

INTEGRASI PERMODELAN ENERGI-LINGKUNGAN DAN *LONG RANGE ENERGY ALTERNATIVES PLANNING* SYSTEM (LEAP) : Kasus Indonesia

Jaka Aminata

Abstract

The Long-Range Energy Alternatives Planning System (LEAP) is a scenario-based energy-environment modeling tool. LEAP as a database, it provides a comprehensive system for maintaining energy information; as a forecasting tool, it enables the user to make projections of energy supply and demand over a long-term planning horizon; as a policy analysis tool, it simulates and assesses the effects - physical, economic, and environmental of alternative energy programs, investments, and actions. Its scenarios are based on comprehensive accounting of how energy is consumed, converted and produced in a given region or economy under a range of alternative assumptions on population, economic development, technology, price and so on. With its flexible data structures, LEAP allows for analysis as rich in technological specification and end-use detail as the user chooses. In this research, researcher put Indonesian case as "an intellectual exercise". However, LEAP has wide variety of projects, programs, technologies and other energy initiatives, and arrives at strategies that best address environmental and energy problems.

Keywords: *LEAP - energy demand - problem tree - demand model - projection - data structures*

Pendahuluan

Sumber daya alam yang ada di bumi jumlahnya sangat terbatas sedangkan kebutuhan manusia adalah tidak terbatas, sehingga menimbulkan kelangkaan, lebih lanjut pemenuhan kebutuhan manusia yang dari waktu ke waktu semakin meningkat secara umum baik dalam kualitas maupun kuantitas.

Demikian juga mengenai pemenuhan kebutuhan energi, membuat manusia berusaha memecahkan masalah tentang ketersediaan sumber energi yang tidak terbarukan (*unrenewable*) meskipun terdapat juga sumber energi yang terbarukan (*renewable*) namun pemanfaatannya belum optimal karena ada kendala dana dan teknologi.

Sebenarnya pada kurun waktu 1980-an dan 1990-an terlihat bahwa pembangunan ekonomi yang memanfaatkan sumber-sumber energi yang tak terbarukan maupun yang terbarukan menjadi bahan perdebatan di berbagai penjuru dunia. Tuntutan pembangunan di bidang energi yang berkelanjutan diperlukan instrument kebijakan yang komprehensif di bidang energi. Terjadinya krisis minyak tahun 1970-an, 1980-an dan era millenium merupakan satu salah satu fenomena berharga bagi kita semua di mana pengelolaan energi di dunia ini masih jauh dari harapan. Terutama bagi negara berkembang yang memiliki sumber daya alam yang melimpah tetapi manajemen energi yang dilakukan masih buruk.

Permasalahan yang akan dipecahkan adalah pengelolaan sumber daya energi khususnya *natural resources* membutuhkan suatu perencanaan yang terukur dan terstruktur untuk mengatasi kebutuhan manusia yang hampir selalu meningkat dan tak terbatas. Perencanaan prakiraan penggunaan energi akan membantu bagi pembangunan di sektor energi yang mempunyai pengaruh besar terhadap sektor-sektor yang lain. Adanya prakiraan atau estimasi tentang energi khususnya *production and consumption* diharapkan dapat mengarahkan partisipasi masyarakat di dalam pembangunan sektor energi secara lebih sungguh-sungguh.

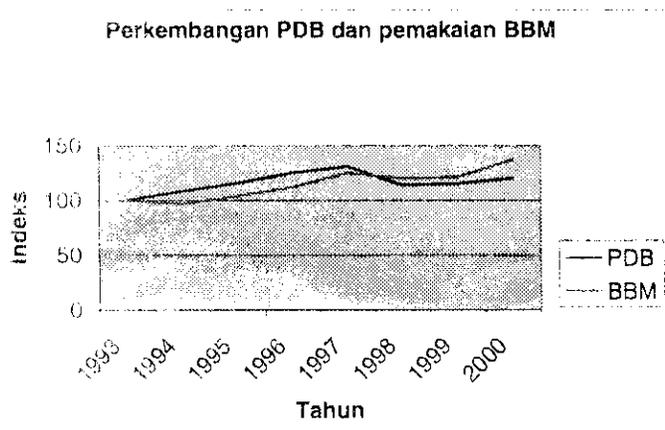
Untuk pembangunan sektor energi yang baik, diperlukan juga perencanaan pembangunan untuk menangani masalah lingkungan akibat adanya proses penyediaan energi ataupun dalam konsumsi energi. Hal ini penting untuk mendukung keberlanjutan kehidupan manusia di masa datang.

Tujuan dasarnya, penelitian ini adalah untuk mengetahui prakiraan seberapa besar permintaan energi di masa datang (50 tahun mendatang) dan kemampuan institusi atau lembaga penyedia energi dalam memproduksi energi guna memenuhi kebutuhan masyarakat. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak lingkungan (terutama polusi) dari adanya kegiatan penyediaan energi (pembangkit listrik) dan konsumsi energi. Diharapkan penelitian ini bisa dipakai untuk acuan dalam pengambilan kebijakan di sektor energi.

Perkembangan sektor energi

Indonesia sebagai negara *net importer* minyak sangat terpengaruh dengan harga minyak mentah dunia. Harga minyak mentah dunia pada bulan Agustus 2005 yang sempat menyentuh level US\$ 70 per barel sungguh sangat memberatkan Indonesia. Berbeda dengan kondisi Indonesia tahun 1970-an dan awal 1980-an di mana pada saat itu Indonesia menikmati kenaikan harga minyak mentah dunia karena keadaan saat ini terbalik. Indonesia yang merupakan negara net importir dan ditambahi beban subsidi BBM sangat terpukul. Impor minyak yang harganya melambung mengakibatkan permintaan terhadap US\$ meningkat sehingga depresiasi mata uang Rupiah terjadi. Berdampak negative pada APBN, dan besaran subsidi untuk BBM yang meningkat.

Gambar 1



Sumber : BPS (diolah)

Pada gambar di atas ditunjukkan adanya penyalahgunaan tersebut, bahwa ternyata kelesuan perekonomian nasional yang ditunjukkan oleh penurunan Produk Domestik Bruto (PDB) tidak diikuti oleh penurunan pemakaian BBM, bahkan pemakaian BBM pada tahun 2000 justru meningkat dengan tajam.

Pertumbuhan pemakaian produk kilang di dalam negeri yang meningkat dengan rata-rata pertumbuhan 5 % per tahun, menimbulkan kekhawatiran makin dekatnya masa *net oil importer*. Sementara di lain pihak, kapasitas produksi minyak bumi sulit untuk ditingkatkan lagi. Masa *net oil importer* nampaknya akan menjadi kenyataan dalam dasawarsa ini. Pada saat Indonesia menjadi *net oil importer country*, tentunya akan sangat berat untuk terus menerapkan kebijakan subsidi harga BBM.

Pertumbuhan pemakaian produk kilang di dalam negeri yang terus tumbuh, dengan rata-rata pertumbuhan 5 % per tahun, menimbulkan adanya kekhawatiran makin dekatnya masa *net oil importer*. Sementara di lain pihak, kapasitas produksi minyak bumi sulit untuk ditingkatkan lagi. Masa *net oil importer* nampaknya akan menjadi kenyataan dalam dasawarsa ini. Pada saat Indonesia menjadi *net oil importer country*, tentunya akan sangat berat untuk terus menerapkan kebijakan subsidi harga BBM.

Tantangan yang dihadapi pada sektor energi masa depan sangat berat, pemerintah harus melakukan restrukturisasi sektor energi. Restrukturisasi yang mencakup sektor energi ini mencakup kelembagaan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, pengelolaan dan pengusahaan komoditas energi dan kebijakan harga energi. Kecenderungan keterbukaan pasar telah mendorong untuk dibukanya regulasi-regulasi di pasar energi. Khususnya dalam hal ini adalah BBM dan listrik. Pada pengelolaan komoditas BBM dan listrik, peran pemerintah melalui Badan Usaha Milik Negara (BUMN)nya sangat dominan. Pengelolaan dan pengusahaan komoditas energi akan dilepaskan ke pasar, dengan membuka kesempatan partisipasi masyarakat atau pihak swasta dalam pasar energi. Untuk menuju kondisi ini, salah satu prasyaratnya adalah menghilangkan regulasi harga sehingga harga komoditas energi di atas harga ekonominya.

Tabel 1
Komoditas Energi

Jenis	Tahun 2005	Tahun 2025
Panas Bumi	807 MW	9.500 MW
PLTMH	84 MW	500 MW (on grid) 330 MW (off grid)
Energi Surya	8 MW	80 MW
Biomassa (listrik)	302 MW	810 MW
Energi Angin	0.5 MW	250 MW (on grid) 5 MW (off grid)

Sumber : Suara Merdeka, Oktober 2005

Dari tabel di atas dapat dilihat, penggunaan energi alternatif selain BBM didominasi oleh panas bumi (*geothermal*). Hal ini cukup berdasar, disebabkan Indonesia memiliki gugusan gunung berapi yang jumlahnya mencapai puluhan.

Undang-Undang No. 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi (UU Migas) merupakan jawaban atas tantangan keterbukaan pasar di bidang minyak dan gas bumi. UU Migas menata ulang pengelolaan migas, baik di sektor hulu ataupun hilir. Di sektor hulu, wewenang kuasa pertambangan yang sebelumnya diserahkan kepada Pertamina, kembali diambil oleh negara. Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi migas berdasar UU Migas dikelola oleh Badan Pengawas, dengan persetujuan DPR. Sedangkan pelaku kegiatan eksplorasi dan eksploitasi migas dapat dilakukan oleh BUMN, BUMD, koperasi dan pihak swasta. Pertamina sebagai BUMN akan berkedudukan sama dengan pelaku-pelaku kegiatan hulu migas yang lainnya. Kegiatan hulu migas akan dilaksanaka secara terbuka dan transparan.

