bahan bakar fosil hendaknya mulai dibatasi karena cadangannya yang sangat terbatas. Di samping itu, akibat pemakaian bahan bakar fosil juga sangat mencemari lingkungan yang pada akhirnya akan berdampak pada kesehatan manusia. Oleh karena itu usaha diversifikasi energi sudah harus segera dilaksanakan, agar cadangan sumber daya energi (bahan bakar) dapat diperpanjang dan sekaligus sebagai upaya mencegah adanya dampak pencemaran lingkungan atau sebagai upaya penyelamatan lingkungan.

Usaha diversifikasi energi ditempuh antara lain dengan menginventarisasi jenis energi yang dapat diperoleh selain dari pemanfaatan bahan bakar fosil. Diversifikasi energi terdiri dari pemanfaatan 2 macam kelompok energi, yaitu :

- a. Energi terbarukan
- b. Energi maju.

a. Energi terbarukan

Adalah energi yang berasal dari energi non fosil yang diperoleh dari alam yang setelah digunakan awal akan dapat digunakan kembali, meliputi :

1. **Gas bio (biogas)** yang dihasilkan dari proses anaerobik biomasa yang berasal dari limbah pertanian dan peternakan. Potensi energi dari gas bio ini relatif kecil hanya untuk keperluan penerangan dan memasak setempat, tidak bisa digunakan untuk kegiatan industri.
2. **Energi angin**, potensinya relatif juga masih kecil karena kecepatan angin rata-rata berkisar 3-5 m/detik. bila tenaga angin dimanfaatkan dapat digunakan untuk penerangan listrik perdesaan, penggerak pompa air dan pengisian baterai untuk cadangan manakala kecepatan angin kecil. Diperkirakan pada saat ini energi angin sudah dimanfaatkan untuk listrik perdesaan sebesar 220 KW.
3. **Energi surya**, sebagai negara tropis Indonesia memang sangat potensial untuk dapat memanfaatkan energi surya ini. Energi surya dapat digunakan secara langsung (energi thermal) maupun secara tak langsung (energi fotovoltaik). Energi surya thermal dimanfaatkan secara konvensional untuk pengeringan hasil pertanian, perikanan dan memanaskan air serta memasak dengan kompor matahari. Sedangkan energi surya fotovoltaik sudah digunakan untuk listrik perdesaan daerah terpencil, pompa air, televisi, radio dan komunikasi, kapasitas energi surya yang sudah dimanfaatkan kurang lebih sebesar 3 MW. Energi surya sementara ini belum dapat digunakan untuk kegiatan industri besar.
4. **Energi air**, potensinya cukup besar untuk pembangkit tenaga listrik. Energi air sudah dimanfaatkan baru sekitar 2.178 MW, sedangkan daya yang bisa dibangkitkan dari energi air di Indonesia sekitar 75.625 MW.

Kendala pemanfaatan energi air adalah masalah pembebasan/harga tanah untuk daerah yang akan ditenggelamkan menjadi waduk, harga pembangunan waduk itu sendiri dan masalah sosial ekonomi lainnya sebagai ikutan dari proyek tenaga air. Bila semua kendala tersebut diperhitungkan, maka harga energi menjadi mahal.

5. **Energi panas bumi**, adalah energi yang cukup banyak tersedia di Indonesia mengingat bahwa Indonesia termasuk negeri vulkanik. Di seluruh Indonesia terdapat sekitar 217 daerah yang dapat dibangun Pusat Listrik Tenaga Panas Bumi dengan kapasitas total kurang lebih 16.658 MW. Tenaga panas bumi yang bisa dimanfaatkan baru 305 MW. Kekurangan pemanfaatan energi panas bumi untuk sementara ini adalah letaknya yang jauh dari kegiatan industri, sehingga baru dapat dimanfaatkan untuk penerangan rumah tangga saja
6. **Energi laut**, pada saat ini masih dalam taraf penelitian dan pengembangan. Percobaan energi laut untuk pembangkit tenaga listrik sedang dilakukan di pantai Baron Yogyakarta dengan kapasitas 1,1 MW. Bila percobaan ini berhasil akan dapat digunakan untuk penerangan listrik perdesaan sepanjang pantai Indonesia.

b. Energi maju

adalah energi yang diperoleh dari pemanfaatan teknologi nuklir melalui Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Energi nuklir (PLTN) mempunyai potensi yang cukup baik untuk dikembangkan di Indonesia, walaupun merupakan energi

alternatif urutan terakhir. Pada dasarnya pemanfaatan energi nuklir dapat melalui dua cara, yaitu :

- a. Melalui reaksi pembelahan inti (reaksi fisi)
- b. Melalui reaksi penggabungan inti (reaksi fusi).

Reaksi fisi pada saat ini teknologinya sudah dikuasai dengan baik, sehingga semua PLTN di dunia menggunakan reaksi fisi. Sedangkan untuk reaksi fusi pada saat ini masih dalam penelitian, namun bila berhasil maka energi yang dihasilkan jauh lebih besar dari pada energi melalui reaksi fisi. Berdasarkan perhitungan termodinamika, energi reaksi fisi dapat disetarakan dengan hasil pembakaran energi fosil sebagai berikut :

1 gram Uranium = 2,5 ton batubara = 17.500 liter minyak.

Mengingat akan besarnya panas yang dihasilkan oleh energi nuklir, maka pemanfaatannya untuk sumber pembangkit tenaga listrik sangat menguntungkan, sehingga pembangunan PLTN pada saat ini berkembang pesat. Keadaan ini juga didukung oleh teknologi nuklir keselamatan reaktor nuklir yang telah dikuasai dengan baik dan terus dikembangkan ke arah yang jauh lebih baik lagi, sehingga aspek keselamatan terhadap manusia dan lingkungan selalu dinomor-satukan.

