

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Pendekatan Penelitian

Fokus utama dalam penelitian ini adalah menganalisis perencanaan energi yang pada dasarnya merupakan suatu perkiraan terhadap *demand* dan *supply* energi di wilayah Provinsi Jawa Tengah dan DIY di masa mendatang. Perkiraan permintaan energi di kedua wilayah ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan *demand* artinya permintaan energi dihitung dari permintaan energi oleh masing-masing sektor pemakai energi. Pendekatan *demand* memang rumit untuk dilakukan serta lebih banyak membutuhkan data, tetapi pendekatan *demand* ini dapat lebih menggambarkan permintaan energi yang sesungguhnya dan dapat lebih rinci dalam menghitung permintaan energi per sektor pemakaian. Proyeksi permintaan energi yang dibuat secara rinci ini akan memberikan pula sebuah gambaran tentang perencanaan penyediaan energi di masa mendatang yang sesuai dengan kebutuhan dari sisi konsumen energi. Dengan demikian, perencanaan penyediaan energi didasarkan pada kebutuhan energi yang dilakukan melalui pendekatan perhitungan proyeksi kebutuhan energi.

Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *end-use* yang juga dikenal sebagai pendekatan *engineering model*, yang dikombinasikan dengan metode skenario. Pendekatan ini akan lebih detail walaupun secara perhitungan menggunakan fungsi yang lebih sederhana. 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. Dalam pelaksanaan kegiatan ini, model energi yang akan dirancang sebagai model energi dengan pendekatan *bottom up*, dengan menggunakan bantuan *software* LEAP. Sebagai bagian dari kegiatan ini juga dikembangkan skenario teknologi energi di dalam model energi yang akan dirancang. Dengan model energi seperti ini diupayakan akan dapat memberikan informasi yang lebih rinci tentang penggunaan energi berdasarkan teknologi pengguna energi serta dapat memberikan gambaran yang lebih rinci terhadap pola konsumsi energi di suatu daerah.

### 3.2. Asumsi Dasar Penelitian

Fokus utama dalam penelitian ini adalah menganalisis perencanaan efisiensi energi yang pada dasarnya merupakan suatu perkiraan terhadap permintaan energi di wilayah Provinsi Jawa Tengah dan DIY di masa mendatang. Permintaan energi di wilayah Jawa Tengah dan DIY disusun berdasarkan tahun 2014 sebagai tahun dasar dan tahun 2030 sebagai tahun akhir proyeksi. Permintaan energi disusun berdasarkan metode intensitas energi dan menggunakan perangkat lunak LEAP sebagai alat bantu dalam melakukan perhitungan prakiraan permintaan energi. Intensitas energi ini merupakan parameter yang menyatakan penggunaan energi untuk setiap aktivitas.

Variabel penggerak sektor energi dalam penelitian ini adalah berupa pertumbuhan *share* sektor ekonomi Jawa Tengah dan DIY. Selain itu, variabel penggerak lainnya yang diperlukan adalah penduduk atau demografi yang terdiri dari jumlah penduduk, jumlah rumah tangga, pertumbuhan penduduk, dan

*commit to user*

komposisi penduduk desa dan kota. Data tentang keadaan perekonomian dan kependudukan ini selanjutnya akan digunakan untuk merancang skenario energi yang akan digunakan dalam pengembangan model energi.

Permintaan energi dibagi menjadi lima (5) sektor aktivitas, yaitu sektor rumah tangga, komersial, industri, transportasi, dan sektor lainnya. Sektor lainnya terdiri dari sektor pertanian, pertambangan, dan sektor konstruksi. Aktivitas di sektor rumah tangga direpresentasikan oleh jumlah rumah tangga, sehingga intensitas energi untuk sektor rumah tangga adalah banyaknya konsumsi energi yang digunakan untuk setiap rumah tangga. Jumlah penduduk dan pertumbuhan penduduk merupakan variabel yang langsung berhubungan dengan jumlah rumah tangga dan pertumbuhan jumlah rumah tangga. Dengan demikian, pertumbuhan jumlah rumah tangga diasumsikan sejalan dengan pertumbuhan penduduk. Di dalam sektor rumah tangga, pemanfaatan energi dibagi untuk daerah pedesaan dan perkotaan. Baik pedesaan maupun perkotaan dibagi lagi menjadi kelompok pendapatan yang memiliki pola konsumsi energi yang berbeda. Pola ini terjadi sebagai akibat perbedaan keadaan sosial-ekonomi di sektor rumah tangga.

Aktivitas di sektor komersial, industri, dan sektor lainnya direpresentasikan dengan nilai tambah PDRB untuk masing-masing sektor. Untuk ketiga sektor ini, parameter intensitas energi menyatakan banyaknya energi yang digunakan untuk setiap nilai tambah yang dihasilkan oleh ketiga sektor ini. Sektor transportasi terdiri dari moda jalan raya dan moda non-jalan raya. Aktivitas transportasi moda jalan raya yang terdiri dari mobil penumpang, mobil barang, sepeda motor, dan bus direpresentasikan oleh jumlah kendaraan. Dalam sektor transportasi, intensitas

*commit to user*

energi adalah banyaknya energi yang digunakan oleh setiap unit kendaraan. Sedangkan untuk transportasi moda non-jalan raya yang terdiri dari kereta api dan pesawat udara, aktivitas direpresentasikan oleh jarak tempuhnya. Intensitas energi untuk sektor transportasi moda non-jalan raya ini menyatakan banyaknya energi yang digunakan untuk setiap kilometer jarak tempuh.

Selanjutnya, perhitungan permintaan energi disusun berdasarkan dua buah skenario, yaitu skenario *Business as Usual* (BAU), dan Efisiensi Energi (EE) yang terdiri dari skenario efisiensi yang moderat (MOD), dan optimis (OPT). Dalam skenario BAU, perhitungan prakiraan energi didasarkan pada pola penggunaan energi yang sama seperti yang terjadi pada tahun dasar. Dalam skenario ini, belum ada intervensi kebijakan baru mengenai pola konsumsi energi dalam hal konservasi energi dan penggunaan sumber-sumber energi terbarukan sebagai sumber energi primer. Skenario Efisiensi Energi baik yang Moderat (MOD) maupun Optimis (OPT) dikembangkan berdasarkan skenario BAU dengan intervensi kebijakan energi dalam hal efisiensi energi dan energi terbarukan. Dalam skenario MOD, target-target konservasi energi dan pengembangan energi terbarukan lebih rendah jika dibandingkan dengan skenario OPT. Target konservasi energi dalam bentuk peningkatan efisiensi penggunaan energi untuk skenario MOD didasarkan pada target yang secara rasional yang dapat dicapai dengan biaya menengah. Sedangkan dalam skenario OPT, target konservasi energi adalah target maksimal yang mungkin dicapai sesuai dengan potensi efisiensi energi yang ada.

