



# **DAMPAK KEBIJAKAN ENERGI TERHADAP PEREKONOMIAN DI INDONESIA: MODEL KOMPUTASI KESEIMBANGAN UMUM**

Agus Sugiyono\*

## ***Abstract***

*Energy has very important role in national economic development of Indonesia. As the increasing of national economic, the energy demand is also increasing. To fulfill the demand, the energy resources both fossil energy (oil, gas, and coal) and renewable energy (hydropower and geothermal) resources needs to be developed. However, the resource of fossil energy especially oil is going to limited, therefore, energy policy for oil diversification needs to be implemented. In the energy policy, utilization of alternative energy such as renewable energy is also need to be implemented. In the development of energy alternative, CGE model can be used for evaluating the impacts of energy diversification on the economic development. The model was developed based on Hosoe model by considering energy sector that added by recursived dynamic mechanism. Capital and labour growth is considered in the dynamic mechanism. The research uses Indonesian Social Accounting Matrix (SAM) for model calibration. Some sector in the SAM have been modified by conducting sector aggregated and disaggregated that suitable to the research objected.*

*Keywords: energy policy, CGE, dynamic model.*

## **1. Pendahuluan**

### **1.1. Latar Belakang**

Energi sangat penting peranannya dalam perekonomian Indonesia, baik sebagai bahan bakar untuk proses industrialisasi dan sebagai bahan baku untuk proses produksi maupun sebagai komoditas ekspor yang merupakan sumber devisa negara. Mengingat pentingnya peran tersebut maka proses pembangunan tidak dapat dipisahkan dengan pengembangan sektor energi.

Permintaan energi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi. Untuk memenuhi permintaan energi perlu dikembangkan sumber daya energi, baik yang berupa energi fosil yang tidak dapat diperbarui (minyak bumi, gas

---

\* Kandidat doktor pada Program Studi Ilmu Ekonomi FEB UGM dan peneliti madya bidang teknik interdisiplin, BPPT



bumi, dan batubara) maupun energi yang dapat diperbarui (energi air dan energi panas bumi). Mengingat sumber daya energi fosil di Indonesia, terutama minyak bumi sudah terbatas (Pangestu 1996, Prawiraatmadja 1997, dan Sari 2002:8-9) maka perlu melakukan penghematan dan pengoptimalkan penggunaannya. Pemerintah dalam rangka mengoptimalkan penggunaan sumber daya energi telah mengeluarkan kebijakan umum bidang energi yang meliputi kebijakan diversifikasi, intensifikasi, konservasi, harga energi, dan lingkungan (Bakoren 1998). Kebijakan ini terus mengalami perbaikan sesuai dengan kondisi saat ini. Kebijakan Energi Nasional (KEN) merupakan kebijakan umum bidang energi yang dikeluarkan oleh pemerintah pada tahun 2004. KEN diharapkan dapat menjadi kebijakan terpadu untuk mendukung pembangunan nasional berkelanjutan (DESDM 2004:1-2).

Sejak awal tahun 1980 kebijakan diversifikasi energi sudah dicanangkan dengan strategi pengurangan penggunaan minyak dan menetapkan batubara sebagai bahan bakar utama pembangkit listrik. Kebijakan diversifikasi ini bertujuan untuk mengurangi laju pengurasan sumber energi minyak bumi, mengoptimalkan nilai tambah produksi dan pemanfaatan energi, meningkatkan keamanan dan menjaga kesinambungan pasokan energi, dan mendorong penggunaan sumber energi terbarukan. Salah satu kebijakan pemerintah dalam kaitannya dengan pengembangan energi terbarukan adalah Peraturan Presiden No.5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. KEN ini bertujuan untuk mengarahkan upaya-upaya dalam mewujudkan keamanan pasokan energi dalam negeri. Adapun sasaran dari KEN adalah:

- Tercapainya elastisitas energi yang lebih kecil dari satu pada tahun 2025.
- Terwujudnya energi primer *mix* yang optimal pada tahun 2025, yaitu peranan masing-masing jenis energi terhadap konsumsi energi nasional:
  - o minyak bumi menjadi kurang dari 20%,
  - o gas bumi menjadi lebih dari 30%,
  - o batubara menjadi lebih dari 33%,
  - o bahan bakar nabati (biofuel) menjadi lebih dari 5%,
  - o panas bumi menjadi lebih dari 5%,
  - o energi baru dan terbarukan lainnya, khususnya biomasa, nuklir, tenaga air, tenaga surya, dan tenaga angin menjadi lebih dari 5%,
  - o batubara yang dicairkan (*liquefied coal*) menjadi lebih dari 2%.



Disamping itu pemerintah melalui Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati pada tahun 2007 mengeluarkan *blueprint* pengembangan bahan bakar nabati (BBN) dan ditindaklanjuti dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 23 tahun 2008 tentang mandatori pemakaian BBN.

Chongpeerapien (1991) mengemukakan bahwa banyak kebijakan energi yang kurang berhasil. Kebijakan dapat terlaksana dengan baik bila ada institusi yang inovatif dan didukung oleh peran swasta, peneliti, dan kalangan akademi (Fee 1991). Kebijakan juga perlu dianalisis dampaknya supaya tujuan yang telah ditetapkan dapat tercapai. Model komputasi keseimbangan umum (CGE – *Computable General Equilibrium*) merupakan salah satu alat untuk analisis empiris maupun mengevaluasi kebijakan (Yang 1999) dan telah banyak digunakan baik di negara maju maupun negara berkembang (Devarajan dan Robinson 2002). Model CGE juga telah digunakan untuk mengevaluasi kebijakan lingkungan dengan lingkup regional (Saveyn dan Van Regemorter 2007).

## 1.2. Permasalahan

Keterbatasan sumber daya energi terutama minyak bumi saat ini mendapat perhatian yang serius. Salah satu langkah pemerintah untuk mengatasi hal tersebut adalah tertuang dalam KEN yaitu kebijakan diversifikasi energi. Pemerintah akan mengurangi pangsa penggunaan minyak bumi dan meningkatkan pangsa penggunaan batubara dan gas bumi yang cadangannya relatif lebih banyak serta meningkatkan pangsa penggunaan energi terbarukan (energi air, energi panas bumi, biomas, energi surya dan energi angin) karena potensinya melimpah dan termasuk energi bersih.

Batubara merupakan salah satu alternatif untuk substitusi minyak bumi yang telah banyak dilakukan dan sedang ditingkatkan penggunaannya. Untuk dapat memanfaatkan batubara sebagai bahan bakar harus melewati proses yang panjang mulai dari tambang, pengangkutan sampai ke pengguna akhir (Malyan 1992). Disamping itu diperlukan juga perencanaan yang matang dan terpadu. Kendala yang dihadapi untuk memanfaatkan batubara secara besar-besaran sangat banyak, antara lain yaitu: batubara berbentuk padat sehingga sulit dalam penanganannya, banyak mengandung unsur sulfur dan nitrogen yang bisa menimbulkan polusi bila dibakar, dan adanya kandungan unsur karbon yang secara alamiah bila dibakar akan menghasilkan gas rumah kaca. Untuk



mengurangi dampak pemanfaatan batubara tersebut dapat digunakan teknologi batubara bersih, diantaranya adalah menggunakan peralatan penyaring emisi (Sugiyono 2000), gasifikasi batubara (Panaka 1992), dan pencairan batubara (Artanto dan Yusnitati 2000).

Penggunaan gas bumi untuk bahan bakar industri dan pembangkit listrik terus mengalami peningkatan. Gas bumi mempunyai karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan minyak bumi khususnya dalam hal dampak terhadap lingkungan. Energi terbarukan meskipun ramah lingkungan, penggunaan masih sangat terbatas karena biaya produksinya masih relatif mahal dibandingkan dengan penggunaan batubara, minyak, dan gas bumi.

Sektor energi mulai dari penambangan, pengangkutan, konversi dan penggunaan akhir untuk rumah tangga, industri maupun transportasi merupakan penyumbang utama terhadap polusi udara. Bahan-bahan pencemar utama yang penting adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), karbon monoksida ( $\text{CO}$ ), partikel, nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), hidrokarbon ( $\text{HC}$ ), dan berbagai bentuk logam berat (Bank Dunia 2003:9, Kleeman 1994:9). Polusi udara di beberapa kota besar sudah mencapai level yang kritis.