Walapun pernah terjadi kecelakaan PLTN Chernobyl, ternyata minat dunia untuk membangun dan memanfaatkan PLTN makin bertambah, karena memang sangat menguntungkan, sebagai gambaran tentang jumlah PLTN dunia saat ini adalah sebagai berikut:

- a. Jumlah PLTN sampai dengan tahun 1985 = 395 buah
- b. Jumlah PLTN sampai dengan tahun 1995 = 437 buah

- c. Jumlah PLTN yang sedang dibangun saat ini = 50 buah
- d. Jumlah PLTN dalam perencanaan = 57 buah

Sampai dengan awal abad 21 yang akan datang jumlah PLTN akan bertambah kurang lebih sebanyak 100 buah. Data-data ini belum termasuk rencana Indonesia untuk ikut memanfaatkan PLTN sebagai penyedia sumber energi listrik.

Usaha diversifikasi energi seperti telah diuraikan sebelumnya ternyata sangat menguntungkan ditinjau dari segi keselamatan lingkungan. Hal ini disebabkan karena:

- a. Pemakaian energi terbarukan maupun energi maju ternyata tidak mengeluarkan emisi CO₂ sebagaimana halnya yang dikeluarkan oleh pembangkit tenaga listrik berbahan bakar fosil, sehingga diversifikasi energi tidak menimbulkan dampak negatif terhadap suhu udara akibat terjadinya efek rumah kaca. Bandingkan dengan PLTU (batubara) dengan daya 1.000 MW akan menghasilkan 6,5 juta ton CO₂ setiap tahun.
- b. Pemakaian energi terbarukan dan juga energi maju tidak mengeluarkan emisi SO_x, NO_x dan abu seperti yang dikeluarkan oleh pembangkit tenaga listrik yang menggunakan bahan bakar fosil yang menjadi penyebab hujan asam yang dapat merusakkan lahan pertanian dan kehutanan. Bandingkan juga dengan PLTU (batubara) yang berdaya 1.000 MW akan menghasilkan komponen pencemar lingkungan sebanyak : 44.000 ton SO_x, 22.000 ton NO_x, dan 32.000 ton abu logam berat yang bersifat racun terhadap tubuh manusia.

c. Pada pemakaian energi maju, yaitu energi nuklir (PLTN) seringkali limbah radioaktif yang dihasilkan dikhawatirkan akan merusak lingkungan, padahal pendapat ini tidak benar, mengapa? Karena limbah nuklir yang dihasilkan oleh setiap instalasi nuklir selalu dikelola dengan baik. Tidak ada pembuangan limbah nuklir ke lingkungan. Secara nasional maupun internasional ada peraturan perundangan yang harus dipatuhi dan kewajiban untuk mengelola limbah nuklir dengan baik. Bahkan pada saat ini limbah nuklir telah menjadi ajang bisnis baru yang menarik, karena bahan bakar bekas (PLTN) yang dilimbahkan dapat diproses menjadi bahan bakar nuklir baru. Teknologi pengolahan limbah nuklir pada saat ini juga dikembangkan lebih maju. Atas dasar ini ada juga yang mengatakan bahwa energi nuklir dapat dimasukkan ke dalam kelompok energi terbarukan.

Berdasarkan hasil pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Usaha diversifikasi energi sudah saatnya untuk dilakukan sebelum cadangan bahan bakar fosil habis terkuras.
2. Diversifikasi energi terbukti tidak menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan, sehingga sangat baik untuk proses penyelamatan lingkungan.
3. Diversifikasi energi yang belum dimanfaatkan secara optimal hendaknya dapat segera ditingkatkan agar dicapai secara optimal, sehingga bisa menggantikan pemakaian bahan bakar fosil.

4.7 Tenaga Nuklir Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik

a. Mengenal Nuklir

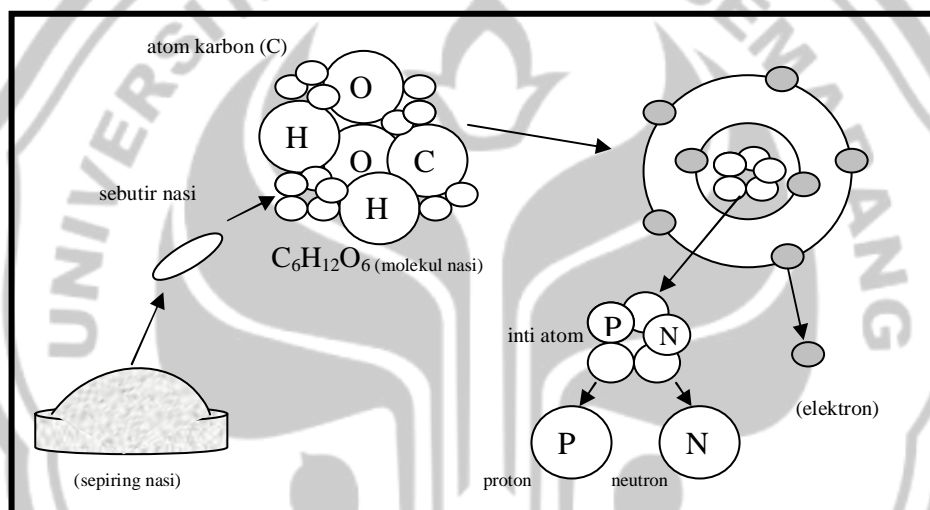
Jika molekul nasi putih kita uraikan lagi ke bagian-bagian yang lebih kecil, maka akan kita peroleh atom-atom penyusun molekul tersebut. Dalam ilmu kimia nasi putih termasuk senyawa karbohidrat monosakarida yang rumus molekulnya $C_6H_{12}O_6$. artinya dalam satu molekul nasi tersusun atas 6 atom Carbon (C), 12 atom Hidrogen (H) dan 6 atom Oksigen (O). Jadi molekul nasi dapat diuraikan atas atom-atom penyusunnya sehingga diperoleh atom C, H, dan O.

Atom merupakan bagian terkecil dari molekul yang sudah tidak memiliki sifat dasar molekul. Karena sifat dari atom-atom penyusun molekul sudah berlainan dengan sifat molekul tersebut. Misal molekul nasi bersifat padat dengan warna putih, sedang atom-atom penyusunnya seperti atom C bersifat padat dengan warna hitam, atom H dan O bersifat gas dan tidak berwarna.