Skenario Efisiensi Energi didasarkan pada potensi efisiensi energi yang diperoleh dari hasil penelitian terdahulu. Skenario efisiensi energi diimplementasikan untuk sektor rumah tangga, sektor komersial, sektor industri, Skenario efisiensi energi belum dapat diimplementasikan untuk sektor transportasi karena belum tersedianya data potensi efisiensi energi di D.I Yogyakarta. Potensi efisiensi energi dapat dilihat pada Tabel.3.1.

Tabel 3.1. Potensi Efisiensi Energi di Daerah Istimewa Yogyakarta

No.	Sektor	Potensi Efisiensi Energi
1	Sektor Industri	15 - 20%
2	Sektor Rumah Tangga	10 - 25%
3	Sektor Komersial	25 - 30%
4	Sektor Lainnya	25 - 30%

Sumber : Dinas PUP dan ESDM DIY, 2011

Batas bawah potensi penghematan energi akan digunakan untuk skenario efisiensi energi Moderat, sedangkan batas atas potensi penghematan energi digunakan untuk skenario efisiensi energi Optimis. Untuk sektor transportasi, efisiensi energi dilakukan dengan pengalihan moda dengan maksud mengoptimalkan penggunaan angkutan umum guna memenuhi kebutuhan perjalanan dalam *km-passanger*. Target pengalihan moda dari moda transportasi pribadi ke moda transportasi umum adalah untuk meningkatkan *load factor* moda bus dari 24,34% menjadi 60% di tahun 2030. Peningkatan *load factor* moda bus dilakukan melalui pengalihan penggunaan sepeda motor dan mobil penumpang pribadi. Besarnya pengalihan dari sepeda motor dan mobil penumpang pribadi berturut-turut adalah sebesar 14% dan 11% di tahun 2030. Potensi penghematan energi di DIY ini akan digunakan pula dalam menganalisis skenario efisiensi di



Jawa Tengah karena penelitian ini fokus pada peoyeksi permintaan atau penggunaan energi di kelua wilayah tersebut dimana untuk kedua wilayah ini pola permintaan energi yang relatif sama.

Skenario energi terbarukan disusun berdasarkan potensi energi terbarukan yang ada di DIY. Pengembangan potensi energi terbarukan untuk skenario MOD dan OPT berdasarkan hasil *Forum Group Discussion* (FGD) yang dilakukan oleh Dinas PUP & ESDM DIY yang melibatkan berbagai pihak terkait masalah energi di DIY, yaitu Dinas ESDM Kabupaten dan Kota di DIY, Forum Komunikasi Energi DIY, LSM pemerhati energi, dan akademisi. Hasil diskusi tersebut direkomendasikan sebagaimana tertuang pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3. Jenis energi terbarukan seperti energi matahari, energi angin, tenaga air, dan biomasa dikembangkan sebagai energi primer dalam penyediaan energi listrik. Biogas dan biodisel digunakan pada sisi permintaan untuk menggantikan sebagian jenis energi yang sesuai. Biogas diasumsikan dapat digunakan untuk mengganti sebagian dari permintaan LPG, kayu bakar, dan briket batubara di sektor rumah tangga. Sistem biogas yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah sistem biogas rumah tangga dengan 2 ekor sapi. Biodisel diimplementasikan untuk mengganti sebagian permintaan minyak solar di sektor komersial, industri, transportasi, dan sektor lainnya.

Tabel. 3.2  
Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Skenario Efisiensi Energi (MOD)

No.	Jenis Energi Terbarukan	Target Pengembangan				
		2010	2015	2020	2025	2030
1.	Energi Matahari	25 kWp	250 kWp	2.000 kWp	2.500 kW	3.000 kWp
2.	Tenaga Air	25 kW	50 kW	600 kW	650 kW	750 kW
3.	Energi Angin	20 kW	40 kW	80 kW	120 kW	160 kW
4.	Biogas	300 unit	1.000 unit	2.500 unit	4.000 unit	5.000 unit
5.	Biodisel	0	0,5% M. Solar	1% M. Solar	1,5% mM. Solar	2% M. Solar
6.	Biomasa	0	100 kW	500 kW	750 kW	2 MW

Sumber : Dinas PUP dan ESDM DIY, Dokumen FGD, 2011

Tabel.3.3  
Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Skenario Efisiensi Energi (OPT)

No.	Jenis Energi Terbarukan	Target Pengembangan				
		2010	2015	2020	2025	2030
1.	Energi Matahari	25 kWp	2 MWp	5 MWp	7,5 MW	10 MWp
2.	Tenaga Air	25 kW	600 kW	750 kW	1.300 kW	1.800 kW
3.	Energi Angin	20 kW	50 MWp	50 MW	75 MW	100 MW
4.	Biogas	300 unit	1.000 unit	2.500 unit	4.000 unit	5.000 unit
5.	Biodisel	0	2,5% M. Solar	5% M. Solar	7,5% M. Solar	10% M. Solar
6.	Biomasa	0	10 MW	15 MW	17,5 MW	20 MW

Sumber : Dinas PUP dan ESDM DIY, Dokumen FGD, 2011

Skenario energi terbarukan juga menggunakan Peraturan Menteri ESDM yaitu PerMen No. 32 tahun 2008. Dari sisi pemakaian, PerMen 32/2008 mengatur bahwa setiap Badan Usaha Niaga BBM dan Pemakai Langsung diwajibkan untuk menggunakan bahan bakar nabati murni di dalam negeri sebagaimana disampaikan pada Tabel 3.4. dan Tabel 3.5.

