

BAB II

TELAAH PUSTAKA DAN KERANGKA KONSEPTUAL PENELITIAN

2.1. Konsep Permintaan Energi

Permintaan energi berasal dari permintaan terhadap suatu barang dan jasa, yaitu keinginan untuk menggunakannya bagi memenuhi kepuasan konsumen. Secara teoritis, permintaan seorang konsumen terhadap suatu barang dapat diturunkan dari fungsi kegunaan (*utility function*), dengan pembatasan anggaran belanja dari konsumen tersebut (Varian, 1992; Koutsoyiannis, 1982; dan Henderson dan Quandt, 1980). Oleh sebab itu fungsi permintaan energi untuk konsumsi langsung juga dapat diturunkan dari fungsi kegunaan konsumen energi (*energy user*). Secara matematis fungsi kegunaan konsumen energi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$U = f(C_e, C_{ne}) \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana:

U = Tingkat utilitas konsumen

C_e = Jumlah konsumsi energi

C_{ne} = Jumlah konsumsi barang lain (non energi)

Dengan menggunakan fungsi permintaan Marshallian yang mengasumsikan konsumen bersikap rasional, maka konsumen akan memaksimalkan kegunaannya dalam mengkonsumsi barang-barang tersebut pada tingkat harga dan pendapatan tertentu. Pada tingkat harga energi P_e dan harga barang selain energi P_{ne} , serta pendapatan konsumen Y , maka fungsi anggaran konsumen dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = P_e * C_e + P_{ne} * \dots \dots \dots (2.2)$$

Fungsi permintaan Marshallian merumuskan bahwa konsumen memaksimalkan kepuasannya dengan kendala anggaran. Dengan menggunakan prinsip tersebut, rumus pemecahan maksimisasi kegunaan energi dengan pembatas pendapatan konsumen menggunakan fungsi *lagrange* (L) dan *lagrange multiplier* (λ) sebagai berikut:

$$L = f(C_e, C_{ne}) + \lambda (Y - P_e * C_e - P_{ne} * C_{ne}) \dots \dots \dots (2.3)$$

Fungsi permintaan energi akan diperoleh jika persamaan (2.16) memenuhi syarat *First Order Condition* (FOC) dan *Second Order Condition* (SOC), yaitu turunan pertama sama dengan nol dan determinan matrik Hessian bernilai positif. Selain itu dari FOC diperoleh:

$$\partial L / \partial C_e = C_e' - \lambda * P_e = 0 \text{ atau } C_e' = \lambda * P_e \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\partial L / \partial C_{ne} = C_{ne}' - \lambda * P_{ne} = 0 \text{ atau } C_{ne}' = \lambda * P_{ne} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\partial L / \partial \lambda = Y - P_j * C_j - P_{nj} * C_{nj} \dots \dots \dots (2.6)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2.5) ke persamaan (2.6) maka akan diperoleh:

$$\lambda = \frac{C_e'}{P_j} = \frac{C_{ne}'}{P_{ne}} \dots \dots \dots (2.7)$$

C_e' adalah *marginal utility* dari konsumsi energi, sedangkan C_{ne}' adalah tambahan *marginal utility* dari konsumsi barang lain atau non-energi. Makna dari persamaan (2.7) adalah bahwa kepuasan konsumen dalam mengkonsumsi sejumlah barang akan maksimum jika rasio tambahan kepuasan yang dihasilkan oleh barang tersebut sama dengan rasio harganya.

Menurut Hendersond and Quandt (1980) dengan menyelesaikan C_e dan C_{ne} , yaitu dengan mensubstitusikan persamaan (2.4) dan (2.5) ke dalam persamaan (2.7) akan menghasilkan fungsi permintaan energi dan barang non energi berikut:

$$C_e = (P_e, P_{ne}, Y) \dots\dots\dots (2.8)$$

$$C_{ne} = f(P_e, P_{ne}, Y) \dots\dots\dots (2.9)$$

Ini berarti permintaan konsumen terhadap energi dan barang konsumsi lainnya ditentukan oleh harga energi, harga barang konsumsi lainnya dan pendapatan konsumen. Persamaan (2.8) dan (2.9) digunakan untuk permintaan energi pada sektor rumah tangga. Untuk sektor selain rumah tangga, seperti sektor industri, transportasi, pertanian dan sektor lainnya, permintaan energi merupakan permintaan *input* antara yang digunakan untuk menghasilkan *output*. Dengan demikian konsep teori permintaan energi pada sektor tersebut menggunakan konsep teori permintaan *input*.

Pada dasarnya, permintaan energi tergantung pada: 1) permintaan atas jasa yang diberikannya, 2) ketersediaan dan kepemilikan teknologi konversi energi ataupun stok kapital, dan 3) biaya konversi teknologi yang digunakan (Sweeney, 2004). Kurtubi (1997) mengemukakan bahwa permintaan terhadap sumberdaya energi dapat dilihat sebagai upaya konsumen untuk memuaskan kebutuhannya. Hal ini bisa dijelaskan dengan menggunakan *Marshallian demand theory*, yaitu bahwa konsumen energi diasumsikan akan berusaha memaksimumkan *utility function* dengan mempertimbangkan *budget constraint*. Menurut Kurtubi, apabila utilitas konsumen dinyatakan dengan $U(E, O)$, dan kendala pendapatan adalah

$P_e E + P_o O = Y$, masalah maksimisasi konsumen dengan menggunakan metode Lagrange (λ) dapat dinyatakan sebagai berikut ;

$$U = U(E, O) - \lambda (Y - P_e E - P_o O) \dots \dots \dots (2.10)$$

dan turunan pertama adalah $U - \lambda P_e = 0$ dan $U - \lambda P_o = 0$ dan turunan kedua adalah negatif. Setelah mendapatkan nilai-nilai λ dengan pemecahan aljabar, diperoleh fungsi permintaan energi sebagai berikut :

$$E = f(P_e, Y, P_o) \dots \dots \dots (2.11)$$

E = permintaan energi, P_e = harga energi, Y = pendapatan, P_o = harga barang lain, dan O = barang-barang lain. Formulasi ini dapat dinyatakan dalam persamaan ekonometri sederhana *static* dan *dynamic* sebagai berikut:

$$E_t = \beta_0 + \beta_1 Y_t + \beta_2 P_t + u \dots \dots \dots (2.12)$$

$$E_t = \beta_0 + \beta_1 Y_t + \beta_2 P_t + \beta_3 E_{t-1} + u \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan :

E_t = konsumsi energi pada waktu t ; E_{t-1} = konsumsi energi pada waktu $t-1$;

Y_t = pendapatan pada waktu t ; P_t = harga energi pada waktu t ; e = variabel pengganggu.

Rab (2001), mengemukakan bahwa pemodelan untuk permintaan energi harus mempertimbangkan utilitas yang diberikan energi tersebut. Menurutnya, komponen-komponen energi rumah tangga tidak menghasilkan utilitas itu sendiri, namun energi tersebut merupakan *input* untuk menghasilkan barang dan jasa yang dihasilkan. Utilitas diderivasi dari barang yang dibeli atau dihasilkan oleh rumah tangga, termasuk energi. Dalam proses optimisasi, rumah tangga harus mempertimbangkan kendala anggaran dan kendala teknologi. Misalkan utilitas

commit to user

rumah tangga adalah fungsi dari konsumsi barang yang dibeli (Q_m) dan barang yang diproduksi sendiri (Q_h), sehingga:

$$U = U(Q_m, Q_h) \dots\dots\dots (2.14)$$

Kemudian dimisalkan E_j adalah konsumsi energi rumah tangga tertentu, dan A_j adalah konsumsi barang lain termasuk alat-alat rumah tangga yang menggunakan energi j . Dengan demikian diperoleh proses dan aktivitas yang disebut fungsi produksi atau kendala teknologi rumah tangga:

$$Q_h = f(Q_m, E_j, A_j) \dots\dots\dots (2.15)$$

Sedangkan kendala anggaran (Y) dengan memasukkan harga (P) adalah:

$$Y = \sum P_1 Q_m + \sum P_2 E_j + \sum P_3 A_j \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan demikian fungsi permintaan semua barang dan energi dalam rumah tangga dapat diderivasi dari maksimisasi fungsi utilitas dengan kendala anggaran dan teknologi. Secara spesifik, derivasi fungsi permintaan energi rumah tangga (E_j) adalah:

$$E_j = f(P_j, Y, A_j) \dots\dots\dots (2.17)$$

Selanjutnya, Guertin, *et al.* (2003) mengilustrasikan permintaan terhadap energi dengan memberi contoh suatu rumah tangga membeli utilitas listrik (KWh), bahan bakar minyak (liter), dan gas (m^3) yang kemudian ditransformasi menjadi jasa energi untuk penerangan, pendingin, pemanas, dan untuk peralatan-peralatan listrik lainnya melalui konversi teknologi. Hubungan ini digambarkan sebagai hubungan *input* dan *output energy*. *Input energy* berhubungan dengan isi energi utilitas konsumen, sedangkan *output energy* berhubungan dengan muatan (*load*). Jadi, *end-uses* berbeda dengan *energy services*. *End-uses* berhubungan dengan *commit to user*

energi *input* yang tidak serangkai (*unbundled input energy*) dengan komponennya (alat-alat pemanas, pendingin ruangan, lampu listrik, dalam peralatan-peralatan listrik lainnya), sedangkan *energy services* adalah muatan jasa yang diberikan *end-uses categories* (Barnes, *et al.* 1981); seperti panas, dingin, terang, dan lain-lain.

Untuk sektor selain rumah tangga, seperti sektor industri, transportasi, pertanian dan sektor lainnya, permintaan energi merupakan permintaan input antara yang digunakan untuk menghasilkan output. Dengan demikian konsep teori permintaan energi pada sector-sector tersebut menggunakan konsep teori permintaan *input*. Secara teoritis, fungsi permintaan *input* dibangun dari pendekatan penurunan fungsi keuntungan atau fungsi biaya. Pendekatan pertama dikenal dengan pendekatan maksimisasi laba, dan pendekatan kedua dikenal dengan minimisasi biaya, sehingga kedua pendekatan tersebut dikenal dengan pendekatan dualitas dalam produksi. Kedua pendekatan tersebut menghasilkan pemecahan sama (Henderson dan Quandt, 1980 dan Hartono, 2004) Dengan demikian untuk menurunkan fungsi permintaan input dapat dilakukan dengan menurunkan fungsi keuntungan.

Fungsi produksi yang menyatakan hubungan antara keluaran (output) dengan jumlah masukan (input) tenaga kerja (L), modal (K), sumberdaya alam (N) dan input lainnya (Z). Hubungan antara output dan input tersebut dapat dilihat dalam bentuk fungsi produksi sebagai berikut:

$$Y = f(L, K, N, Z) \dots\dots\dots(2.18)$$

Selanjutnya dari fungsi produksi tersebut dapat ditentukan fungsi keuntungan sebagai berikut:

$$\pi = Pq * f(L, K, N, Z) - \lambda (Pl * L + Pk * K + Pn * N + Pz * Z) \dots\dots\dots (2.19)$$

dimana:

π = keuntungan produsen

Pq = harga output Y

Pl = harga input L (upah)

Pk = harga input K

Pn = harga input N

Pz = harga input lain Z.

Fungsi permintaan input diperoleh jika dipenuhi syarat *First Order Condition (FOC)* dan *Second Order Condition (SOC)*. Dimana *FOC* mensyaratkan bahwa turunan pertama dari fungsi keuntungan tersebut harus sama dengan nol, dan *SOC* mensyaratkan nilai determinan matrik Hessian harus positif (Koutsoyiannis, 1979; Henderson dan Quandt, 1980; dan Hartono, 2004). Bila kedua persyaratan tersebut dipenuhi maka dari FOC akan diperoleh:

$$\partial \pi / \partial L = Pq * L' - Pl = 0 \text{ atau } Pl = Pq * L' \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\partial \pi / \partial K = Pq * K' - Pk = 0 \text{ atau } Pk = Pq * K' \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\partial \pi / \partial N = Pq * N' - Pn = 0 \text{ atau } Pn = Pq * N' \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\partial \pi / \partial Z = Pq * Z' - Pz = 0 \text{ atau } Pz = Pq * Z' \dots\dots\dots (2.23)$$

Penyelesaian terhadap persamaan tersebut di atas akan menghasilkan fungsi permintaan input sebagai berikut:

$$L = f(Pl, Pk, Pn, Pz, Pq) \dots\dots\dots (2.24)$$

$$K = f(Pk, Pn, Pl, Pz, Pq) \dots\dots\dots (2.25)$$

$$N = f(Pn, Pl, Pk, Pz, Pq) \dots\dots\dots (2.26)$$

$$Z = f(Pz, Pl, Pk, Pn, Pq) \dots\dots\dots (2.27)$$

dimana:

L = permintaan tenaga kerja

K = permintaan modal

N = permintaan sumberdaya

Z = permintaan terhadap input lainnya

Permintaan energi yang oleh konsumen dalam bentuk energi akhir (*Final Energy*) diklasifikasikan berdasarkan sektoral. Dalam *World Energy Model* (*WEM*) yang dibangun oleh IEA sejak tahun 1993 bahwa permintaan energi dapat dibagi menurut sektoral yang terdiri dari permintaan energi final sektor industri, sektor rumah tangga, sektor jasa dan sektor transportasi (IEA, 2008). Menurut IEA permintaan energi akhir dimodelkan dalam cakupan sektoral dan pengguna energi akhir secara rinci, yakni: (1) Industri dipisahkan ke dalam lima sub-sektor, sehingga memungkinkan analisis yang lebih rinci mengenai *trend* dan pengendalian di sektor industri; (2) Permintaan energi *residensial* (pemukiman) dipisahkan menjadi lima pengguna akhir menurut bahan bakar; (3) Permintaan jasa-jasa; dan (4) Permintaan energi sektor transportasi dimodelkan secara rinci menurut moda angkutan dan bahan bakar. Permintaan energi akhir dimodelkan pada tingkat sektoral untuk setiap wilayah *WEM*, tetapi dilakukan pemisahan pada tingkat pengguna akhir.

Total permintaan energi akhir adalah jumlah konsumsi energi di setiap sektor pengguna akhir. Pada setiap sub-sektor atau pengguna akhir, setidaknya enam jenis energi ini akan ditampilkan: batubara, minyak, gas, listrik, energi panas bumi dan energi-energi terbarukan. Dalam setiap sub-sektor atau pengguna akhir, permintaan energi diduga sebagai hasil dari variabel intensitas energi dan variabel aktivitas. Analisis permintaan energi dapat menggunakan metode analisis

berdasarkan aktivitas (*Activity Level Analysis*). Pada metode ini jumlah permintaan energi dihitung sebagai hasil perkalian antara aktivitas energi dengan intensitas energi (jumlah energi yang digunakan per unit aktivitas). Metode ini terdiri atas dua model analisis yaitu Analisis Permintaan Energi Final (*Final Energy Demand Analysis*) dan Analisis Permintaan Energi Terpakai (*Useful Energy Demand Analysis*).

Pada analisis permintaan energi final (*Final Energy Demand Analysis*) permintaan energi dihitung sebagai hasil perkalian antara aktivitas total pemakaian energi dengan intensitas energi pada setiap cabang teknologi (*technology branch*). Dalam bentuk persamaan matematika perhitungan permintaan energi menggunakan *final energy demand analysis* adalah :

$$D_{b,s,t} = TA_{b,s,t} \times EI_{b,s,t} \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana D adalah Permintaan (*Demand*), TA adalah aktivitas total (*Total Activity*), EI adalah Intensitas Energi (*Energy Intensity*), b adalah “sektor” sedangkan s adalah tipe skenario (*scenario*), dan t adalah tahun di mana dilakukan perhitungan (mulai tahun dasar hingga tahun akhir perhitungan). Intensitas energi merupakan rata-rata tahunan konsumsi energi (*Energy Consumption=EC*) per unit aktivitas (*activity level*). Secara matematik ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$EI = EC/Activity\ Level \dots\dots\dots (2.29)$$

Aktivitas total teknologi adalah hasil dari *activity level* pada semua cabang teknologi yang akan mempengaruhi *demand branch*.

$$TA_{b,s,t} = A_{b',s,t} \times A_{b'',s,t} \times A_{b''',s,t} \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana A_b adalah level aktivitas pada cabang tertentu b , b' adalah induk dari cabang b , b'' induk cabang b' , dan seterusnya.