Sektor kelistrikan akan mengkomodasi kecenderungan pasar kelistrikan di masa depan, bisnis kelistrikan akan menjadi *multi buyer multi seller*. Untuk menjadi bisnis yang *multi buyer multi seller*, maka usaha penyediaan listrik dapat dibagi menjadi :

1. Pembangunan listrik,
2. Transmisi listrik,
3. Distribusi listrik,
4. Penjualan listrik,
5. Bursa listrik, dan
6. Pengoperasian sistem.

Lebih jauh terdapat usaha penunjang tenaga penyediaan tenaga listrik, seperti konsultasi, konstruksi, pengujian, operasi dan pemeliharaan, penelitian dan pengembangan, serta pendidikan dan latihan. Masing-masing jenis usaha ini harus dilaksanakan secara terpisah oleh pelaku usaha yang berbeda. Sehingga akan tercipta kompetisi menuju efisiensi pasar. Namun demikian, untuk usaha transmisi dan distribusi listrik, tetap diprioritaskan untuk ditangani oleh BUMN.

Pada masa depan kondisi pasar listrik seluruh pelaku pasar diberi kesempatan untuk berperan sebagai pelaksana usaha penyediaan kelistrikan, baik pihak BUMN, BUMD, koperasi ataupun swasta. Pemerintah berlaku sebagai pengatur (*regulator*), yang dalam pelaksanaannya akan dilakukan oleh suatu Badan Pengatur. Badan Pengatur berwenang didalam :

1. Penetapan pelaku usaha kelistrikan,
2. Pengawasan harga jual listrik,
3. Penetapan harga fasilitas, dan
4. Sewa jaringan.

Pemerintah juga mempunyai tugas dan wewenang untuk menetapkan arahan pembangunan kelistrikan, yaitu Rencana Umum Kelistrikan Nasional (RUKN). Untuk menampung aspirasi dari daerah, RUKN harus memperhatikan Rencana Umum Kelistrikan Daerah (RUKD). Untuk menunjang pembangunan kelistrikan di daerah terpencil dan pedesaan, serta memberi subsidi harga listrik

kepada kelompok kurang mampu, dibentuk Dana Pembangunan Ketenagalistrikan Sosial (DPKS). DPKS akan menjadi salah satu komponen biaya di dalam struktur harga listrik.

Metode Prakiraan Energi

Prakiraan permintaan energi dihitung berdasarkan besarnya aktivitas pemakaian energi dan besarnya pemakaian energi per aktivitas (intensitas pemakaian energi). Aktivitas pemakaian energi sangat berkaitan dengan tingkat perekonomian dan jumlah penduduk. Semakin tinggi tingkat perekonomian akan menyebabkan aktivitas pemakaian energi semakin tinggi (dan sebaliknya, semakin tinggi tingkat perekonomian akan membutuhkan dukungan aktivitas pemakaian energi yang semakin besar). Demikian juga dengan penduduk, semakin besar jumlah penduduk berarti semakin besar pula aktivitas pemakaian energinya.

Untuk mengestimasi atau memprakirakan permintaan energi masa depan, dalam penelitian ini digunakan software LEAP (*Long Range Energi Alternatif Planning System*).

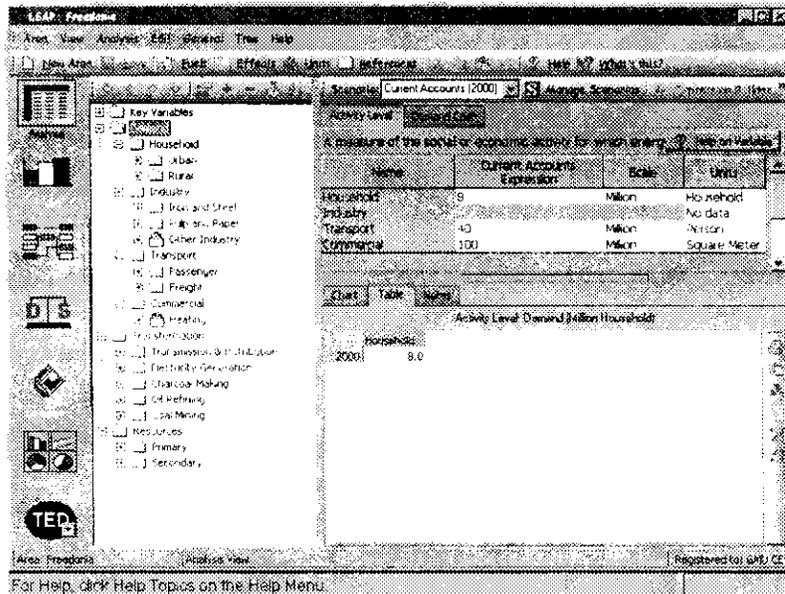
LEAP ini dapat digunakan untuk

1. Mengidentifikasi ataupun mengestimasi pola penawaran energi dan permintaan energi masa depan
2. Identifikasi potensi masalah
3. Mendeteksi dampak adanya kebijaksanaan di sektor energi
4. Membantu menganalisis berbagai macam program proyek dan teknologi.
5. Membantu menganalisa inisiatif program energi lainnya.

Dengan LEAP, para pemakai atau user dapat membuat perhitungan atau kalkulasi dengan mudah, dengan tujuan untuk menciptakan simulasi yang komprehensif termasuk di antaranya pembuatan struktur data. Berbeda dengan model makroekonomi, LEAP tidak mengestimasi dampak dari kebijakan energi pada sektor ketenagakerjaan atau dampaknya terhadap GDP, meskipun model seperti yang disebutkan di atas dapat dikombinasikan dengan LEAP. Secara sederhana, LEAP tidak secara otomatis membuat skenario keseimbangan pasar. Meskipun hal tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi skenario biaya kecil.

Penting diperhatikan keuntungan dari penggunaan LEAP adalah tingkat fleksibilitas dari penggunaannya, dimana diperbolehkan para pengambil keputusan untuk secara cepat berpindah dari ide kebijakan menuju analisis kebijakan tanpa harus mengubah model secara fundamental ataupun mengubah prinsip-prinsip permodelan yang sudah dibangun atau dirancang.

Gambar 2



Prakiraan Energy Demand

Program permintaan yang tersedia di LEAP dapat diterapkan untuk memproyeksi tingkat permintaan energi masa datang. Program ini merupakan alat analisis disagregasi yang mencakup kebutuhan energi berdasarkan data energi tahun-tahun sebelumnya sampai dengan waktu terkini atau terbaru. Dengan menggunakan data time series dapat diproyeksikan atau diestimasi tingkat konsumsi energi secara total maupun per sektor, seperti rumah tangga, industri, transportasi, pertanian dan sektor lainnya.

Data permintaan dibentuk dalam format bertingkat (*hierarchical*) berdasarkan empat tingkat yang masing-masing adalah :

1. Sektor

Sektor disini adalah sektor-sektor yang ada dalam perekonomian, misalnya sektor rumah tangga, transportasi, industri, sektor perdagangan, jasa dan lain-lain.

2. Subsektor

Sektor-sektor yang ada dibagi menjadi subsektor-subsektor. Contohnya sektor industri dapat dibedakan atau diklasifikasikan menjadi industri tekstil, baja, minyak, kertas, pertanian dan lain-lain. Begitu juga dengan sektor rumah tangga bisa diklasifikasikan menjadi kelompok-kelompok tingkat pendapatan, wilayah (misalnya, dimana mereka tinggal) dan lain-lain.

3. Penggunaan akhir (end use)

Tiap subsektor yang ada kemudian diklasifikasikan menurut penggunaan akhir energi. Misalnya rumah tangga di pedesaan memanfaatkan energi untuk kegiatan memasak, penerangan, *appliance* dan lain-lain. Penggunaan akhir subsektor industri antara lain penggunaan bahan bakar bensin, solar, minyak tanah, pemanasan (*boilers*) dan lain-lain. Sedangkan penggunaan akhir pada subsektor pertanian antara lain pada irigasi, pembajakan, penanaman, pemanenan hasil dan lain-lain.

4. Alat (device)

Setiap penggunaan akhir kemudian diklasifikasikan kedalam alat yang digunakan. Sebagai contoh alat memasak rumah tangga dibedakan menjadi kompor minyak tanah, kompor LPG, kompor kayu bakar arang, briket batubara, biogas, listrik dan lainnya. Alat penerangan antara lain bola lampu pijar, bola lampu neon (*flourscent*) dan lampu penerangan yang menggunakan minyak tanah (*petromaks*). Setelah itu maka dilanjutkan dengan pengaksesan data dan kemudian *entry* data mengenai intensitas pemakaian energi dari masing-masing alat yang digunakan.

Metode Proyeksi

Metode proyeksi atau analisis sangat menentukan bagaimana aktivitas atau hasil penghitungan proyeksi intensitas energi masa depan. Asumsi dapat didasarkan pada sasaran pertumbuhan dari berbagai sumber/analisis, proyeksi makroekonomi dan dari sumber-sumber lainnya. Metode-metode yang dapat digunakan adalah:

1. Interpolasi (*interpolation*).

Metode ini digunakan untuk memproyeksikan tingkat aktivitas tiap sektor di masa depan. Untuk mengetahui proyeksi masa depan maka diperlukan data-data tahun lalu.