Setiap atom digambarkan sebagai bola yang terdiri dari kulit atom dibagian luar dan inti atom ditengah-tengahnya. Pada bagian kulit atom terdapat elektron-elektron bermuatan listrik negatif (-) yang bergerak mengelilingi inti atom. Pada bagian inti terdapat proton (+) dan neutron (tidak bermuatan).

Ukuran jari-jari kulit atom adalah *Angstrom* (1 angstrom = seper sepuluh miliar meter). Sedangkan untuk inti atom ukuran yang digunakan adalah *Fermi* (1 fermi = seper seribu triliun meter).

Elektron merupakan elemen penyusun atom yang tidak mempunyai massa atau nol. Sedang proton dan neutron mempunyai massa satu s.m.a (satuan massa atom, 1 s.m.a = 1.7×10^{-27} Kg). Oleh sebab itu, massa dari suatu atom terpusatkan pada bagian inti atomnya. Sampai disini kita telah mengenal kulit atom dan inti atom. Dalam fisika, inti atom ini disebut juga nuklir. Jadi, nuklir merupakan bagian yang sangat kecil dari atom dimana massa atom terpusatkan. Setiap peristiwa yang berkaitan dengan nuklir selalu terjadi di dalam inti atom.



Ket. Benda-benda yang ada di sekeliling kita dapat diuraikan menjadi bagian yang disebut molekul dan atom

b. Energi Nuklir

Reaksi Nuklir merupakan reaksi yang terjadi dalam inti atom, sedangkan energi nuklir merupakan energi yang dikeluarkan oleh inti atom pada saat terjadinya reaksi inti.

Ada dua macam reaksi nuklir, yaitu:

1. Reaksi Fisi atau Pembelahan Inti.

Inti atom pecah menjadi inti-inti lebih kecil, reaksi nuklir jenis ini dapat terjadi di dalam teras reaktor nuklir atau pada ledakan bom atom.

2. Reaksi Fusi atau Penggabungan Inti

Inti-inti atom bergabung menjadi satu membentuk inti atom yang lebih besar. Reaksi nuklir jenis ini dapat terjadi pada matahari atau bintang-bintang di angkasa dan ledakan bom hidrogen. dalam matahari dan bintang mampu memancarkan energi terus-menerus karena di dalam matahari dan bintang tersebut terjadi reaksi fusi berupa penggabungan inti-inti atom hidrogen disertai dengan pelepasan energi yang luar biasa besarnya. Reaksi fusi merupakan satu-satunya sumber energi bagi matahari dan bintang-bintang.

c. Proses Kerja PLTN

Setiap inti atom bahan bakar nuklir tersimpan energi yang sangat besar. Energi ini dapat dikeluarkan oleh inti atom pada saat bahan bakar tersebut melakukan reaksi pembelahan atau reaksi fisi.

Energi tersebut berasal dari perubahan sebagian massa inti dan keluar dalam bentuk bahan bakar nuklir U-235 sebesar 17 miliar kilo kalori, atau setara dengan energi panas yang dihasilkan dari pembakaran 2,4 juta kilogram atau 2.400 ton batu bara. Karena tergiur oleh besarnya energi yang dapat dihasilkan oleh reaksi nuklir ini, maka manusia berusaha memanfaatkan energi tersebut untuk mencukupi kebutuhan energi dalam kehidupan sehari-hari.

Agar reaksi nuklir dapat dikendalikan secara aman dan energi yang dibebaskan reaksi nuklir tersebut dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi, maka manusia berusaha untuk membuat suatu jenis reaktor yang diberi nama reaktor daya.

Reaktor ini dirancang sehingga panas hasil reaksi nuklir dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan tenaga listrik. Karena sistem pembangkit listrik tersebut memanfaatkan panas hasil reaksi nuklir, maka sistem ini disebut Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).

Adapun proses pemanfaatan nuklir untuk PLTN adalah sebagai berikut:

1. Bahan bakar nuklir melakukan reaksi fisi, sehingga dilepaskan energi panas yang cukup banyak.
2. Panas hasil reaksi nuklir tersebut dimanfaatkan untuk menguapkan air pendingin, bisa pendingin primer maupun sekunder tergantung pada tipe reaktor nuklir yang digunakan.
3. Uap air yang dihasilkan digunakan untuk memutar turbin, sehingga dihasilkan tenaga gerak.
4. Tenaga gerak dari turbin tersebut selanjutnya dipakai untuk memutar generator hingga timbullah aliran listrik.

d. Jenis-Jenis PLTN

1. BWR (*Boiling Water Reactor*) Reaktor Air Didih

Merupakan reaktor yang menggunakan air sebagai pendingin sekaligus sebagai moderator. Pada reaktor ini panas hasil fisi dipakai secara langsung

untuk menguapkan air pendingin, dan uap yang terbentuk langsung dipakai untuk memutar turbin. Setelah melalui turbin, uap tersebut akan mengalami proses pendinginan sehingga berubah menjadi air yang langsung dialirkan ke teras reaktor untuk diuapkan lagi dan seterusnya.

Sistem kerja ini terlihat cukup sederhana. Dalam reaktor ini digunakan bahan bakar Uranium yang diperkaya dengan tingkat 3-4 % dalam bentuk UO₂.

2. PWR (Pressurized Water Reactor) Reaktor Air Tekan

Reaktor tipe ini juga menggunakan air sebagai pendingin sekaligus moderator. Bedanya dengan reaktor air didih adalah pada reaktor tekan digunakan dua macam pendingin, yaitu pendingin primer dan sekunder.

Panas yang dihasilkan oleh reaksi fisi dipakai untuk memanaskan air pendingin primer. Dalam sistem pendingin primer ini juga dilengkapi dengan alat pengontrol tekanan (*pressurizer*) yang dipakai untuk mempertahankan tekanan pada sistem pendingin primer. Tekanan pada sistem pendingin primer dipertahankan pada harga 150 atmosfer untuk mempertahankan agar air pendingin primer ini tidak mendidih pada suhu kurang lebih 300 derajat celcius. Pada tekanan udara normal, air akan mendidih dan menguap pada suhu 100 derajat celcius.