Mekanisme substitusi energi dapat dilakukan melalui kebijakan harga energi dan pemberian insentif untuk pengembangan sumber energi yang masih kurang ekonomis. Substitusi energi yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah substitusi penggunaan minyak bumi dengan energi lainnya.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini akan menggunakan model CGE untuk menganalisis interaksi antara kebijakan energi dengan perekonomian. Dengan menggunakan model tersebut akan dianalisis beberapa skenario kebijakan diversifikasi energi.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, baik secara empiris maupun kebijakan. Sumbangan empiris ditunjukkan melalui pengembangan model CGE dari model statis menjadi model dinamis serta melakukan disagregasi untuk sektor energi. Sumbangan empiris yang lain adalah memberi gambaran mengenai kondisi sektor energi dewasa ini serta keterkaitannya dengan perekonomian. Pembahasan meliputi berbagai kebijakan diversifikasi energi yang sudah dilakukan dan berbagai permasalahan yang dihadapi dalam pengembangan sektor energi dewasa ini yang perlu diketahui oleh para pengambil keputusan.

Penelitian ini akan pengembangan berbagai skenario kebijakan diversifikasi energi melalui substitusi minyak bumi dengan bahan bakar lain seperti gas bumi, batubara maupun sumber energi terbarukan yang lain. Skenario dapat sesuai dengan target kebijakan pemerintah maupun melakukan simulasi yang memberikan dampak yang optimum terhadap perekonomian. Dengan skenario tersebut diharapkan dapat memberi sumbangan kebijakan yaitu memberikan rekomendasi untuk menyempurnakan kebijakan diversifikasi energi supaya dapat tetap mempertahankan pembangunan yang berkelanjutan dalam pengembangan sektor energi.

## 2. Rerangka Teoretis

Penelitian tentang dampak kebijakan energi di Indonesia belum banyak dilakukan. Penelitian yang pernah dilakukan adalah kebijakan subsidi harga bahan bakar minyak (BBM) terhadap perekonomian dengan menggunakan model ekonometri (Hope dan Sigh 1995). Keterkaitan antara energi dan perekonomian sangat besar sehingga ada kecenderungan untuk menggunakan model multi-sektoral untuk menganalisis kebijakan. Model CGE merupakan salah satu bentuk model multi-sektoral yang sudah secara luas digunakan saat ini. Meluasnya penggunaan model CGE didukung oleh perkembangan teknologi komputasi dan juga oleh kenyataan bahwa model ini memungkinkan untuk menganalisis perbedaan dampak antar sektor produksi dan antar kelompok sosial ekonomi (Devarajan dan Robinson 2002).

Saat ini model CGE sudah umum digunakan baik di negara maju maupun negara berkembang untuk menganalisis dampak *external shock* atau kebijakan ekonomi terhadap struktur perekonomian atau distribusi kesejahteraan. Berbagai kebijakan seperti: kebijakan perdagangan bebas, kebijakan integrasi regional, kebijakan deregulasi, kebijakan lingkungan dan kebijakan energi dapat dianalisis menggunakan model CGE.

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Model CGE merupakan evolusi yang panjang dari teori ekonomi, matematika ekonomi dan teknik komputasi. Fondasi teoritis dari model ini adalah Hukum Walras. Hukum Walras kemudian dikembangkan oleh Arrow dan Debrew menjadi model keseimbangan umum. Aplikasi secara numerik dan empiris dari model keseimbangan umum disebut model *Applied General*



*Equilibrium* (AGE) atau model *Computable General Equilibrium* (CGE). Dalam disertasi ini untuk selanjutnya digunakan istilah model CGE atau model komputasi keseimbangan umum.

Model CGE pertama kali dikembangkan oleh Johansen pada tahun 1960 yang merupakan model pertumbuhan multi-sektor untuk Norwegia (Bandara 1991, Pogani 1996, Hosoe 1999:4). Survei tentang penggunaan model CGE sudah banyak dilakukan, misalnya: Bandara (1991) untuk penggunaan model di negara-negara berkembang, Bergman (1988) untuk menganalisis kebijakan energi, Wajzman (1995) untuk mengevaluasi kebijakan lingkungan, Bergman dan Henrekson (2003) untuk kebijakan lingkungan dan manajemen sumber daya. Pembuatan model CGE secara rinci dibahas dalam Lofgren dkk. (2002) dan Hosoe dkk. (2004).

Beberapa tahapan dalam pengembangan model CGE dibahas oleh Bandara (1991), Hulu (1995), serta Bergman dan Henrekson (2003). Secara umum pengembangan model CGE dapat dikelompokkan menjadi empat, yaitu:

- **Model Johansen**

Johansen mengembangkan model CGE dalam bentuk model linier simultan. Model ini memfokuskan pada analisis pertumbuhan ekonomi dan perubahan struktural untuk jangka panjang. Model CGE untuk Australia dikembangkan berdasarkan model ini dan dinamakan Model Orani.

- **Model Scarf**

Scarf mengembangkan algoritma yang disebut *fixed point theorem* untuk menyelesaikan model CGE. Dengan algoritma ini Shoven dan Whalley berhasil membuat prosedur untuk menghitung keseimbangan umum untuk pajak pada tahun 1983. Tradisi dalam pengembangan model dari Scarf, Shoven dan Whalley lebih menekankan pada pengaruh kebijakan ekonomi terhadap efisiensi dan distribusi.

- **Model Jorgenson**

Model yang dikembangkan oleh Jorgenson secara sistematis menggunakan metode ekonometri untuk mengestimasi parameter. Tidak seperti pada model CGE sebelumnya yang menggunakan cara kalibrasi dalam mengestimasi parameter. Meskipun pendekatan secara ekonometri mempunyai beberapa kelebihan tetapi ada beberapa kekurangannya. Pertama, data yang dibutuhkan merupakan data runtun waktu yang panjang sehingga kemungkinan tidak tersedia di negara-negara berkembang.



Kedua, bentuk fungsi yang digunakan tidak terkontrol perilakunya sehingga model tidak dapat memperoleh solusi khususnya untuk model yang cukup besar.

- **Model Adelman dan Robinson**

Model CGE yang dikembangkan oleh Adelman dan Robinson merupakan model dalam bentuk persamaan simultan nonlinier. Solusi yang diperoleh berupa harga bayangan (*shadow price*) yang dapat diinterpretasi sebagai harga dalam keseimbangan umum. Pengembangan model ini selanjutnya menjadi model standar yang banyak digunakan oleh World Bank.

Pembuatan dan penggunaan model ekonomi di sektor energi sudah menjadi tradisi yang panjang. Perencanaan operasi dan investasi dengan menggunakan model optimasi sudah banyak digunakan untuk industri kelistrikan maupun industri perminyakan. Seiring dengan makin meningkatnya perhatian masyarakat dalam hal kebijakan energi maka pada awal tahun 1970 mulai dikembangkan model yang dinamakan model sistem energi. Sebagai contoh yaitu model yang dikembangkan oleh Nordaus (1973) dan model Markal yang dikembangkan oleh *International Energy Agency* (Bergman 1988). Model ini merupakan model keseimbangan parsial untuk sektor energi dan dinyatakan dalam bentuk linier *programming*. Permintaan energi merupakan variabel eksogen sebagai masukan model dan variabel endogen, yang akan ditentukan berdasarkan optimasi, dapat berupa ekstraksi sumber energi, konversi dan distribusi energi. Optimasi biasanya dilakukan dengan fungsi obyektif meminimumkan total biaya sistem.

Nordaus (1973) menggunakan model tersebut untuk menentukan alokasi yang efisien dari sumber energi untuk jangka panjang. Dalam model, dunia dibagi menjadi beberapa wilayah dengan ketersediaan sumber energi yang sesuai untuk masing-masing wilayah. Solusi optimal menunjukkan bahwa pada tahun dasar harga energi sesuai dengan harga pasar kecuali untuk harga BBM.

Model sistem energi tersebut di atas mempunyai representasi teknologi energi yang sangat rinci tetapi tidak mempunyai keterkaitan dengan perekonomian. Sehingga model tersebut tidak dapat digunakan untuk menganalisis dampak kebijakan energi di sisi penawaran terhadap harga maupun perekonomian secara nasional. Untuk mengatasi kelemahan ini dikembangkan model energi-ekonomi yang berdasarkan teori keseimbangan

umum dan teori pertumbuhan ekonomi Neoklasik. Model dari Hudson dan Jorgenson (1975) dan model Eta-Macro (Manne dkk. 1979) merupakan pelopor pembuatan model ini. Model tersebut dapat dikategorikan sebagai model CGE.