*commit to user*

Tabel 3.4. Target Tahapan Persentase Pemakaian Biodiesel

Sektor	2009	2010	2015	2020	2025	2030
Transportasi PSO	1%	2.5%	5%	10%	20%	20%
Transportasi Non PSO	1%	3%	7%	10%	20%	20%
Industri dan Komersial	2.5%	5%	10%	15%	20%	20%
Pembangkit Listrik	0.25%	1%	10%	15%	20%	20%

Sumber: PerMen ESDM No.32, Tahun 2008

Tabel 3.5. Target Tahapan Persentase Pemakaian Bioetanol

Sektor	2009	2010	2015	2020	2025	2030
Transportasi PSO	1%	3.0%	5%	10%	15%	20%
Transportasi Non PSO	5%	7%	10%	12%	15%	20%
Industri dan Komersial	5%	7%	10%	12%	15%	20%

Sumber: PerMen ESDM No.32, Tahun 2008

### 3.3. Definisi Operasional

Dalam penelitian ini akan digunakan definisi operasional sebagai berikut :

- a. Energi yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah seluruh energi yang digunakan dalam aktivitas ekonomi secara sektoral di DIY dan Jawa Tengah, baik energi fosil, listrik, maupun energi terbarukan. Sektor pemakai energi mengacu pada Format BPS, yaitu sektor rumah tangga, sektor komersial, sektor industri, sektor transportasi, dan sektor lainnya
- b. Permintaan energi adalah besarnya energi yang dikonsumsi atau digunakan oleh setiap aktivitas sektor ekonomi. Konsumsi atau pemakaian energi dari setiap sektor ekonomi merupakan besarnya layanan energi dikalikan dengan tingkat intensitasnya.



Oleh karena itu permintaan energi setiap aktivitas atau sektor dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Konsumsi Energi} = I_i \times Q_i$$

Dimana :

$Q_i$  = jumlah layanan energi/aktivitas sektor i

$I_i$  = Intensitas penggunaan sektor i

- c. Rentang waktu yang digunakan untuk melakukan proyeksi terhadap permintaan energi di DIY dan Provinsi Jawa Tengah adalah selama 17 tahun (2014-2030) dengan tahun 2010 sebagai tahun dasar. Rentang waktu ini dipilih sesuai dengan *out-look* energi Indonesia Tahun 2014 yang disusun oleh Dewan Energi Nasional (DEN) Republik Indonesia.
- d. Perencanaan energi diawali dengan penyusunan dua (2) skenario energi. Skenario energi ini terdiri dari skenario dasar atau skenario BAU (*Business As Usual*) yang akan digunakan sebagai skenario referensi, dan skenario Efisiensi Energi (EE), yang terdiri dari skenario Moderat (MOD), dan skenario Optimis (OPT)
- e. Model Energi dirancang dengan mengacu pada ketentuan IEA (*International Energy Association*, 2008). Pemodelan permintaan energi dalam penelitian ini menggunakan pendekatan energi final (*final used*) dimana permintaan energi akhir dimodelkan dalam cakupan sektoral dan pengguna energi akhir secara rinci, *commit to user*

yakni: (1) Sektor industri dipisahkan ke dalam delapan sub-sektor, didasarkan pada share sub sektor terhadap pembentukan nilai tambah terhadap PDRB; (2) Permintaan energi di sektor rumah tangga (pemukiman) dipisahkan menjadi empat pengguna akhir menurut golongan pendapatan; (3) Sektor Komersial dipisahkan ke dalam enam sub-sektor didasarkan pada share sub sektor terhadap pembentukan nilai tambah terhadap PDRB; (4) Sektor lainnya didasarkan pada share sub sektor terhadap pembentukan nilai tambah terhadap PDRB dan (5) Permintaan energi di sektor transportasi dimodelkan secara rinci menurut moda angkutan, yang meliputi moda sepeda motor, mobil penumpang, bus dan angkutan umum, angkutan barang/truk, pesawat dan moda kereta api. Satuan penggunaan energy adalah Setara Barel Minyak (SBM).

- f. Pengukuran tingkat penghematan penggunaan energi dengan menggunakan efisiensi pemakaian energi, yaitu besarnya kenaikan pemakaian energi yang dibutuhkan untuk menaikkan satu unit output. Kriterianya adalah jika angka efisiensi penggunaan energi kurang dari 1,0 ( $e < 1$ ) maka energi yang tersedia telah dimanfaatkan secara produktif atau penggunaan energi telah efisien. Efisiensi pemakaian energi yang besar dari satu ( $e > 1$ ) juga menunjukkan pemakaian energi suatu negara tersebut tergolong boros. Sebaliknya, efisiensi pemakaian energi

*commit to user*

yang kecil dari satu ( $\varepsilon < 1$ ) menunjukkan pemakaian energi pada negara tersebut efisien.

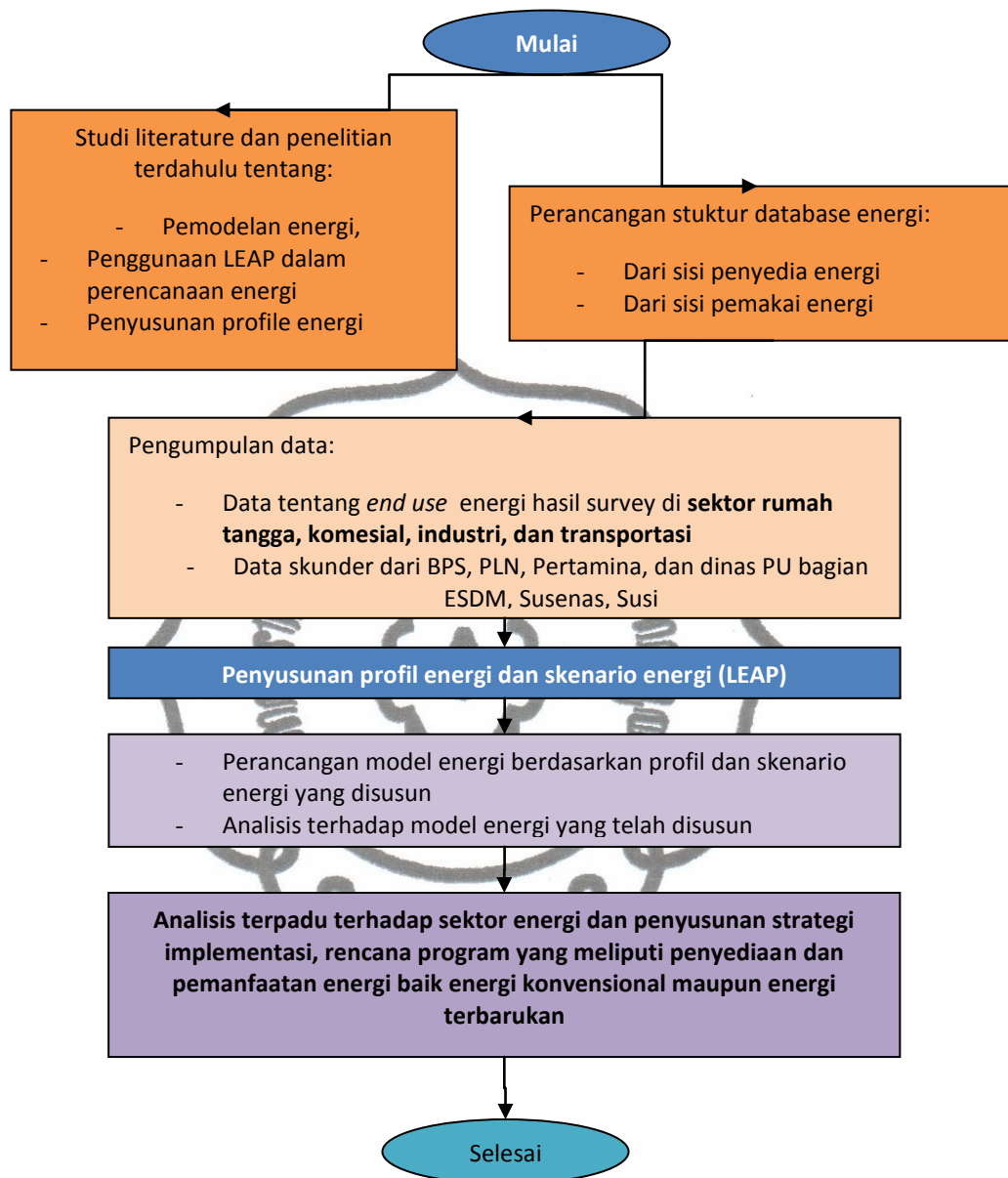
### 3.4. Skema Desain atau Tahapan Penelitian