Sementara itu pada analisis permintaan energi terpakai (*Useful Energy Demand Analysis*), intensitas energi ditentukan pada cabang Intensitas Energi Gabungan (*Aggregate Energy Intensity Branch*), bukan pada cabang Teknologi (*Technology Branch*). Pada tahun dasar, ketika digunakan 2 metode sekaligus (yakni *Final Energy Demand* dan *Useful Energy Demand*), maka intensitas energi untuk tiap cabang teknologi adalah ditunjukkan seperti pada persamaan berikut:

$$UE_{b,0} = EI_{AG,0} \times FS_{b,0} \times EFF_{b,0} \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana $UE_{b,0}$ adalah *useful energy intensity* cabang b pada tahun dasar, $EI_{AG,0}$ adalah *final energy intensity* cabang intensitas energi gabungan pada tahun dasar, $FS_{b,0}$ adalah *fuel share* cabang b pada tahun dasar, dan $EFF_{b,0}$ adalah efisiensi cabang b pada tahun dasar. Intensitas energi terpakai dari cabang intensitas energi gabungan adalah penjumlahan dari intensitas energi terpakai pada setiap cabang teknologi. Dalam persamaan matematika ditulis seperti persamaan berikut:

$$UE_{AGG,0} = \sum UE_{b,0} \dots\dots\dots(2.32)$$

Bagian aktivitas (*activity share*) yakni bagian aktivitas suatu teknologi pada suatu cabang teknologi terhadap aktivitas teknologi cabang intensitas energi gabungan ditunjukkan oleh Persamaan berikut:

$$AS_{b,0} = UE_{b,0} / UE_{AG,0} \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana $AS_{b,0}$ = *activity share* cabang b pada tahun dasar.

2.2. Efisiensi Pemakaian Energi

Menurut Purnomo Yusgiantoro (2000), salah satu komponen yang mempengaruhi pembangunan ekonomi adalah jumlah pemakaian energi secara nasional. Meningkatnya pemakaian energi mendorong proses industrialisasi. Permintaan energi pada industri manufaktur untuk menjalankan mesin-mesin memang sangat tinggi. Di sisi lain, dukungan kontribusi energi, terutama dalam penerimaan ekspor dan penerimaan pemerintah, menjadi sarana akumulasi modal pembangunan. Dengan menyadari bahwa pemakaian energi sangat erat berhubungan dengan PDB (*Product Domestic Bruto*), maka dapat diperkirakan berapa kenaikan pemakaian energi yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat *output* tertentu. Besarnya kenaikan pemakaian energi yang dibutuhkan untuk menaikkan satu unit *output* dapat diketahui dengan menghitung efisiensi energi terhadap *output* nasional. Efisiensi tersebut diformulasikan sebagai berikut:

$$EE = (DEC)/(DPDB) \dots\dots\dots(2.34)$$

EE = Efisiensi energi

EC = Pemakaian energi nasional pada waktu tertentu

PDB = Produk domestik bruto waktu tertentu

DEC = *Incremental* pemakaian energi selang waktu tertentu ($EC_2 - EC_1$)

$DPDB$ = *Incremental* PDB selang waktu tertentu ($PDB_2 - PDB_1$)

Secara konseptual efisinesi energi terhadap perubahan *output* akan mengukur dampak perubahan *output* terhadap perubahan konsumsi energi. Akan tetapi setelah angka efisinesi tersebut sudah diperoleh, maka angka tersebut dapat digunakan untuk mengukur perubahan kebutuhan energi untuk menciptakan

perubahan *output*. Oleh karena itu konsep efisiensi energi, selain sebagai indikator yang dapat dijadikan pijakan dalam proses pengambilan keputusan strategi pembangunan, elastisitas energi juga dapat digunakan untuk mengukur sampai dimana efisiensi dan tahap industrialisasi suatu negara. Efisiensi energi yang semakin kecil menggambarkan struktur produksi semakin efisien dan energi memiliki nilai tambah yang besar terhadap produksi nasional. Angka efisiensi seperti itu biasanya ditemui di negara-negara yang masih berbasis pertanian. Sedangkan elastisitas yang besar juga tidak berarti jelek. Angka efisiensi yang besar biasanya dijumpai di negara-negara industri maju. Efisiensi yang besar juga tidak selalu menunjukkan industri negara itu sudah maju, tetapi boleh jadi karena negara ini terlalu boros memakai energi yang ada. Pihak pengambil keputusan harus sangat berhati-hati dalam menafsirkan informasi elastisitas yang ada. Indikator-indikator lainnya harus turut diperhatikan.

Selain elastisitas, beberapa negara menggunakan konsep penghitungan intensitas energi yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$IE = EC/PDB \dots\dots\dots(2.35)$$

IE = Intensitas energi

EC = Pemakaian energi nasional pada waktu tertentu

PDB = Produk domestik bruto pada waktu tertentu

Intensitas energi yang cenderung mengalami penurunan biasanya merupakan salah satu indikasi bahwa pertumbuhan ekonomi yang tidak lagi didorong industri manufaktur. Pertumbuhan ekonomi lebih didorong industri jasa. Karena merupakan konsep rata-rata (*average*), bukan konsep marjinal seperti elastisitas,

maka intensitas energi tidak dapat menggambarkan efisiensi pemakaian energi. Dengan membandingkan keduanya dapat diketahui keunggulan konsep elastisitas dibandingkan intensitas pemakaian energi.

2.3. Model Permintaan Energi

Model permintaan energi merupakan model yang menitik beratkan pada kebutuhan energi untuk memenuhi berbagai kebutuhan lainnya. Dengan model tersebut akan didapatkan indikator-indikator kinerja utama yang dapat dibandingkan dengan target-target yang telah ditetapkan melalui kebijakan yang diambil. Indikator-indikator tersebut antara lain adalah elastisitas dan intensitas pemakaian energi. Beberapa pendekatan yang dapat digunakan dalam model permintaan energi adalah sebagai berikut :

2.3.1. Pendekatan Ekonometrika

Pendekatan ini merupakan pendekatan standar yang umum digunakan dalam pemodelan energi. Pendekatan ini menggunakan hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebas tertentu berdasarkan analisis statistik dari data historis. Hubungan antar variabel kemudian digunakan untuk memproyeksi variabel terikat dengan mengubah variabel bebas dan menentukan dampaknya terhadap variabel terikat.

Komponen utama dari analisis dengan model ekonometri adalah pada data masukkan atau variabel yang bersifat ekonomi yang kemudian dihubungkan dengan tingkat kebutuhan energi. Kelebihan dari model ini adalah tidak terlalu banyaknya data yang harus digunakan sebagai variabel input. Biasanya proyeksi

kebutuhan energi dengan pendekatan model ini tidak memperhitungkan secara detail teknologi yang digunakan dalam keenergian.

Sebagian besar dari model ekonometri mendasarkan perhitungan bidang energi pada fungsi Cobb-Douglas seperti pada persamaan berikut:

$$E = aY^{\alpha} P^{\beta} \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana:

E = kebutuhan energi (permintaan energi/*energy demand*)

Y = pendapatan (*income*)

P = harga energi

a = koefisien

α = elastisitas pendapatan dari permintaan energi

β = elastisitas harga energi dari permintaan energi

Dari persamaan di atas menunjukkan adanya faktor elastisitas harga energi dan pendapatan. Hal ini mengindikasikan bahwa perubahan tingkat kebutuhan energi sebagai hasil dari perubahan pendapatan dan harga energi dalam pendekatan menggunakan model ekonometri.

2.3.2. Pendekatan *Trend*

Pendekatan *trend* dilakukan dengan melakukan proyeksi berdasarkan data historis di masa lalu. Data tersebut kemudian diekstrapolasikan berdasarkan kecenderungan yang terjadi. Bisa dihubungkan dengan rata-rata dari data tersebut maupun dengan memilih jenis kurva yang diinginkan. Keunggulannya adalah data yang diperlukan bersifat sederhana. Namun, ada juga kelemahannya terutama karena tidak dapat menggambarkan perubahan struktural yang terjadi dari masing-masing variabel yang berpengaruh baik untuk faktor teknologi maupun ekonomi. Selain itu, ada kecenderungan bahwa kejadian di masa lalu tidak secara tegas akan menggambarkan kondisi pada masa yang akan datang.

commit to user

2.3.3. Pendekatan *end-use*

Model pendekatan *end-use* juga dikenal sebagai pendekatan *engineering model*. Pendekatan ini akan lebih detail walaupun secara perhitungan menggunakan fungsi yang lebih sederhana. Pertimbangan teknologi yang digunakan dalam proses aliran energi juga menjadi variabel perhitungan. Pendekatan ini sangat cocok untuk keperluan proyeksi efisiensi energi karena dimungkinkan untuk secara eksplisit mempertimbangkan perubahan teknologi dan tingkat pelayanan.

Permintaan energi dari masing-masing kegiatan merupakan produk dari dua faktor, yaitu tingkat aktivitas (layanan energi) dan intensitas energi (penggunaan energi per unit layanan energi). Selain itu, permintaan total maupun permintaan energi sektoral dipengaruhi oleh rincian kegiatan yang berbeda yang membentuk komposisi, atau struktur permintaan energi. Jumlah aktivitas energi Q_i tergantung pada beberapa faktor, termasuk di dalamnya jumlah populasi, proporsi penggunaan akhir energi, pola konsumsi energi, dan pada keadaan tertentu di mana diperlukan pembagian pada klasifikasi pengguna atau pelanggan.

Pendekatan *end-use* yang juga dikenal dengan pendekatan *bottom-up* merupakan pendekatan yang digunakan secara luas pada perkiraan permintaan energi yang menitik beratkan pada kebutuhan energi final. Swisher (1997), menyarankan metode ini digunakan untuk menjawab pertanyaan dimana dan seberapa besar energi digunakan pada sektor tertentu. Pendekatan ini juga menyediakan kaca mata yang berbeda pada realisasi pertumbuhan ekonomi dan kualitas hidup yang lebih baik dengan suplai energi yang terbatas. Sementara itu

commit to user

Boyd, *et al.* (2004); berpendapat bahwa walaupun harga sangat memengaruhi penggunaan energi, tetapi juga terdapat faktor lain seperti kebijakan dan interaksi antar industri yang mempengaruhi penggunaan energi di level konsumen akhir.

Model ini juga dapat memasukan pembagian desa-kota serta mencakup aktifitas non-formal. Selain itu, model *end-use* juga dapat memperlihatkan keberagaman proses aktual dan teknologi konservasi energi dan penggunaannya, dan tidak tergantung pada agregat total dan teknologi. Oleh karena tidak juga tidak tergantung pada sejarah evolusi masa lalu, maka model *end-use* dapat memperlihatkan perubahan struktural dan perkembangan teknologi, dan ini yang menjadi kelebihan dari pendekatan model *end-use*. Dari berbagai skenario yang dikembangkan, model ini mencoba memproyeksikan perkembangan jalur dan pengaruh kebijakan terhadap perkembangan ekonomi.

2.3.4. Pendekatan Skenario

Pendekatan ini banyak digunakan pada model untuk memperoleh kebijakan perubahan iklim dan efisiensi (Ghanadan and Koomey, 2005). Pendekatan skenario berasal dari manajemen strategis yang telah digunakan sejak tahun 1960. Pada energi dan area perubahan iklim, skenario yang digunakan oleh *Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)* telah menjadi isu yang penting pada penentuan kebijakan bersama. Pendekatan skenario bukan merupakan pendekatan baru dalam analisis energi, pendekatan ini merupakan integrasi dari pendekatan *end-use*.

Sebuah skenario adalah sebuah pengandaian yang menggambarkan tentang kemungkinan yang akan terjadi di masa yang akan datang (Kreft, 2006).

commit to user

Skenario mengarah pada sebuah jalur yang dibuat untuk mengetahui bagaimana dampaknya terhadap masa depan (Feng, 2002). Pendekatan skenario merupakan pendekatan yang tepat untuk dunia yang selalu berubah dan tidak pasti.

“Scenarios give the analyst the opportunity to highlight different combinations of various influences, so that alternative future contexts can be sketched out, and the energy implications examined”(Ghanadan, at al. 2005”.

Kelebihan dari pendekatan skenario adalah kemampuan model untuk menangkap perubahan struktural secara eksplisit dengan mempertimbangkan perubahan arah pembangunan secara tiba-tiba. Tingkat pembagian aktual agregat dan pemasukan energi tradisional dan aktivitas sektor informal tergantung dari pembuat model dan implementasinya.

Menurut IEA (2008), permintaan energi akhir dapat dimodelkan dalam cakupan sektoral dan pengguna energi akhir secara rinci, yakni: (1) Industri dipisahkan ke dalam lima sub-sektor, sehingga memungkinkan analisis yang lebih rinci mengenai trend dan pengendalian di sektor industri; (2) Permintaan energi residensial (pemukiman atau rumah tangga) dipisahkan menjadi lima pengguna akhir menurut bahan bakar; (3) Permintaan jasa-jasa; dan (4) Permintaan energi sektor transportasi dimodelkan secara rinci menurut moda angkutan dan bahan bakar.

Permintaan energi akhir dimodelkan pada tingkat sektoral untuk setiap wilayah, tetapi dilakukan pemisahan pada tingkat pengguna akhir. Total permintaan energi akhir adalah jumlah konsumsi energi di setiap sektor pengguna akhir. Pada setiap sub-sektor atau pengguna akhir, setidaknya enam jenis energi ini akan ditampilkan: batubara, minyak, gas, listrik, energi panas bumi dan energi-

energi terbarukan. Namun, tingkat agregasi ini masih terlalu agregat, sehingga ada sejumlah aspek yang tidak bisa dimunculkan secara gamblang. Sebagai contoh, produk-produk minyak yang berbeda dimodelkan secara terpisah sebagai input ke model kilang minyak. Dalam setiap sub-sektor atau pengguna akhir, permintaan energi diduga sebagai hasil dari peubah intensitas energi dan perubahan aktivitas.

Dari sisi penggunaan akhir, model dapat dikembangkan menurut pengguna yang dapat dibagi menjadi pengguna industri, transportasi, rumah tangga, jasa, dan sektor ekonomi lainnya. Masing-masing sektor pengguna dapat didisagregasi sesuai dengan tujuan penelitian yang diharapkan dan data yang tersedia. Untuk sektor industri misalnya dapat didisagregasi menjadi agroindustri dan non agroindustri. Sektor transportasi didisagregasi menurut moda transportasi seperti penggunaan sarana transportasi publik dan transportasi pribadi, disagregasi menurut roda, jenis bahan bakar dan lainnya. Dan untuk rumah tangga dapat diagregasi menurut jenis peralatan rumah tangga yang menggunakan energi, rumah tangga desa-kota, rumah tangga pertanian-non pertanian dan lainnya.

2.4. Kebijakan Energi Nasional

Semangat reformasi dan tekad untuk keluar dari krisis ekonomi telah mendorong terjadinya perubahan-perubahan besar dalam beberapa tahun terakhir ini. Khususnya di sektor energi, didalam UU no: 25 tahun 2000 tentang Program Pembangunan Nasional (Propenas) telah digariskan langkah langkah restrukturisasi sektor energi adalah, pertama: penghapusan monopoli dan menciptakan persaingan yang sehat dan adil dalam bisnis energi; kedua:

menghilangkan distorsi pasar energi akibat subsidi dan mengarahkan subsidi yang tepat sasaran; dan ketiga : memberikan peluang lebih besar kepada daerah untuk mengelola sektor energi di daerahnya.

Sebagai implementasi dalam restrukturisasi sektor energi, telah diterbitkan dua peraturan perundangan baru di sektor migas dan sektor kelistrikan yang merupakan tonggak penting dalam pengelolaan energi di Indonesia. Yaitu UU no. 22 tahun 2001 tentang minyak dan gas bumi dan PP no. 3 tahun 2005 (setelah UU no. 20 tahun 2002 tentang kelistrikan di cabut). Kedua peraturan perundangan ini membawa perubahan mendasar dalam bisnis energi, dengan dibukanya kesempatan seluas-luasnya bagi badan usaha diluar Pertamina dan PLN di bidang migas dan kelistrikan.

Sebagai konsekuensi dari kebijakan restrukturisasi energi, menurut UU Migas (dan PP Kelistrikan) yang baru, Pertamina (dan PLN) akan berubah menjadi perusahaan “biasa”. Pertamina tidak lagi bertanggung jawab penuh atas tersedianya BBM, karena bisnis BBM (dan Listrik) berubah menjadi bisnis yang terbuka. Semua pihak, sesuai dengan aturan yang ada, berhak untuk berpartisipasi dalam penyediaan BBM (dan Listrik). Dengan dilaksanakannya UU Migas (dan PP Kelistrikan), otonomi daerah di bidang energi akan betul-betul menjadi kenyataan. Pemerintah daerah akan mempunyai tanggung jawab dan kewenangan penuh dalam hal pemenuhan kebutuhan energi di daerahnya masing-masing. Tentunya ini akan menjadi tantangan sekaligus peluang bagi daerah.

Kebijakan energi nasional merupakan bagian kebijakan publik. Menurut Suharto (2005), bahwa kebijakan publik segala yang berkaitan dengan keputusan

commit to user

atau ketetapan pemerintah untuk melakukan tindakan yang dianggap akan membawa dampak baik bagi kehidupana warganya. Dengan demikian kebijakan publik menunjukkan suatu konsep untuk menentukan suatu pilihan-pilihan tindakan tertentu yang spesifik, yang meliputi berbagai bidang-bidang seperti bidang ekonomi, sosial, budaya, politik, keamanan dan lingkungan. Dalam hal ini kebijakan energi merupakan kebijakan publik dalam ekonomi yang lebih luas dan berkaitan dengan berbagai isu seperti lingkungan, sosial, politik, pertahanan dan keamanan nasional (PP No. 5 tahun 2006).