Struktur model CGE untuk analisis kebijakan energi tidak jauh berbeda dengan model CGE pada umumnya. Dalam model CGE energi, representasi dari substitusi antara beberapa input harus lebih mendapat perhatian yang lebih serius. Disamping itu, adanya kendala sumber daya energi dan kebijakan yang berorientasi pada penggunaan teknologi baru maka model harus bersifat intertemporal dan perilaku investasi secara umum maupun di sisi penawaran energi harus diperhatikan.

Benjamin dan Devarajan (1985) menggunakan model CGE dengan fungsi produksi Cobb-Douglas untuk menganalisis dampak kenaikan penerimaan ekspor minyak bumi. Model dikalibrasi dengan menggunakan Tabel *Input-Output* tahun 1980 dan menunjukkan bahwa kenaikan ekspor minyak menjadi penyebab gagalnya pembangunan (*Dutch Disease*). Bergman (1990) menggunakan model CGE yang dikalibrasi dengan menggunakan *social accounting matrix* (SAM) tahun 1985 untuk Swedia. Model ini digunakan untuk menganalisis dampak penutupan PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir) dengan mempertimbangkan emisi SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penutupan PLTN akan menurunkan PDB sekitar 3-4% serta diiringi dengan kenaikan harga listrik. Bohringer (1998) menggunakan model CGE dengan mempertimbangkan sektor energi secara rinci sebagai aktivitas *bottom-up*, sedangkan sektor lain dinyatakan sebagai aktivitas *top-down*. Model ini digunakan untuk menganalisis kenaikan harga bahan bakar untuk pembangkit listrik. Hasil menunjukkan bahwa kenaikan harga bahan bakar akan menurunkan permintaan dan penawaran serta terjadi efek substitusi antar bahan bakar.

Model CGE dasar yang dikembangkan berdasarkan model Arrow-Debreu merupakan model statik karena tidak secara eksplisit memasukkan waktu. Model statik mempunyai kelemahan terutama untuk menganalisis kebijakan yang dampaknya akan berlangsung untuk periode yang cukup panjang.

Beberapa model CGE dinamik telah dikembangkan. Secara umum ada dua mekanisme yang sering digunakan untuk membuat model CGE statik menjadi model dinamik, yaitu mekanisme rekursif dinamik dan mekanisme optimasi dinamik (Yang 1999). Dalam mekanisme rekursif dinamik, proses

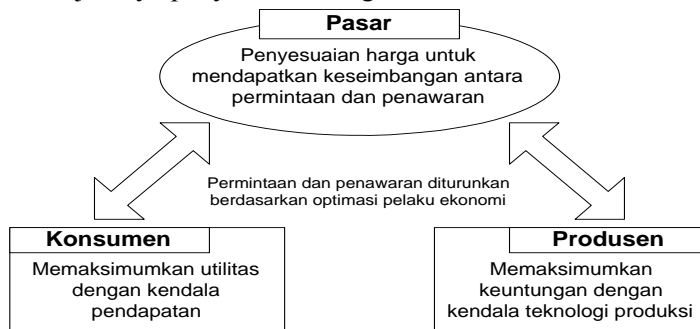


optimasi merupakan pengulangan dari model statik untuk tahun dasar. Model diselesaikan secara rekursif untuk setiap periode secara terpisah. Antar periode dihubungkan dengan variabel eksogen seperti pertumbuhan kapital dan tenaga kerja. Sedangkan mekanisme optimasi dinamik berdasarkan model pertumbuhan Ramsey yang mempertimbangkan pelaku ekonomi melakukan optimasi tidak hanya pada saat ini tetapi juga mempertimbangkan masa depan. Devarajan dan Go (1998) serta Yang (1999) menggunakan optimasi dinamik. Dengan mekanisme ini proses komputasi menjadi kendala dan model CGE yang dinamik dengan mekanisme ini masih dalam tahap pengembangan. Resosudarmo (2003) menggunakan mekanisme rekursif dinamik dengan memperimbangkan pertumbuhan kapital dan tenaga kerja.

## 2.2. Landasan Teori

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa model CGE secara teoritis berdasarkan teori keseimbangan umum dari Walras dan secara formulasi matematis menggunakan model yang dikembangkan oleh Arrow dan Debreu. Interaksi antar pasar merupakan dasar untuk formulasi model CGE.

Model CGE yang sederhana mempunyai tiga komponen dasar yaitu: konsumen, produsen, dan pasar seperti dinyatakan pada Gambar 1. Konsumen (atau rumah tangga) menentukan permintaan komoditas dan penawaran *endowment* berdasarkan prinsip memaksimalkan utilitas. Produsen (atau perusahaan) menentukan permintaan *input* dan penawaran *output* berdasarkan prinsip memaksimalkan keuntungan. Keseimbangan antara permintaan dan penawaran dicapai berdasarkan perilaku optimisasi dari pelaku ekonomi yang menyebabkan terjadinya penyesuaian harga.

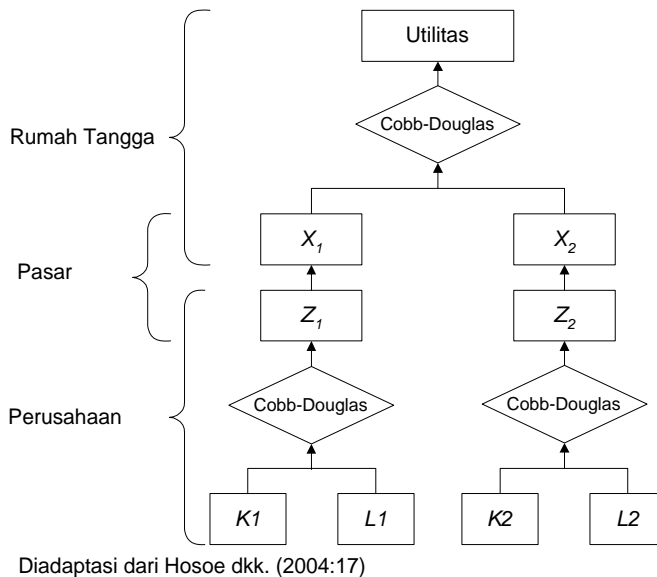


Diadaptasi dari Hosoe dkk. (2004:5)

Gambar 1. Struktur Perekonomian

Model CGE secara teoritis merupakan model statis dengan asumsi bahwa pasar berkompentisi sempurna dan produksi bersifat *constant return to scale*. Untuk memahami kerangka dasar dari model CGE digunakan contoh model sederhana untuk negara kecil dengan perekonomian tertutup. Misalkan ada dua komoditas yaitu  $X_1$  dan  $X_2$  dan dua faktor produksi yaitu tenaga kerja dan modal. Setiap komoditas diproduksi oleh satu perusahaan dengan *input* tenaga kerja dan modal. Rumah tangga mengkonsumsi komoditas tersebut dengan memaksimalkan utilitas. Rumah tangga memperoleh pendapatan dari endowment berupa tenaga kerja dan modal yang digunakan oleh perusahaan. Harga dari semua komoditas dan faktor produksi dapat mudah menyesuaikan sehingga keseimbangan antara permintaan dan penawaran dapat tercapai.

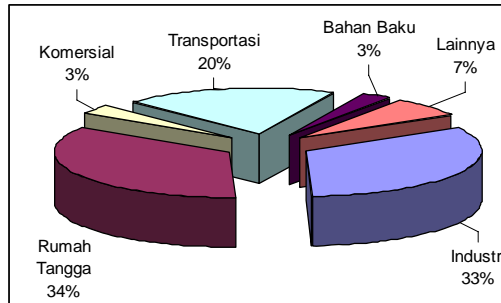
Pelaku ekonomi diasumsikan sebagai *price taker* yang tidak mempunyai kekuatan untuk menentukan harga pasar. Dalam model ini perdagangan internasional, investasi, dan *intermediate input* tidak diperhitungkan. Hubungan antara rumah tangga, perusahaan, dan pasar dirangkum dalam Gambar 2 dengan melihat aliran komoditas dan faktor produksi.