2. Tingkat pertumbuhan (*growth rate*).

Dilakukan dengan cara memasukkan tingkat pertumbuhan pertahun dalam persentase. Tingkat aktivitas masa depan akan meningkat dari tahun dasar yang digunakan oleh peneliti. Tingkat pertumbuhan ini sangat majemuk sehingga menghasilkan peningkatan atau penurunan secara eksponensial.

3. Drivers And Elasticities,

Metode ini dapat digunakan untuk memproyeksikan tingkat aktivitas atau intensitas sebagai fungsi dari satu atau lebih *variabel driver* dengan atau tanpa menggunakan elastisitas.

Model Permintaan

1. Analisis Final Sektor energi :

$$e = a x i ,$$

e = permintaan energi

a = tingkat efektifitas

i = intensitas final energi (energi consumed per unit of activity)

Contoh : Permintaan energi pada industri pupuk untuk yang dapat diproyeksikan tingkat energi yang digunakan didalam proses produksi pupuk per ton. Hal tersebut dapat berubah di masa depan.

2. Analisis energi yang digunakan.

$$e = a \times (u/n)$$

u = intensitas penggunaan energi yang digunakan

n = efficiency

Contoh :

Perubahan permintaan energi sebuah bangunan atau kantor yang berubah dari waktu ke waktu (1) semakin banyak gedung yang direkonstruksi {+u} (2) semakin banyak orang kaya yang menggunakan alat pendingin ruangan {+u}, atau peningkatan pelayanan fasilitas umum {-u}, atau perubahan preferensi dari penggunaan minyak tanah ke energi listrik atau gas { + n }

Model Permintaan.

3. Analisis Persediaan : $e = s \times d$

s = stock.

d = device intensity (energy use per device).

Contoh : Standarisasi tentang tingkat efisiensi pengaruhnya terhadap persediaan energi.

Program Transformasi

Program ini digunakan untuk menghitung jumlah penawaran energi dan proses konversinya serta mengetahui permintaan energi primer.

1. Tingkat Module

Tingkat ini mencerminkan sektor-sektor energi atau jenis pembangkit listrik, pengolahan bahan bakar atau produksi bahan bakar primer. Perhitungan dalam tahap ini didasarkan pada hasil perhitungan pada program permintaan LEAP sebelumnya. Module ini berguna untuk mendapatkan kebutuhan atau permintaan energi dalam negeri atau target ekspor untuk bahan bakar.

2. Tingkat proses

Tingkat proses ini menerangkan teknologi dari satu pembangkit energi atau gabungannya, seperti pembangkit energi atau gabungannya, seperti pembangkit tenaga listrik atau pengolahan bahan bakar.

Tipe-tipe modul terbagi menjadi empat yakni :

Sederhana (Simple).

Module ini digunakan untuk *process* yang sedikit dianalisis karena hanya merupakan bagian kecil dari alur energi keseluruhan. Pada bagian ini hanya dibutuhkan tiga macam data process, yaitu : bahan bakar dasar (*feedstock*) sebagai input, output atau produk dari proses konversi dan tingkat efisiensi dari proses konversi tersebut.

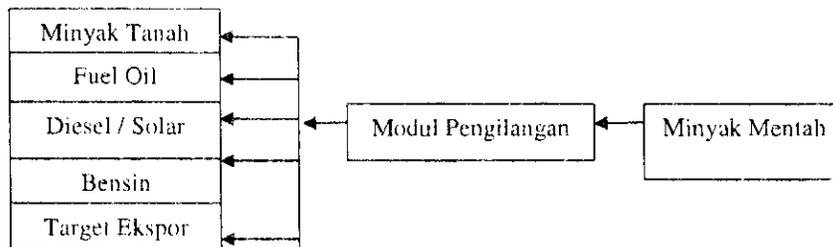
☑ *Transmisi dan Distribusi (transmission and distribution).*

Module ini merupakan variasi dari module diatas, yang digunakan untuk menerangkan energi yang hilang atau tercecer selama dilakukan penyaluran dan distribusi energi. Masing-masing proses mencerminkan persentase yang hilang (sebagai contoh : $loss = 5\%$, berarti efisiensi dalam menghasilkan energi sekunder = 95%).

☑ *Terperinci (Detailed)*

Module ini digunakan untuk proses-proses konversi energi yang lebih lengkap dan terperinci. Proses yang menggunakan berbagai macam bahan bakar (*fuelstock*) untuk memproduksi berbagai jenis bahan bakar olahan (*refinery*) dan kapasitas menggunakan module ini. Dibawah ini, Gambar 4.2 merupakan module refinery atau pengilangan yang menggunakan sebuah input (*feedstock*) untuk memenuhi permintaan dari berbagai jenis bahan bakar yang dihasilkan output, seperti : bensin, minyak tanah, LPG, fuel oil, target ekspor dan lain-lain.

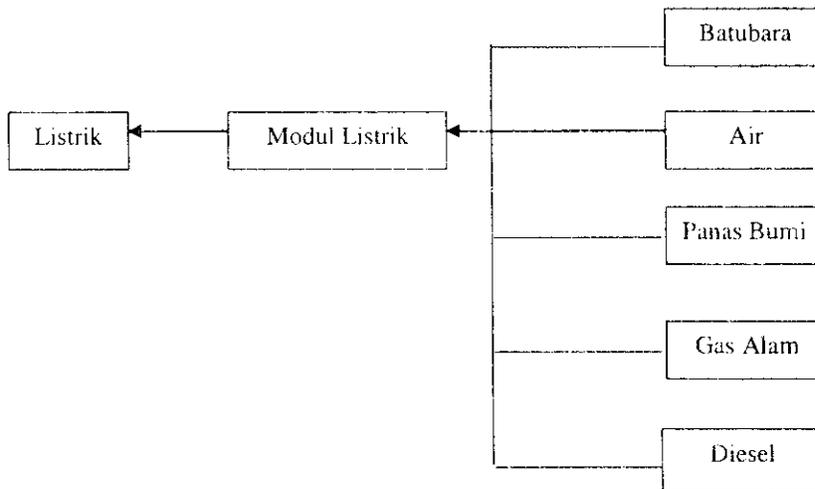
Gambar 3
Module Pengilangan



☑ *Modul Listrik*

Modul listrik ini khusus digunakan untuk pembangkit tenaga listrik. Pembangkit listrik tersebut diurutkan terlebih dahulu menurut kemampuan sistem *load*, sehingga dapat memenuhi permintaan per tahun dengan pengaturan siste beban puncak (*peak-load*) tertentu. Gambar dibawah ini merupakan modul untuk pembangkit listrik dengan berbagai input (*feedstock*) sebagai tenaga pembangkit untuk kemudian diolah menjadi output tenaga listrik yang dapat digunakan untuk mengetahui permintaan per tahun dan sistem *peak-load* atau beban puncak.

Gambar 4
Gambar Modul Pembangkit Energi Listrik



Penghitungan Dampak Lingkungan

Dalam setiap tahun antara tahun dasar dengan tahun terakhir penelitian, penghitungan dampak lingkungan dalam bentuk fisik diperoleh berdasarkan *demand device* dan *transformation process* yang dihubungkan oleh EDB melalui *sources categories*. Dari setiap *EDB sources* dapat diperoleh dampak lingkungan dalam berbagai bentuk. Dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh *demand device* didasarkan pada kuantitas penggunaan energi yang dikonsumsi setiap tahunnya. Sedangkan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh *transformation process* didasarkan pada kuantitas penggunaan energi input, output, atau energi yang hilang setiap tahunnya.

Dari berbagai sumber permintaan energi dan transformasinya, dilakukan perubahan satuan dari *gigajoules* menjadi unit fisik (sebagai contoh : ton). Tujuan konversi satuan ini dengan maksud agar data yang ada sesuai dengan data yang tersimpan pada EDB.

Setelah satuan telah dikonversikan ke dalam bentuk unit fisik, maka sesuai dengan data yang ada pada tiga program tersebut, yaitu program permintaan, program transformasi dan EDB, akan dihitung besarnya dampak lingkungan (di dalam satuan fisik pula tentunya). Penghitungannya terbagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu :

1. Loading = Physical \times Coefficient.

Loading = Jumlah emisi yang ditimbulkan setiap tahun. Contoh : CO_2 didalam Kg.

Physical = Kuantitas fisik bahan bakar. Contoh : Batubara di dalam ton.

Coefficient = Koefisien EDB

2. Adjusted Loading = $\frac{\text{Loading} \times \text{Composition}_{\text{area}}}{\text{Composition}_{\text{EDB}}}$

Adjusted Loading : adalah penyesuaian pengentrian/pemasukan data untuk mencerminkan komposisi bahan bakar yang digunakan di suatu daerah

Pada gambar diatas diperlihatkan skema aliran pasokan energi dari bentuk primernya menjadi energi final yang siap digunakan. Skema tersebut biasa disebut sebagai *Reference Energy System*.

Kolom paling kanan dari skema tersebut adalah bentuk-bentuk energi primer yang diproduksi, secara berturut-turut adalah: angin, gas alam, minyak bumi, batubara, kayu dan tenaga air. Jenis energi primer yang dapat langsung digunakan sebagai energi final adalah gas bumi, batubara dan kayu.. Kolom tengah adalah kolom transformasi energi. Listrik dihasilkan dari proses transformasi panas bumi, tenaga air, gas bumi, batubara dan BBM; BBM dihasilkan dari transformasi minyak bumi; L.P.G dihasilkan dari transformasi minyak bumi dan gas bumi; dan seterusnya. Energi yang dihasilkan dari proses transformasi disebut sebagai energi sekunder yang dapat langsung digunakan untuk memenuhi permintaan energi final. Kolom paling kiri adalah permintaan energi. Pada gambar tersebut, permintaan energi adalah permintaan energi domestik dan permintaan ekspor energi. Sehingga pada gambar tersebut terlihat adanya aliran L.N.G ke kotak demand. L.N.G di sini adalah untuk diekspor.