Menurut Undang-Undang Energi No: 30 tahun 2007, bahwa Kebijakan Energi Nasional (KEN) adalah kebijakan pengelolaan energi berdasarkan prinsip keadilan, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan guna menciptakan kemandirian dan ketahanan nasional. Dalam UU ini kebijakan energi nasional bertujuan untuk tercapainya kemandirian pengelolaan energi; terjaminnya ketersediaan energi dan sumber energi dari dalam negeri dan atau luar negeri, terjaminnya pengelolaan sumber daya energi secara optimal, terpadu, dan berkelanjutan; termanfaatkannya energi secara efisien di semua sektor; tercapainya peningkatan akses masyarakat yang tidak mampu dan atau yang tinggal di daerah terpencil terhadap energi untuk mewujudkan kesejahteraan dan kemakmuran rakyat secara adil dan merata, tercapainya pengembangan kemampuan industri energi dan jasa energi dalam negeri agar mandiri dan meningkatkan profesionalisme sumber daya manusia; dan terjaganya kelestarian fungsi lingkungan hidup.

Undan-Undang tersebut menekankan bahwa kemandirian dan ketahanan energi adalah mutlak untuk mendorong pembangunan yang berkelanjutan, oleh karena itu ini bisa dicapai dengan melakukan pengembangan energi terbarukan (non fosil). Dalam Peraturan Presiden no: 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional dimana dalam perpres tersebut ditekankan bahwa sasaran kebijakan energi nasional secara umum adalah tercapainya elastisitas energi lebih kecil dari 1 (satu) pada tahun 2025 dan energi mix primer yang optimal, dimana penggunaan energi fosil sudah mulai dikurangi dan ditingkatnya penggunaan energi terbarukan. Untuk itu dalam mencapai sasaran tersebut maka ada 3 (tiga) hal penting yang menjadi perhatian dalam peraturan presiden tersebut, pertama persoalan harga energi yang diarahkan pada harga keekonomian, dimana pemerintah pusat dan daerah tetap menyediakan subsidi energi untuk masyarakat yang kurang mampu. Kedua, terkait dengan ketahanan energi maka pemerintah perlu menyediakan cadangan energi nasional. Kemudian ketiga, diversifikasi energi dalam bentuk energi baru dan terbarukan (non fosil). Dengan kata lain, indikator tersebut diharapkan memberikan dampak terhadap upaya pengembangan energi terbarukan terutama non fosil dalam upaya mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil saat ini.

Kebijakan Energi Nasional (KEN) juga sangat penting untuk mengatur pola konsumsi dan menetapkan strategi produksi energi. Kebijakan Energi Nasional bertujuan untuk menyediakan energi serta pelayanan yang terus-menerus dan merata dengan mutu dan tingkat keandalan secara terus-menerus yang memadai, dalam jumlah yang cukup untuk keperluan masyarakat dengan harga yang

commit to user

terjangkau untuk mendorong pertumbuhan ekonomi nasional dan meningkatkan taraf hidup masyarakat.

Berdasarkan sejarahnya, menurut Yusgiantoro (2000) disebutkan bahwa kebijakan energi di Indonesia pertama kali muncul pada tahun 1976. Tujuan dari kebijakan tersebut adalah untuk memaksimalkan pemanfaatan sumber daya energi. Pemerintah kemudian membentuk Badan Koordinasi Energi Nasional (BAKOREN) yang setingkat dengan departemen dan bertanggung jawab memformulasikan kebijakan energi serta mengkoordinasikan implementasi kebijakan ini. BAKOREN untuk pertama kalinya mengeluarkan Kebijaksanaan Umum Bidang Energi (KUBE) pada tahun 1984. Kebijakan ini terus menerus diperbarui sesuai dengan perkembangan strategis lingkungan yang mempengaruhi pembangunan energi di Indonesia. KUBE 1984 diperbarui pada tahun 1990 yang berisikan kebijakan pemerintah untuk melakukan intensifikasi, diversifikasi dan konservasi energi. Upaya intensifikasi dilakukan melalui peningkatan kegiatan survei dan eksplorasi sumber daya energi untuk mengetahui potensinya secara ekonomis. Diversifikasi merupakan upaya untuk penganejaragaman penggunaan energi non-minyak bumi melalui pengurangan penggunaan minyak dan menetapkan batubara sebagai bahan bakar utama pembangkit listrik dan industri semen. Konservasi dilakukan melalui penggunaan peralatan pembangkit maupun peralatan pengguna energi yang lebih efisien.

Selanjutnya, KUBE tahun 1998 yang dikeluarkan oleh BAKOREN bertujuan untuk menciptakan iklim yang mendukung terlaksananya strategi pembangunan bidang energi dan memberikan kepastian kepada pelaku ekonomi

commit to user

dalam kaitannya dengan pengadaan, penyediaan dan penggunaan energi. Dalam KUBE ini mulai diindikasikan adanya keterbatasan sumber daya energi, terutama minyak bumi. Minyak bumi diarahkan secara bertahap untuk digunakan dalam negeri sebagai bahan bakar dan bahan baku industri yang dapat meningkatkan nilai tambah yang tinggi.

Dalam KUBE 1998 kebijakan energi yang perlu ditempuh mencakup lima kebijakan utama dan sembilan kebijakan pendukung (Sugiyono, 2004). Kebijakan utama tersebut adalah: (1) Diversifikasi yaitu penganekaragaman pemanfaatan 37 energi, baik yang terbarukan maupun yang tidak terbarukan, (2) Intensifikasi yaitu pencarian sumber energi melalui kegiatan survei dan eksplorasi agar dapat meningkatkan cadangan baru terutama energi fosil, (3) Konservasi energi adalah penggunaan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan, (4) Penetapan harga rata-rata energi yang secara bertahap diarahkan mengikuti mekanisme pasar, dan (5) Memperhatikan aspek lingkungan dalam pembangunan di sektor energi termasuk didalamnya memberikan prioritas dalam pemanfaatan energi bersih. Sementara itu, kebijakan pendukung meliputi: meningkatkan investasi, memberikan insentif dan disinsentif, standardisasi dan sertifikasi, pengembangan infrastruktur, peningkatan kualitas SDM, pengelolaan sistem informasi, penelitian dan pengembangan, serta pengembangan kelembagaan dan pengaturan.

Pada tahun 2004 pemerintah dalam hal ini Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral sudah menyusun Rancangan Kebijakan Energi Nasional Rancangan kebijakan ini merupakan pembaruan dari KUBE tahun 1998 yang penyusunannya

commit to user

dilakukan bersama-sama dengan *stakeholders* di bidang energi. Selain itu, juga diharapkan menjadi acuan utama dalam penyusunan Rancangan Undang-Undang tentang energi yang sedang dipersiapkan. Kebijakan yang ditempuh masih serupa dengan KUBE sebelumnya yaitu intensifikasi, diversifikasi, dan konservasi dengan menambah instrumen legislasi dan kelembagaan. Hal ini tertuang di dalam *blueprint* energi nasional mengenai perkembangan kebijakan energi nasional

Perkembangan selanjutnya, kebijakan energi nasional saat ini mengacu pada Undang-Undang Energi No: 30 tahun 2007 tentang energi. Dalam Undang-Undang tersebut dinyatakan bahwa kebijakan energi nasional (KEN) dirancang dan dirumuskan oleh Dewan Energi Nasional (DEN). Dewan Energi Nasional (DEN) adalah suatu lembaga bersifat nasional, mandiri, dan tetap, yang bertanggung jawab atas kebijakan energi nasional. Dalam hal ini DEN adalah Menteri Energi Sumber Daya dan Minareal (ESDM). Secara ringkas, orientasi kebijakan energi nasional diarahkan pada pencapaian visi berupa terjaminnya penyediaan energi dengan harga wajar untuk kepentingan nasional. Untuk itu, ada beberapa misi yang akan ditempuh dalam jangka panjang terkait dengan upaya penyediaan dan penggunaan energi, yaitu:

- a. Menjamin ketersediaan energi domestik;
- b. Meningkatkan nilai tambah sumber energi;
- c. Mengelola energi secara etis dan berkelanjutan termasuk memperhatikan pelestarian fungsi lingkungan;
- d. Menyediakan energi yang terjangkau untuk kaum *dhuafa* dan untuk daerah yang belum berkembang;

commit to user

- e. Mengembangkan kemampuan dalam negeri yang meliputi kemampuan pendanaan, teknologi dan sumber daya manusia dalam rangka menuju kemandirian;
- f. Meningkatkan peran warga negara dalam mengusahakan sumber daya energi;
- g. Meningkatkan peran energy alternatif.

2.5. Konsep Perencanaan Energi

Perencanaan energi merupakan hal yang sangat penting karena dapat memberikan gambaran strategi penyediaan dan kebutuhan energi jangka panjang secara terintegrasi dan berkesinambungan (Morse, 2001). Strategi penyediaan dan kebutuhan energi jangka panjang merupakan permasalahan yang selalu menjadi perhatian semua bangsa di dunia, karena keberhasilan ekonomi suatu negara sangat tergantung dari perkembangan industri dan peningkatan status hidup masyarakat yang tak lepas dari mudah serta sulitnya penyediaan energi yang dibutuhkannya. Secara umum, penyediaan energi harus mempertimbangkan faktor-faktor yang bersifat lokal baik dari sudut pandang pemanfaatan potensi, pola konsumsi, dan faktor-faktor lainnya yang berpengaruh pada penggunaan energi.

Proyeksi permintaan energi merupakan dasar bagi penyusunan strategi penyediaan energi. Faktor utama yang menentukan tingkat permintaan energi adalah pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk, harga energi dan pola konsumsi energi di masa lampau. Proyeksi permintaan dan strategi penyediaan energi merupakan dasar bagi perencanaan energi. Tujuan menghadirkan alternatif

keseimbangan permintaan penawaran adalah untuk menyajikan sekumpulan proyeksi, ramalan dan skenario tingkat permintaan dan penawaran yang dapat dipenuhi. Penawaran dan permintaan energi secara sederhana dikembangkan dengan mencari faktor-faktor dominan yang mempengaruhi penawaran dan permintaan yang selalu berubah secara cepat dari waktu ke waktu. Karena itu, dalam proyeksinya digunakan berbagai alternatif untuk dapat membuat batas toleransi penawaran dan permintaan energi dalam kurun waktu tertentu. Energi dari perencanaan energi tidak bisa dilihat sebagai kuantitas, tetapi energi harus dianggap sebagai satu sistem yang mungkin ditentukan oleh sumber energi dan teknologi yang digunakan untuk mentransformasikannya menjadi bentuk energi yang dapat digunakan untuk pengguna akhir.

Melalui sebuah perencanaan yang bersifat menyeluruh dimana energi tersebut terkait dengan berbagai macam bidang, akan membuat energi menjadi lebih dioptimalkan dalam pemanfaatannya. Perencanaan merupakan sebuah pandangan kedepan yang yang menyangkut sumber daya, sehingga perencanaan energi akan berhubungan dengan perencanaan alokatif dan perencanaan strategi. Perencanaan alokatif sangat diperlukan dalam pemanfaatan energi yang semakin berkurang untuk dipergunakan secara optimal. Sedangkan pada perencanaan strategi berupa pilhan yang harus diterapkan sesuai dengan sumber daya yang ada dan sebagai tindak lanjut dari *alocative planning*.

Perencanaan energi yang baik harus mampu mengintegrasikan aspek-aspek yang terkait dengan sektor energi sebagai satu kesatuan. Perencanaan energi mempunyai peranan yang sangat penting karena dapat dijadikan basis bagi

commit to user

pengembangan kebijakan energi secara terpadu (Schrattenholzer, 2005). Perencanaan merupakan sebuah pandangan kedepan yang menyangkut sumber daya, sehingga perencanaan energi akan berhubungan dengan perencanaan alokatif dan perencanaan strategi (Voss, 1990). Perencanaan energi yang baik dapat mengintegrasikan semua sub-sektor energi, termasuk sektor energi pedesaan, dan aspek-aspek yang terkait dengan sektor energi sebagai satu kesatuan (Schrattenholzer, 2005; Nilsson dan Martensson, 2002). Aspek yang terkait dalam perencanaan energi adalah sosio-ekonomi, lingkungan, neraca pembayaran, dan sebagainya (Morse, 2001). Perencanaan energi diperlukan antara lain untuk menjaga agar ketersediaan energi terjamin sebab energi merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia (Pierce, 2006; Winarno, 2007; dan Muhammad, 2009). Melalui sebuah perencanaan yang bersifat menyeluruh dimana energi tersebut terkait dengan berbagai macam bidang, menurut Voss, (1990); Shan, *et al.* (2011); Feng dan Zhang (2011); dan Cai, *et al.* (2008); akan membuat energi menjadi lebih dapat dioptimalkan dalam pemanfaatanya.

Studi mengenai perencanaan energi sudah banyak dilakukan di berbagai negara dan sangat bervariasi serta dapat dilakukan dari sistem perencanaan yang sederhana sampai sistem yang kompleks sehingga menghasilkan perencanaan energi terpadu (Voss, 1990). Lebih lanjut Meier (1993) menjelaskan berbagai model energi telah dikembangkan untuk membantu perencanaan energi, baik model yang berdasarkan ekonometrika atau teknik statistika untuk membuat proyeksi kebutuhan energi jangka panjang. Perencanaan energi juga dapat

commit to user

dilakukan dengan mengembangkan dan menganalisis skenario energi, sebagaimana dilakukan oleh Ghanadan, *et al.* (2005); Shan, *et al.* (2011); dan Feng, *et al.* (2011). Sedangkan untuk strategi penyediaan energi, banyak digunakan teknik optimasi dengan fungsi obyektif tertentu (Sugiyono, 1995). Penggunaan Model Markal (*Market Allocation*) akan menentukan penyediaan energi yang optimal berdasarkan teknik *linear programming* dengan mempertimbangkan pilihan sumber daya dan teknologi energi yang tersedia sehingga kebutuhan energi terpenuhi (Sugiyoon, 2006). Berdasarkan hasil yang optimum, jumlah emisi dari penggunaan energi dapat dihitung dengan memakai data koefisien emisi dari masing-masing teknologi. Dalam studinya, Kleeman (1994) menggunakan Model DEMI (*Demand Energy Model for Indonesia*) untuk memproyeksi kebutuhan energi dalam bentuk *useful* atau *final energy*. Model ini menghitung semua energi yang dipakai oleh *end-use technology* tetapi tidak mencakup energi yang dipakai untuk penambangan, konversi energi, *autogeneration* serta rugi-rugi dari penggunaan energi. Pada dasarnya energi yang dipakai adalah dalam bentuk *useful energy*. Apabila *useful energy* tidak dapat diterapkan pada bagian tertentu maka dipakai *final energy*. Dalam konsep *useful energy*, maka harga energi tidak diperhitungkan. Hal ini disebabkan karena *useful energy* tidak tergantung pada jenis *final energy* yang dihasilkannya.

Perencanaan energi pada dasarnya merupakan suatu perkiraan *demand* dan *supply* energi di masa mendatang (Schrattenholzer, 2005). Dalam analisis permintaan energi, dikenal istilah elastisitas dan intensitas permintaan energi atau untuk yang sudah terjadi adalah elastisitas dan intensitas pemakaian energi (Winarno, 2007). Elastisitas permintaan energi adalah suatu ukuran atau

commit to user

parameter yang menyatakan perubahan permintaan energi dengan adanya perubahan parameter yang lain, misalnya: tingkat pendapatan, harga energi (Yusgiyantoro, 2000). Sedangkan Intensitas pemakaian energi merupakan parameter yang menyatakan besarnya pemakaian energi untuk melakukan suatu aktivitas tertentu. Intensitas energi merupakan rata-rata tahunan konsumsi energi (*Energy Consumption=EC*) per unit aktivitas (*activity level*).

2.6. Keterkaitan Pemakaian Energi dan Perekonomian

Keterkaitan antara sektor energi dengan pertumbuhan ekonomi merupakan salah satu aspek dalam perencanaan energi. Dalam pengambilan keputusan yang menyangkut perencanaan energi juga muncul paradigma baru yaitu keterkaitan antara energi, ekonomi, dan lingkungan (IEA, 2000). Ini merupakan tanggapan dari kenaikan penggunaan energi untuk memacu pertumbuhan ekonomi dengan kerusakan ekologi sebagai konsekuensi dari kenaikan penggunaan energi tersebut di masa lampau. Energi adalah kemampuan untuk mengubah dari suatu kondisi ke kondisi lain. Jenis-jenis energi, antara lain adalah : energi kinetik, energi potensial, energi panas, energi listrik, energi kimia, energi cahaya, dan sebagainya. Perekonomian secara bebas dapat diartikan sebagai kegiatan manusia. Untuk melakukan kegiatannya, manusia memerlukan energi. Pada dasarnya, kegiatan penggunaan energi dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu untuk: pemanasan, penggerakan dan penerangan.