Desain penelitian dirancang sesuai dengan diagram alir yang ada di Gambar 3.1 di bawah ini. Langkah awal adalah melakukan aktivitas kajian terhadap model-model energi yang digunakan dalam perancangan energi, baik dari hasil penelitian yang dilakukan di luar negeri maupun yang dilakukan di dalam negeri. Dalam pelaksanaan kegiatan ini, Model energi yang akan dirancang sebagai model energi dengan pendekatan *bottom up*. Sebagai bagian dari kegiatan ini juga akan dikembangkan skenario teknologi energi di dalam model energi yang akan dirancang. Dengan model energi seperti ini diupayakan dapat memberikan informasi yang lebih rinci tentang penggunaan energi berdasarkan teknologi pengguna energi serta dapat memberikan gambaran yang lebih rinci terhadap pola konsumsi energi di suatu daerah.

Langkah berikut adalah melakukan perancangan struktur database energi. Sektor pemakai energi mengacu pada Format PBS, yaitu sektor rumah tangga, sektor komersial, sektor industri, sektor transportasi, dan sektor lainnya. Sektor rumah tangga dibagi menjadi 4 (empat) kelompok pendapatan. Pembagian kelompok pendapatan di dalam sektor rumah tangga ini didasarkan pada hasil Sensus Ekonomi Nasional (SUSENAS) yang dilakukan oleh Biro Pusat Statistik (BPS). Sektor komersial dibagi menjadi 5 (lima) sub-sektor, yaitu (i) Penginapan, (ii) Rumah makan, (iii) Pertokoan, (iv) Jasa Keuangan, dan (v) Jasa lainnya. Yang termasuk ke dalam jasa lainnya di dalam sektor komersial seperti jasa hiburan dan

jasa pelayanan non-finansial. Sektor industri dibagi menjadi 8 (delapan) sub-sektor, yaitu (i) Makanan, (ii) Tekstil, (iii) Kayu, (iv) Kertas, (v) Kimia, (vi) Non-logam, (vii) Permesinan, dan (viii) Lain-lain. Sektor transportasi dibagi menjadi 4 (empat) moda transportasi, yaitu (i) Mobil penumpang, (ii) Sepeda motor, (iii) Bus, dan (iv) Truk. Sedangkan sektor lainnya dibagi menjadi 3 (tiga) sub sektor, yaitu (i) Pertanian, (ii) Pertambangan, dan (iii) Konstruksi.

Jenis-jenis energi yang digunakan selanjutnya dijabarkan untuk masing-masing sub sektor. Jenis-jenis energi yang disimulasikan di sektor rumah tangga adalah minyak tanah, LPG, listrik, dan biomasa. Jenis-jenis energi yang disimulasikan di sektor komersial adalah minyak tanah, listrik, dan LPG. Jenis-jenis energi yang disimulasikan di sektor industri adalah minyak tanah, minyak solar, minyak bakar, minyak disel, dan listrik. Di sektor transportasi, jenis-jenis energi yang disimulasikan adalah premium dan minyak solar. Sedangkan jenis-jenis energi yang disimulasikan di sektor lainnya adalah minyak tanah dan minyak solar.



Gambar 3.1. Skema Tahapan Penelitian

Sektor transportasi dibagi menjadi aktivitas transportasi angkutan penumpang dan angkutan barang. Untuk masing-masing jenis angkutan dibagi menjadi moda-moda transportasi yang ada di kedua wilayah. Jenis angkutan penumpang terdiri atas 3 (tiga) moda transportasi, yaitu (i) Jalan raya, (ii) Rail, dan (iii) Pesawat terbang. Sedangkan angkutan barang terdiri atas 2 (dua) moda



transportasi, yaitu (i) Jalan raya dan (ii) Rail. Selanjutnya, masing-masing moda transportasi dijabarkan lebih detail lagi menjadi sub moda transportasi yang lebih spesifik. Moda angkutan penumpang jalan raya, terdiri atas sub moda mobil penumpang, sepeda motor, dan bus. Masing-masing sub moda ini kemudian dirinci sesuai dengan teknologi yang digunakan dalam sub moda yang bersangkutan. Sub moda mobil penumpang terdiri dari teknologi mesin yang konvensional, dengan menggunakan bahan bakar premium atau minyak solar, dan teknologi mesin dengan bahan bakar *hybrid*.

Demikian juga sub moda sepeda motor terdiri atas teknologi mesin konvensional dengan bahan bakar premium dan teknologi mesin *hybrid*. Teknologi mesin *hybrid* ini digunakan untuk perencanaan skenario konservasi energi berdasarkan perkembangan teknologi mesin kendaraan bermotor yang akan terjadi di masa mendatang. Untuk sub moda bus terdiri dari teknologi mesin konvensional dengan bahan bakar minyak solar dan teknologi mesin dengan bahan bakar *compressed natural gas* (CNG). Teknologi mesin dengan bahan bakar CNG yang digunakan di dalam sub moda bus juga akan digunakan di dalam perencanaan skenario konservasi energi di sektor transportasi. Demikian juga pada moda transportasi rail untuk angkutan penumpang terdiri atas teknologi mesin kereta api dengan bahan bakar minyak solar dan teknologi kereta api listrik, dimana teknologi kereta api listrik dapat digunakan dalam skenario konservasi energi. Struktur yang sama juga diberlakukan untuk angkutan barang di sektor transportasi. Sektor transportasi untuk jenis angkutan barang hanya terdiri dari 2 (dua) jenis moda transportasi, yaitu jalan raya dan rail.