Industri-industri energi yang memproduksi energi primer yaitu tambang minyak bumi, gas bumi, dan batubara; sedangkan yang memproduksi energi sekunder adalah: pembangkit listrik, kilang minyak, kilang L.P.G, kilang L.N.G, pabrik briket batubara, pabrik arang, dan pabrik etanol. Untuk memenuhi permintaan energi yang terus bertambah diperlukan penamhahan kapasitas dari industri-industri energi tersebut.

Analisis Data

Pada bab ini analisis data terdiri dalam beberapa bagian yaitu:

1. Analisis data pada program permintaan. Pada bagian ini akan diketahui informasi mengenai proyeksi permintaan sektor rumah tangga dan industri terhadap energi, termasuk energi listrik.
2. Analisis data program transformasi. Pengolahan data pada bagian ini akan menghasilkan informasi mengenai jumlah output pembangkit listrik (dalam satuan joules, jumlah energi yang hilang di sektor ini saat terjadi atau dilakukan transmisi dan distribusi.

Aktivitas pemakaian energi dibagi menjadi sektor rumah tangga, industri sektor pembangkit listrik.

Asumsi Model

Asumsi model yang digunakan adalah :

a) Pertumbuhan PDB

Pertumbuhan PDB tahun 2000 dan 2003 merupakan data aktual yakni sebesar 2.254 %, sedangkan untuk tahun 2002 – 2030 PDB diproyeksikan juga tumbuh secara moderat sebesar 2.254 % per tahun. Pertumbuhan PDB ini merupakan pemicu (driver) pertumbuhan aktivitas pemakaian energi di sektor-sektor selain Sektor Rumah Tangga.

b) Pemakaian energi di Sektor Rumah Tangga

Pemakaian energi di Sektor Rumah Tangga selain listrik adalah rata rata pemakaian terhadap penduduk total, sedangkan untuk listrik hanya untuk penduduk yang mendapat sambungan listrik. Asumsi rasio elektrifikasi per kelompok penduduk secara rata-rata, rasio elektrifikasi pada tahun 2000 adalah 52.019%. Pertumbuhan konsumsi energi listrik sebesar 7.794 %, minyak 2,51 %, natural gas 2,54 %, batubara 1,08 %, dan LPG 6,29 %.

c) *Industri*

Pertumbuhan permintaan energi rata-rata per tahun sampai tahun 2030, untuk :

- Listrik 4,305%
- Minyak 2,7887 %
- Natural Gas 7,148%
- Batubara 8,44 %
- LPG 2,37%

4.2 Analisa Program Permintaan

Permintaan energi dipengaruhi variabel ekonomi makro dan mikro. Variabel ekonomi makro yang mempengaruhi permintaan energi yaitu produk domestik bruto (PDB) dan PDB per kapita, yang mencerminkan besarnya aktivitas perekonomian dan pendapatan penduduk. Variabel ekonomi mikro yang mempengaruhi permintaan energi yaitu harga energi, yang secara teori harga energi seharusnya mencerminkan juga tingkat ketersediaannya atau kelangkaannya di pasar. Pada kenyataannya, harga energi seringkali dipengaruhi oleh kebijakan pemerintah. Kebijakan subsidi harga energi, khususnya BBM dan listrik, sangat berpengaruh terhadap pola permintaan jenis energi ini. Bahkan kebijakan subsidi harga BBM sangat berpengaruh terhadap permintaan energi domestik secara keseluruhan.

Pada kenyataannya, harga energi seringkali dipengaruhi oleh kebijakan pemerintah. Kebijakan subsidi harga energi, khususnya BBM dan listrik, sangat berpengaruh terhadap pola permintaan jenis energi ini. Bahkan kebijakan subsidi harga BBM sangat berpengaruh terhadap permintaan energi domestik secara keseluruhan.

a) *Permintaan Energi Final Persektor*

Table dibawah menunjukkan angka prakiraan permintaan energi untuk 30 tahun mendatang yang di buat per 5 tahun dalam satuan giga joules.

Tabel. 2
Permintaan Energi Persektor (dalam triliun giga joules)

Tahun	Households	Industry	Transportation	Total
2000	70.949,0	373.826,5	240.935,7	685.711,2
2005	79.476,2	440.480,0	316.836,7	836.792,9
2010	89.028,3	519.017,8	416.684,3	1.024.730,5
2015	99.728,5	611.559,0	548.056,6	1.259.344,2
2020	111.714,7	720.600,4	720.945,6	1.553.260,8
2025	125.141,6	849.083,9	948.536,7	1.922.762,2
2030	140.182,2	1.000.476,1	1.248.247,2	2.388.905,5

Prakiraan permintaan energi sektor rumah tangga untuk 30 tahun mendatang diperkirakan akan meningkat sebesar **12,018847 %** setiap lima tahun. Pada tahun 2000 permintaannya sebesar 70.949,00 triliun giga joules, menjadi 140.182,2 triliun giga joules, untuk sektor industri diperkirakan akan meningkat sebesar 17,83% per lima tahun., sektor transportasi 31,54 % per lima tahun.

Tabel 3
Prakiraan rata-rata pertumbuhan permintaan Energi
(per lima tahun) rumah tangga

Tahun	Growth (*100)%
2000	0
2005	0,12018774
2010	0,120188182
2015	0,120188749
2020	0,120188311
2025	0,120189196
2030	0,12018865
Rata-rata	0,120188472

Sumber : Neraca Energi Indonesia 2004, BPS

Tabel 4
Prakiraan rata – rata pertumbuhan permintaan energi sektor industri
30 tahun mendatang (per lima tahun)

Tahun	Growth (*100)%
2000	0
2005	0,178300629
2010	0,17830049
2015	0,178300629
2020	0,178300704
2025	0,178300623
2030	0,178300637
Rata-rata	0,178300618

Sumber : Neraca Energi Indonesia 2004, BPS

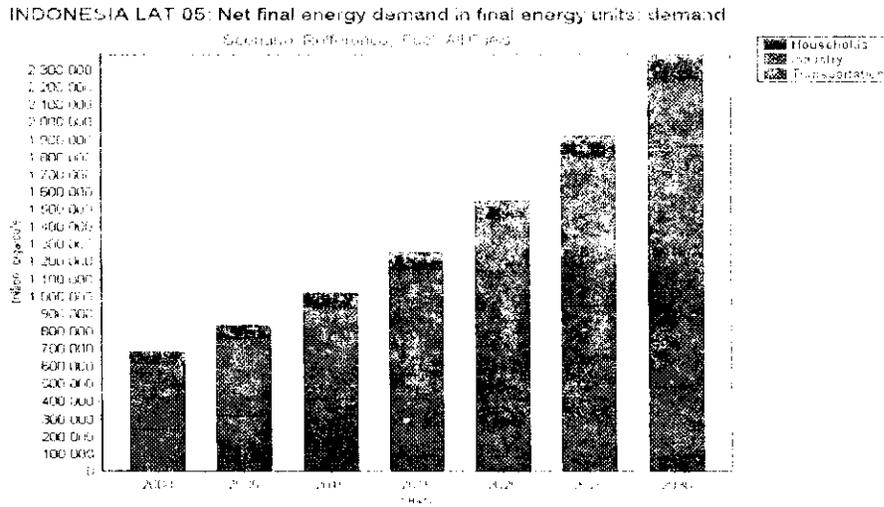
Tabel 5
Prakiraan rata-rata pertumbuhan permintaan energi sektor transportasi
30 tahun mendatang (per lima tahun)

Tahun	Growth (*100)%
2000	0
2005	0,315026
2010	0,315139
2015	0,31528
2020	0,315458
2025	0,315684
2030	0,315971
Rata-rata	0,315427

Sumber : Neraca Energi Indonesia 2004, BPS

Grafik di bawah menggambarkan prakiraan permintaan Energi selama 30 tahun mendatang per sektor (rumah tangga, industri, dan transportasi) di Indonesia. Konsumsi terbesar ada pada sektor transportasi, kemudian disusul industri dan rumah tangga.

Gambar 6
Prakiraan Permintaan Energi Selama 30 Tahun Mendatang



b) Permintaan energi total per unit

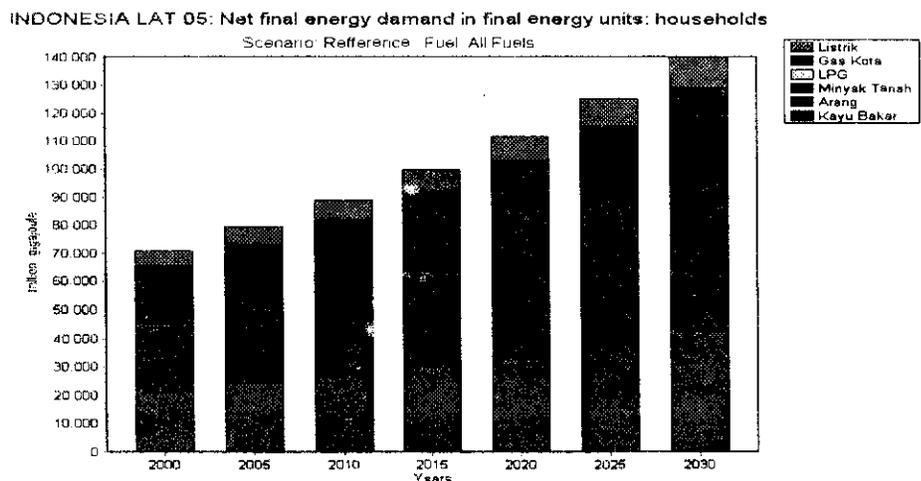
Energi yang ada adalah gas alam, minyak mentah, gambut, batubara dan LPG. Tingkat konsumsi terbanyak adalah pada energi minyak mentah, diperkirakan kondisi ini akan berlangsung sampai tahun 2030.