Energi dapat diperoleh dan digunakan secara langsung, seperti : energi panas dan energi cahaya dari matahari, energi potensial air untuk menumbuk padi, dan sebagainya. Ada pula energi yang diperoleh dari hasil konversi energi bahan-

bahan pembawa energi. Bahan pembawa energi atau biasa disebut bahan bakar misalnya adalah : BBM, gas bumi, LPG, batubara, kayu dan sebagainya. Berbagai jenis energi dan bahan bakar ini dapat saling menggantikan (saling substitusi) untuk memenuhi kebutuhan energi manusia. Pilihan untuk menggunakan suatu jenis energi atau bahan bakar dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu : harga energi bahan bakar, ketersediaan energi atau ketersediaan bahan bakar, serta ketersediaan peralatan konversi energi. Seperti untuk memasak, dapat digunakan minyak tanah, LPG, listrik dan sebagainya.

Seluruh proses ekonomi membutuhkan energi, melalui sejumlah aktivitas pelayanan yang tidak membutuhkan pengolahan material secara langsung. Namun demikian, hal ini benar hanya pada level mikro, sedangkan pada level makro seluruh proses ekonomi membutuhkan penggunaan material tidak langsung, termasuk didalamnya mengelola tenaga kerja atau memproduksi kapital (Stern 2004). Jika perekonomian dapat direpresentasikan sebagai model input-output dimana tidak ada substitusi antara faktor produksi, faktor pengetahuan dalam faktor produksi dapat diabaikan. Ini tidak berarti bahwa penggunaan energi dan ilmu pengetahuan dalam mendapatkan dan pemanfaatannya harus diabaikan. Perhitungan akurat untuk seluruh penggunaan energi untuk mendukung produksi final adalah penting. Tetapi kontribusi pengetahuan terhadap produksi tidak dapat diasumsikan proporsional terhadap biaya energi. Melalui ilmu Termodinamika menempatkan batasan terhadap substitusi, derajat substitusi aktual antara stok kapital memasukkan pengetahuan dan energi merupakan sebuah pertanyaan secara empiris (Stern, 2011).

commit to user

Semakin besar volume kegiatan manusia, berarti semakin besar pula kebutuhan energinya. Korelasi antara pemakaian energi dan PDB (Pendapatan Domestik Bruto) sebagai salah satu indikator perekonomian, menunjukkan bahwa pemakaian energi berbanding lurus dengan tingkat PDB. Pemakaian energi tersebut adalah pemakaian energi komersial (misalnya: minyak tanah, listrik, dsb), yaitu energi yang diperjualbelikan. Sehingga jika energi non komersial (misalnya: kayu bakar, panas matahari, tenaga binatang, dsb) diperhitungkan juga, maka grafiknya akan lebih landai. Semakin maju suatu negara, porsi pemakaian energi non komersialnya akan semakin sedikit. Korelasi yang lebih jelas adalah antara pemakaian listrik dengan perekonomian. Sehingga tingkat pemakaian listrik perkapita dapat menjadi suatu indikator kemajuan perekonomian suatu negara.

2.7. Kajian empiris

2.7.1. Energi dan Pertumbuhan Ekonomi

Produksi merupakan suatu konsep kunci dalam ilmu ekonomi produksi. Sementara itu ada sejumlah barang bersifat tidak dapat direproduksi, namun dapat diolah dengan mengeluarkan sejumlah biaya yang masuk dalam sistem ekonomi produksi. Dalam satu proses produksi memerlukan input atau faktor produksi. Para Ekonom Aliran Utama (*mainstream*) menyatakan bahwa bahwa kapital, tenaga kerja, dan lahan sebagai faktor produksi primer, sedangkan barangbarang seperti bahan bakar dan bahan baku sebagai *input* antara. Harga-harga yang dibayarkan untuk berbagai jenis input akhir dipandang sebagai pembayaran untuk pemilik *input* primer sebagai balas jasa secara langsung untuk memproduksi *input* antara (Stern, 2004). Kapital dan tenaga kerja dalam jangka waktu lebih panjang

merupakan faktor produksi yang dapat direproduksi, sedangkan energi merupakan faktor produksi yang bersifat tidak dapat direproduksi. Oleh karenanya, para ahli sumber daya dan sejumlah ekonom lingkungan memberikan perhatian yang besar terhadap peranan energi dan ketersediaannya dalam ekonomi produksi dan proses pertumbuhan (Stern, 2004). Seluruh proses ekonomi membutuhkan energi, melalui sejumlah aktivitas pelayanan yang tidak membutuhkan pengolahan material secara langsung. Namun demikian, hal ini benar hanya pada level mikro, sedangkan pada level makro seluruh proses ekonomi membutuhkan penggunaan material tidak langsung, termasuk didalamnya mengelola tenaga kerja atau memproduksi kapital (Stern, 2003).

Energi merupakan salah satu sumber daya alam penting yang mempengaruhi *output* atau produksi nasional (Reksohadiprodjo dan Pradono, 1999). Energi merupakan variabel yang pengaruhnya positif terhadap pertumbuhan ekonomi, sebagaimana dinyatakan dalam studi empiris yang dilakukan oleh Stern (2004); Toman dan Jamelkova (2003); Stern dan Cleveland (2004); Nondo dan Kahsai (2009); Aqeel dan Butt (2001); dan Sugiyono (2006). Mereka sepakat bahwa seluruh proses ekonomi membutuhkan energi, dan pentingnya peranan energi untuk pertumbuhan ekonomi dan pembangunan manusia, serta dampaknya terhadap pembangunan berkelanjutan. Lebih lanjut mereka juga menyatakan bahwa pembangunan berkelanjutan harus dirasakan sebagai dimensi lain dari pertumbuhan ekonomi yang hanya dapat dicapai dengan produksi dan penggunaan energi berkelanjutan.

Peranan energi dalam pertumbuhan ekonomi secara jelas juga dipaparkan dalam beberapa studi yang dilakukan oleh Stern (2011); Alam (2006); Momete (2007); dan Ramos-Martini dan Ortega-Cerdà (2003). Pada prinsipnya keempat penulis ini memaparkan tentang pentingnya peranan energi dalam mendorong pertumbuhan ekonomi suatu negara. Dalam studinya Stern (2011) menjelaskan hubungan antara energi dan pertumbuhan ekonomi dan menjelaskan peranan energi dalam produksi perekonomian. Berangkat dari teori ekonomi Neoklasik, Alam (2006) membangun sebuah alternatif konsep ekonomi yang memasukkan energi bersama-sama dengan kapital, tenaga kerja, dan teknologi sebagai faktor produksi. Studi yang dilakukan oleh Alam (2006) bertujuan untuk menempatkan sifat-sifat dasar dari suatu perekonomian dengan energi sebagai kekuatan pengendali dibalik seluruh aktivitas ekonomi. Dengan fokus terhadap energi, perekonomian harus dipandang sebagai suatu sistem aliran energi, sebuah kesuksesan dalam mengkonversi energi, yang masuk dalam proses produksi barang dan jasa. Dengan adanya pemikiran ini diharapkan dapat mengubah pemahaman kita tentang tenaga kerja dan kapital sebagai sumber pertumbuhan.

Senada dengan Stern (2011); dan Alam (2006); dalam artikel yang ditulis oleh Nondo (2009) memberikan perhatian pada pentingnya energi untuk pertumbuhan ekonomi dan pembangunan manusia, serta dampaknya terhadap pembangunan berkelanjutan. Dengan pendekatan Trinomial dan analisis trend, dinyatakan bahwa konsumsi energi berdampak negatif terhadap lingkungan, dan pada waktu yang sama berdampak positif terhadap pertumbuhan ekonomi. Sehubungan dengan upaya untuk mengidentifikasi dampak energi secara

commit to user

keseluruhan, dapat dinyatakan bahwa konsumsi energi berkorelasi dengan pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂. Lebih lanjut dari studi ini menyatakan bahwa pembangunan berkelanjutan harus dirasakan sebagai dimensi lain dari pertumbuhan ekonomi yang hanya dapat dicapai dengan produksi dan penggunaan energi berkelanjutan.

Ramos-Martini dan Ortega-Cerdà (2003); melakukan studi yang didasarkan pada pendapat bahwa wujud dari perekonomian thermodinamika membuka sistem lebih jauh dari keseimbangan, dan ilmu ekonomi lingkungan Neoklasik bukanlah cara yang terbaik untuk menggambarkan perilaku sistem seperti itu. Berdasarkan hal ini Ramos-Martini dan Ortega-Cerdà (2003) menyajikan sejumlah data empiris tentang evolusi intensitas energi untuk negara maju dan negara berkembang. Dalam rangka menguji hipotesis tidak adanya hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan penggunaan energi, disajikan diagram fase intensitas penggunaan energi dari data deret waktu. Temuan utama dari hasil kajian Ramos-Martini dan Ortega-Cerdà (2003); menyebutkan bahwa dalam kenyataannya perekonomian memperlihatkan perilaku non linier pada variabel-variabel kunci dan tahapan pembangunan pada level hirarki yang berbeda membentuk hipotesis '*punctuated equilibrium*' yang bermanfaat pada skala yang lebih tinggi, mengindikasikan suatu sistem perekonomian yang lebih terbuka pada masa mendatang.

Tahapan perilaku intensitas energi menegaskan bahwa hanya dengan mempertimbangkan energi sebagai barang konsumsi dan faktor produksi tidak cukup untuk memahami evolusi perekonomian. Intensitas energi adalah variabel

commit to user

kunci yang dapat digunakan sebagai indikator perubahan struktur sosial ekonomi, struktur keuangan atau hubungan ekonomi-lingkungan. Hal tersebut juga dapat digunakan sebagai indikator dari struktur yang baru. Ketersediaan data dan dukungan teknik analisis konsumsi energi dapat dipandang sebagai persyaratan dan kompleksitas hubungan sistem ekonomi pada masa mendatang.

Dalam perspektif lainnya, model ekonomi ekologi menempatkan energi sebagai faktor primer yang telah disediakan oleh alam. Oleh karenanya *stock* energi dalam kegiatan ekonomi yang mengalami degradasi seiring dengan waktu yang menjadi kendala, dan penyediaan energi dalam setiap periode menjadi penting untuk diketahui (Stern, 1999). Dengan demikian biaya energi akan meningkat sebagai representasi dari peningkatan kelangkaan dalam nilai penggunaannya (Cleveland dan Stern, 1999). Dalam pendekatan Costanza dan pendekatan Energi (Costanza, 1980); sumberdaya dinyatakan sebagai input energi solar dan geologi. Oleh karenanya perubahan kualitas sumber daya dinyatakan dengan perubahan dalam energi daripada perubahan dalam koefisien input-output.

Jika stok sumberdaya dinyatakan secara spesifik, energi tidak akan lebih jauh dari sekedar faktor produksi primer. Dalam pendekatan mainstream ilmu ekonomi Neoklasik, kuantitas ketersediaan energi terhadap ekonomi pada berbagai tahun diperlakukan sebagai *endogenous*, melalui pembatasan dengan batasan biofisik seperti tekanan pada penyimpanan minyak dan keterbatasan ekonomi seperti jumlah ekstraksi terpasang, penyulingan, dan kapasitas pembangkit, serta kemungkinan percepatan dan efisiensi dalam proses ini dapat diproses. Namun demikian, pendekatan analisis ini kurang dapat digunakan untuk

commit to user

menganalisis peranan energi sebagai pengendali pertumbuhan produksi dan ekonomi (Stern, 2003). Alternatif lainnya adalah teori distribusi produktivitas marginal *Neoklasik* seperti yang dikemukakan oleh Kaufmann (1987). Kemudian, dalam ilmu ekonomi Marxist dinyatakan distribusi aktual dari surplus tergantung pada daya tawar relatif dari perbedaan kelas-kelas sosial (Kaufmann, 1987; Hall, *et al.* 1986) dan pemasok bahan bakar luar negeri. Surplus energi diambil oleh pemilik modal, lahan dan tenaga kerja. Dan model input-output menyajikan suatu perekonomian dimana ada faktor produksi primer tunggal dengan harga yang tidak ditentukan oleh produktivitas marginal.

Keterkaitan antara energi dan aktivitas perekonomian menghasilkan persepsi yang berbeda-beda tergantung latar belakang teori, pendekatan, serta ruang lingkup penelitian. Sebagian besar literatur menekankan pengaruh tahap pembangunan ekonomi terhadap pemakaian energi daripada hubungan timbal baliknya (Toman dan Jamelkova, 2003; Stern dan Cleveland, 1993). Dalam pandangan teori pertumbuhan neoklasik misalnya, sebagian besar studi mengeksplorasi kemungkinan adanya substitusi atau komplementer antara energi dan faktor input lainnya serta interaksinya dalam mempengaruhi produktivitas (Todaro and Smith, 2006). Menurut pandangan neoklasik ini, kontribusi energi terhadap perekonomian relatif dilihat dari biaya produksinya. Di lain pihak Toman and Jamelkova (2003), menyatakan bahwa menurut pandangan para ahli ekonomi ekologi, energi merupakan kebutuhan mendasar bagi produksi.

Khan (2008) telah melakukan studi dengan menggunakan pendekatan regional dan global guna memecahkan masalah ketahanan energi dan

commit to user

ketidakseimbangan ekologi, dengan tujuan spesifik terhadap masalah-masalah ketahanan energi di Cina. Pertumbuhan ekonomi Cina yang tergantung pada energi telah menjadi perhatian utama para pengambil kebijakan di negara tersebut terkait dengan ekonomi dan ketahanan energi nasional. Berambisi untuk mencapai tujuan modernisasi ekonomi yang setara dengan perekonomian negara-negara industri baru lainnya di Asia telah berhasil diraih Cina dengan sangat baik, namun mengalami kesulitan untuk melakukan reorientasi prioritas-prioritas ekonomi. Khan menggunakan model Model POLIS (*positive feedback loop innovation systems*) yang sensitif terhadap lingkungan dan distribusinya dapat dibangun untuk Cina dan diaplikasikan secara strategi untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan.

Lebih lanjut Aqeel dan Butt (2001), melakukan studi tentang hubungan antara konsumsi energi dan pertumbuhan energi, untuk kasus di Pakistan. Tujuan umum dari artikel yang ditulis Aqeel, *et al.* (2001), adalah untuk mengetahui arah hubungan kausalitas antara konsumsi dan aktivitas perekonomian di Pakistan. Secara spesifik tujuannya adalah untuk menganalisis hubungan kausal antara konsumsi energi dan pertumbuhan PDB. Dapat ditambahkan bahwa untuk menjelaskan berbagai peluang terhadap arah kausalitas sebagai informasi lanjutan, konsumsi energi didisagregasi kedalam komponen-komponen petroleum, konsumsi gas dan listrik. Tujuan spesifik selanjutnya adalah untuk mengetahui arah hubungan kausalitas antara konsumsi energi dan kesempatan kerja. Uji kausalitas *Granger* dengan menggunakan teknik kointegrasi digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya kointegrasi antara variabel-variabel yang menjadi

commit to user

perhatian utama. Kemudian untuk menyeleksi panjangnya lag optimum, uji *Granger* versi Hsia digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan data dan menggunakan kriteria FPE.

Dari hasil pendugaan dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan ekonomi mempengaruhi konsumsi energi total. Hasil investigasi lanjutan mengindikasikan bahwa pertumbuhan ekonomi menyebabkan konsumsi energi petroleum meningkat, sedangkan dalam kasus sektor gas, pertumbuhan ekonomi tidak mempengaruhi konsumsi gas. Namun demikian, untuk sektor pembangkit listrik, konsumsi energi mempengaruhi pertumbuhan ekonomi. Terakhir, konsumsi energi juga secara langsung mempengaruhi kesempatan kerja.

Studi pertumbuhan ekonomi dan energi yang lebih kompleks dilakukan oleh Adams, *et al.* (2006). Mencermati kondisi Thailand sebagai negara dengan pertumbuhan ekonomi yang cepat dan pengimpor energy. Adams, *et al.* (2000), membangun suatu model keseimbangan energi untuk Thailand, melakukan proyeksi kebutuhan energi pada masa mendatang, dan menguji berbagai strategi alternatif untuk mengatasi masalah ketergantungan energi. Kunci untuk memproyeksi keseimbangan energi adalah hubungan antara komponen-komponen yang terkait dengan pembangunan ekonomi dan struktur keterkaitan internal yang membentuk keseimbangan. Model persamaan simultan dengan pendekatan analisis *Two Stages Least Squares* (2SLS), terhadap data neraca keseimbangan energi Thailand pada periode 1978-1993, digunakan untuk menduga, memproyeksi dan mensimulasi model keseimbangan energi yang dibangun. Model keseimbangan energi yang dibangun terdiri dari 3 (tiga) blok. Blok 1

commit to user

adalah blok kebutuhan energi total menurut sektor. Kebutuhan energi total terhadap masing-masing bahan bakar sekunder (*secondary fuels*) dibangun dalam persamaan-persamaan secara terpisah. Total permintaan sektoral terhadap bahan bakar menyatakan kebutuhan energi sekunder menurut bahan bakar. Blok berikutnya adalah transformasi. Kebutuhan produk dipenuhi dengan transformasi domestik atau impor. Jumlah listrik yang dihasilkan secara langsung berhubungan dengan kebutuhan jumlah konsumsi domestik. Blok yang terakhir adalah blok penyediaan energi primer yang terdiri dari produksi domestik, ekspor dan impor. Produksi domestik diproyeksikan berdasarkan suplai saat ini dan proyeksi dari sumber-sumber domestik. Ekspor ditetapkan sebagai variabel eksogen karena volumenya relatif kecil kecuali untuk produk-produk *petroleum* (industri perminyakan) yang merefleksikan ketidakseimbangan antara konsumsi dan spektrum penyulingan. Kebutuhan impor minyak mentah *petroleum* dan produk-produk *petroleum*, yang menjadi target analisis, dihitung sebagai selisih antara kebutuhan domestik (plus ekspor) dan produksi domestik.