Gambar 2. Struktur Model Sederhana

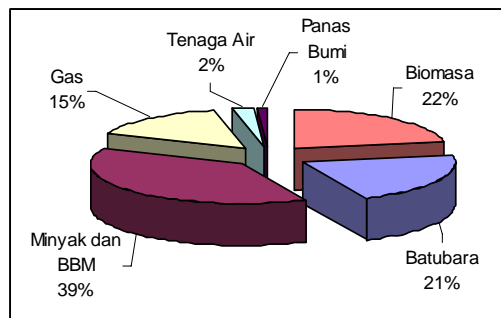
### 2.3. Hipotesis

Sektor energi terus berkembang seiring dengan terus meningkat konsumsi energi. Konsumsi energi final (termasuk penggunaan biomasa) meningkat dari sebesar 778 juta SBM (Setara Barel Minyak) pada tahun 2000 menjadi sebesar 916 SBM pada tahun 2007 atau meningkat rata-rata sebesar 2,3% per tahun. Pada tahun 2007 penggunaan terbesar adalah sektor rumah tangga dengan pangsa sebesar 34% diikuti oleh sektor industri 33%, transportasi 20%, komersial dan sebagai bahan baku masing-masing 3% dan sisanya sekitar 7% untuk penggunaan lainnya (Gambar 3).



Gambar 3. Pangsa Penggunaan Energi Final Tahun 2007

Penyediaan energi primer juga terus meningkat dari sebesar 978 juta SBM pada tahun 2000 menjadi sebesar 1.231 juta SBM pada tahun 2007 atau meningkat sekitar 3,3% per tahun. Pada tahun 2007 pangsa penyediaan energi yang terbesar adalah minyak bumi dengan pangsa 39% dan diikuti oleh batubara 21%, gas bumi 15%, tenaga air 2%, panas bumi 1% dan sisanya 22% adalah energi non-komersial biomasa untuk rumah tangga pedesaan (Gb. 4)



Gambar 4. Pangsa Penyediaan Energi Primer Tahun 2007

Kondisi sumber daya energi di Indonesia yang tidak dapat diperbaharui, terutama minyak bumi, saat ini sudah cukup kritis. Laju penemuan cadangan minyak bumi lebih rendah dari pada laju konsumsinya. Bila tidak diketemukan cadangan baru, maka impor minyak bumi dan BBM akan semakin meningkat tajam. Data dari Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM) tahun 2007 menunjukkan bahwa cadangan minyak bumi sebesar  $8,4 \times 10^9$  SBM. Cadangan gas bumi sebesar 165 TSCF (*Tera Standard Cubic Feet*). Sedangkan batubara mempunyai cadangan sebesar  $18,8 \times 10^9$  TCE (*Ton Coal Equivalent*). Secara ringkas cadangan dan produksi untuk sumber energi fosil ditunjukkan pada Tabel 1. Bila dilihat dari rasio cadangan dibagi produksi (*R/P Ratio*) maka batubara masih mampu untuk digunakan selama 105 tahun. Sedangkan gas bumi dan minyak bumi mempunyai *R/P Ratio* masing-masing sebesar 55 tahun dan 17 tahun.

Tabel 1. Cadangan dan Produksi Sumber Energi Fosil

	Cadangan (R)	Produksi per tahun (P)	R/P
Minyak Bumi	$8,4 \times 10^9$ BOE	$0,5 \times 10^9$ BOE	17
Gas Bumi	165 TSCF	3 TSCF	55
Batubara	$18,8 \times 10^9$ TCE	$0,18 \times 10^9$ TCE	105

Sumber daya energi terbarukan yang mempunyai potensi dikembangkan untuk skala besar adalah tenaga air dan panas bumi. Potensi tenaga air di seluruh Indonesia diperkirakan sekitar 75.670 MW yang tersebar pada 1.315 lokasi. Potensi panas bumi yang mempunyai prospek untuk dikembangkan adalah sebesar 27.000 MW.

Sektor energi perlu dikembangkan melalui kebijakan yang kondusif dan didukung oleh kemandirian finansial, teknologi dan sumber daya manusia. Dengan kebijakan ini diharapkan pengembangan sektor energi dapat mendukung pembangunan yang berkelanjutan. Makalah ini akan membahas pengaruh kebijakan energi terhadap perekonomian secara keseluruhan dengan menggunakan simulasi kebijakan dalam model CGE. Kebijakan energi yang akan dianalisis adalah substitusi dari penggunaan energi migas ke penggunaan energi lainnya. Hipotesis yang diajukan adalah:



- Ada pengaruh yang positif dari substitusi penggunaan minyak bumi terhadap pendapatan nasional.
- Ada pengaruh positif dari substitusi penggunaan minyak bumi terhadap distribusi pendapatan.

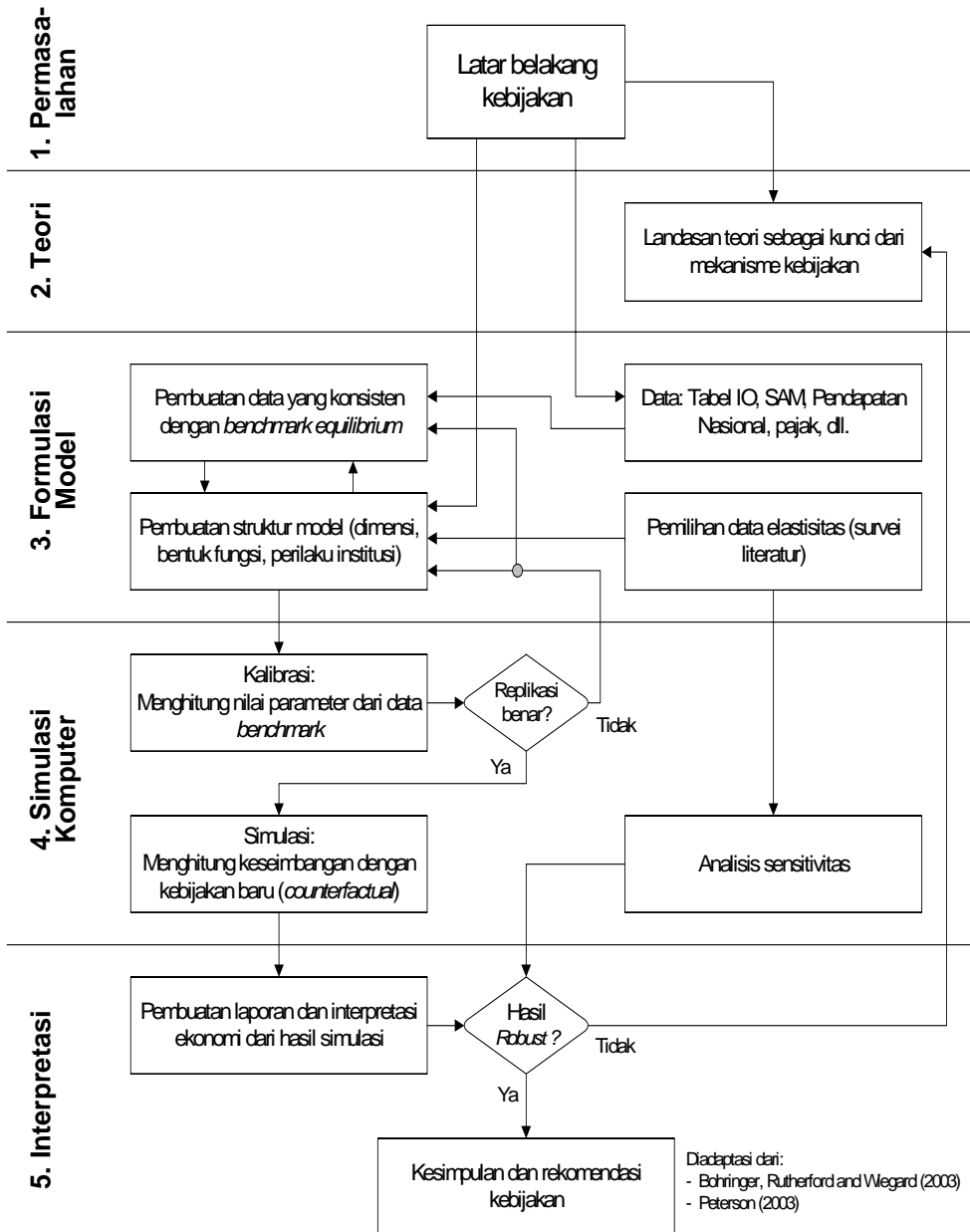
### 3. Metoda Riset

Secara umum untuk pembuatan model CGE mengikuti langkah-langkah seperti pada Gambar 5. Pertama-tama membuat data set yang konsisten dengan kondisi perekonomian saat ini. Parameter model diperoleh berdasarkan prosedur kalibrasi sedangkan harga elastisitas dapat diperoleh berdasarkan studi literatur. Berdasarkan kalibrasi dilihat konsistensi model dengan keseimbangan dasar (*benchmark*) dalam perekonomian. Bila telah sesuai, langkah selanjutnya adalah membuat suatu skenario dengan kebijakan tertentu atau mengubah besaran parameter sehingga didapat keseimbangan perekonomian yang baru. Berdasarkan hasil ini dapat dianalisis pengaruh dari kebijakan atau perubahan salah satu parameter terhadap keseluruhan sistem perekonomian (lihat Gb. 5).