*commit to user*

Analisis pemakaian energi sektor komersial dilakukan dengan cara yang berbeda dengan analisis pemakaian energi untuk sektor rumah tangga dan sektor transportasi yang menggunakan metode analisis intensitas energi final. Metode yang digunakan di sektor komersial adalah metode analisis energi yang terpakai. Metode analisis energi terpakai dapat digunakan untuk melakukan analisis terhadap peningkatan efisiensi dari sisi pemakai energi secara eksplisit. Metode ini adalah penggunaan peralatan yang lebih efisien yang selalu berubah terhadap waktu. Secara garis besar, setiap sub sektor komersial terdiri dari aktivitas penerangan, pendinginan, gen-set, dan memasak. Aktivitas penerangan dan pendinginan pada umumnya menggunakan energi listrik, sedangkan aktivitas gen-set dan memasak menggunakan energi jenis minyak solar dan LPG.

Sama dengan analisis yang digunakan di sektor komersial, pemakaian energi di sektor industri juga menggunakan metode analisis energi terpakai. Sub sektor industri terdiri atas teknologi pengguna energi berdasarkan jenis energi yang digunakan. Skenario efisiensi energi di sektor industri akan difokuskan pada perubahan bauran energi yang digunakan untuk menjalankan aktivitas di sektor industri. Dengan demikian, jenis-jenis energi yang digunakan di sektor industri akan lebih banyak untuk skenario efisiensi energi jika dibanding dengan jenis-jenis energi di dalam skenario BAU (*Business As Usual*). BAU merupakan skenario dimana proyeksi didasarkan pada anggapan bahwa pertumbuhan konsumsi energi akan berjalan sebagaimana biasanya seperti waktu sebelumnya.

Pada tahap pengumpulan data, data yang digunakan di dalam kegiatan ini terdiri atas 2 (dua) macam data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer

*commit to user*

diperoleh melalui survey langsung di setiap sektor yang bersangkutan. Sedangkan data sekunder diperoleh dari BPS, PLN, Pemda, atau lembaga-lembaga lainnya yang berhubungan dengan sektor energi termasuk lembaga-lembaga swasta yang berhubungan dengan minyak dan gas. Pengumpulan data primer dilakukan melalui survey yang dilakukan terhadap setiap sektor aktivitas. Survey ini bertujuan untuk mengetahui intensitas energi di setiap sektor aktivitas. Intensitas energi yang akan diperoleh melalui survey sesuai dengan struktur database energi yang telah dirancang. Sedangkan tujuan dari pengumpulan data sekunder adalah mendapatkan informasi tentang faktor penggerak sektor energi.

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).

Skenario dasar yang digunakan sebagai skenario referensi menggambarkan pertumbuhan energi dengan asumsi tidak ada perubahan pola konsumsi energi sebagai akibat tidak adanya perubahan kebijakan di sektor energi. Pola konsumsi energi yang sama direpresentasikan dengan tidak adanya perubahan intensitas pemakaian energi di setiap sektor aktivitas. Dengan demikian, *trend* perubahan energi hanya dipengaruhi oleh perubahan variabel penggerak sektor energi, yaitu perubahan pada keadaan perekonomian dan kependudukan di suatu daerah dalam kurun waktu tertentu. Perubahan terhadap perubahan perekonomian direpresentasi dengan pertumbuhan ekonomi yang akan terjadi

*commit to user*

selama periode proyeksi, sedangkan perubahan keadaan kependudukan direpresentasi dengan pertumbuhan penduduk dan perubahan komposisi penduduk desa dan kota. Skenario efisiensi energi dijabarkan lebih rinci untuk setiap aktivitas pemakaian energi.

Spesifikasi model energi yang akan dirancang memiliki rentang waktu selama 20 tahun, yaitu dari 2011 sampai 2030. Periode di dalam model energi ini adalah 1 (satu) tahun dengan tahun 2011 sebagai tahun dasar dan tahun 2030 sebagai tahun akhir proyeksi.

### **3.5. Metode Analisis**

#### **3.5.1. Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data**

Untuk melengkapi data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, baik data utama maupun data pendukung, maka teknik pengumpulan data yang digunakan adalah dengan menggunakan teknik dokumentasi. Di dalam penelitian ini, database energi dikembangkan dengan struktur yang dapat memberikan informasi tentang pemakaian energi berdasarkan teknologi pengguna energi di tingkat *end-user*.

Struktur permintaan energi di sektor rumah tangga dibuat sampai pada teknologi pengguna energi di tingkat *end-user*. Sektor rumah tangga dibagi menjadi desa dan kota. Baik daerah pedesaan maupun perkotaan dibagi menjadi 2 (dua) kelompok, yaitu rumah tangga yang telah terlistriki dan yang belum terlistriki. Selanjutnya, rumah tangga yang belum terlistriki dibagi berdasarkan aktivitas penggunaan energi, yaitu penerangan dan memasak. Sedangkan aktivitas di rumah tangga yang telah terlistriki terdiri dari penerangan, memasak,

refrigerasi, dan penggunaan lainnya. Termasuk ke dalam penggunaan lainnya adalah penggunaan energi listrik untuk menjalankan peralatan listrik seperti Televisi, radio, komputer, setrika, mesin cuci dan peralatan listrik lainnya.

Sektor transportasi dibagi menjadi aktivitas transportasi angkutan penumpang dan angkutan barang. Untuk masing-masing jenis angkutan dibagi menjadi moda-moda transportasi yang ada di DIY dan Jawa Tengah. Jenis angkutan penumpang terdiri atas 3 (tiga) moda transportasi, yaitu (i) Jalan raya, (ii) Rail, dan (iii) Pesawat terbang. Sedangkan angkutan barang terdiri atas 2 (dua) moda transportasi, yaitu jalan raya dan rail. Selanjutnya, masing-masing moda transportasi dijabarkan lebih detail lagi menjadi sub moda transportasi yang lebih spesifik. Moda angkutan penumpang jalan raya, terdiri atas sub moda mobil penumpang, sepeda motor, dan bus. Masing-masing sub moda ini kemudian dirinci sesuai dengan teknologi yang digunakan dalam sub moda yang bersangkutan. Sub moda mobil penumpang terdiri dari teknologi mesin yang konvensional, dengan menggunakan bahan bakar premium atau minyak solar, dan teknologi mesin dengan bahan bakar hybrid. Demikian juga sub moda sepeda motor terdiri atas teknologi mesin konvensional dengan bahan bakar premium dan teknologi mesin *hybrid*.