Temuan utama dari studi ini menyebutkan bahwa negara-negara seperti Thailand yang berada pada kondisi kekurangan energi dan sedang tumbuh dengan sangat cepat akan terbebani, *ceteris paribus*, dengan biaya impor energi yang besar. Pertumbuhan energi relatif terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan produk-produk industri, tidak tumbuh lebih cepat daripada pertumbuhan ekspor. Oleh karenanya peningkatan produksi energi domestik atau perbaikan efisiensi dapat membantu mengurangi kecenderungan impor energi yang lebih tinggi dari pertumbuhan ekonomi, namun memberikan dampak terhadap pajak energi lebih

commit to user

besar, khusus terhadap bensin dan *gasoline* relatif kecil. Nondo dan Kahsai (2009), mempresentasikan hubungan antara konsumsi energi dan pertumbuhan energi untuk sejumlah negara di Afrika. Latar belakang dilakukan studi oleh Nondo, *et al.* (2009), adalah fakta bahwa *Sub-Saharan Africa* pada dasarnya diberkahi dengan sejumlah sumber daya energi natural seperti angin, batubara, minyak, kayu dan sinar matahari, namun sumber-sumber energi dalam jumlah besar ini tidak dieksploitasi untuk beberapa dekade. Konsekuensinya banyak negara-negara Afrika mengalami defisit energi yang serius karena miskinnya investasi pada infrastruktur energi. Ketidakseimbangan persediaan pelayanan energi di *Sub-Saharan Africa* disebut oleh the *United Nations Economic Commission for Africa* (UNECA, 2004) sebagai keterbatasan faktor untuk pertumbuhan ekonomi dan usaha pengentasan kemiskinan. Terutama sekali pada penduduk desa dan penduduk miskin perkotaan yang tidak memiliki akses terhadap pelayanan energi modern. Dalam rangka untuk memenuhi konsumsi energi sehari-hari, mayoritas penduduk menggunakan sumber-sumber biomass tradisional seperti kayu, sisa-sisa pertanian, dan sumber-sumber energi primitif lainnya dan oleh karenanya menyebabkan masalah degradasi lingkungan dan lahan.

Pasca periode kemerdekaan di benua Afrika mulai akhir 1960-an, banyak pimpinan negara-negara Afrika membentuk integrasi wilayah sebagai elemen sentral dari strategi pembangunan mereka. Pembentukan *Regional Economic Communities* (RECs) di Afrika bertujuan untuk mendorong persatuan, mewujudkan pembangunan berkelanjutan, meningkatkan daya saing dan

commit to user

mengintegrasikan negara-negara Afrika dalam perekonomian global melalui kerjasama yang menguntungkan antara negara-negara anggota. Mengacu pada penyediaan energi, banyak negara-negara Afrika membentuk kerjasama regional untuk mengatasi masalah defisit energi. Sebagai contoh, *Common Market for Eastern and Southern Africa* (COMESA) yang beranggotakan 20 negara, dengan tujuan mendorong integrasi regional melalui pembangunan perdagangan. Mayoritas negara-negara anggota COMESA adalah negara sedang berkembang dan juga sejumlah negara miskin.

Mengacu pada latar belakang di atas, studi ini menggunakan data panel untuk menganalisis hubungan jangka panjang antara konsumsi energi dan Produk Domestik Bruto (PDB) terhadap 19 negara Afrika berdasarkan data tahunan untuk periode 1980-2005. *Pada tahap awal*, dilakukan pengujian derajat integrasi antara konsumsi energi dan PDB dengan menggunakan tiga panel *unit roots tests* dan ditemukan bahwa variabel-variabel terintegrasi satu sama lain. *Pada tahap kedua*, dilakukan pengujian hubungan jangka panjang antara konsumsi energi dan PDB. Hasilnya memperlihatkan bahwa konsumsi energi dan PDB bergerak bersama-sama dalam jangka panjang. *Pada tahap ketiga*, dilakukan pendugaan hubungan jangka panjang dan uji kausalitas menggunakan *panel-based error correction models*. Hasilnya mengindikasikan bahwa kausalitas jangka pendek dan jangka panjang tidak searah, bergerak dari konsumsi energi ke PDB. Ini mengimplikasikan bahwa berkurangnya konsumsi energi dapat menyebabkan menurunnya pertumbuhan ekonomi.

Studi kaitan antara energi dengan pertumbuhan ekonomi di Indonesia dilakukan oleh Tambunan (2006). Penelitian Tambunan (2006), bertujuan tujuan untuk menjelaskan alasan, tantangan, dan opsi kebijakan sehubungan dengan siklus harga minyak kedua tertinggi tahun 2005 dibandingkan dengan siklus tertinggi pertama tahun 1974. Tidak seperti siklus harga minyak pertama, yang dihadapkan pada masalah utama dari aspek suplai, siklus kedua terjadi lebih dasyat karena kombinasi antara faktor *supply* dan *demand*. Faktor suplai meliputi: (1) Terbatasnya investasi pada industri minyak, baik pada sektor hulu (*upstream*) maupun pada sektor hilir (*downstream*), (2) Masalah-malasan geopolitik di Timur Tengah, Negeria dan wilayah lainnya, dan (3) Produksi minyak di negara-negara non-OPEC yang menurun, dan OPEC juga tidak dapat mengontrol jumlah cadangan minyak dunia. Dari sisi *demand*, percepatan pertumbuhan ekonomi China dan India, dan pemulihan ekonomi di Asia telah ikut mendorong siklus harga yang tinggi. Sumber utama dari ketidakpastian harga minyak dunia adalah (1) Perseteruan geopolitik di Timur Tengah yang tidak kunjung selesai, (2) Factor “oil boom” di Rusia, (3) Terbatasnya rekayasa teknologi dalam industri minyak, dan (4) Pergeseran permintaan dari minyak fosil.

Menurut Tambunan (2006), tantangan kedepan adalah harga minyak yang cenderung meningkat, dengan frekuensi peningkatan harga dalam rentang waktu yang relatif singkat. Tidak ada bukti empiris yang kuat untuk menyatakan sebaliknya. Jika prediksi tersebut benar, ini dapat menjadi pendorong merosotnya pertumbuhan ekonomi, khususnya menyerang ekonomi energi, baik di negara maju maupun di negara sedang berkembang. Berdasarkan kasus Indonesia sebagai

commit to user

negara penghasil minyak kecil: kenaikan harga minyak dan pergeseran dari negara pengekspor menjadi pengimpor menciptakan tekanan fiskal yang kuat.

2.7.2. Permintaan Energi dan Efisiensi Energi

Pemodelan permintaan energi membantu dalam memahami hubungan dan interaksi antara energi dengan faktor lainnya, seperti: ekonomi, teknologi, dll. Pemodelan permintaan energi dapat pula digunakan untuk landasan dalam memformulasikan kebijakan efisiensi energi yang sesuai dengan keadaan dan situasi yang terjadi, baik dalam batasan negara maupun lingkup wilayah yang lebih kecil (Price, 2001). Labanderia, *et al.* (2006) meneliti sistem permintaan energi di Spanyol. Mereka menemukan adanya hubungan yang signifikan antara pengeluaran untuk komoditi-komoditi energi dengan tempat tinggal, komposisi rumah tangga, dan status pekerjaan kepala rumah tangga. Rumah tangga di pedesaan, menengah, dan perkotaan tidak memiliki peluang yang sama untuk mengkonsumsi barang energi dan jasa transportasi, ketika ukuran populasi kotamadya meningkat, dilaporkan adanya progresif substitusi bahan bakar mobil dan LPG untuk transportasi umum dan gas bumi.

Mengenai elastisitas harga sendiri, mereka menemukan bahwa produk-produk energi agak elastis di Spanyol, dengan listrik energi yang paling elastis, sedangkan yang baik dan alami harga-independen gas. Elastisitas harga silang yang ada di beberapa kasus, menunjukkan adanya keterbatasan substitusi antara listrik dan gas alam di daerah perkotaan dan LPG dan listrik di semua lokasi. Ketika mengacu pada elastisitas pendapatan, makanan, listrik dan LPG adalah barang normal, gas alam, bahan bakar mobil dan angkutan umum yang mewah,

commit to user

dan LPG adalah sumber energi yang paling inelastis. Selain itu, ditemukan juga bahwa rumah tangga miskin lebih responsif terhadap perubahan harga energi, yang jelas berhubungan dengan lebih besar porsi energi pada total pengeluaran. Alberini, *et al.* (2010) menganalisis permintaan perumahan untuk listrik dengan menggunakan data agregat tahunan di tingkat negara bagian untuk 48 negara bagian Amerika Serikat 1995-2007. Perkiraan model dilakukan dengan penyesuaian parsial dinamis menggunakan Kiviet dikoreksi estimator LSDV (1995). Selain lag variabel dependen, persamaan meliputi harga energi, pendapatan, pendinginan dan pemanasan hari derajat, dan ukuran rumah tangga rata-rata. Dari titik pandang kebijakan energi, hasil yang diperoleh menggunakan estimator *Blundell-Bond* menyiratkan bahwa dalam suatu sistem tenaga listrik terutama didasarkan pada pembangkit listrik tenaga batubara dan gas, ada kemungkinan untuk mengurangi pemakaian listrik perumahan dan menahan gas rumah kaca emisi dengan memberlakukan pajak karbon.

Penelitian yang dilakukan oleh Susan Olivia dan John Gibson (2008), menggunakan data pengeluaran rumah tangga di Pulau Jawa pada Susenas modul 1999, mengungkapkan bahwa rumah tangga di perdesaan cenderung memiliki peningkatan proporsi pengeluaran yang lebih besar untuk bensin dan lpg ketika pendapatannya meningkat. Penelitian ini juga menunjukkan hasil estimasi elastisitas harga sendiri untuk listrik, LPG, minyak tanah, bensin, dan minyak berturut-turut adalah -1,04; -0,32; -0,96; -0,08, dan -0,38.

Ghader, *et al.* (2006), membangun model dan meramalkan permintaan energi di Iran. Studi ini dilatarbelakangi oleh upaya untuk merealisasikan suatu

commit to user

perekonomian yang stabil, produksi dan eksploitasi energi perlu diprogramkan, sama pentingnya dengan faktor sumberdaya manusia, bahan baku, sumber-sumber keuangan dan input lainnya. Mempertimbangkan kondisi energi saat itu banyak negara lebih fokus pada ketersediaan energi yang terbatas. Untuk mewujudkan listrik sebagai salah satu sumber energi bersih, maka penyelarasan antara penawaran dan permintaan menjadi sebuah tantangan bagi para pengambil kebijakan.

Menggunakan metode analisis *Ordinary Least Squares* (OLS) temuan utama dari studi ini menyebutkan: (1) Untuk model permintaan listrik pada industri dengan konsumsi listrik tinggi, intensitas listrik dan harga substitusi berpengaruh positif; (2) Pada industri dengan konsumsi listrik rendah, jumlah pelanggan, berpengaruh positif dan signifikan; dan (3) Pada sektor pertanian, jumlah konsumsi listrik periode yang lalu berpengaruh positif dan signifikan.

Bhattacharyya dan Timilsina (2009), secara kritis mengulas beberapa metodologi pemodelan energi dalam rangka mendapatkan model yang tepat untuk memasukkan hal-hal yang khusus yang terdapat di negara-negara berkembang. Mereka menyimpulkan bahwa secara umum pemodelan permintaan energi yang telah dilakukan dapat dikelompokkan kedalam dua pendekatan, yaitu *econometric models* dan *end-use energy accounting*. Pendekatan *end-use energy accounting* di negara-negara berkembang terdapat masalah dengan ketersediaan data.

Penelitian yang cukup menarik telah dilakukan oleh Dyer (2008), untuk melihat *State of Science* hingga 2050, serta melakukan teknologi assesment untuk menekan permintaan energi dan penurunan emisi CO₂. Hasil utama dari penelitian

commit to user

ini adalah mengidentifikasi karakter industri di UK, acuan dalam melakukan teknologi *assesment*, identifikasi perkembangan teknologi, dan arah perkembangan di masa mendatang serta mengidentifikasi pemicu dan hambatan pada industri dalam menggunakan teknologi hemat energi serta ramah lingkungan. Dyer (2008) melihat bahwa pemicu utama bagi industri untuk melakukan perubahan adalah faktor biaya dan peraturan pemerintah.

Pengelolaan energi juga sangat diperlukan terkait dengan keberadaan energi yang kini mulai menipis. Melalui sebuah perencanaan yang bersifat menyeluruh dimana energi tersebut terkait dengan berbagai macam bidang akan membuat energi menjadi lebih dioptimalkan dalam pemanfaatannya. Perencanaan merupakan sebuah pandangan kedepan yang menyangkut sumber daya, sehingga perencanaan energi akan berhubungan dengan perencanaan alokatif dan perencanaan strategi. Perencanaan alokatif sangat diperlukan dalam pemanfaatan energi yang semakin berkurang untuk dipergunakan secara optimal. Sedangkan pada perencanaan strategi berupa pilihan yang harus diterapkan sesuai dengan sumber daya yang ada dan sebagai upaya tindak lanjut dari *alocative planning*.

Perencanaan energi mempunyai peran yang sangat penting karena dapat dijadikan basis bagi pengembangan kebijakan energi secara terpadu (Schrattenholzer, 2005). Studi mengenai perencanaan energi sudah banyak dilakukan di berbagai negara dan sangat bervariasi serta dapat dilakukan dari sistem perencanaan yang sederhana sampai sistem yang kompleks sehingga menghasilkan perencanaan energi terpadu (Voss, 1990). Lebih lanjut Ghader (2006) menjelaskan berbagai model energi telah dikembangkan untuk membantu

commit to user

perencanaan energi, baik model yang berdasarkan ekonometrika atau teknik statistika untuk membuat proyeksi kebutuhan energi jangka panjang. Sedangkan untuk strategi penyediaan energi, banyak digunakan teknik optimasi dengan fungsi obyektif tertentu (Sugiyono, 2006).

Penggunaan Model Markal (*Market Allocation*) akan menentukan penyediaan energi yang optimal berdasarkan teknik *linear programming* dengan mempertimbangkan pilihan sumber daya dan teknologi energy yang tersedia sehingga kebutuhan energy terpenuhi. Berdasarkan hasil yang optimum, jumlah emisi dari penggunaan energi dapat dihitung dengan data koefisien emisi dari masing-masing teknologi. Dalam studinya, Kleeman (1994) menggunakan Model DEMI (*Demand Energy Model for Indonesia*) untuk memproyeksikan kebutuhan energy dalam bentuk *useful* atau *final energy*. Model ini menghitung semua *energy* yang dipakai oleh *end-use technology* tetapi tidak mencakup energi yang dipakai untuk penambangan, konservasi energi, *autogeneration* serta rugi-rugi dari penggunaan energi. Pada dasarnya energi yang dipakai adalah dalam bentuk *useful energy*. Apabila *useful energy* tidak dapat diterapkan pada bagian tertentu, maka dipakai *final energy*. Dalam konsep *useful energy* maka harga energi tidak diperhitungkan. Hal ini disebabkan karena *useful energy* tidak tergantung pada jenis *final energy* yang dihasilkan.

Perencanaan energi yang baik harus mampu mengintegrasikan aspek-aspek yang terkait dengan sektor energi sebagai satu kesatuan. Perencanaan energi pada dasarnya merupakan suatu perkiraan *demand* dan *supply* energi di masa mendatang (Schrattenholzer, 2005). Dalam analisis permintaan energi, dikenal *commit to user*

istilah elastisitas dan intensitas permintaan energi atau untuk yang sudah terjadi adalah elastisitas dan intensitas pemakaian energi (Winarno, 2007). Elastisitas permintaan energi adalah suatu ukuran atau parameter yang menyatakan perubahan permintaan energi dengan adanya perubahan parameter yang lain, misalnya: tingkat pendapatan, harga energi (Yusgiyantoro, 2000).

Perencanaan energi suatu negara atau wilayah memerlukan suatu alat yang tepat, agar kebijakan yang diambil akan sesuai dengan kondisi yang ada. Pernyataan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Connolly, *et al.* (2009). Connolly, *et al.* (2009) merasa prihatin dengan kondisi akhir-akhir ini yang dihadapkan pada beragam tantangan yang muncul dalam kehidupan manusia antara lain terjadinya perubahan iklim, keamanan pasokan energi yang makin menurun, dan resesi ekonomi. Akibatnya adalah sektor energi, khususnya energi terbarukan, menjadi target untuk memerangi masalah ini. Langkah yang bisa dilakukan dapat dengan berbagai cara antara lain adalah dengan mengkonversi dari sistem energi yang tergantung pada impor bahan bakar fosil ke sistem energi terbarukan. Oleh karena itu, mengidentifikasi potensi energi terbarukan menjadi faktor kunci yang sangat penting dalam perencanaan energi.