Tablei 6
Permintaan Energi per Unit (ribu BOE)

	2000	2010	2020	2030
Natural Gas	20.300,2	56.131,6	155.293,8	429.775,4
LPG	3.056,5	6.343,1	13.407,3	28.796,1
Electricity	61.355,5	143.515,8	340.041,1	816.133,7
Crude Oil	307.668,8	532.908,9	923.817,5	1.602.800,1
Coal (unspecified)	12.135,0	37.836,0	118.101,7	368.828,0
Total	404.515,9	776.735,4	1.550.661,4	3.246.333,3

Sumber : Neraca Energi Indonesia 2004, BPS

Gambar 7



c) Sektor Rumah Tangga

Sektor rumah tangga merupakan sektor ketiga yang paling banyak mengkonsumsi total energy setelah sektor transportasi dan industri. Konsumsi energi sektor rumah tangga di pengaruhi antar lain oleh

- Pendapatan perkapita
- Jumlah keluarga
- Gaya hidup
- Tingkat teknologi

Tabel 7
Proyeksi permintaan Energi Oleh sektor rumah tangga (triliun giga joules)

Tahun	Listrik	Gas Kota	LPG	Minyak Tanah	Arang	Kayu Bakar	Total
2000	5.667,9	20.735,2	5,8	23.166,7	138,4	21.235,0	70.949,0
2005	6.349,1	23.227,3	6,5	25.951,1	155,0	23.787,2	79.476,2
2010	7.112,1	26.019,0	7,3	29.070,1	173,6	26.646,1	89.028,3
2015	7.966,9	29.146,2	8,2	32.564,0	194,5	29.848,7	99.728,5
2020	8.924,5	32.649,2	9,2	36.477,9	217,9	33.436,1	111.714,7
2025	9.997,1	36.573,3	10,3	40.862,1	244,0	37.454,8	125.141,6
2030	11.198,6	40.969,0	11,5	45.773,2	273,4	41.956,4	140.182,2

Sumber : Neraca Energi Indonesia 2004, BPS

Pada tabel di atas dapat dilihat tingkat konsumsi energi per unit yang ada terdapat pada sektor rumah tangga masih didominasi oleh energi minyak pada tahun 2000, pada tahun 2030 peran minyak masih dominan disusul dengan gas kota dan kayu bakar.

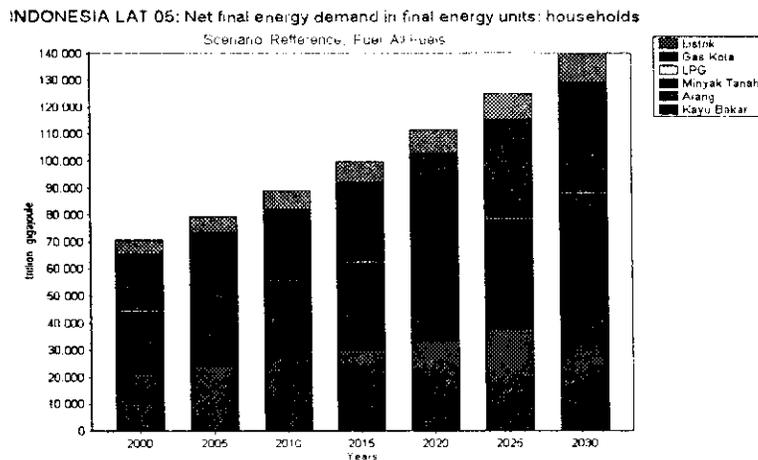
Tabel 8
Proyeksi pertumbuhan permintaan energi
oleh sektor rumah tangga (per lima tahunan) dalam %

Tahun	Growth listrik	growth gas kota	Growth LPG	growth kerosene	growth arang	growth kayu
2000	0	0	0	0	0	0
2005	0,25	12,018	12,068	12,01	11,99	12,018
2010	0,249	12,019	12,307	12,018	12	12,01
2015	0,248	12,018	12,328	12,01	12,0	12,01
2020	0,248	12,018	12,195	12,019	12,03	12,01
2025	0,247	12,018	11,956	12,01	11,9	12,01
2030	0,246	12,018	11,650	12,018	12,09	12,01
Rata-rata Growth	0,248	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0

Sumber : Neraca Energi Indonesia 2004, BPS

Dari tabel di atas, dapat diketahui pertumbuhan permintaan energi untuk setiap unit energi oleh sektor rumah tangga didominasi oleh energi non listrik dengan pertumbuhan rata-ratanya 12%.

Gambar 8



d) Sektor Industri

Definisi Industri kaitannya dengan penelitian ini adalah suatu unit usaha yang melakukan kegiatan ekonomi, bertujuan menghasilkan barang atau jasa, terletak pada satu bangunan atau lokasi tertentu dan mempunyai catatan administrasi tersendiri mengenai produksi dan struktur biaya biaya serta ada seorang atau lebih yang bertanggung jawab atas usaha tersebut (BPS)

Sektor industri yang akan dianalisa adalah :

1. Industri Pertambangan dan Konstruksi
2. Industri Pengolahan
3. Industri Makanan
4. Industri Tekstil
5. Industri Kayu
6. Industri Kimia
7. Industri Logam Dasar
8. Industri lainnya
9. Industri pengolahan kecil
10. Industri pengolahan usaha rumah tangga

Tabel 9
Tabel Permintaan energi pada sektor industri (triliun giga joules)

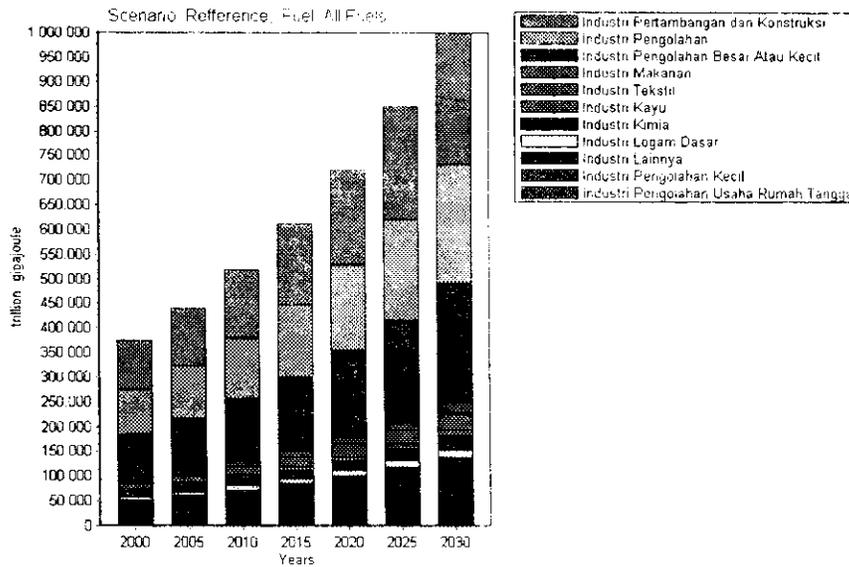
Jenis Industri	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Industri Pertambangan dan Konstruksi	100.640,9	118.585,3	139.729,1	164.642,9	193.998,8	228.588,9	269.346,5
Industri Pengolahan	90.608,0	106.763,5	125.799,5	148.229,6	174.659,0	205.800,9	242.495,3
Industri Pengolahan Besar Atau Kecil	90.132,9	106.203,7	125.139,8	147.452,4	173.743,2	204.721,7	241.223,7
Industri Makanan	7.826,1	9.221,6	10.865,8	12.803,1	15.085,9	17.775,8	20.945,2
Industri Tekstil	12.810,8	15.095,0	17.786,5	20.957,8	24.694,6	29.097,6	34.285,8
Industri Kayu	4.470,9	5.268,1	6.207,4	7.314,1	8.618,2	10.154,9	11.965,5
Industri Kimia	9.771,8	11.514,1	13.567,0	15.986,0	18.836,4	22.194,9	26.152,2
Industri Logam Dasar	6.893,1	8.122,2	9.570,3	11.276,7	13.287,4	15.656,5	18.448,1
Industri Lainnya	50.238,0	59.195,5	69.750,0	82.186,5	96.840,4	114.107,2	134.452,5
Industri Pengolahan Kecil	38,7	45,6	53,7	63,3	74,6	87,8	103,5
Industri Pengolahan Usaha Rumah Tangga	395,2	465,7	548,7	646,6	761,8	897,7	1.057,7
Total	373.826,5	440.480,0	519.017,8	611.559,0	720.600,4	849.083,9	1.000.476,1

Sumber : Neraca Energi Indonesia 2004, BPS

Dari tabel di atas dapat dilihat permintaan energi didominasi oleh sektor industri pertambangan dan konstruksi, disusul oleh industri pengolahan. Permintaan terkecil terdapat pada sektor industri pengolahan kecil.