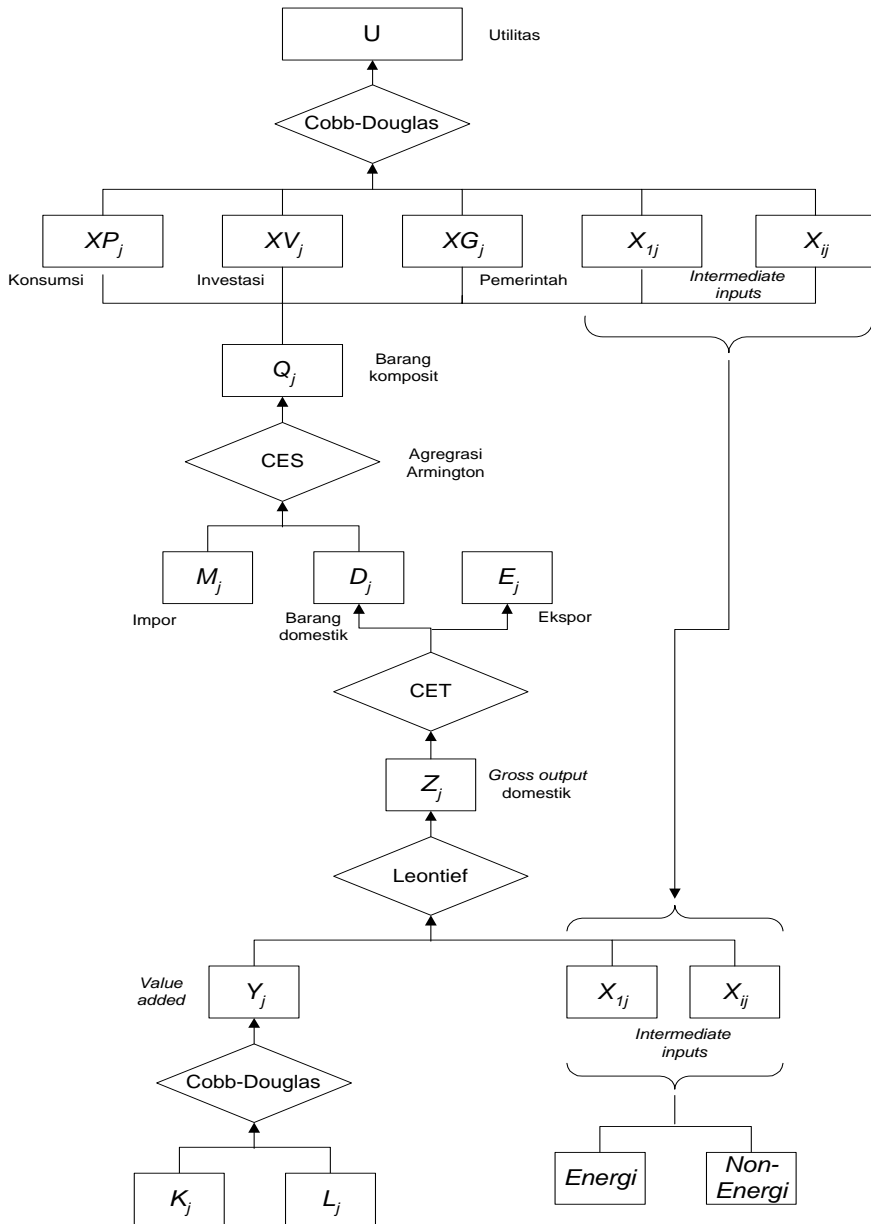
Model yang dikembangkan mempunyai dua modul yaitu model dasar yang merupakan model CGE statis dan model dinamik yang memasukkan faktor pertumbuhan pada model CGE statis.

#### 3.1. Model Dasar

Struktur model CGE yang akan digunakan untuk analisis empiris diperlihatkan pada Gambar 6. Indonesia diasumsikan sebagai negara kecil dengan perekonomian terbuka. Indonesia adalah sebagai *price taker* yang tidak dapat mempengaruhi harga dunia, baik dalam impor atau ekspornya.



Gambar 5. Analisis dengan Menggunakan Model CGE



Diadaptasi dari Hosoe dkk. (2004:98)

Gambar 6. Struktur Model CGE Energi

Dalam aplikasi pembuatan model, bentuk fungsi seperti Leontief, Cobb-Douglas atau *constant elasticity of substitution* (CES) sudah umum digunakan. Setiap fungsi mempunyai sifat tertentu yang penting dalam menyatakan perilaku ekonomi. Bentuk fungsi yang dipilih harus cukup luwes sehingga mampu merepresentasikan perilaku ekonomi seperti yang diharapkan.

Model empiris ini merupakan pengembangan dari model sederhana yang sudah dibahas sebelumnya. Model dikembangkan berdasarkan Hosoe dkk. (2004:97-133) dengan mempertimbangkan sektor energi. Formulasi matematik dari model dapat diturunkan seperti di bawah ini.

#### a. *Intermediate Input*

Perusahaan disamping menggunakan kapital dan tenaga kerja juga menggunakan *intermediate input* sebagai faktor produksi. Produksi dibagi menjadi dua tingkat. Pada tingkat atas *gross output* domestik merupakan fungsi Leontief dengan variabel *value added* dan *intermediate input*. Pada tingkat bawah fungsi produksi untuk *value added* adalah fungsi Cobb-Douglas dengan *input* kapital dan tenaga kerja.

- Pada tingkat atas:

$$\max ZP_j = ps_j Z_j - \left( py_j Y_j + \sum_i pq_i X_{ij} \right)$$

(1)

dengan kendala:

$$Z_j = \min \left( \frac{X_{ij}}{ax_{ij}}, \frac{Y_j}{ay_j} \right)$$

(2)

dan:

- $ZP_j$ : keuntungan perusahaan  $j$   
 $Z_j$ : *gross output* unuk barang  $j$   
 $X_{ij}$ : *intermediate input* barang  $i$  yang digunakan oleh perusahaan  $j$   
 $Y_j$ : *value added* perusahaan  $j$   
 $ax_{ij}$ : koefisien minimum yang dibutuhkan *intermediate input*  $j$  untuk memproduksi satu unit *gross output*  
 $ay_j$ : koefisien minimum yang dibutuhkan *value added* untuk menghasilkan satu unit *gross output*





- $ps_j$ : harga penawaran barang  $j$
- $pq_i$ : harga barang antara  $i$ , dan
- $py_j$ : harga *value added* perusahaan  $j$

Persamaan 2 tidak dapat diturunkan dan untuk memperoleh kondisi optimal dianggap bahwa perusahaan bersifat kompetisi dan tidak dapat memperoleh *excess profit*. Sehingga kondisi optimal dicapai pada kondisi keuntungan ekonomi nol (*zero profit*):

$$X_{ij} = ax_{ij}Z_j \quad (3)$$

$$Y_j = ay_jZ_j \quad (4)$$

$$ps_j = ay_jpy_j + \sum_i ax_{ij}pq_i \quad (5)$$

- Pada tingkat bawah:

$$\max YP_j = py_jY_j - \sum_h r_h F_{hj} \quad (6)$$

dengan kendala:

$$Y_j = b_j \prod F_{hj}^{\beta_{hj}} \quad (7)$$

dan:

- $YP_j$ : keuntungan perusahaan  $j$  pada tingkat bawah
- $F_{hj}$ : faktor produksi yang berupa kapital atau tenaga kerja

Dengan menggunakan metode Lagrange maka kondisi optimal dicapai bila memenuhi persamaan di bawah ini.

$$F_{hj} = \frac{\beta_{hj} py_j}{r_h} Y_j \quad (8)$$

## b. Pemerintah

Pemerintah diasumsikan hanya mengambil pajak langsung terhadap produksi berdasarkan kuantitas. Pajak penghasilan ini digunakan untuk

konsumsi publik dan tabungan. Secara matematik, perilaku ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T_j = \tau_j Z_j \quad (9)$$

$$XG_i = \frac{\mu_i}{pq_i} \left( \sum_j T_j - SG \right) \quad (10)$$

dengan:

- $XG_i$ : konsumsi publik komoditas  $i$
- $T_j$ : pajak penghasilan untuk komoditas  $j$
- $\tau_j$ : tingkat pajak untuk komoditas  $j$  dalam rupiah per unit
- $SG$ : tabungan pemerintah
- $\mu_i$ : pangsa pengeluaran untuk komoditas  $i$  ( $0 \leq \mu_i \leq 1, \sum \mu_i = 1$ )

#### c. Investasi

Model merupakan model dinamik sehingga investasi mempunyai peran yang penting. Pada tahun dasar perilaku investasi dinyatakan dalam persamaan di bawah ini.

$$XV_i = \frac{\lambda_i}{pq_i} (S + SG + \varepsilon SF) \quad (11)$$

- $XV_i$ : permintaan investasi untuk komoditas  $i$
- $S$ : tabungan masyarakat
- $SF$ : tabungan dalam bentuk maya uang asing
- $\varepsilon$ : nilai tukar (mata uang rupiah per mata uang asing)
- $\lambda_i$ : pangsa pengeluaran untuk komoditas  $i$  ( $0 \leq \lambda_i \leq 1, \sum \lambda_i = 1$ )

#### d. Keseimbangan Neraca Pembayaran

Hubungan antara harga impor dan ekspor baik dalam mata uang rupiah maupun mata uang asing diperlihatkan pada persamaan di bawah ini.

$$pe_i = \varepsilon \cdot pwe_i \quad (12)$$

$$pm_i = \varepsilon \cdot pwm_i \quad (13)$$

dengan:

- $pe_i$ : harga ekspor komoditas  $i$  dalam rupiah
- $pwe_i$ : harga ekspor komoditas  $i$  dalam mata uang asing (eksogen)
- $pm_i$ : harga impor komoditas  $i$  dalam rupiah
- $pwm_i$ : harga impor komoditas  $i$  dalam mata uang asing (eksogen)

Neraca pembayaran dalam mata uang asing dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\sum_i pwe_i E_i + SF = \sum_i pwm_i M_i \quad (14)$$

dengan:

- $E_i$ : ekspor komoditas  $i$
- $M_i$ : impor komoditas  $i$

#### e. Asumsi Armington

Barang impor, ekspor dan domestik diasumsikan merupakan barang substitusi (asumsi Armington). Pertama, barang impor dan domestik diagregasi sebagai barang komposit. Diasumsikan bahwa barang impor merupakan substitusi yang tidak sempurna terhadap barang domestik. Sehingga perilakunya dapat diturunkan berdasarkan optimasi berikut ini.

$$\max QP_i = pq_i Q_i - (pm_i M_i + pd_i D_i) \quad (15)$$

dengan kendala:

$$Q_i = \gamma_i (\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}} \quad (16)$$

dan:

- $QP_i$ : keuntungan barang komposit perusahaan  $i$
- $pq_i$ : harga barang komposit  $i$
- $Q_i$ : barang komposit  $i$
- $D_i$ : barang domestik  $i$
- $\gamma_i$ : parameter produktivitas barang komposit  $i$

- $\delta m_i$ , dan  $\delta d_i$ : paramater pangsa barang komposit  $i$   
 $\eta_i$ : parameter yang berkaitan dengan elastisitas substitusi  
 $\sigma_i$ : elastisitas substitusi

Dengan menggunakan manipulasi matematika dapat diperoleh kondisi optimumnya sebagai berikut:

$$M_i = \left( \frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i p q_i}{p m_i} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i \quad (17)$$

$$D_i = \left( \frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta d_i p q_i}{p d_i} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i \quad (18)$$

Kedua, *gross output* domestik ditransformasikan menjadi barang impor dan barang domestik. Diasumsikan juga bahwa barang ekspor dan barang domestik merupakan barang substitusi yang tidak sempurna. Perilaku ini dapat dinyatakan dalam persamaan optimasi seperti ini.

$$\max ZP_i = (p e_i E_i + p d_i D_i) - (\tau_i + p s_i) Z_i \quad (19)$$

dengan kendala:

$$Z_i = \theta_i \left( \xi e_i E_i^{\phi_i} + \xi d_i D_i^{\phi_i} \right)^{\frac{1}{\psi_i}} \quad (20)$$

dan:

- $ZP_i$ : keuntungan transformasi perusahaan  $i$   
 $\theta_i$ : parameter produktivitas fungsi transformasi perusahaan  $i$   
 $\xi e_i$  dan  $\xi d_i$ : parameter pangsa fungsi transformasi perusahaan  $i$   
 $\phi_i$ : parameter yang berhubungan dengan elastisitas transformasi  
 $\psi_i$ : elastisitas transformasi

Kondisi optimal dicapai bila:

$$E_i = \left( \frac{\theta_i^{\phi_i} \xi e_i (\tau_i + p s_i)}{p e_i} \right)^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i \quad (21)$$

$$D_i = \left( \frac{\theta_i^{\Phi_i} \xi d_i (\tau_i + ps_i)}{pd_i} \right)^{\frac{1}{1-\Phi_i}} Z_i$$

(22)

#### f. Market Clearing

Supaya diperoleh keseimbangan pasar maka harus memenuhi kondisi *market clearing* sebagai berikut.

$$Q_i = XP_i + XG_i + XV_i + \sum_j X_{ij}$$

(23)

$$\sum_j F_{hj} = FF_h$$

(24)

dengan  $FF_h$  adalah total *endowment* yang diset sebagai variabel eksogen.

#### g. Macro Closure

Dari penurunan persamaan-persamaan tersebut di atas diperoleh sistem persamaan simultan. Dalam sistem jumlah variabel endogen melebihi jumlah persamaan sehingga perlu persamaan penutup yang disebut *macro closure*.

$$S = ss \sum_h r_h FF_h$$

(25)

$$SG = ssg \sum_j T_j$$

(26)

### 3.2. Model Dinamik

Model dasar dibuat dinamik dengan mekanisme rekursif dinamik yang mempertimbangkan pertumbuhan kapital dan tenaga kerja. Optimasi dilakukan berdasarkan tahun dasar 2000 dan kemudian dilakukan optimasi untuk tahun selanjutnya dengan nilai kapital dan tenaga kerja yang diperbarui seperti pada persamaan (27) dan (28).

$$K_{i,t+1} = K_{i,t}(1 - depr) + DK_{i,t}$$



$$L_{t+1} = L_t(1 + rl)$$

dengan:

*depr* : tingkat depresiasi

*DK* : investasi baru

*rl* : perumbuhan tenaga kerja

#### 4. Pembahasan

Banyak kebijakan energi di negara berkembang yang tidak dievaluasi dampaknya sehingga bisa muncul kebijakan yang bersifat kontradiktif. Kebijakan diversifikasi penggunaan energi di satu sisi dengan kebijakan subsidi harga BBM di sisi lain merupakan salah satu contoh kebijakan energi yang kontradiktif di Indonesia.

Penelitian tentang dampak kebijakan energi di Indonesia di Indonesia belum banyak dilakukan. Danar (1994) dengan menggunakan analisis korelasi meneliti pengaruh kebijakan energi terhadap pertumbuhan ekonomi. Hasil menunjukkan bahwa sejak tahun 1975 kebijakan diversifikasi energi sudah menampakkan hasilnya. Lebih jauh Danar menyimpulkan bahwa pertumbuhan konsumsi energi mempunyai korelasi yang positif terhadap pertumbuhan ekonomi. Hope dan Singh (1995) meneliti dampak kenaikan harga energi terhadap rumah tangga, industri dan perekonomian makro di negara-negara berkembang termasuk Indonesia. Hasil untuk Indonesia menunjukkan bahwa kenaikan harga minyak diesel menyebabkan penurunan penggunaan minyak diesel di sektor industri. Kenaikan harga minyak tanah menyebabkan penurunan kesejahteraan di sektor rumah tangga dan secara ekonomi makro dengan kenaikan harga minyak maka target pendapatan nasional akan dapat tercapai. Baik studi Danar (1994) maupun Hope dan Singh (1995) menggunakan model ekonometri untuk menganalisis dampak kebijakan energi tersebut.