Dilatarbelakangi oleh keprihatinan tersebut di atas, studi yang dilakukan Connolly, *et al.* (2009) mencakup tinjauan dari alat-alat komputer yang berbeda yang dapat digunakan untuk menganalisis integrasi energi terbarukan. Awalnya 68 alat dipertimbangkan, tapi 37 yang dimasukkan dalam analisis akhir yang dilakukan bekerjasama dengan para pengembang alat atau poin yang direkomendasikan kontak. Hasil dalam makalah ini memberikan informasi yang

commit to user

diperlukan untuk mengidentifikasi alat energi yang cocok untuk menganalisis integrasi energi terbarukan ke dalam sistem energi berdasarkan berbagai tujuan yang berbeda. Kesimpulannya, studi ini memberikan informasi yang diperlukan untuk mengarahkan pembuat keputusan terhadap perencanaan energi yang cocok.

Beberapa penelitian tentang permintaan energi sudah dilakukan baik di dalam maupun di luar negeri, seperti yang dilakukan oleh Schrattenholzer (2005); Ghader, *et al.* (2006); Tubss (2008); Sugiyono dan Suarna (2006); Karabulut, *et al.* (2008); Ghanadan, *et al.* (2005); Shan, *et al.* (2011); Feng, *et al.* (2011); XianDong, *et al.* (2011); BaoGuo, *et al.* (2011); dan Cai, *et al.* (2008). Pendekatan pemrograman genetik (*Genetic Programming Method*) yang disajikan oleh Karabulut, *et al.* (2008) pada studinya dimaksudkan untuk melakukan peramalan jangka panjang terhadap konsumsi daya listrik pada sebuah kota yang modern di Turki. *GP method* digunakan untuk meramalkan masa depan melalui penggunaan regresi simbolis yang menggunakan data tahunan dari tahun-tahun sebelumnya. Dalam jangka panjang peramalan konsumsi dapat memberikan informasi penting untuk pusat distribusi tenaga listrik (Karabulut, *et al.* 2008)

Di sisi lain Ghanadan, *et al.* (2005) telah melakukan studi perencanaan energi dengan mengembangkan dan menganalisis skenario energi untuk kawasan California. Pentingnya pilihan energi California baik di dalam maupun di luar negara tersebut yang membuat penelitian ini menjadi cukup relevan dengan kondisi khalayak domestik dan internasional yang lebih luas. California juga merupakan negara dengan kinerja ekonomi terbesar kelima di dunia, peringkat kesepuluh dalam hal konsumsi energi primer, serta peringkat kelimabelas dunia

commit to user

dalam hal emisi gas rumah kaca. Dalam melakukan perancangan model energi diawali dengan penyusunan skenario-skenario energi. Skenario energi tersebut terdiri dari skenario dasar yang akan digunakan sebagai skenario referensi dan skenario konservasi energi. Skenario konservasi energi dibagi menjadi beberapa skenario sesuai dengan aktivitas energi di setiap sektor aktivitas. Ada banyak ketidakpastian yang terkait dengan skenario yang memerlukan penelitian lebih lanjut yang signifikan. Secara khusus, Ghanadan, *et al.* (2005) belum mengembangkan analisis ekonomi dari biaya dan manfaat dari skenario. Selain itu, banyak bagian dari skenario membutuhkan lebih dalam penelitian mendalam.

Ghader, *et al.* (2006) membangun model dan meramalkan permintaan listrik di Iran. Studi ini dilatarbelakangi oleh upaya bahwa untuk merealisasikan suatu perekonomian yang stabil, produksi dan eksploitasi energi perlu diprogramkan, sama pentingnya dengan faktor sumber daya manusia, bahan baku, sumber-sumber keuangan dan input lainnya. Mempertimbangkan kondisi energi saat ini banyak negara lebih fokus pada ketersediaan energi yang terbatas. Untuk mewujudkan listrik sebagai salah satu sumber energi bersih, maka penyelarasan antara penawaran dan permintaan menjadi sebuah tantangan bagi para pengambil kebijakan. Produktivitas industri dari sisi permintaan dan mekanisme harga dari sisi penawaran dapat dipertimbangkan sebagai alat yang tangguh dalam mengambil keputusan, mengelola dan mengawasi permintaan konsumsi listrik untuk industri.

Dalam studi ini, sektor yang mengkonsumsi listrik dibagi dalam sektor pertanian dan sektor industri. Mengacu pada keberagaman industri dari sisi

commit to user

peralatan, produk, teknologi, proses dan konsumsi energi, maka sektor industri dalam mengkonsumsi listrik dibagi dalam dua kelompok, yaitu industri dengan konsumsi energi tinggi dan industri dengan konsumsi energi rendah, dan model permintaan disajikan untuk setiap sektor secara terpisah. Tiga jenis industri yang ditempatkan dalam kelompok pertama (industri dengan konsumsi energi tinggi), yaitu industri kimia, logam dasar, dan mineral bukan logam. Kemudian yang termasuk dalam kelompok kedua (industri dengan konsumsi energi rendah) adalah industri pangan, tekstil, kertas, dan industri-industri penghasil mesin.

Metode analisis *Ordinary Least Squares* (OLS) digunakan untuk menduga dan meramalkan ketiga persamaan tersebut secara terpisah. Data yang digunakan adalah data time series pada periode 1979-2003. Temuan utama dari studi ini menyebutkan: (1) Untuk model permintaan listrik pada industri dengan konsumsi listrik tinggi, intensitas listrik dan harga substitusi berpengaruh positif; (2) Pada industri dengan konsumsi listrik rendah, jumlah pelanggan, berpengaruh positif dan signifikan; dan (3) Pada sektor pertanian, jumlah konsumsi listrik periode yang lalu berpengaruh positif dan signifikan.

Tubss (2008) dalam studinya telah membangun model simulasi permintaan dan penawaran energi di Kanada. Studi yang dilakukan oleh Tubss (2008) dimotivasi oleh keinginannya untuk menggunakan model regresi berganda dan model perdagangan antar wilayah ketika mengevaluasi kebijakan iklim di Kanada. Suatu model penawaran dan permintaan energi yang terintegrasi antara Kanada dan Amerika Serikat secara khusus penting untuk menganalisis kebijakan iklim Kanada karena perekonomian Kanada terintegrasi secara mendalam dengan

commit to user

perekonomian Amerika Serikat. Spesialisasi Kanada dalam komoditas membuat perekonomiannya mudah dipengaruhi oleh perubahan harga komoditas serta perubahan biaya produksi domestik yang diakibatkan oleh kebijakan iklim. Suatu model Kanada dan Amerika Serikat yang terintegrasi dapat digunakan untuk menganalisis manfaat dari koordinasi kebijakan antara Kanada dan Amerika Serikat. Studi ini memiliki tujuan sebagai berikut: (1) Membangun model simulasi penggunaan energi Kanada dan Amerika Serikat, (2) Menghubungkan model permintaan energi dengan model penawaran energi menggunakan model perdagangan energi internasional, dan (3) Menggunakan model terintegrasi untuk melakukan simulasi terhadap sejumlah skenario terhadap kebijakan iklim Kanada dan Amerika Serikat pada masa mendatang.

Model CIMS Kanada digunakan sebagai langkah awal untuk membangun dua model baru sektor perekonomian Kanada dan Amerika Serikat. Data dari *Energy Information Administration* (EIA) Amerika Serikat dan *National Energy Modelling System* (NEMS) digunakan dalam konstruksi model sektor Amerika Serikat. Data teknologi dari Model Kanada digunakan dalam model Amerika Serikat untuk sebuah perluasan yang besar, dengan penyesuaian untuk mencocokkan penggunaan dan emisi energi Amerika Serikat. Referensi EIA dari *Annual Energy Outlook 2006* digunakan untuk merumuskan skenario output perekonomian dan harga energi. Dari studi ini dapat disimpulkan bahwa peramalan efektivitas dan dampak perekonomian dari kebijakan-kebijakan publik untuk mengatasi masalah perubahan iklim membutuhkan model ekonomi energi yang tepat. Studi ini merupakan langkah awal integrasi model teknologi bottom-

commit to user

up dan model makro ekonomi *top-down*. Hasil temuan utama dari studi ini menyebutkan bahwa output pada masa mendatang menurut sektor energi akan berkurang ketika ditetapkan harga terhadap emisi di Kanada. Kebijakan iklim Amerika Serikat juga menentukan pengurangan emisi di Kanada.

Studi perencanaan energi di China yang dilakukan oleh Shan *et.al.* (2011) dimaksudkan untuk memproyeksi permintaan energi di China selama 20 tahu kedepan. Langkah awal dalam studinya adalah menganalisis kondisi eksisting energi di China, kemudian dengan menggunakan model LEAP mereka melakukan simulasi permintaan energi dan bauran energi primer di tahun 2020 dan tahun 2030. Proyeksi menggunakan skenario yang berbeda yaitu skenario pembangunan ekonomi, efisiensi energi, dan skenario struktur energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa permintaan total energi primer mencapai 4840-5070 Mtce pada tahun 2020, dan 5580-5870 Mtce pada tahun 2030. Pangsa batubara dalam komposisi bauran energi primer menurun, sementara minyak, gas alam, dan energi non fosil meningkat. Dengan meningkatnya pemakaian energi non fosil maka pada tahun 2020 intensitas emisi gas CO₂ akan menurun lebih dari 45% pada tahun 2020.

Dari studi Shan, *et al.* (2011) dinyatakan bahwa transformasi model pembangunan ekonomi dapat memperlambat laju pertumbuhan energi konsumsi, memperbaiki struktur energi, mengurangi pangsa batubara, minyak dalam konsumsi energi primer, meningkatkan porsi gas alam dan energi non-fosil, dan secara signifikan mengurangi intensitas emisi karbon. Selanjutnya Shan, *et al.* (2011) menyimpulkan konsumsi energi final akan tumbuh pesat, namun pangsa

commit to user

konsumsi energi total primer akan menurun. Listrik akan memiliki pangsa yang naik secara signifikan dalam konsumsi energi final, sementara kecenderungan batubara adalah sebaliknya. Adapun sub-sektor konsumsi energi, sektor industri akan menempati posisi yang dominan dalam konsumsi energi final; proporsi konsumsi energi pertanian dan perumahan secara bertahap akan menurun, proporsi digunakan di sektor transportasi akan naik.

Peneliti lain yang juga dari China, Feng, *et al.* (2011) dalam studinya yang juga menggunakan model LEAP untuk memprediksi dampak alternatif pengembangan yang berbeda terhadap permintaan energi masa depan struktur energi, dan emisi karbon, dari tahun dasar 2007-2030, berdasarkan tiga skenario, yaitu : skenario *Business As Usual* (BAU), berdasarkan kebijakan (BP), dan skenario karbon rendah (LC). Sementara itu berdasarkan skenario kebijakan dan karbon rendah, sektor industri tercatat sebagai sektor yang memiliki potensi besar dalam hal pengurangan konsumsi energi dan emisi gas karbon, dibandingkan dengan skenario BAU. Hal yang paling penting adalah bahwa sektor bangunan dan transportasi diindikasikan sebagai sektor yang menjanjikan dalam rangka pencapaian pengendalian yang efektif terhadap konsumsi energi dan emisi gas karbon. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan wawasan ke Beijing terhadap masalah energi di masa depan dan menyoroti langkah yang mungkin untuk mengembangkan kota rendah karbon yang berkelanjutan.

Lebih lanjut Cai, *et al.* (2008) melakukan identifikasi strategi yang optimal dalam perencanaan sistem manajemen energi dalam kondisi ketidakpastian, melalui pengembangan model *fuzzy-random interval programming* (FRIP).
commit to user

Metode tersebut didasarkan pada integrasi antara programasi linier interval (ILP), *superiority–inferiority-based fuzzy-stochastic programming* (SI-FSP) dan *mixed integer linear programming* (MILP). Kompleksitas dalam sistem manajemen energi dapat tercermin secara sistematis, sehingga penerapan proses pemodelan sangat mungkin dapat ditingkatkan. Dalam studi ini, (FRIP) model telah dikembangkan untuk mendukung perencanaan energi secara efektif atas sistem manajemen di tingkat regional di bawah ketidakpastian ganda. Solusi yang dihasilkan dapat memberikan pola sumber daya energi yang optimal serta opsi pengembangan kapasitas layanan dengan sistem biaya yang minimal, keandalan sistem yang maksimal, serta ketahanan energi yang maksimal.

Model FRIP juga dapat digunakan untuk memfasilitasi ekspansi kapasitas perencanaan energi dalam konteks multi-periode dan multi-pilihan. Kompleksitas dalam sistem manajemen energi dapat tercermin secara sistematis, sehingga penerapan dari proses pemodelan sangat mungkin untuk ditingkatkan. Metode yang dikembangkan telah diterapkan pada kasus jangka panjang terhadap manajemen perencanaan energi di tiga kota. Solusi yang sangat berguna untuk perencanaan manajemen sistem energi yang dihasilkan.

Penelitian tentang perencanaan energi juga dilakukan oleh Nilson dan Martensson (2002). Riset dilakukan di 12 kota di Swedia yang melakukan perencanaan energi dalam rangka mengendalikan dan mengembangkan sistem energi. Dalam analisisnya, Nilson, *et al.* (2002) meneliti bagaimana kota mempromosikan upaya pengurangan penggunaan minyak, menggunakan energi yang efisien, dan penggunaan energi terbarukan. Hasil penelitian menunjukkan

commit to user

bahwa muatan dari rencana aksi kebijakan energi nasional secara signifikan berhubungan dengan pengurangan penggunaan minyak, efisiensi energi meningkat, dan meningkatnya penggunaan energi terbarukan.

Studi yang menarik telah dilakukan oleh Zhao Taoa, *et al.* (2011), dalam tajuk prospek pembangunan ekonomi rendah karbon di China. Hasil prediksi berdasarkan skenario menjadi referensi yang penting bagi pemerintah China untuk mengembangkan perekonomian rendah karbon. Empat faktor kritis yaitu PDB per kapita, konsumsi energi, struktur energi, dan emisi CO₂, dianggap sebagai indikator penting untuk mengukur tingkat pembangunan ekonomi rendah karbon. Sementara itu, berdasarkan model LEAP, skenario dasar, skenario rendah karbon, dan skenario pesimis rendah karbon diformulasikan untuk mensimulasikan pembangunan ekonomi rendah karbon di China sampai tahun 2050. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah permintaan energi berdasarkan tiga skenario masing-masing adalah 6095 miliar ton batubara standar, 5236 miliar ton batubara standar, dan 6239 miliar ton batubara standar pada tahun 2050. Studi ini juga menunjukkan bahwa terjadi penurunan emisi gas CO₂ yang cukup besar di China karena intensitas energi yang tinggi. Selain itu substitusi bahan bakar dan penetrasi energi terbarukan juga menunjukkan efek positif terhadap penurunan emisi gas CO₂, hal ini menjadi jaminan yang efektif untuk mencapai ekonomi rendah karbon ekonomi dimana industri sepenuhnya menggunakan batubara bersih dan meningkatkan efisiensi energi.

Studi perencanaan energi dengan menggunakan model LEAP juga dilakukan oleh, BaoGuo, *et al.* (2011), dengan mendesain tiga skenario

pertumbuhan ekonomi China, serta mensimulasikan tingkat elektrifikasi di China pada tahun 2030. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat elektrifikasi China memiliki potensi peningkatan yang lebih besar dalam jangka menengah-panjang dan terdapat perubahan yang cepat dari pola pembangunan ekonomi yang dapat membantu meningkatkan tingkat elektrifikasi. Pada tahun 2015, energi yang digunakan untuk pembangkit akan mencapai 43,3% dari total konsumsi energi primer, sedangkan rasio konsumsi listrik terhadap total konsumsi energi final akan menjadi sekitar 23,1%, pada tahun 2020. Rasio energi yang digunakan untuk pembangkit listrik untuk total konsumsi energi primer akan meningkat menjadi 44,9%, dan rasio konsumsi listrik terhadap konsumsi energi final menjadi 25,6%, pada tahun 2030. Rasio energi yang digunakan untuk pembangkit listrik terhadap total energi primer konsumsi akan sampai 47,2%, dan rasio konsumsi listrik untuk konsumsi energi total akhir akan mencapai sekitar 28,9%.