Gambar 9

ILAT 05: Net final energy demand in final energy units: industry



Industri Pengolahan

Tabel 10
Permintaan Energi oleh Sektor Industri Pengolahan
(triliun giga joules)

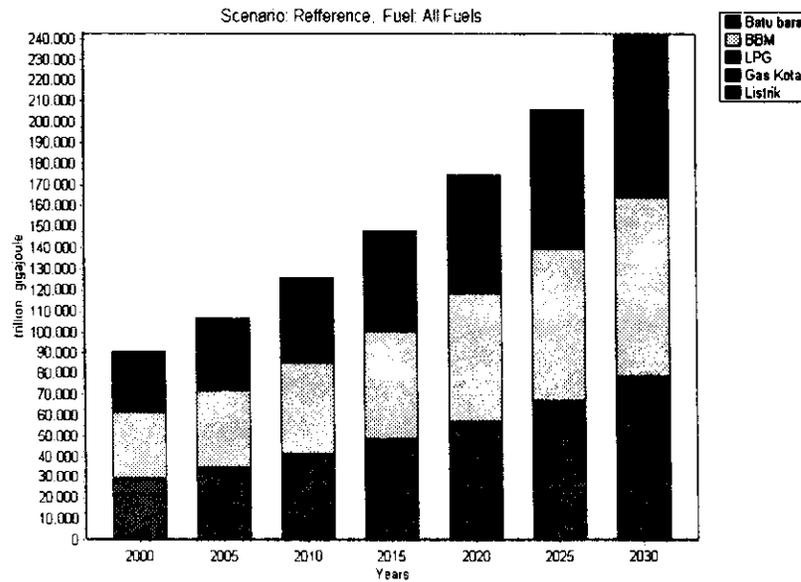
Jenis Energi	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Batu bara	29.248,0	34.463,0	40.607,8	47.848,1	56.379,5	66.432,0	78.276,9
BBM	31.917,9	37.608,9	44.314,6	52.215,9	61.526,0	72.496,1	85.422,2
LPG	919,5	1.083,5	1.276,7	1.504,3	1.772,5	2.088,5	2.460,9
Gas Kota	7.073,4	8.334,6	9.820,7	11.571,8	13.635,0	16.066,1	18.930,7
Listrik	21.449,1	25.273,5	29.779,8	35.089,5	41.346,0	48.718,0	57.404,5
Total	90.608,0	106.763,5	125.799,5	148.229,6	174.659,0	205.800,9	242.495,3

Sumber : Neraca Energi Indonesia 2004, BPS

Dari tabel di atas permintaan energi untuk kepentingan pengolahan oleh industri pengolahan masih di dominasi oleh batubara, kemudian disusul oleh BBM, dan listrik. Pada tahun 2000 penggunaannya masing-masing adalah 29.248,0 triliun giga joules, 31.917,9 triliun giga joules, dan 21.449,1 triliun giga joules. Pada tahun 2030 diproyeksikan penggunaan energi oleh industri pengolahan adalah sebesar 78.276,9 triliun giga joules untuk batubara, 85.422,2 trilin giga joules, dan untuk listrik sebesar 57.404,5 triliun giga joules. Posisi batubara pad tahun 2030 digantikan oleh BBM

Gambar 10

DONESIA LAT 05: Net final energy demand in final energy units: industri pengolahan



Industri Makanan

Tabel 11
Permintaan Energi Oleh Sektor Industri Makanan
(triliun giga joules) per lima tahun

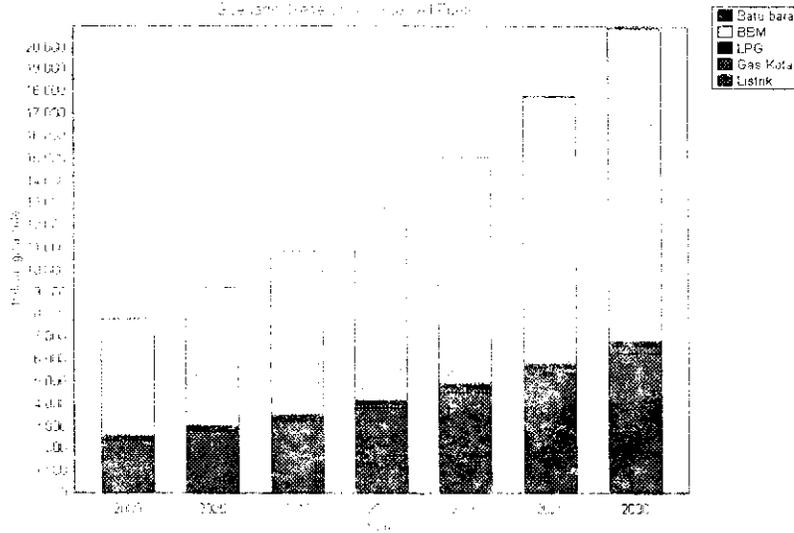
Jenis Energi	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Batu bara	26,4	31,1	36,6	43,2	50,8	59,9	70,6
BBM	5.287,0	6.229,6	7.340,4	8.649,2	10.191,3	12.008,5	14.149,6
LPG	58,8	69,2	81,6	96,1	113,3	133,5	157,3
Gas Kota	117,3	138,2	162,8	191,8	226,0	266,3	313,8
Listrik	2.336,8	2.753,4	3.244,4	3.822,9	4.504,5	5.307,6	6.254,0
Total	7.826,1	9.221,6	10.865,8	12.803,1	15.085,9	17.775,8	20.945,2

Sumber : Neraca Energi Indonesia 2004, BPS

Pada industri makanan jumlah energi terbanyak yang diminta adalah BBM yakni sebesar 5.287,0 triliun giga joules pada tahun 2000 dan 14.149,6 triliun giga joules pada tahun 2030. Posisi kedua di tempati oleh energi listrik, sebesar 2.336,8 triliun giga joules pada tahun 2000 dan sebesar 6.254,0 pada tahun 2030.

Gambar 11

INDONESIA LAT 05. Net final energy demand in final energy units, industri makanan



Industri Tekstil

Tabel 12
 Permintaan energi oleh sektor industri tekstil
 (triliun giga joules)

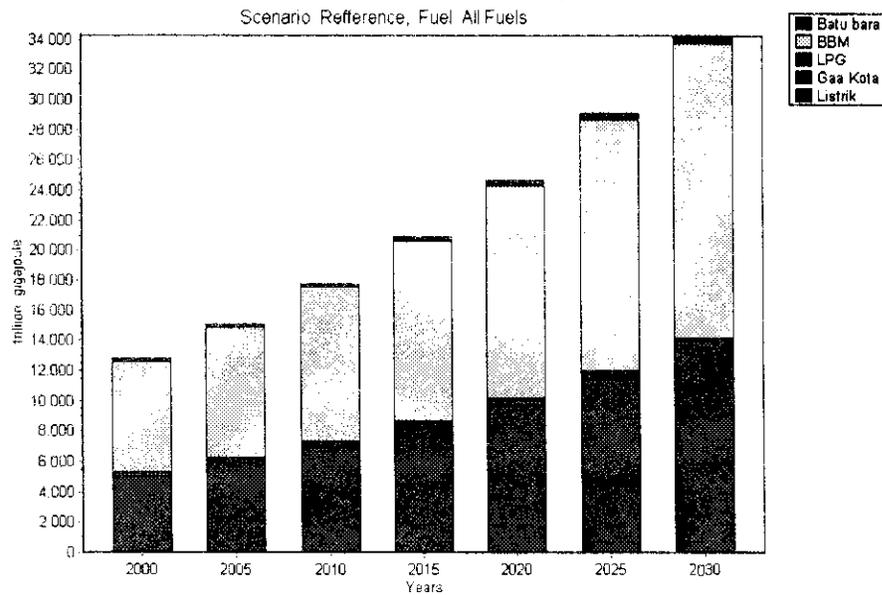
	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Batu bara	184,7	217,6	256,4	302,1	355,9	419,4	494,2
BBM	7.366,7	8.680,2	10.227,9	12.051,5	14.200,3	16.732,3	19.715,6
LPG	40,6	47,9	56,4	66,5	78,4	92,3	108,8
Gas Kota	204,3	240,7	283,6	334,2	393,8	464,0	546,7
Listrik	5.014,5	5.908,6	6.962,1	8.203,5	9.666,2	11.389,7	13.420,5
Total	12.810,8	15.095,0	17.786,5	20.957,8	24.694,6	29.097,6	34.285,8

Sumber : Neraca Energi Indonesia 2004. BPS

Indonesia sebagai negara pengekspor tekstil terkemuka di dunia tahun 1980-1990-an (sebelum terjadi krisis ekonomi) sangat membutuhkan supply energi untuk kelangsungan industri tekstilnya. Industri tekstil Indonesia masih mengandalkan BBM untuk bahan bakar dalam proses produksi. Pada tahun 2000 permintaan energi untuk BBM masih nomor satu, yakni 7.366,7 triliun giga joules disusul oleh energi listrik yakni sebesar 5.014,5 triliun giga joules. Prakiraan untuk 30 tahun mendatang masih didominasi oleh energi BBM yakni sebesar 19.715,6 triliun giga joules, disusul oleh energi listrik yakni sebesar 13.420,5 triliun giga joules.