Kleman (1994:11-34) melakukan studi untuk membuat strategi perencanaan energi di Indonesia yang berwawasan lingkungan. Studi ini menggunakan model Markal (*Market Allocation*) yang berdasarkan optimasi dengan menggunakan persamaan simultan dalam bentuk linier *programming*. Model ini merupakan model keseimbangan parsial karena hanya memperhitungkan sektor energi. Dampak lingkungan dari penggunaan energi ditentukan berdasarkan emisi yang ditimbulkan dalam penggunaan energi yang berupa emisi partikel, nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), *volatile hydrocarbon* (VHC)



dan sulfur dioksida (SO<sub>x</sub>). Besarnya emisi dihitung berdasarkan faktor emisi untuk masing-masing jenis energi dan kemudian dilakukan analisis lebih lanjut dengan model dispersi dan deposisi emisi. Model ini membuat simulasi penyediaan energi dengan berbagai skenario. Hasil menunjukkan bahwa dengan skenario tanpa menggunakan teknologi bersih, polusi di daerah perkotaan di Pulau Jawa akan melampaui ambang batas sehingga perlu dilakukan langkah-langkah untuk mengurangi polusi akibat penggunaan energi.

Marks (2003) menganalisis kenaikan harga energi terhadap berbagai sektor perekonomian dengan menggunakan Tabel *Input-Output*. Hasil studi menunjukkan bahwa kenaikan harga energi akan berpengaruh paling besar pada sektor transportasi. Analisis yang digunakan Marks hanya mempertimbangan keterkaitan statis antar sektor melalui matriks koefisien *input-output*. Penggunaan model keseimbangan umum merupakan pengembangan lebih lanjut dengan mempertimbangkan perilaku setiap pelaku perekonomian. Model keseimbangan umum dalam penerapan untuk studi empiris selanjutnya lebih dikenal dengan model *computable general equilibrium* (CGE). Penggunaan model CGE untuk menganalisis kebijakan harga energi di Indonesia telah dilakukan oleh Nikensari (2001), IUC-ES (2001), Said dkk. (2001), Clements dkk. (2003) dan Ikhsan dkk. (2005). Model CGE yang digunakan merupakan modifikasi dari model CGE yang digunakan untuk studi sebelumnya, kecuali model yang digunakan oleh Clements dkk.

Nikensari (2001:8-9) memodifikasi model Lewis (1991) untuk menganalisis pengaruh pengurangan subsidi harga BBM terhadap sektor industri. IUC-ES (2001) memodifikasi model Indorani untuk menganalisis dampak kebijakan harga energi terhadap ekonomi makro dan sektoral. Model menggunakan Tabel *Input-Output* 1995 yang diperbarui untuk tahun 2000 untuk kalibrasi. Studi ini memberi gambaran yang rinci tentang aspek pembuatan model dan hasilnya digunakan sebagai dasar penyusunan studi dari Said dkk. (2001). Model CGE yang digunakan oleh Said dkk. selanjutnya disebut *Indoceem* (Indorani *Comprehensive Energy-Economy Model*).

Clements dkk. (2003) mengembangkan model CGE yang dikalibrasi dengan menggunakan Tabel *Input-Output* tahun 1995 untuk menganalisis dampak liberalisasi harga BBM. Ikhsan dkk. (2005) mengintegrasikan *Indoceem* dan metodologi perhitungan kemiskinan untuk menganalisis dampak kenaikan harga BBM terhadap kemiskinan.

Model CGE yang dijelaskan tersebut di atas merupakan model statis untuk satu periode analisis. Resosudarmo (2002, 2003) menggunakan model CGE yang dinamis untuk mengevaluasi kebijakan lingkungan di Indonesia. Kebijakan yang dievaluasi adalah penggunaan teknologi untuk mengurangi emisi maupun Program Langit Biru, yaitu program untuk pengendalian pencemaran udara. Model CGE yang digunakan berdasarkan SAM tahun 1990 dan untuk analisis kebijakan dari tahun 2000 sampai tahun 2020.

Kebanyakan model CGE yang digunakan sebagai alat analisis saat ini sudah merupakan modifikasi dari model sebelumnya dan sudah menjadi terlalu rumit. Model CGE sering dikritik sebagai *black box* karena struktur model yang sangat kompleks serta jumlah parameter dan persamaan sangat banyak, padahal dengan menggunakan model yang standar tidak menghasilkan perbedaan yang berarti (Hosoe 1999:1-3). Penelitian ini akan mengembangkan model CGE standar dari Hosoe dkk. (2004) dengan lebih memperhatikan struktur model dan lebih rinci dalam memformulasikan sektor energi. Sedangkan kebijakan energi yang akan disimulasikan dalam model adalah substitusi antara penggunaan energi minyak bumi dengan energi lainnya.

Sebagai kalibrasi, digunakan SAM untuk tahun 2000 dengan memodifikasi sektor sesuai dengan tujuan penelitian. Karena substitusi ini hanya dapat dilaksanakan secara bertahap maka model dibuat bersifat dinamis dengan memasukkan aspek pertumbuhan untuk jangka panjang. SAM yang dikenal di Indonesia sebagai Sistem Neraca Sosial Ekonomi (SNSE) memberi gambaran menyeluruh struktur produksi, faktor produksi, alokasi pendapatan, komposisi permintaan barang dan jasa, serta tabungan. SAM disajikan dalam bentuk matriks yang menggambarkan perilaku dari pelaku ekonomi. Neraca lajur ke samping (menurut baris) menunjukkan transaksi penerimaan, sedangkan lajur ke bawah (menurut kolom) menunjukkan transaksi pengeluaran. Beberapa sektor dalam SAM dimodifikasi dengan melakukan agregasi dan disagregasi yang disesuaikan dengan tujuan penelitian. Untuk disagregasi digunakan Tabel *Input-Output* tahun 2000 yang dikeluarkan oleh BPS.

Simulasi akan dilakukan berdasarkan keseimbangan dasar dengan mempertimbangkan rencana pemerintah untuk meningkatkan penggunaan batubara maupun energi lainnya. Dengan simulasi ini dapat buat beberapa skenario kebijakan diversifikasi energi yang sesuai dengan tujuan dari





penelitian. Hasil simulasi diharapkan dapat untuk menguji hipotesis dan merekomendasikan kebijakan yang efektif untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan.

Penelitian ini masih belum selesai dan sedang dikembangkan model CGE untuk energi sehingga hasilnya belum dapat ditampilkan dalam makalah ini. Dari hasil analisis sementara Tabel *Input-Output* tahun 2000 maka efek pengali *output* menunjukkan bahwa sektor energi fosil hanya memberikan kontribusi yang kecil terhadap pertumbuhan di sektor lainnya. Besaran dari efek pengali *output* dari sektor minyak bumi dan gas bumi lebih kecil dari pada sektor batubara. Sektor energi fosil ini kontribusinya kecil karena sebagian besar dari hasil sektor ini untuk kepentingan ekspor sehingga tidak banyak mempengaruhi pertumbuhan dari sektor lainnya. Berbeda dengan sektor energi listrik dan gas yang mempunyai besaran efek pengali yang besar sehingga memegang peranan penting dalam perkembangan dari sektor-sektor lainnya.

## 5. Penutup

Model CGE merupakan sistem persamaan simultan tak-linier yang mensimulasikan perilaku optimal dari semua konsumen dan produsen yang ada di dalam suatu perekonomian. Dengan menggunakan model ini maka dapat disimulasikan berbagai kebijakan energi dan pengaruhnya terhadap sektor perekonomian secara umum. Dalam pembahasan sudah diturunkan persamaan matematis untuk model CGE energi yang akan dikembangkan. Model tersebut dikalibrasi dengan menggunakan SAM tahun 2000 dan supaya dapat menjawab tujuan penelitian maka perlu adanya disagregasi maupun agregasi sektor dalam SAM. Untuk keperluan disagregasi sektor maka dapat digunakan data yang ada dalam *Tabel Input-Output* untuk tahun yang sama.

Saat ini model masih dalam pengembangan dan diharapkan akan dapat diaplikasikan karena didukung adanya perangkat lunak GAMS (*General Algebraic Modeling System*). GAMS dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan simultan seperti model CGE yang dikembangkan dalam penelitian ini. GAMS dapat digunakan untuk melakukan optimasi dengan fungsi kendala dan fungsi obyektif tertentu (Brooke dkk, 1998). Persamaan simultan dalam model CGE ini merupakan persoalan *nonlinear programming* yang dapat diselesaikan dengan menggunakan modul Minos yang merupakan *optimizer* dari GAMS.