Data yang diperoleh dari sektor komersial adalah data intensitas energi sesuai dengan aktivitas energi dan teknologi energi. Intensitas energi untuk aktivitas penerangan dengan menggunakan energi listrik adalah *Kilowatt-Hour* (kWh) juta rupiah (PDRB). Demikian juga untuk jenis energi lainnya yang digunakan di sektor komersial, seperti minyak solar, LPG, dan minyak tanah. Hal



yang sama dilakukan survey di sektor industri yang bertujuan untuk mengetahui intensitas energi setiap jenis energi yang digunakan dengan aktivitas nilai tambah di sektor ini.

Data yang dikumpulkan melalui teknik dokumenatsi berupa pertumbuhan ekonomi dan inflasi di DIY dan Jawa Tengah. Selain itu, data penggerak yang diperlukan adalah data tentang keadaan demografi yang terdiri dari jumlah penduduk, jumlah rumah tangga, pertumbuhan penduduk, dan komposisi penduduk desa dan kota di Jawa Tengah dan DIY. Data tentang keadaan perokonomi dan kependudukan ini akan digunakan untuk merancang skenario energi yang akan digunakan dalam pengembangan model energi.

Data tentang penyediaan energi dapat diperoleh dari PLN APJ Yogyakarta dan Jawa Tengah. Untuk energi listrik dan Pertamina untuk energi jenis BBM dan LPG. Data dari penyedia-penyedia energi ini dimaskudkan untuk melakukan analisis terhadap *statistical different* yang mungkin muncul antara penyediaan energi dari sisi *supply* dan pemakaian energi dari sisi *demand*. Selain itu, data dari penyediaan energi akan digunakan untuk menentukan neraca energi di dalam profil energi di tahun dasar. Data tentang penyediaan energi ini telah diperoleh dari kegiatan penelitian sebelumnya. Namun demikian, data ini harus dimutakhirkan untuk pembuatan model energi di dalam penelitian ini.

Data mengenai potensi-potensi energi, yaitu potensi energi terbarukan yang ada di DIY dan Jawa Tengah dapat diperoleh dari dinas terkait, yaitu dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Sumber Daya Mineral. Data mengenai potensi energi terbarukan ini telah diperoleh dari penelitian sebelumnya. Data yang telah

*commit to user*

diperoleh adalah data potensi energi angin, tenaga air, radiasi matahari, dan potensi energi dari biomasa baik limbah pertanian maupun sampah kota.

### 3.5.2. Analisis Data

#### 3.5.2.1. Spesifikasi model permintaan energi

Di dalam rangka menganalisis perencanaan energi, perlu disusun suatu model yang dapat menggambarkan kondisi tersebut. Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *end-use* yang juga dikenal sebagai pendekatan *engineering model* yang dikombinasikan dengan metode skenario. Pendekatan ini akan lebih detail walaupun secara perhitungan menggunakan fungsi yang lebih sederhana. 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. Sebuah skenario merupakan sebuah pengandaian yang menggambarkan tentang kemungkinan yang akan terjadi di masa yang akan datang, yang dibuat untuk mengetahui bagaimana dampaknya terhadap masa yang akan datang. Pendekatan skenario merupakan pendekatan yang tepat untuk dunia yang selalu berubah dan tidak pasti.

Menghitung konsumsi energi final menurut kegiatan ekonomi masing-masing sektor. Persamaan (1) menentukan permintaan akhir untuk energi tipe "j"

sektor "i" dalam tahun "t",  $FCT_{i,j}$ . Persamaan (2) menentukan permintaan akhir total energi tipe "j" pada tahun "t",  $FTC_{t,j}$ . Persamaan (3) menentukan permintaan akhir total seluruh energi di tahun "t",  $TFC_t$ . Dalam bentuk persamaan matematika perhitungan permintaan energi menggunakan *final energy demand analysis* seperti ditunjukkan persamaan berikut (Wangjiraniran et al. 2011; XianDong, et.al 2011):

$$FC_{t,i,j} = A_{t,i} \times EI_{t,i,j}, t \in T, i \in I, j \in J \text{ -----(3.1)}$$

$$FTC_{t,j} = \sum FC_{t,i,j}, t \in T, j \in J \text{ ----- (3.2)}$$

$$TFC_t = \sum FTC_{t,j}, t \in T \text{ -----(3.3)}$$

Dimana FC adalah Permintaan (*Demand*), AT adalah aktivitas ekonomi total (*Total Activity*) sektor 'i' pada tahun 't', EI adalah Intensitas Energi (*Energy Intensity*), untuk sektor i, pada tipe skenario (*scenario*) j, 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

$$IE = \frac{EC}{Activity Level} \text{ ----- (3.4)}$$

Jumlah aktivitas energi (TA) 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.

$$TA_{b,s,t} = A_{b1,s,t} \times A_{b2,s,t} \times A_3 \text{-----} (3.5)$$

Dimana  $A_b$  adalah level aktivitas pada sektoral tertentu  $b$ ,  $b'$  adalah induk dari cabang  $b$ ,  $b''$  induk cabang  $b'$ , dan seterusnya. Selanjutnya spesifikasi model permintaan energi yang akan dirancang memiliki rentang waktu selama 20 tahun, yaitu dari 2011 sampai 2030. Periode di dalam model energi ini adalah 1 (satu) tahun dengan tahun 2011 sebagai tahun dasar dan tahun 2030 sebagai tahun akhir proyeksi.

Model energi akan dirancang dengan alat bantu perangkat lunak LEAP. Setelah data diperoleh dan perhitungan intensitas energi dilakukan, maka data dan hasil perhitungan tersebut dimasukkan ke dalam LEAP sesuai dengan masing-masing modul yang ada di LEAP. Dari perangkat lunak LEAP ini akan dihasilkan sebuah model energi yang didasarkan pada skenario-skenario energi yang telah dirancang sebelumnya. Perbedaan-perbedaan pemakaian energi yang dihasilkan dari setiap skenario energi dapat dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak ini. Selain informasi tentang pemakaian energi tiap jenis energi dan tiap sektor aktivitas, LEAP juga dapat menghasilkan perubahan *trend* aktivitas di sektor energi serta neraca energi dalam periode 1 (satu) tahun selama periode proyeksi.