Air pendingin primer selanjutnya dialirkan ke sistem pembangkit uap, sehingga terjadi pertukaran panas antara sistem pendingin primer dan sekunder. Perlu diketahui, bahwa antara pendingin primer dan sekunder hanya terjadi pertukaran panas saja tanpa terjadi pencampuran, karena

antara pendingin primer dan sekunder dipisahkan oleh sistem pipa. Pertukaran panas ini menyebabkan air pendingin sekunder mendidih dan menguap. Tekanan pada sistem pendingin sekunder dibuat sama dengan dengan tekanan udara normal, sehingga air pendingin sekunder tersebut dapat mendidih dan menguap pada suhu 100 derajat celcius. Uap air yang terbentuk dalam sistem pembangkit uap selanjutnya digunakan untuk memutar turbin.

Berdasar uraian di atas, bahwa sistem kerja reaktor air tekan lebih rumit daripada reaktor air didih. Namun, jika dilihat dari sistem keselamatannya, reaktor air tekan lebih aman.

Pada reaktor air tekan, perputaran air pendingin primernya betul-betul tertutup, sehingga jika ada kebocoran bahan radioaktif dari kelongsong bahan bakar, maka kebocoran tersebut tidak akan mengakibatkan terjadinya kontaminasi (pengotoran) radioaktif pada turbin. Sedangkan pada reaktor air didih, kebocoran bahan radioaktif yang terlarut dalam air pendingin dapat menyebabkan terjadinya kontaminasi pada turbin.

3. HWR (Heavy Water Reactor) Reaktor Air Berat

Reaktor air berat merupakan jenis reaktor yang menggunakan air berat (D_2O) sebagai moderator sekaligus pendingin. Karena penyerapan air berat terhadap neutron hasil fisi sangat kecil, maka dalam reaktor ini memungkinkan digunakannya Uranium alam. Reaktor jenis ini yang

paling terkenal adalah CANDU (*Canadian Deuterium Uranium Reactor*). Reaktor jenis ini pertama kali dikembangkan oleh Kanada.

Seperti halnya reaktor air tekan, reaktor CANDU juga mempunyai sistem pendingin Primer dan Sekunder, pembangkit uap dan pengontrol tekanan (*pressurizer*) untuk mempertahankan tekanan tinggi di dalam sistem pendingin primer agar tidak mendidih. Air berat dalam reaktor CANDU hanya digunakan sebagai sistem pendingin primer, sedangkan sistem pendingin sekundernya digunakan air biasa.

4. MR (Magnox Reactor) Reaktor Magnox

Reaktor ini menggunakan bahan bakar dalam bentuk logam Uranium atau paduannya yang dimasukkan ke dalam kelongsong paduan Magnesium, sehingga reaktor ini dijuluki *Magnox Reactor*. Termasuk ke dalam reaktor jenis ini adalah reaktor penelitian pertama di dunia yang dibangun oleh ahli fisika Enrico Fermi di Universitas Chicago, Amerika Serikat.

Reaktor Magnox menggunakan CO₂ sebagai pendingin, grafit sebagai moderator dan Uranium alam sebagai bahan bakar. Reaktor ini dikembangkan dan banyak dioperasikan oleh Inggris.

5. AGR (Advanced Gas-cooled Reactor) Reaktor Maju Berpendingin Gas

Reaktor ini merupakan penyempurnaan dari reaktor Magnox. Reaktor jenis ini menggunakan CO₂ sebagai pendingin, grafit sebagai moderator dan Uranium sedikit sebagai bahan bakar. Pengayaan sedikit pada bahan bakar Uranium dimaksudkan untuk memperoleh efisiensi

termal, rapat daya, dan fraksi bakar yang lebih tinggi. Batang bahan bakarnya dibungkus menggunakan kelongsong yang terbuat dari baja tahan karat.

e. Perkembangan Desain Reaktor

1. Reaksi Generasi Pertama

Pada awal perkembangan PLTN, U-235 oleh manusia hanya diketahui sebagai satu-satunya bahan bakar nuklir. Ada berbagai jenis PLTN yang memanfaatkan U-235 sebagai bahan bakarnya, adapula PLTN yang menggunakan bahan bakar Uranium Alam dan Uranium diperkaya.

Ada 3 isotop Uranium alam yang diperoleh dari hasil penambangan yaitu U-235 dengan kadar 0.715 %, U-238 dengan kadar 99.825 %, dan U-234 dengan kadar yang sangat kecil.

Untuk Uranium diperkaya, tujuan pengayaan bahan bakar adalah untuk meningkatkan kadar U-235 dalam bahan bakar nuklir, karena kadar U-235 yang diperoleh dari penambangan hanya 0.715 %. Tingkat pengayaan yang diijinkan adalah di bawah 20 % sesuai dengan ketentuan dari Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA). Tingkat pengayaan ini dianggap masih jauh dibandingkan dengan tingkat pengayaan 95 % yang memungkinkan bahan bakar tersebut dipakai untuk pembuatan bom nuklir.

Hampir 85 % PLTN yang beroperasi di negara-negara merupakan jenis PLTN berbahan bakar U-235 diperkaya. Contoh yang cukup terkenal dari PLTN ini adalah PLTN dengan reaktor air didih (*Boiling Water*

Reactor atau BWR) dan reaktor air tekan (*Pressurized Water Reactor* atau PWR).

2. Reaktor Pembiak

Bahan bakar lain yang disebut sebagai bahan bakar Fertil (bahan subur). Bahan fertil adalah bahan yang tidak dapat melakukan reaksi fisi secara langsung, tetapi bahan tersebut dapat diubah menjadi fisi setelah mengalami penembakan dengan neutron cepat.

Contoh dari bahan bakar fertil ini adalah Uranium 238 (U-238) dan Thorium 232 (Th-232). Setelah ditembaki dengan neutron, U-238 dapat berubah menjadi bahan fisi Plutonium 239 (Pu-239), sedangkan Th-232 dapat berubah menjadi U-232. baik Pu-239 maupun Th-232 ini merupakan bahan bakar nuklir baru yang dapat digunakan sebagai sumber energi.