Di Thailand, studi perencanaan energi menggunakan model LEAP telah dilakukan oleh Wangjiraniran, *et al.* (2011), untuk menelaah dampak perubahan struktur ekonomi terhadap pola konsumsi energi dan efek gas rumah kaca atas penggunaan energi, berdasarkan dua skenario yang berbeda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi memproyeksi permintaan energi sampai dengan tahun 2030. Skenario yang digunakan tanpa melakukan perubahan terhadap struktur ekonomi dan berdasarkan pada kebijakan energi, yang dinamakan skenario referensi (REF). Skema perencanaan dan kebijakan energi, digunakan sebagai pencapaian target yang diinginkan. Skenario dengan target strukturisasi ekonomi disebut “kasus dengan perubahan struktur ekonomi”

commit to user

(ECOS). Dalam kasus ini, kegiatan sektor pertanian dan jasa lebih diutamakan daripada kegiatan di sektor industri.

Berdasarkan studi Wangjiraniran, *et al.* (2011), meyakinkan bahwa perencanaan dan kebijakan energi nasional harus disesuaikan dengan lebih koheren terhadap perkembangan ekonomi dan kondisi sosial negara. Hasil studi juga mengatakan bahwa perencanaan energi harus lebih fokus pada penggunaan energi alternatif untuk menggantikan konsumsi minyak bumi, serta melakukan peningkatan efisiensi di sektor transportasi. Disamping itu, komunitas berbasis produksi bio-fuel menjadi semakin dipertimbangkan untuk meringankan dampak pasokan minyak yang tidak berkelanjutan di sektor pertanian, dan mempersempit kesenjangan antara ekonomi, iklim, dan kebijakan energi.

Sementara itu studi perencanaan energi di Indonesia pernah dilakukan oleh Sugiyono, *et al.* (2006), dengan menerapkan model Markal (*Market Allocation*) memaparkan bahwa model MARKAL merupakan model untuk optimasi penyediaan energi dengan menggunakan teknik LP untuk mengalokasikan penyediaan energi dengan fungsi obyektif meminimumkan total biaya penyediaan energi dan dengan kendala teknologi serta sumber daya energi untuk memenuhi kebutuhan energi. Dalam aplikasi, model MARKAL sudah merupakan perangkat lunak terintegrasi dengan *user interface* yang disebut ANSWER dan dapat dijalankan dengan menggunakan PC. Perangkat lunak GAMS merupakan salah satu modul ANSWER yang digunakan untuk optimasi. Dengan menggunakan PC yang berbasis *Windows* maka proses optimasi dan analisis menjadi lebih interaktif dan relatif mudah untuk dikerjakan. Hasil

commit to user

penelitian menunjukkan bahwa penyediaan tenaga listrik akan didominasi oleh pembangkit listrik batubara, diikuti oleh pembangkit listrik gas dan penggunaan energi terbarukan. Pembangkit tenaga listrik batubara mengalami pertumbuhan sebesar 9.7 persen per tahun. Pada akhir periode analisis, batubara merupakan bahan bakar terbanyak dengan pangsa sebesar 58 persen. Energi terbarukan mempunyai pangsa 20 persen dan pangsa penggunaan gas hanya sebesar 19 persen.

Model LEAP juga sudah digunakan dalam penelitian perencanaan energi di Indonesia. Sugiyono (2010), menggunakan model LEAP untuk pengembangan energi alternatif di Yogyakarta. Alternatif energi yang mungkin untuk dikembangkan dalam mengurangi konsumsi BBM tergantung dari karakteristik sektor penggunaannya. PLTMH dan biogas merupakan energi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan. Sedangkan Pemerintah Daerah Kabupaten Ende (Nusa Tenggara Timur), Kabupaten Timor Tengah Selatan (Nusa Tenggara Timur), Kabupaten Paser (Kalimantan Timur), dan Kabupaten Tapanuli Utara (Sumatera Utara), juga telah melakukan perencanaan energi dengan model LEAP namun sebatas hanya untuk memproyeksi permintaan dan penyediaan energi daerah.

2.8. Pemodelan Energi dengan LEAP

LEAP adalah alat pemodelan terintegrasi yang dapat digunakan untuk melacak konsumsi energi, produksi dan sumber daya energi di semua sektor ekonomi. LEAP merupakan alat pemodelan dengan skenario terpadu yang komprehensif berbasis pada lingkungan dan energi. LEAP bekerja berdasarkan

pada asumsi skenario yang diinginkan oleh pengguna, dimana skenario tersebut didasarkan pada perhitungan dari proses pengkonversian bahan bakar menjadi energi hingga proses energi tersebut dikonsumsi oleh masyarakat. Skenario adalah alur cerita yang konsisten dari tentang bagaimana sistem energi mungkin akan berkembang dari waktu ke waktu. Skenario dalam model LEAP mencakup faktor-faktor yang dapat berubah dari waktu ke waktu, termasuk faktor-faktor yang dapat berubah karena intervensi kebijakan tertentu, atau yang mencerminkan adanya perubahan asumsi-asumsi sosio-ekonomi yang berbeda. Perubahan yang terjadi dalam skenario karena asumsi sosio-ekonomi yang berbeda, dan bukan karena kebijakan yang berbeda, inilah yang kemudian dimaksud dengan sensitivitas.

LEAP merupakan model energi yang mempertimbangkan pendekatan penggunaan akhir energi (*end-use*), sehingga memiliki kemampuan untuk memasukkan berbagai macam teknologi dalam penggunaan energi. LEAP mampu merangkai skenario untuk berapa konsumsi energi yang dipakai, dikonversi dan diproduksi dalam suatu sistem energi dengan berbagai alternatif asumsi kependudukan, pembangunan ekonomi, teknologi, harga dan sebagainya. Hal ini akan memudahkan pengguna untuk mengaplikasikanya dengan tingkat fleksibilitas, transparansi dan kenyamanan yang lebih baik. Pendekatan model *end-use* dalam LEAP memang tidak bisa menangkap sinyal harga ataupun analisis kebijakan berbasis harga, namun dengan penggunaan skenario yang baik memungkinkan untuk mempertimbangkan kebijakan non harga dan perubahan struktural secara lebih detail.

LEAP mendukung untuk melakukan proyeksi permintaan energi akhir maupun permintaan pada energi yang sedang digunakan secara detail termasuk cadangan energi, transportasi, dan lain sebagainya. Pada sisi penawaran, LEAP mendukung berbagai metode simulasi untuk pemodelan baik perluasan kapasitas maupun proses pengiriman dari pembangkit. LEAP juga dapat digunakan untuk menghitung profil emisi dan juga dapat digunakan untuk membuat skenario emisi dari sektor non- energi. Metodologi pemodelan dalam LEAP adalah akunting (*accounting*). Permintaan energi maupun pemasokan energi dalam metode akunting ini dihitung dengan menjumlahkan pemakaian dan pemasokan energi masing-masing jenis kegiatan atau sektor ekonomi.

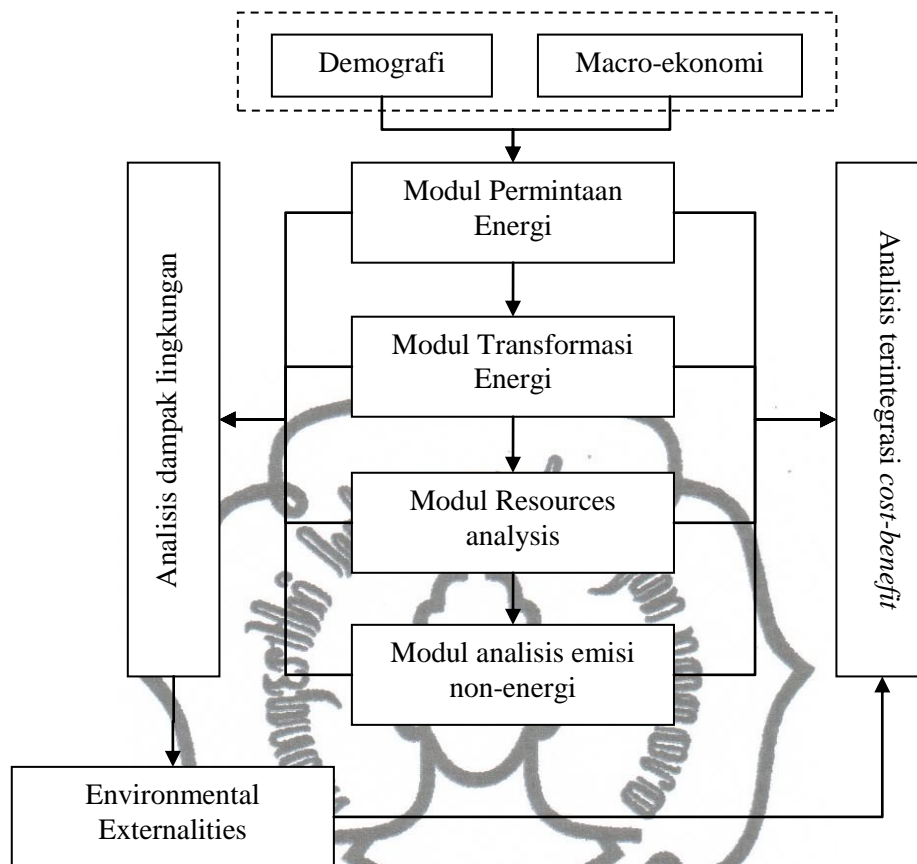
LEAP terdiri dari 5 buah modul utama, yaitu modul variabel penggerak, modul analisis permintaan energi, modul transformasi energi, modul analisis sumber daya, dan modul teknologi dan dampak lingkungan. Modul variabel penggerak terdiri dari variabel demografi dan makro-ekonomi. Variabel penggerak ini yang akan menentukan permintaan energi di dalam sistem energi yang dimodelkan dengan LEAP. Di dalam modul analisis permintaan energi, besar permintaan energi ditentukan oleh aktivitas penggunaan energi. Aktivitas ini direpresentasikan oleh variabel yang didefinisikan di dalam variabel penggerak. Modul transformasi energi digunakan untuk mensimulasikan proses penyediaan energi. Modul transformasi energi ini dapat terdiri dari proses yang menghubungkan antara sumber energi dengan pengguna energi dan proses konversi energi primer menjadi energi sekunder atau final. Modul analisis sumber daya digunakan untuk mensimulasikan ketersediaan atau cadangan energi primer.

commit to user

Modul ini juga dapat digunakan untuk mensimulasikan aktivitas ekspor dan impor dari suatu wilayah ke wilayah lainnya. Analisis ekspor dan impor sumber daya energi primer dapat dilakukan dengan menggunakan fasilitas *region* yang ada di dalam LEAP.

Modul analisis dampak lingkungan terdiri dari modul teknologi di dalam modul permintaan energi dan modul transformasi energi serta modul analisis dampak lingkungan dari sektor non-energi. Dari sisi permintaan energi, setiap jenis teknologi pengguna energi dapat disimulasikan setiap jenis emisi yang dihasilkan. Demikian juga di sisi penyediaan energi, emisi yang dihasilkan dapat disimulasikan melalui proses-proses penyediaan energi. Setiap proses penyediaan energi yang berbeda akan menghasilkan emisi-emisi yang berbeda pula. Dengan demikian, analisis dampak lingkungan dapat dilakukan secara terintegrasi baik dari sisi permintaan energi maupun dari sisi penyediaan energi.

Analisis *cost-benefit* dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas modul *cost* di dalam LEAP. Analisis ini dapat dilakukan baik dari sisi permintaan energi maupun sisi penyediaan energi. Dari sisi permintaan energi, analisis ini dapat dilakukan untuk setiap jenis teknologi pengguna energi untuk jenis-jenis biaya kapital, operasi dan pemeliharaan, dan biaya *replacement*. Di sisi penyediaan energi, analisis yang dapat dilakukan adalah analisis biaya yang terdiri dari biaya kapital, biaya operasi dan pemeliharaan, biaya bahan bakar, dan biaya modul penyediaan energi yang tidak dipengaruhi oleh yang bersifat variabel.



Gambar 2.1. Diagram Alir Perhitungan di dalam LEAP

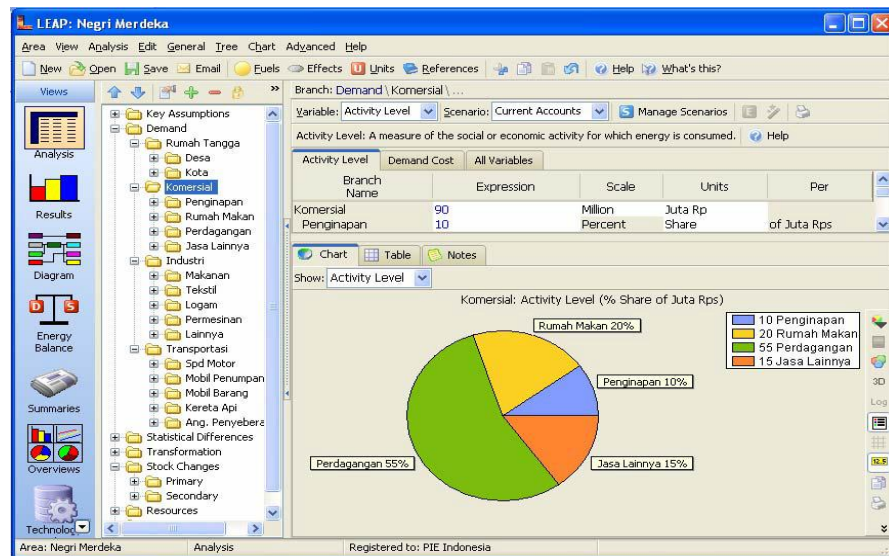
Dari sisi penyediaan energi, LEAP menyediakan fasilitas perhitungan biaya yang disebabkan oleh emisi-emisi yang dihasilkan. Analisis ini dilakukan melalui modul *environment externality*. Melalui modul ini, setiap biaya yang dikeluarkan untuk setiap jenis emisi yang dihasilkan dapat disimulasikan sebagai bagian dari analisis *cost-benefit* yang terintegrasi.

Secara ringkas, kapabilitas pemodelan sistem energi dengan menggunakan LEAP adalah:

1. Permintaan energi:
 - a. Pemodelan permintaan energi secara terstruktur,

commit to user

- b. Pemodelan permintaan energi berdasarkan perubahan penggunaan jenis energi,
2. Konversi energi:
 - a. Simulasi jenis-jenis konversi energi (pembangkit listrik, transmisi dan distribusi energi listrik, kilang minyak, proses pembuatan arang kayu, penambangan batubara, ekstraksi minyak bumi, produksi ethanol, dan lain sebagainya),
 - b. Sistem *dispatch* pembangkit listrik berdasarkan LDC,
 - c. Pemodelan ekspansi kapasitas dengan metode *exogenous* dan *endogenous*,
3. Sumber daya energi:
 - a. Kebutuhan, produksi, dan ekspor dan impor energi primer,
 - b. Perhitungan berdasarkan luar-wilayah untuk sumber energi biomasa dan energi terbarukan,
4. Biaya: semua biaya yang diperlukan di dalam sistem energi yang terdiri dari biaya kapital, operasi dan pemeliharaan, bahan bakar, efisiensi energi, dan dampak lingkungan, dan
5. Dampak lingkungan:
 - a. Semua emisi dan dampak langsung dari sistem energi,
 - b. Sumber-sumber sektor non-energi.



Gambar 2.2. Fitur LEAP

Dalam penelitian ini karena fokus pada permintaan atau penggunaan energy, maka dari data makroekonomi dan data demografi kemudian digunakan untuk melakukan proyeksi penggunaan energi. Pemodelan permintaan energi dilakukan secara terstruktur berdasarkan perubahan penggunaan jenis energi.

2.9. Kerangka Penelitian

Berdasarkan konsep dan penelitian empiris yang telah diuraikan pada bagian tinjauan pustaka dan mengacu pada perumusan masalah dan tujuan penelitian, ada kaitan yang erat antara konsumsi energi dengan perkembangan perekonomian suatu negara sebagai landasan dalam melakukan perencanaan energi. Merujuk pada hasil ulasan terhadap sejumlah literatur yang telah dipaparkan pada bagian pendahuluan dan tinjauan pustaka dapat dinyatakan bahwa permasalahan konsumsi dan penyediaan energi dalam kaitannya dengan perkembangan perekonomian di wilayah Provinsi Jawa Tengah dan DIY (Daerah Istimewa Yogyakarta) dapat dilihat dari sisi konsumsi (permintaan) dan dari sisi penyediaan (penawaran).

commit to user

Dari sisi konsumsi, sektor energi baik di wilayah Provinsi Jawa tengah maupun DIY paling tidak dihadapkan pada dua permasalahan. *Pertama*, untuk mencapai pemakaian energi yang efisien menghadapi tantangan yang cukup berat karena pemanfaatan energi di kedua wilayah ini relatif boros. Hal ini diperlihatkan oleh tingkat elastisitas pemakaian energi yaitu pertumbuhan pemakaian energi dibandingkan dengan pertumbuhan ekonomi. Elastisitas konsumsi energi terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) di DIY cukup tinggi, yaitu 1,37. Sedangkan di Provinsi Jawa Tengah mencapai 1,3. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan ekonomi di kedua wilayah ini masih bergantung pada pertumbuhan konsumsi energi yang cukup besar. Angka tersebut juga memperkuat argumentasi bahwa penggunaan energi di Provinsi Jawa tengah maupun DIY belum produktif. Selain elastisitas pemanfaatan energi, intensitas konsumsi energi juga tinggi, yang ditunjukkan oleh jumlah konsumsi energi per PDRB yang tinggi dan jumlah konsumsi energi per kapita yang juga tinggi serta cenderung mengalami peningkatan. *Kedua*, harga energi, khususnya BBM dan LPG yang rendah/murah karena disubsidi oleh pemerintah sehingga belum mencapai harga keekonomiannya.