Pemodelan permintaan energi dalam penelitian ini menggunakan pendekatan energi final (*final used*) dimana permintaan energi akhir dimodelkan dalam cakupan sektoral dan pengguna energi akhir secara rinci, yakni: (1) Industri dipisahkan ke dalam delapan [8] sub-sektor, sehingga memungkinkan analisis yang lebih rinci mengenai *trend* dan pengendalian di sektor industri; (2) Permintaan energi di sektor rumah tangga (pemukiman) dipisahkan menjadi

*commit to user*

empat pengguna akhir menurut golongan pendapatan ; (3) Sektor Komersial dipisahkan ke dalam enam [6] sub-sektor ; (4) Sektor lainnya dipisahkan ke dalam tiga [3] sub-sektor dan (5) Permintaan energi di sektor transportasi dimodelkan secara rinci menurut moda angkutan. Dalam metode end-use, permintaan energi agregat ini diperoleh dengan menjumlahkan permintaan energi dari setiap sektor atau aktivitas ekonomi.

Pemodelan Permintaan Energi secara sektoral ini dirancang untuk dapat digunakan dalam melakukan program-program konservasi dan penghematan energi. Pendekatan model *end-use* 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. Pemodelan permintaan energi dalam penelitian ini menggunakan pendekatan energi final (*final used*) dimana permintaan energi akhir sektoral dinyatakan sebagai berikut. Intensitas energi agregat ( $e_t$ ) dapat ditulis sebagai fungsi penggunaan energi sektoral ( $e_{it}$ ) dan aktivitas sektoral ( $a_{it}$ ):

$$e_t = \frac{E_t}{Y_t} = \sum \left( \frac{E_{it}}{Y_{it}} \right) \left( \frac{Y_{it}}{Y_t} \right) = \sum e_{it} \cdot a_{it} \quad (3.6)$$

Dimana  $E_t$  adalah konsumsi energi agregat pada tahun  $t$ ,  $E_{it}$  adalah konsumsi energi di sektor  $i$  pada tahun  $t$ ,  $Y_t$  adalah PDB pada tahun  $t$ , dan  $Y_{it}$  adalah ukuran dari kegiatan ekonomi di sektor  $i$  pada tahun  $t$ .

Dalam pendekatan *end-use*, permintaan energi agregat diperoleh dengan cara menjumlahkan permintaan energi di tingkat sektor. Dengan demikian maka permintaan energi per sektor dirancang sebagai berikut :

*commit to user*



### a. Permintaan Energi Sektor Rumah Tangga

Permintaan energi di sektor perumahan sering berhubungan dengan perubahan penduduk dan perubahan permintaan per kapita. Untuk sektor rumah tangga, aktivitas direpresentasikan oleh jumlah kepala keluarga, jadi *energy demand* di sektor rumah tangga adalah sebagai berikut :

$$Ed_{household} = \sum I_h \times A \quad \dots\dots\dots(3.7)$$

$$= \sum I_h \times H \times A \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana  $I_h$  adalah intensitas energi rumah tangga (SBM per KK) dan  $H$  adalah jumlah KK,  $A$  merepresentasikan aktivitas di sektor rumah tangga. Untuk skenario *baseline* (BAU), *energy demand* untuk sektor rumah tangga secara umum dapat dituliskan sebagai:

$$Ed_{household} = \sum I_h \times (H_{t-1} \times g) \times A_i \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

Dimana  $g$  adalah pertumbuhan aktivitas rumah tangga dan  $A_i$  adalah level aktivitas. Nilai  $A_i$  adalah 100% untuk jenis bahan bakar selain listrik dengan asumsi bahwa setiap KK dapat mengakses pada jenis energi selain listrik. Sedangkan untuk jenis energi listrik,  $A_i$  memiliki nilai yang sama dengan rasio elektrifikasi. Jika sektor rumah tangga dibagi berdasarkan kelas pendapatan, maka perhitungan *energy demand* dapat dituliskan sebagai:

$$Ed(K_{h1}) = I_{h1} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{ih1} \times K_{h1} \quad \dots\dots\dots(3.10)$$

$$Ed(K_{h2}) = I_{h2} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{ih2} \times K_{h2} \quad \dots\dots\dots(3.11)$$

$$Ed(K_{h3}) = I_{h3} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{ih3} \times K_{h3} \quad \dots\dots\dots(3.12)$$

$$Ed(K_{h4}) = I_{h4} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{ih4} \times K_{h4} \quad \dots\dots\dots(3.13)$$

### Total demand energi sektor rumah tangga

$$Ed_h = \sum_1^4 Ih \times (H_{t-1} \times g) \times A_{Ih} \times K_h \text{ -----(3.14)}$$

Dimana  $K_h$  adalah persentase jumlah KK pada kelas pendapatan tertentu.

$K_{h1}$  : Golongan Rumah Tangga di bawah 1,5 garis kemiskinan

$K_{h2}$  : Golongan Rumah Tangga di bawah garis kemiskinan

$K_{h3}$  : Golongan Rumah Tangga sedang

$K_{h4}$  : Golongan Rumah Tangga teratas 20 persen

### b. Permintaan Energi Sektor Transportasi

Untuk sektor transportasi, aktivitas penggunaan energi ditentukan oleh jenis moda transportasi. Untuk angkutan darat penumpang, aktivitas direpresentasikan dengan passenger-km (atau unit kendaraan) sedangkan untuk angkutan darat barang aktivitas direpresentasikan dengan ton-km (atau unit kendaraan). Perhitungan energy demand sektor transportasi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Ed(K_{sp}) = IT_{sp} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{isp} \times K_{sp} \text{ -----(3.15)}$$

$$Ed(K_{mp}) = IT_{mp} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{imp} \times K_{mp} \text{ -----(3.16)}$$

$$Ed(K_{au}) = IT_{au} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{iau} \times K_{au} \text{ -----(3.17)}$$

$$Ed(K_{ab}) = IT_{ab} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{iab} \times K_{ab} \text{ -----(3.18)}$$

$$Ed(K_{ka}) = IT_{ka} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{ika} \times K_{ka} \text{ -----(3.19)}$$

$$Ed(K_{psw}) = IT_{psw} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{ipsw} \times K_{psw} \text{ -----(3.20)}$$

### Total demand energi sektor transportasi :

$$Ed_T = \sum_{h=1}^6 IT \times (T_{t-1} \times g) \times A_i \times K_h \text{ -----(3.21)}$$

Dimana  $I_T$  merupakan intensitas energi sektor transportasi,  $T$  adalah aktivitas sektor transportasi, dan  $g$  adalah pertumbuhan aktivitas sektor transportasi. Level aktivitas  $A_i$  untuk sektor transportasi untuk setiap jenis energi bernilai 100%.