Bahwa dalam batuan Uranium terdapat U-235 dengan persentase sangat kecil (0.715 %) dan U-238 dengan persentase sangat besar (99.285 %). Hanya U-235 yang melakukan reaksi fisi di dalam teras reaktor, sedangkan U-238 akan tertembaki neutron hasil fisi, sehingga berubah menjadi Pu-239.

Bahwa reaktor nuklir generasi pertama hanya melakukan pembakaran U-235, sedangkan U-238 dengan persentase yang sangat besar dibandingkan U-235 tidak mengalami pembakaran tetapi berubah bentuk menjadi Pu-239.

Dengan semakin di kuasanya teknologi reaktor nuklir berbahan bakar Pu-239, umumnya limbah nuklir berupa bahan bakar bekas di daur ulang untuk diambil U-235 sisa dan Pu-239 nya.

Kini telah diciptakan reaktor nuklir yang mampu berperan ganda dalam bentuk reaktor pembiak cepat. Dikatakan berperan ganda karena disatu pihak reaktor ini memproduksi energi melalui pembakaran bahan bakar U-235, dilain pihak memanfaatkan kelebihan neutron yang dihasilkan selama pembakaran U-235 dipakai untuk menembaki U-238 sehingga diproduksi bahan bakar baru dalam bentuk Pu-239.

Disebut reaktor pembiak karena reaktor ini mampu membiakkan bahan bakar nuklir. Pembiakan bahan bakar sudah barang tentu merupakan hal yang aneh dalam sistem pembangkitan energi nuklir. Dikatakan aneh karena setiap mengkonsumsi energi kita memerlukan bahan bakar. Dalam reaktor pembiak justru dapat dihasilkan bahan bakar yang lebih banyak (berkembang biak) dibandingkan dengan bahan bakar yang digunakan sebelumnya.

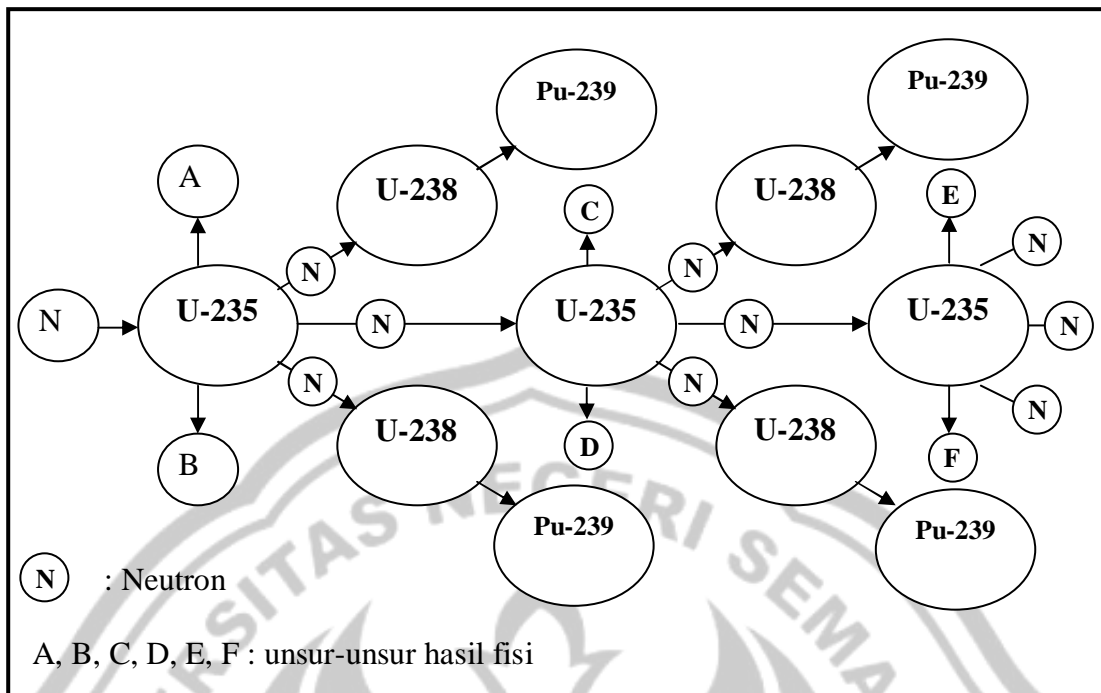
Proses produksi Pu-239 dalam reaktor pembiak cepat dapat diterangkan sebagai berikut:

1. Neutron yang dilepaskan dari pembakaran U-235 menembaki target U-238 sehingga bahan ini berubah menjadi isotop U-239.
2. U-239 dengan waktu paruh 23,5 menit akan meluruh menjadi Np-239 disertai dengan pemancaran elektron.

3. Np-239 dengan waktu paruh 2,3 hari ini ternyata juga bersifat tidak stabil, sehingga meluruh menjadi Pu-239 disertai pemancaran elektron.

Dengan teknologi reaktor pembiak, suatu PLTN dapat berperan ganda, yaitu: menghasilkan energi listrik dari pembakaran U-235 dan membiakkan bahan bakar nuklir baru berupa Pu-239. dahulu Pu-239 ini dianggap sebagai sampah nuklir yang membahayakan karena sangat beracun (toksik) dan berumur sangat panjang. Istilah Plutonium itu sendiri diambil dari nama dewa bangsa Yunani Kuno, Pluto yang berarti Dewa Neraka. Namun, belakangan ini diketahui bahwa Pu-239 ternyata dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar nuklir baru.