Dari sisi penyediaan, sektor energi di DIY juga dihadapkan pada dua permasalahan utama yang menyebabkan masih terbatasnya penyediaan energi di DIY. *Pertama*, DIY merupakan daerah yang tidak memiliki sumber energi, sehingga tidak adanya sumber energi baik energi fosil maupun energi listrik maka energi yang dimanfaatkan untuk kebutuhan aktivitas ekonomi semua tergantung pasokan dari luar wilayah. Pasokan energi listrik melalui sistem jaringan

commit to user

interkoneksi JAMALI, sehingga dalam perencanaan sistem pembangkit juga disesuaikan dengan pengembangan sistem pembangkit yang tergabung pada sistem interkoneksi JAMALI. Meskipun wilayah Provinsi Jawa Tengah memiliki beberapa sumber energi fosil, namun produksi tersebut juga digunakan pula untuk mensuplay daerah lain, yaitu DIY, sehingga semua produksi energi listrik di wilayah Provinsi Jawa Tengah tidak memungkinkan untuk dinikmati sendiri dalam memenuhi kebutuhan energi masyarakat.

Kedua, potensi energi terbarukan yang terdapat di kedua wilayah penelitian belum dapat dimanfaatkan secara optimal. Kondisi ini disebabkan karena investasi energi terbarukan atau energi alternatif masih sangat terbatas dan bahkan cenderung menurun. Di sisi lain masih adanya masalah ketidakpastian dan inkonsistensi regulasi, dan kebijakan penetapan harga yang rendah sehingga tidak menarik bagi investor.

2.9.1. Konsep Perencanaan Energi

Perencanaan energi pada dasarnya merupakan suatu perkiraan demand dan supply energi di masa mendatang (Schrattenholzer, 2005). Dalam analisis permintaan energi, dikenal istilah elastisitas dan intensitas permintaan energi atau untuk yang sudah terjadi adalah elastisitas dan intensitas pemakaian energi sebagai indikator tingkat efisiensi penggunaan energi (Winarno, 2007). Elastisitas permintaan energi adalah suatu ukuran atau parameter yang menyatakan perubahan permintaan energi dengan adanya perubahan parameter yang lain, misalnya: tingkat pendapatan maupun harga energi (Yusgiyantoro, 2000). Elastisitas penggunaan atau permintaan energi merupakan besaran yang tidak

commit to user

berdimensi. Dalam skala nasional atau regional, pendapatan dapat berupa PDB atau PDRB. Persamaan elastisitas penggunaan adalah sebagai berikut:

$$\text{Elastisitas Energi (e)} = \frac{\Delta \text{Volume Permintaan Energi}}{\Delta \text{Pendapatan}} \text{-----} \quad (2.37)$$

Intensitas pemakaian energy (EI) merupakan parameter yang menyatakan besarnya pemakaian energy untuk melakukan suatu aktivitas tertentu. Intensitas energi merupakan rata-rata tahunan konsumsi energi (*Energy Consumption=EC*) per unit aktivitas (*activity level*). Secara matematik ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$EI = \frac{EC}{\text{Activity level}} \text{-----} \quad (2.38)$$

Aktivitas total teknologi adalah hasil dari activity level pada semua cabang teknologi yang akan mempengaruhi demand sub sektor.

$$TA_{b,s,t} = A_{b1,s,t} \times A_{b2,s,t} \times A_3 \text{-----} \quad (2.39)$$

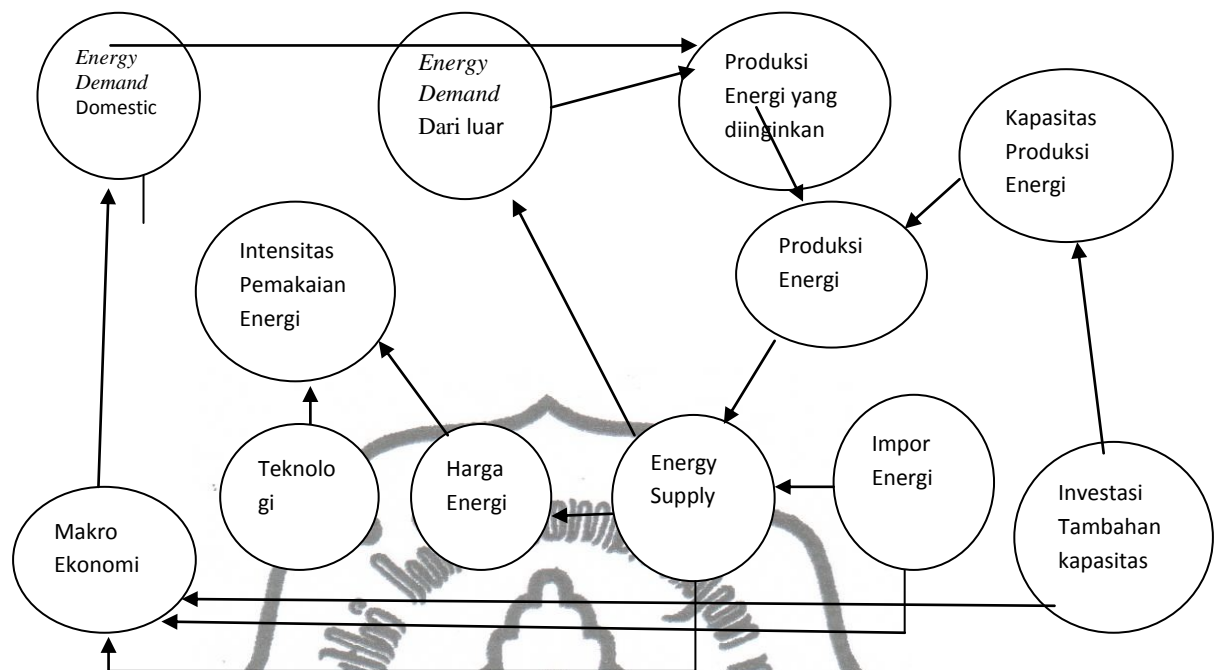
Dimana A_b adalah level aktivitas pada sektor tertentu b , b' adalah induk dari cabang b , b'' induk cabang b' , dan seterusnya.

Dari sisi *supply* atau pasokan energi, sumber daya energi dapat ditemukan di alam dalam berbagai bentuk, baik berupa energi tak terbarukan maupun energi terbarukan. Keberadaan sumber daya energi tak terbarukan diukur dari besarnya pasokan, sedangkan untuk energi terbarukan keberadaannya diukur dari besarnya potensi yang dapat dibangkitkan. Dengan demikian supaya perencanaan energy dapat dilakukan dengan baik maka hal yang perlu diketahui adalah bagaimana

commit to user

mengukur energy. Sistem yang dinyatakan dengan angka dapat memungkinkan membuat proyeksi dan analisis kebijakan.

Dalam perkiraan *demand-supply* energi, terkandung berbagai hal yang berpengaruh, seperti: kondisi makroekonomi, kebijakan energi, perkembangan teknologi pemakaian energi, kebijakan pemanfaat anergi, dan lain-lain (Winarno, 2007). Sedangkan untuk melakukan perencanaan energi diperlukan dasar-dasar pengetahuan tentang: makro dan mikro ekonomi, analisis permintaan energi, sumber daya energi, teknologi produksi energi, ekonomi teknik, aspek hukum, dan analisis kebijakan. Langkah penting yang harus dilakukan dalam perencanaan efisiensi energi adalah mengidentifikasi kelompok data yang dibutuhkan bagi analisa permintaan energi (Connolly, *et al.* 2009), mengkaji berbagai sumber daya energi, untuk memenuhi permintaan, dan mengembangkan berbagai alternatif keseimbangan permintaan dan penawaran energi (Taoa, *et al.* 2011).



Gambar 2.3. Diagram Perencanaan Energi

Konsep perencanaan energi akan memberikan analisis terhadap berbagai masalah di sektor energi secara menyeluruh yang mengacu pada keseimbangan antara permintaan dan penyediaan energi (Taoa, *et al.* 2011; dan Shan, *et al.* 2011). Alternatif necara permintaan dan penyediaan energi berdasarkan proyeksi permintaan di satu sisi dan proyeksi alokasi sumber daya energi yang ditawarkan dan teknologi energi di sisi yang lainnya. Perencanaan energi diawali dengan penyusunan sistem data dasar yang meliputi data ekonomi, data kependudukan, teknologi, dan data mengenai cadangan atau potensi energi yang dimiliki (Ghanadan, 2005). Selanjutnya, proyeksi permintaan dan penyediaan energi dilakukan berdasarkan skenario pertumbuhan ekonomi dan penduduk serta perkembangan teknologi dan ketersediaan cadangan atau potensi sumber energi yang ada (Karabulut, *et al.* 2008). Selain itu, perhitungan investasi, penetapan kebijakan dari sisi permintaan dan ~~penyediaan~~ energi, serta analisis mengenai

dampak lingkungan juga harus dilakukan untuk memperoleh perencanaan energi yang terpadu.

Sementara itu perancangan model energi diawali dengan penyusunan skenario-skenario energi. skenario energi ini terdiri dari skenario dasar yang akan digunakan sebagai skenario referensi dan skenario konservasi energi. Skenario konservasi energi dibagi menjadi beberapa skenario sesuai dengan aktivitas energi di setiap sektor aktivitas (Ghanadan, *et al.* 2005). Dalam melakukan perencanaan energi terdapat beberapa hal yang harus dilakukan sehingga diperoleh perencanaan energi yang terpadu, Ghanadan, *et al.* (2005); Karabulut, *et al.* (2008); XianDong, *et al.* (2011); Taoo, *et al.* (2011); Feng, *et al.* (2011); dan Shan, *et al.* (2011); menggunakan berikut langkah-langkah perencanaan energi sebagai berikut:

a. Menyusun Skenario Pertumbuhan ekonomi

Pola pembangunan ekonomi menentukan kebutuhan akan energi, sementara faktor harga dan ketersediaan energi dapat membentuk struktur dan pertumbuhan ekonomi. Data yang diperlukan di sini adalah komposisi dan pertumbuhan PDB atau PDRB masing-masing sektor ekonomi, termasuk sub sektornya. Pembangunan ekonomi memiliki sejumlah ketidakpastian, karena itu harus dikembangkan skenario pertumbuhan ekonomi dengan menggunakan asumsi skenario pertumbuhan ekonomi tinggi, sedang atau rendah, dengan menggunakan metode trend. Sektor ekonomi utama yang perlu diperhatikan adalah sektor rumah tangga, industri, komersial, transportasi, dan sektor lainnya. Setiap sektor terdiri dari berbagai sub sektor utama yang menggunakan beragam

commit to user

sumber daya energi. Untuk itu unit pengukuran yang sama harus dikonsolidasikan pada setiap sektor, yang dalam penelitian ini menggunakan satuan Setara Barrel Minyak (SBM). Tujuan utamanya adalah menghasilkan pola pertumbuhan permintaan energi berdasarkan pemakai akhir dan sektor dalam bentuk agregat.

b. Menyusun Proyeksi Permintaan Energi

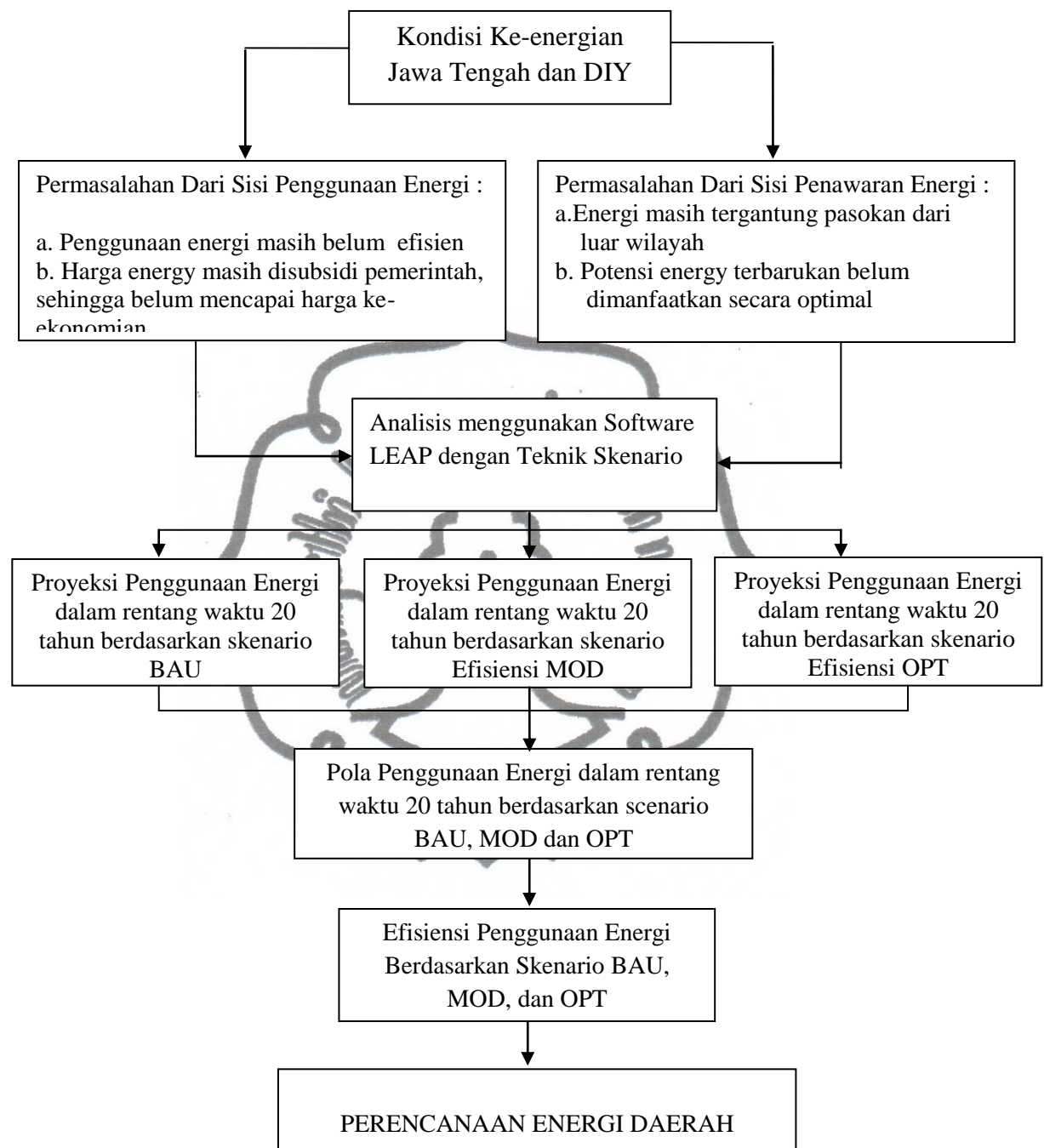
Permintaan energi dalam penelitian ini ditunjukkan dengan perkembangan konsumsi energi atau energi yang terpakai berdasarkan sektor ekonomi : sektor rumah tangga, transportasi, industri, komersial, dan sektor lainnya. Energi yang terpakai merupakan energi yang digunakan secara nyata oleh konsumen untuk memenuhi kebutuhannya. Dalam penelitian ini, cara atau metode dalam memproyeksikan permintaan energi adalah dengan menghubungkan tingkat konsumsi energi saat ini dengan aktivitas dan tingkat pertumbuhan ekonomi.. Dalam konteks ini akan dibedakan antara konsumsi energi, yaitu total sumber daya energi yang habis dipakai dengan kegunaan energi yaitu net energi yang sesungguhnya digunakan oleh peralatan pemakai akhir untuk setiap sektor ekonomi. Perbedaan keduanya menunjukkan hilangnya total sumber daya energi dalam proses konversi. Faktor-faktor dominan perencanaan energi, diantaranya adalah pengaruh perubahan teknologi, potensi substitusi antar-energi, potensi substitusi antar-faktor dan dampak interaksi energi/ekonomi. Perubahan teknologi terkait dengan potensi penghematan dan substitusi perangkat pemakai akhir yang disempurnakan baik yang baru atau alternatifnya. Potensi substitusi antar-energi terkait dengan pengembangan alternatif sumber daya energi domestik dan impor yang murah atau potensi keseluruhan dalam jangka panjang seperti kebijakan

commit to user

diversifikasi. Dalam substitusi antar faktor diupayakan kombinasi faktor produksi yang efisien. Interaksi energi dengan ekonomi makro serta faktor-faktor dominan akan mempengaruhi permintaan energi di masa depan.

Dengan demikian secara ringkas pemetakan kerangka pemikiran dalam penelitian ini dapat dilihat seperti gambar berikut:





Gambar 2.4. Desain Kerangka Penelitian