Gambar 12

INDONESIA LAT 05: Net final energy demand in final energy units: industri tekstil



Industri Kayu

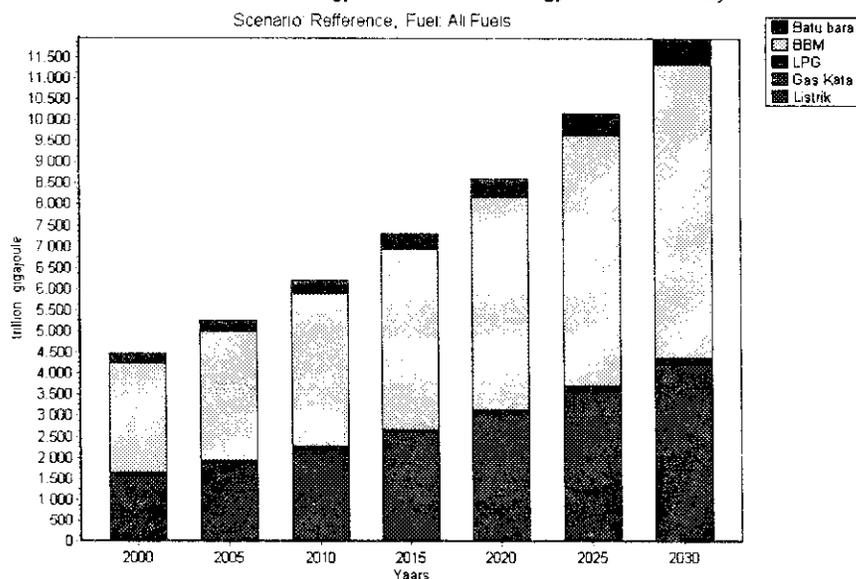
Tabel 13
Permintaan Energi Oleh sektor industri kayu.

Jenis	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Batu bara	232,3	273,7	322,5	380,0	447,7	527,5	621,6
BBM	2.617,0	3.083,6	3.633,4	4.281,3	5.044,6	5.944,1	7.003,9
LPG	26,7	31,4	37,0	43,6	51,4	60,6	71,4
Gas Kota	17,0	20,0	23,6	27,8	32,8	38,6	45,5
Listrik	1.578,0	1.859,3	2.190,9	2.581,5	3.041,8	3.584,1	4.223,2
Total	4.470,9	5.268,1	6.207,4	7.314,1	8.618,2	10.154,9	11.965,5

Sumber : Neraca Energi Indonesia 2004, BPS

Gambar 13

INDONESIA LAT 05: Net final energy demand in final energy units: industri kayu



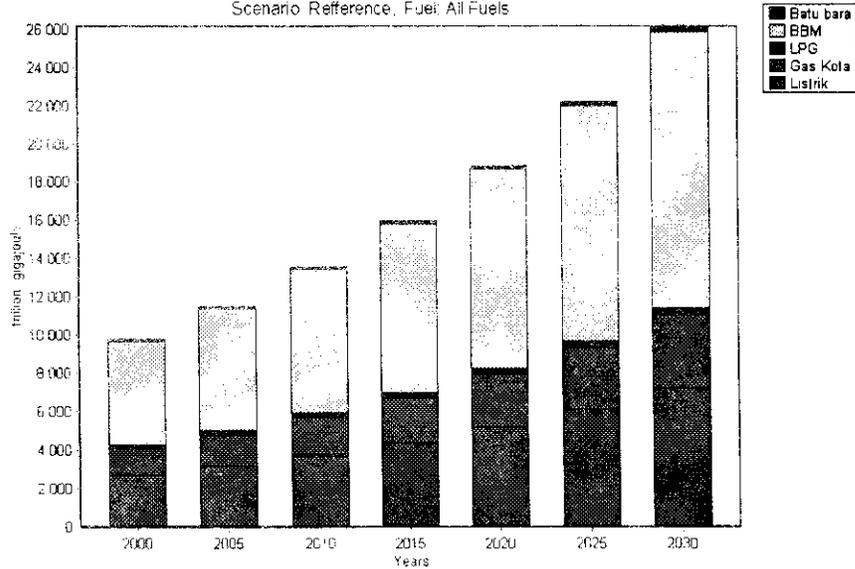
Industri Kimia

Tabel 14
Permintaan Energi sektor industri Kimia

Jenis Energi	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Batu bara	105,3	124,1	146,2	172,3	203,0	239,2	281,9
BBM	5.434,1	6.403,0	7.544,6	8.889,8	10.474,9	12.342,6	14.543,3
LPG	137,2	161,6	190,4	224,4	264,4	311,5	367,1
Gas Kota	1.424,1	1.678,0	1.977,2	2.329,8	2.745,2	3.234,6	3.811,4
Listrik	2.671,1	3.147,3	3.708,5	4.369,7	5.148,9	6.066,9	7.148,6
Total	9.771,8	11.514,1	13.567,0	15.986,0	18.836,4	22.194,9	26.152,2

Gambar 14

INDONESIA LAT 05: Net final energy demand in final energy units: industri kimia
Scenario Reference, Fuel: All Fuels



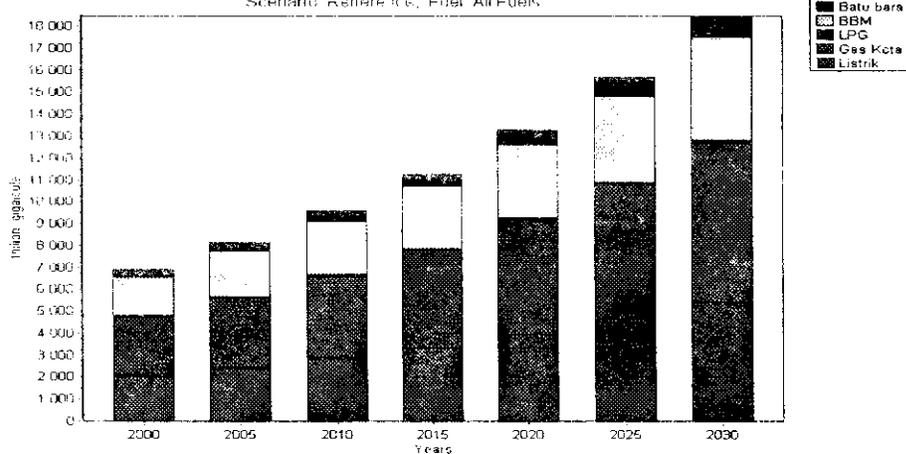
Industri Logam Dasar

Tabel 15
Permintaan Energi oleh Industri Logam Dasar
(triliun giga joules)

Jenis Energi	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Batu bara	363,6	428,4	504,8	594,8	700,9	825,8	973,1
BBM	1.760,5	2.074,4	2.444,2	2.880,0	3.393,6	3.998,6	4.711,6
LPG	26,8	31,6	37,3	43,9	51,8	61,0	71,9
Gas Kota	2.713,9	3.197,8	3.767,9	4.439,8	5.231,4	6.164,1	7.263,2
Listrik	2.028,3	2.390,0	2.816,1	3.318,2	3.909,8	4.607,0	5.428,4
Total	6.893,1	8.122,2	9.570,3	11.276,7	13.287,4	15.656,5	18.448,1

Gambar 15

JONESIA LAT 05: Net final energy demand in final energy units: industri logam dasar
Scenario: Reference, Fuel: All Fuels



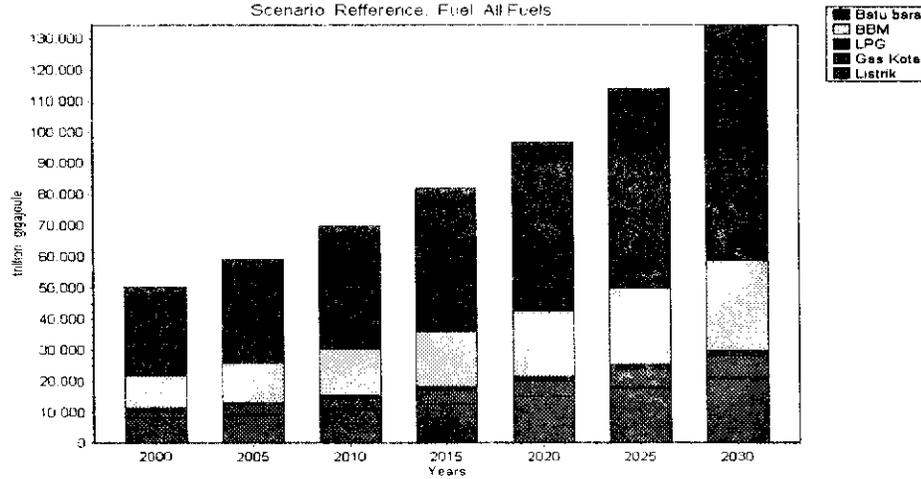
Industri Lainnya

Tabel 16
Permintaan Energi oleh sektor industri lainnya
(triliun giga joules)

Jenis Energi	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Batu bara	28.335,9	33.388,2	39.341,4	46.356,0	54.621,3	64.360,3	75.835,8
BBM	10.855,2	12.790,7	15.071,3	17.758,5	20.924,8	24.655,7	29.051,9
LPG	629,4	741,7	873,9	1.029,7	1.213,3	1.429,7	1.684,6
Gas Kota	2.597,0	3.060,1	3.605,7	4.248,6	5.006,1	5.898,7	6.950,4
Listrik	7.820,4	9.214,8	10.857,8	12.793,8	15.074,9	17.762,8	20.929,9
Total	50.238,0	59.195,5	69.750,0	82.186,5	96.840,4	114.107,2	134.452,5

Gambar 16

INDONESIA LAT 05: Net final energy demand in final energy units: industri lainnya
Scenario Reference, Fuel All Fuels