Betapa menariknya teknologi reaktor pembiak ini. Sebagai contoh, dalam proses fisi U-235 dilepaskan 3 buah neutron, satu buah dipakai untuk melangsungkan reaksi fisi berikutnya, sisa dua neutron dipakai untuk memproduksi dua buah Pu-239. jadi setiap terjadi pembakaran satu buah U-235 akan dibiakkan dua buah Pu-239, atau dengan kata lain dalam reaktor pembiak ini dihasilkan bahan bakar baru dengan jumlah dua kali lipat dibandingkan bahan yang dibakar sebelumnya. Namun dalam kenyataannya, jumlah dua kali lipat ini sulit didapat karena ada sebagian neutron yang hilang tak terpakai. Namun pada prinsipnya, dalam reaktor pembiak akan dihasilkan bahan bakar baru yang lebih banyak dibandingkan dengan bahan bakar yang dikonsumsi.



Kemampuan dari reaktor pembiak cepat ini hanyalah sebatas memproduksi energi dan bahan bakar baru. Reaktor ini tidak mampu membakar langsung Pu-239 yang diproduksinya. Untuk pembakaran Pu-239 diperlukan reaktor tipe lain dan pemrosesan lebih lanjut. Ada berbagai jenis reaktor pembiak yang dikembangkan di beberapa negara maju. Prancis misalnya, berhasil menggelar reaktor pembiak cepat superphenix disamping itu, reaktor jenis ini juga dikembangkan di AS dan Jerman.

3. Reaktor Generasi Terbaru

PLTN generasi terbaru dirancang berkemampuan menghasilkan listrik dan membakar limbah radioaktif atau jika mungkin memiliki tiga kemampuan sekaligus dalam bentuk reaktor tunggal. Reaktor jenis ini sekarang sedang dikembangkan di AS. PLTN generasi terbaru ini adalah jenis ALMR (*Actinide Burning Liquid Metal Fast Reactor*).

ALMR mampu membakar limbah Aktinida yang terdiri dari unsur-unsur Transsuranium (kelompok Uranium dan kelompok Plutonium) termasuk juga unsur Neptunium, Americium, dan Cerium. Unsur-unsur ini memang selama ini dikenal sebagai limbah radioaktif yang sangat toksik dan berumur paruh sangat panjang.

Teknik desain ALMR telah dirancang sedemikian rupa sehingga spektrum neutron yang dilepaskan selama pembakaran bahan bakar sebagian besar berada pada neutron energi cepat. Neutron ini mempunyai kebolehterjadi berinteraksi dengan unsur-unsur Aktinida sangat besar, sehingga unsur-unsur tersebut setelah tertembaki neutron dapat melakukan reaksi pembelahan langsung di dalam teras reaktor.

Jika kelak uji coba ALMR berhasil dan unjuk kerjanya sesuai dengan yang diharapkan, maka konsep ALMR merupakan solusi energi dunia dimasa mendatang. Jika limbah-limbah Aktinida dapat langsung terbakar habis didalam teras reaktor, maka permasalahan limbah nuklir dalam PLTN akan segera teratasi. Dengan demikian kontroversi masalah PLTN dan limbah nuklir tidak akan timbul lagi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Tingkat kebutuhan konsumsi energi di Indonesia terbagi kedalam tiga sektor yaitu rumah tangga, industri dan transportasi. Kebutuhan konsumsi energi minyak tanah terbanyak dipakai oleh sektor rumah tangga sedangkan BBM bagi sektor industri dan transportasi.
2. Indonesia sesungguhnya memiliki potensi sumber energi alternatif, yang memiliki kapasitas dalam jumlah besar. Beberapa di antaranya ialah bioethanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga uap air, bahkan sampah/limbah-pun dapat digunakan untuk membangkitkan listrik.
3. Implikan yang menyangkut keadaan sosial ekonomi masyarakat Indonesia dengan pemakaian sumber energi alternatif pada dasarnya terletak pada efisiensi penggunaan energi pada tiap-tiap sektor. Efisiensi dari penggunaan energi ketiga sektor tersebut meliputi pengurangan subsidi bahan bakar bagi masyarakat ekonomi lemah, stabilitas pasokan energi bagi industri dan sifat ekonomis energi alternatif pada sektor transportasi.
4. Dua ancaman serius yang muncul akibat ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, yakni: faktor ekonomi (keterbatasan eksplorasi yang berakibat pada

suplai, harga; dan fluktuasinya), serta faktor polusi bahan bakar fosil yang merugikan lingkungan hidup, mau tidak mau memaksa umat manusia untuk memikirkan alternatif energi yang lebih terjamin pengadaannya serta ramah terhadap lingkungan. Gasohol adalah salah satu alternatif yang memungkinkan transisi ke arah implementasi energi alternatif berjalan dengan mulus.

5.2. Rekomendasi

1. Bagi pemerintah untuk mengembangkan berbagai kemungkinan bagi penerapan energi alternatif sebagai upaya pengganti BBM ataupun sebagai pembangkitan energi listrik.
2. Bagi pengusaha atau industriawan untuk segera memanfaatkan potensi energi alternatif dengan berbagai alasan pertimbangan ke depan sebagai pengganti bahan bakar fosil.
3. Bagi masyarakat untuk membiasakan dalam memanfaatkan potensi energi alternatif yang ada di sekitar.
4. Bagi peneliti bidang energi untuk melakukan penelitian dan pengembangan teknologi agar potensi energi alternatif dapat digunakan secara praktis bagi masyarakat luas.