## Daftar Referensi

- Artanto, Y. dan Yusnitati (2000) Pengujian Katalis Limonit Soroako dalam Proses Konversi Batubara Banko Selatan Menjadi Minyak Sintetis, *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, Vol.2, No.1, BPPT, Jakarta.
- Bakoren (1998) *Kebijaksanaan Umum Bidang Energi (KUBE)*, Badan Koordinasi Energi Nasional.
- Bandara, J.S. (1991) Computable General Equilibrium Models for Development Policy Analysis in LDCs, *Journal of Economic Surveys*, Vol.5, No.1, p.3-69.
- Bank Dunia (2003) *Pemantauan Lingkungan Indonesia 2003*, Bank Dunia Kantor Indonesia.
- Benjamin, N.C. and S. Devarajan (1985) Oil Resources and Economic Policy in Cameroon: Result from a Computable General Equilibrium Model, *Staff Working Paper*, No. 745, World Bank.
- Bergman, L. (1988) Energy Policy Modeling: A Survey of General Equilibrium Approaches, *Journal of Policy Modeling*, Vol.10, No.3, p.377-399.
- Bergman, L. (1990) Energy and Environmental Constraints on Growth: A CGE Modeling Approach, *Journal of Policy Modeling*, Vol.12, No.4, p.671-691.
- Bergman, L. and M. Henrekson (2003) *CGE Modeling of Environmental Policy and Resource Management*, Lecture Note, Stockholm School of Economics.
- Bohringer, C. (1998) The Synthesis of Bottom-up and Top-down in Energy Policy Modeling, *Energy Economics*, Vol.20, p.233-248.
- Bohringer, C., T.F. Rutherford, and W. Wiegard (2003) Computable General Equilibrium Analysis: Opening a Black Box, *Discussion Paper No.03-56*, Centre for European Economic Research.
- Brooke, A., D. Kendrick, A. Meeraus, and R. Raman (1998) *GAMS: A User's Guide*, GAMS Development Corporation, USA.
- Chongpeerapien, T. (1991) Development of the Energy Policy in Thailand, in Sharma, S. and F. Fesharaki (Eds.) *Energy Market and Policies in ASEAN*, Institute of Southeast Asian Studies, Singapore.
- Clements, B., H. Jung, and S. Gupta (2003) Real and Distributive Effects of Petroleum Price Liberalization: The Case of Indonesia, *IMF Working Paper No. WP/03/204*, International Monetary Fund.
- Danar, A. (1994) Pengaruh Kebijakan Energi terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia, *Prosiding Hasil-hasil Lokakarya Energi 1993*, Pertamina dan KNI-WEC.



- DESDM (2004) *Kebijakan Energi Nasional 2003-2020*, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Devarajan, S. and D.S. Go (1998) The Simplest Dynamic General-Equilibrium Model of an Open Economy, *Journal of Policy Modeling*, Vol.20, No.6, p.677-714.
- Devarajan, S. and S. Robinson (2002) The Influence of Computable General Equilibrium Models on Policy, *TDM Discussion Paper No. 98*, International Food Policy Research Institute.
- Fee, W.L. (1991) Malaysian Energy Policy: An Economic Assessment, in Sharma, S. and F. Fesharaki (Eds.) *Energy Market and Policies in ASEAN*, Institute of Southeast Asian Studies, Singapore.
- Hope, E. and B. Singh (1995) Energy Price Increase in Developing Countries: Case Studies of Colombia, Ghana, Indonesia, Malaysia, Turkey and Zimbabwe, *Worldbank Working Paper No. 1442*.
- Hosoe, N, K. Gasawa, and H. Hashimoto (2004) *Handbook of Computible General Equilibrium Modeling*. In Japanese, University of Tokyo Press, Tokyo, Japan.
- Hosoe, N. (1999) *Opening up the Black Box: Scrutinization of the Internal Structure of CGE Models*, Unpublished PhD Dissertation, Osaka University.
- Hudson, E.A. and D.W. Jorgenson (1975) U.S. Energy Policy and Economic Growth: 1975-2000, *Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol.5, No.2, p.461-514.
- Hulu, E. (1995) Topologi Model Komputasi Keseimbangan Umum, *Ekonomi dan Keuangan Indonesia*, Vo.XLIII, No.1.
- Ikhsan, M., M.H. Sulisty, T. Dartanto, dan Usman (2005) Kajian Dampak Kenaikan Harga BBM 2005 terhadap Kemiskinan, *LPEM Working Paper, No. 10*, Fakultas Ekonomi UI.
- IUC-ES (2001) *Study on Macroeconomic Impact and Adjustment of Energy Pricing Policy*, Final Report, Inter University Center for Economic Studies, Gadjah Mada University.
- Kleemann, M. (1994) *Energy Use and Air Pollution in Indonesia*, Avebury Studies in Green Research.
- Lewis, J.D. (1991) A Computable General Equilibrium (CGE) Model of Indonesia, *Development Discussion Paper No.378*, Harvard University.
- Lofgren, H, R.L. Harris, and S. Robinson (2002) *A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS*, Microcomputer in Policy Research No.5, International Food Policy Research Institute.
- Malyan, A. (1992) *Masalah Lingkungan Pertambangan Batubara dan Aspek Pengendaliannya dalam Aspek Perencanaan*, KNI-WEC, Jakarta.



- Manne, A.S., R.G. Richels, and J.P. Weyant (1979) Energy Policy Modeling: A Survey, *Operations Research*, Vo.27, No.1, p.1-36.
- Marks, S.V. (2003) *The Impact of Proposed Energy Price Increases on Prices Throughout the Indonesian Economy: An Input-Output Analysis*, Technical Report, Partnership for Economic Growth Project, United States Agency for International Development.
- MEMR (2008) *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*, Center for Energy and Mineral Resources Data and Information, Ministry of Energy and Mineral Resources.
- Nikensari, S.I. (2001) *Pengaruh Perubahan Kebijakan Harga Energi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Sektor Industri di Indonesia: Suatu Model Analisa Keseimbangan Umum*, Tesis Tidak Dipublikasi, Universitas Indonesia.
- Nordhaus, W.D. (1973) The Allocation of Energy Resources, *Brookings Papers on Economic Activity*, No.3, p.529-570.
- Panaka, P. (1992) *Konversi Batubara dalam Kaitannya dengan Pemanfaatan Teknologi Batubara Bersih*, KNI-WEC, Jakarta.
- Pangestu, M (1996) Indonesian Energy Sector: Facing Globalization Challenges, Presented at *National Symposium of Society of Indonesian Petroleum Engineers*, Jakarta, 6th August 1996.
- Peterson, S. (2003) CGE Models and Their Application for Climate Policy Analysis, Preparatory Lecture, *International Workshop on Integrated Climate Model*, ICTP, Italy, September 30<sup>th</sup> – October 3<sup>rd</sup>.
- Pogany, P (1996) Computable General Equilibrium Models: An Historical Perspective, *Working Paper No.96-09-B*, U.S. International Trade Commission.
- Prawiraatmadja, W. (1997) Indonesia's Transition to a Net Oil Importing Country: Critical Issues in the Downstream Oil Sector, *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, Vol.33, No.2, p.47-71.
- Resosudarmo, B.P. (2002) Indonesia's Clear Air Program, *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, Vol.38, No.3, p.343-65.
- Resosudarmo, B.P. (2003) Computable General Equilibrium Model on Air Pollution Abatement Policies with Indonesia as a Case Study, *The Economic Record*, Vol.79, Special Issue, June, p.63-73.
- Said, U., E. Ginting, M. Horridge, N.S. Utami, Sutijastoto dan H. Purwoto (2001) *Kajian Dampak Ekonomi Kenaikan BBM*, Laporan Akhir, USAID bekerja sama dengan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Sari, A.P. (2002) Kehidupan Tanpa Minyak: Masa Depan yang Nyata, Makalah dimuat dalam *Life After Oil: Energi untuk Mendukung Pembangunan yang Berkelanjutan*, www.pelangi.or.id, diakses 23 Oktober 2002.



- Saveyn, B. and Van Regemorter, D. (2007) Environmental Policy in a Federal State: A Regional CGE Analysis of the NEC Directive in Belgium, *Working Paper Series*, No. 2007-01, Katholieke Universiteit Leuven.
- Sugiyono, A. (2000) Prospek Penggunaan Teknologi Bersih untuk Pembangkit Listrik dengan Bahan Bakar Batubara di Indonesia, *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol.1, No.1, hal.90-95, BPPT, Jakarta.
- Wajsman, N. (1995) The Use of Computable General Equilibrium Model in Evaluating Environmental Policy, *Journal of Environmental Management*, Vol.44, p.127-143.
- Yang, Z. (1999) A Coupling Algorithm for Computing Large-Scale Dynamic Computable General Equilibrium Models, *Economic Modelling*, Vol. 16, p.455-473.