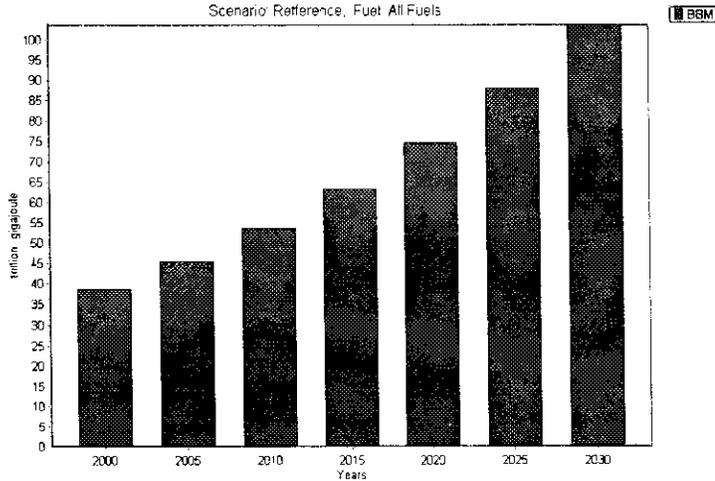
Industri Pengolahan Kecil

Tabel 17
Permintaan Energi Oleh Industri pengolahan Kecil

Jenis Energi	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
BBM	38,7	45,6	53,7	63,3	74,6	87,8	103,5

Gambar 17

INDONESIA LAT 05: Net final energy demand in final energy units: industri pengolahan kecil
Scenario Reference, Fuel All Fuels

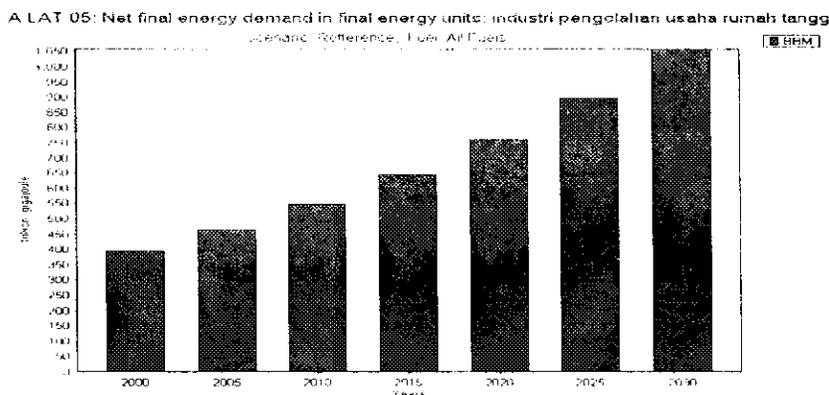


Industri Pengolahan Usaha Rumah Tangga

Tabel 18
Permintaan Energi Oleh Industri pengolahan Usaha Rumah Tangga
(triliun giga joules)

Jenis Energi	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
BBM	395,2	465,7	548,7	646,6	761,8	897,7	1.057,7

Gambar 18



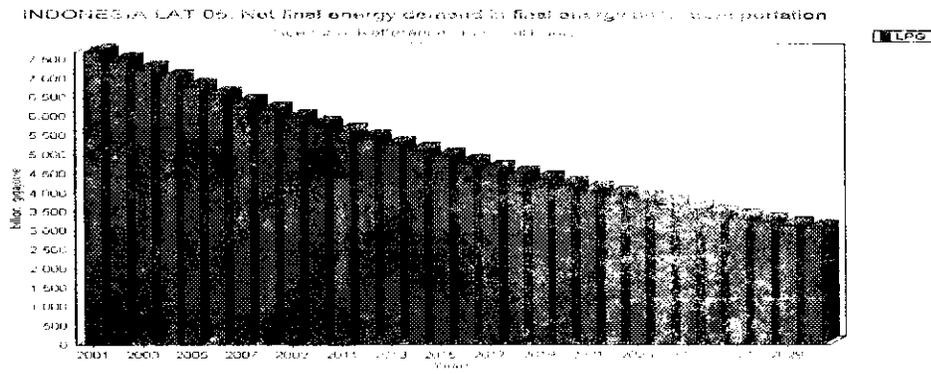
e) Sektor Transportasi

Sektor transportasi di Indonesia masih didominasi oleh modal angkutan yang menggunakan energi minyak. Peran minyak ini berlanjut sampai tahun 2030. selain minyak, permintaan energi sektor transportasi nomor dua ditempati oleh natural gas.

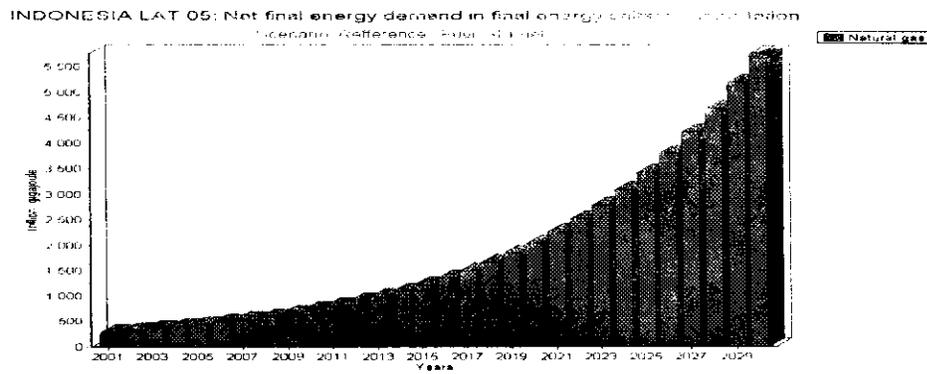
Tabel 19
Permintaan Energi sektor transportasi
(triliun giga koules)

	2000	2010	2020	2030
Oil	240.671,09	415.954,25	718.897,91	1.242.478,48
Natural gas	256,70	724,27	2.043,50	5.765,65
LPG	7,94	5,77	4,20	3,05
Total	240.935,72	416.684,30	720.945,61	1.248.247,18

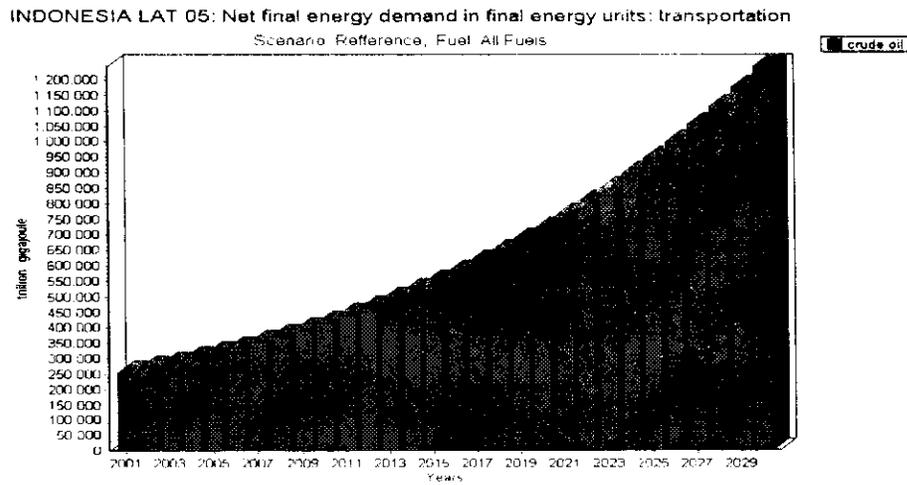
Gambar 19



Gambar 20



Gambar 21



Kesimpulan

Salah satu keuntungan penggunaan LEAP adalah tingkat fleksibilitas dari penggunaannya, dimana dipebolehkan para pengambil keputusan untuk secara cepat berpindah dari ide kebijakan menuju analisis kebijakan tanpa harus mengubah model secara fundamental ataupun mengubah prinsip-prinsip permodelan yang sudah dibangun atau dirancang.

Prakiraan permintaan energi sektor rumah tangga untuk 30 tahun mendatang diperkirakan akan meningkat sebesar 12,018847 % setiap lima tahun. Pada tahun 2000 permintaannya sebesar 70.949,00 triliun giga joules, menjadi 140.182,2 triliun giga joules, untuk sektor industri diperkirakan akan meningkat sebesar 17,83% per lima tahun, sektor transportasi 31,54 % per lima tahun

Tantangan yang dihadapi pada sektor energi masa depan sangat berat, pemerintah harus melakukan restrukturisasi sektor energi. Restrukturisasi yang mencakup sektor energi ini mencakup kelembagaan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, pengelolaan dan perusahaan komoditas energi dan kebijakan harga energi.

Kecenderungan keterbukaan pasar telah mendorong untuk dibukanya regulasi regulasi di Pasar energi. Pasar listrik masa depan, seluruh pelaku pasar diberi kesempatan untuk berperan sebagai pelaksana usaha penyediaan kelistrikan, baik pihak BUMN, BUMD, koperasi ataupun swasta. Pemerintah berlaku sebagai pengatur (*regulator*), yang dalam pelaksanaannya akan dilakukan oleh suatu Badan Pengatur.

Daftar Pustaka

- IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change, Revised 1996, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3: Reference Manual, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 1996
- NEA/IEA: Nuclear Energy Agency and International Energy Agency, Projected Costs of Generating Electricity, 1998, Nuclear Energy Agency and International Energy Agency, Paris, France.
- SEI-B: Stockholm Environment Institute – Boston Center, LEAP: Long-range Energy Alternatives Planning System, User Guide for version 95.0, Stockholm Environment Institute – Boston, USA, 1995.
- SEI-B: Stockholm Environment Institute – Boston Center, User Guide for LEAP2000 and TED, Stockholm Environment Institute – Boston, USA, 2001
- US-DOE and EPRI: U.S. Department of Energy and the Electric Power Research Institute, Renewable Energy Technology Characterizations, 1997, U.S. Department of Energy and the Electric Power Research Institute, Washington, D.C., USA.