DAFTAR PUSTAKA

- John Satchwell, 1987. *Tenaga Air*, Jakarta: PT. Pradnya Paramitha penerjemah Ny. M. Tazir, Ilustrasi Ron Hayward; konsultan Stewart Boyle.
- Reksohadiprojo, S. 1988. *Ekonomi Energi*. Jogjakarta : Pusat Antar Universitas Studi Ekonomi. UGM
- Flavin C. dan Lenssen N. 1995. *Gelombang Revolusi Energi : Sebuah Buku Pegangan Untuk mengantisipasi Revolusi Energi* : Jakarta. Yayasan Obor Indonesia.
- Akhadi Mukhlis, Drs. 1997. *Pengantar Teknologi Nuklir*, Jakarta: Rineka Cipta
- Genta Majalah Kampus, 1998. "Biogas Sumber Energi Alternatif yang Ramah Lingkungan". Edisi 117 tahun XXXIII/27 Maret 1998, hal: 35-38.
- ELEKTRO INDONESIA 1998. *Prospek Energi Panas Bumi di Indonesia*. Edisi ke Lima Belas, Nopember 1998.
- Ridlo, R., B. Sucahyo dan Shaffriadi. 1998. Bioner-1, Gasifikasi Gambut Dan Biomassa Untuk Listrik dan Pompanisasi Air. Prosiding Konferensi Energi, Sumberdaya Alam dan Lingkungan, BPPT. Jakarta.
- Bayu Mardana Sinar Harapan 2002, *Mengolah Kotoran Ternak Menjadi Energi Ramah Lingkungan*. Senin, 18 Maret 2002, No. 4063.
- Walisiewiz, Marek. 2003. *Energi Alternatif*. Jakarta: Erlangga.
- Kompas Cyber Media, 2003, "Turbin Angin sebagai Alternatif Pembangkit Listrik" Kamis, 21 Agustus 2003.
- A-68 Pikiran Rakyat. 2003, "Kerja Sama PT PLN Jabar-Banten dengan PT Navigat Listrik Biogas Segera Dibangun". Rabu, 03 September 2003.
- A-64 Pikiran Rakyat 2004. *Tingkatkan Pemanfaatan Energi Panas Bumi*. Jumat 30 April 2004.
- Agus P. Sari. 2005. *Kehidupan Tanpa Minyak: Masa Depan yang Nyata*
- Hidayat Syarip Agus. 2005. *Konsumsi BBM dan Peluang Pengembangan Energi Alternatif*. INOVASI Vol.5/XVII/Nov.
- Ika Heriansyah. 2005. *Potensi Pengembangan Energi dari Biomassa Hutan di Indonesia* INOVASI On line. Edisi Vol.5/XVII/November 2005.

- Indartono Yuli Setyo. 2005. *Krisis Energi Di Indonesia: Mengapa dan Bagaimana: INOVASI* Vol.5/XVII/November 2005.
- PLTN *Faktor Pencemaran Lingkungan dan Gangguan Kesehatan*
<http://elektroindonesia.com/elektro/ener15.html>.
- Departemen ESDM 2005, *Pusat Informasi Briket Batu Bara*. Pusat LITBANG Teknologi Mineral dan Batu Bara.htm. (on line) (<http://mail.tekmira.esdm.go.id>) diunduh pada Senin 14 November 2005.
- Buyung Wijaya Kusuma. 2005. *Jangan Ketinggalan Lagi di Energi Panas Bumi*. Kompas 4 Mei 2005.
- Suara Merdeka 2005: 19 Mei 2005.
- Migas Indonesia On line. Administrator. 2005 *PLN Targetkan Tahun 2008 Pembangkit Geotermal*, 12 Oktober 2005, 09:18:58 WIB.
- GSA 2005. Kompas (15 Juli 2005). *Dari Minyak Jelantah Hingga Bioetanol*, (online) (<http://www.fisik@net.lipi.go.id>) diunduh pada Jumat 25 Mei 2007.
- Instruksi Presiden nomor 10/2005 tentang Penghematan dalam Penggunaan Energi.
- Aiz 2005. (PT. Cakrawala Pengembangan Agro Sejahtera). *Sumbar Kembangkan Tanaman Jarak Di Lahan Kritis* (on line) Selasa (13/12/2005).
<http://www.agroindonesia.com/agnews/ind/2005/Desember/14%20Desember%2001.html> .
- Muslimin Nasution 2005, *Minyak Jarak Lebih Untung Dari Briket Batu Bara* (APBI-ICMA (dari Bisnis Indonesia)). Selasa, 6 Desember 2005. Hal:T3.
- Icha 2005 (Pikiran Rakyat), *Biodiesel Energi Alternatif*. Rabu, 13 Juli 2005.
- Ovi/Doe 2005. (Pikiran Rakyat/OTOKIR). *Energi Alternatif Ramah Lingkungan "Biofuel" Cocok untuk Indonesia*. Jumat, 15 Juli 2005.
- Sidik Permana. 2005. *Energi Nuklir dan Kebutuhan Energi Masa Depan*. INOVASI On line Vol_5-XVII-November 2005.
- Rovicky Dwi Putrohari 2006. *Potensi Geothermal VS Minyak Bumi*, INDENI 31 Juli 2006.

- Udrekh 2006 (Ketua Divisi Kebijakan Energi INDENI) 2006. *Mengamati Peluang Penggunaan Gas Hydrat Sebagai Energi Alternatif Abad-21*. Berita IPTEK 10 Agustus 2006.
- Suara Merdeka 2006 : 20 Januari 2006.
- Asep Bayu Dani Nandiyanto dan Fikri Rumi 2006, *Biogas Sebagai Peluang Pengembangan Energi Alternatif*. INOVASI On line Vol_8-XVIII-November 2006.
- Agung Sudrajad dan Kartika Kus Hendratna 2006. *Menghemat Bahan Bakar Dengan Magnet Portabel*. INOVASI On line Vol_6-XVIII-Maret 2006.
- Kalla Jusuf, 2006 "Setrum 76 Triliun Kalla". *Majalah Tempo*, 17-23 April 2006.
- Wahyu Kompas 2006, *Swadaya Masyarakat Warga Mulai Mengembangkan Energi Biogas*. Rabu, 28 Juni 2006.
- Brian Yulianto 2006. *Energi Surya: Alternatif Sumber Energi Masa Depan di Indonesia*. Artikel Iptek (BERITA IPTEK) Kamis, 16 Februari 2006 08:40:21.
- Dedy Eka P 2006, Divisi Teknologi Energi INDENI Lebih Akrab Dengan Fuel Cell. 27 Oktober 2006.
- Ima 2006, Kompas Cyber Media. Pengembangan Jarak Pagar Serap 3,5 Juta Tenaga Kerja. (on line) (<http://www.kompas.com>) diunduh pada Selasa, 22 Agustus 2006 - 15:21 WIB. Sumber: Antara.
- Edj 2006, Kompas Cyber Media. *Indonesia-Malaysia Pasok Biofuel untuk Pasar Eropa*. (on line) (<http://www.kompas.com>) Diunduh pada Selasa, 22 Agustus 2006 - 15:00 WIB.
- Brian Yulianto, 2006. *Solar Energy: Teknologi Sel Surya Untuk Energi Masa Depan-INDENI*. Berita IPTEK 20 Januari 2006.
- Rachbini Didik J, 2007 "Politik Energi". *Kompas*, Senin 12 Februari 2007.
- Kompas Cyber Media 2007,"*Sumber Energi Alternatif terus dikembagkan*" 21 April 2007 hal.22.
- Kompas Cyber Media 2007, Jumat, 30 Maret 2007. hal: 12.
- Kompas Cyber Media 2007, Jumat, 20 April 2007. hal:18.

- Kompas Jateng 2007, *Presiden Galakkan Tanam Jarak*, Senin 19 Februari 2007 hal:j.
- LIPI – 2007 Artikel Populer.htm. *PLTMH - Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro* (on line) (<http://www.kimianet.lipi.go.id>) Diunduh pada Jumat 25 Mei 2007, Jakarta: LIPI.
- LIPI – 2007 Artikel Populer.htm. *Dimana Air Mengalir, Listrik Bisa Dihasilkan*.htm. (on line) (<http://www.blog.lipi.go.id>) diunduh pada 25 Mei 2007, Jakarta: LIPI.
- Berita IPTEK 2007, *Briket Batu Barasebagai Alternatif Pengganti Minyak Tanah*.htm. (on line) (<http://www.beritaiptek.com>) diunduh pada Sabtu 26 Mei 2007.
- Departemen ESDM 2007, *1200 Hektar Jarak Pagar Di Grobogan Awali Desa Mandiri Energi*. Rabu, 21 Februari 2007.
- Artikel Ilmiah 2007. *Biodiesel (BBM Alternatif Pengganti Solar)* (on line) (<http://www.ristek.go.id>) di unduh pada Jumat 25 Mei 2007.
- Yuli Indartono 2007 (Kobe University), *Bioethanol, Alternatif Energi Terbarukan: Kajian Prestasi Mesin dan Implementasi di Lapangan*. (on line) Berita IPTEK 12 Juli 2005. (<http://www.fisik@net.lipi.go.id>) diunduh pada Jumat 25 Mei 2007.
- Biofuel 2007. <http://www.journeytoforever.com>, *Journey to Forever Online Biofuels Library*. (on line) diunduh pada Jumat 25 Mei 2007.
- Gianie 2007 Litbang Kompas (Kompas Cyber Media), *Energi Alternatif : Butuh Upaya Bangun Biofuel*. Selasa, 13 Maret 2007.
- Burhani Rahman 2007 (Kompas). *Biogas Suatu Energi Alternatif*. 8 Agustus 2005. (online) (<http://www.fisik@lipi.go.id>) diunduh pada Jumat 25 Mei 2007.
- Wah 2007 (Kompas Cyber Media), *Jarak Pagar Lebih Fleksibel dari Kelapa Sawit* (on line). (<http://www.fisik@net.lipi.go.id>) diunduh pada Jumat, 25 Mei 2007.

- Yun 2007 (Kompas), *Biodiesel dan Gasohol Program Riset Energi* (Artikel Populer) (on line) (<http://www.fisik@net.lipi.go.id>). Diunduh pada Jumat, 25 Mei 2007.
- Wahyudin Fahmi 2007 (Tempo Interaktif), *Astra Agro Mulai Rintis Pabrik Biodiesel* (Artikel Populer). (on line) (<http://www.fisik@net.lipi.go.id>). Diunduh pada Jumat, 25 Mei 2007.
- Zeily Nurachman 2007 (Kimia ITB), *Ubah Biomassa Jadi Bahan Bakar*. Kompas, 8 Agustus 2005. (on line) (<http://www.fisik@net.lipi.go.id>) diunduh pada Jumat 25 Mei 2007.
- BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) 2007. *Belum Jelas Kepemilikan PLTN*. www.bapeten.go.id/md2006/index.php?modul=page. 2007-05-20 07:29:39 (BDI). Sumber: (NAW) (Sumber: Kompas, 11 Mei 2007).
- Yaziz Hasan 2007. *Nuklir, Energi Masa Depan*. (On line) (<http://www.infonuklir.com/Jurnal/Perspektif/NuklirOp>) di unduh pada Jumat 25 Mei 2007.
- Departemen ESDM 2005. *Bleu Print Pengelolaan Energi Nasional (2005-2015)*.
- BAPETEN 2007. *Seminar Keselamatan Nuklir*. 1-2 Agustus 2007. Jakarta.
- BAPETEN 2007. UU RI Nomor 10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran. (on line) (<http://www.bapeten.org>) diunduh pada Jumat 25 Mei 2007.
- BAPETEN 2007. *Pemanfaatan Tenaga Nuklir di Indonesia*. (on line) (<http://www.bapeten.go.id>) diunduh pada 25 Mei 2007.
- Ferhat Aziz (BATAN) 2006. *Perspektif Positif Energi Nuklir*. Republika OL 26 Agustus 2006.
- Yaziz Hasan 2007. *Nuklir Energi Masa Depan*. (on Line) (<http://www.infonuklir.com>) diunduh pada 25 Mei 2007.
- Wah 2007 (Kompas Cyber Media), *Membangkitkan Listrik dari Perut Bumi*. (on line) (www.fisik@lipi.go.id) diunduh pada 25 Mei 2007.
- Wah 2007 (Kompas Cyber Media), *Panas Bumi, Potensi Energi yang Masih Terabaikan*. (on line) (www.fisik@lipi.go.id) diunduh pada 25 Mei 2007.

Alih Istik Wahyuni 2007 (Detikcom), *Tender 7 Pembangkit Listrik Panas Bumi diGelar Maret*, (on line) (<http://www.fisik@lipi.go.id>) diunduh pada Kamis 24 Mei 2007.