*commit to user*

Sedangkan nilai  $K_h$  dapat diartikan sebagai persentase penggunaan kendaraan pada moda tertentu. Misal, moda angkutan darat untuk penumpang dapat terdiri dari mobil, sepeda motor, dan bus. Jadi untuk menskenariokan perubahan moda dilakukan dengan mengubah-ubah nilai  $K_h$ .

Dimana :

- Tr1 : Moda Sepeda Motor
- Tr2 : Moda Mobil Penumpang
- Tr3 : Moda Bus dan angkutan umum
- Tr4 : Moda Angkutan barang (truck dan box)
- Tr5 : Moda Kereta Api
- Tr6 : Moda Pesawat

### c. Permintaan Energi Sektor Industri, Komersial dan Sektor Lainnya

Untuk sektor Komersial, Industri, dan lainnya, aktivitas direpresentasikan dengan nilai PDRB (harga konstan). Dengan demikian perhitungan energy demand dapat dituliskan sebagai:

$$Ed = \sum ID_K \times (P_{t-1} \times g) \times A_I \times K_h, \text{-----}(3.22)$$

$$Ed (K_{ky}) = ID_{ky} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{iky} \times K_{ky} \text{-----}(3.23)$$

$$Ed (K_{msn}) = ID_{msn} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{imsn} \times K_{msn} \text{-----}(3.24)$$

$$Ed (K_{nl}) = ID_{nl} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{inl} \times K_{nl} \text{-----}(3.25)$$

$$Ed (K_{km}) = ID_{km} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{ikm} \times K_{km} \text{-----}(3.26)$$

$$Ed (K_{krt}) = ID_{krt} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{ikrt} \times K_{krt} \text{-----}(3.27)$$

$$Ed (K_{tx}) = ID_{tx} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{itx} \times K_{tx} \text{-----}(3.28)$$

$$Ed (K_{mkn}) = ID_{mkn} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{imkn} \times K_{mkn} \text{-----}(3.29)$$

$$Ed (K_{lain}) = ID_{lain} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{ilain} \times K_{lain} \text{-----}(3.30)$$

**Total demand energi sektor industri:**

$$Ed_I = \sum_{h=1}^8 IDx (T_{t-1} x g) x A_i x K_h \text{-----}(3.31)$$

Dimana  $I_D$  adalah intensitas energi sektor industri dan  $P$  adalah nilai PDRB. Level aktivitas  $A_i$  pada sektor-sektor ini bernilai 100% untuk semua jenis energi dengan asumsi bahwa tidak ada rasio elektrifikasi pada sektor-sektor ini. Sedangkan  $K_h$  adalah persentase setiap sub-sektor. Sektor Industri diklasifikasikan ke dalam 8 sub sektor yaitu :

Ky : Sub. Sektor industri kayu  
 NL : Sub. Sektor industri Non Logam  
 Km : Sub. Sektor industri Kimia  
 Krt : Sub. Sektor industri kertas  
 Tx : Sub.sektor industri Tekstil  
 Mkn : Sub.sektor industri makanan  
 Lain : Sub.sektor industri lainnya

Permintaan energi untuk sektor Komersial dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Ed (K_{sos}) = IK_{sos} x (H_{t-1} x g) x A_{isos} x K_{sos} \text{-----}(3.32)$$

$$Ed (K_{hib}) = IK_{hib} x (H_{t-1} x g) x A_{ihib} x K_{hib} \text{-----}(3.33)$$

$$Ed (K_{keu}) = IK_{keu} x (H_{t-1} x g) x A_{ikeu} x K_{keu} \text{-----}(3.34)$$

$$Ed (K_{rm}) = IK_{rm} x (H_{t-1} x g) x A_{irm} x K_{rm} \text{-----}(3.35)$$

$$Ed (K_{tk}) = IK_{tk} x (H_{t-1} x g) x A_{itk} x K_{tk} \text{-----}( 3.36)$$

$$Ed (K_{inap}) = IK_{inap} x (H_{t-1} x g) x A_{iinap} x K_{inap} \text{---}(3.37)$$

**Total demand energi sektor Komersial :**

$$Ed_I = \sum_{h=1}^6 IK x (T_{t-1} x g) x A_i x K_h \text{-----} (3.38)$$

Sektor Komersial diklasifikasikan ke dalam 6 sub sektor yaitu :

Jsos	: Sub.sektor Jasa Sosial
Jhib	: Sub.sektor Jasa Hiburan
Jkeu	: Sub.sektor Jasa Keuangan
Rm	: Sub.sektor Rumah Makan
Tk	: Sub.sektor Pertokoan
Inap	: Sub.sektor Penginapan.

Sedangkan sektor lainnya, permintaan energi dituliskan sebagai berikut:

$$Ed(K_{pt}) = IL_{pt} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{ipt} \times K_{pt} \text{-----}(3.39)$$

$$Ed(K_{knt}) = IL_{knt} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{iknt} \times K_{knt} \text{-----}(3.40)$$

$$Ed(K_{tb}) = IL_{tb} \times (H_{t-1} \times g) \times A_{itb} \times K_{tb} \text{-----}(3.41)$$

**Total demand energi sektor Lainnya:**

$$Ed_i = \sum_{h=1}^3 IL \times (T_{t-1} \times g) \times A_i \times K_h \text{-----}(3.42)$$

Sektor lainnya diklasifikasikan ke dalam 3 sub sektor, yang meliputi :

Pt	: Sub sektor Pertanian
Knt	: Sub sektor Konstruksi
Tb	: Sub sektor Pertambangan

Untuk model permintaan energi berdasarkan skenario maka tinggal dimasukkan nilai *growth*-nya. Untuk skenario *energy efficiency* yang dirubah adalah nilai intensitasnya sesuai dengan *potens* EE yang ada, misal, sektor rumah tangga memiliki potensi EE sebesar 15 %. jadi Intensitas energy sector rumah tangga diinterpolasikan berkurang 15% sampai periode waktu yang diinginkan untuk target yang akan dicapai.



### 3.5.2.2. Desain Skenario

Dalam penelitian ini, skenario digunakan untuk memprediksi suatu kondisi yang diharapkan di masa yang akan datang, serta untuk mengukur potensi penghematan dari suatu kebijakan, teknologi, maupun perubahan perilaku. Skenario berbeda dengan perkiraan, dimana skenario akan mengeksplorasi berbagai kemungkinan hasil yang dihasilkan dari suatu ketidakpastian, sedangkan perkiraan bertujuan mengidentifikasi jalur yang paling mungkin dari suatu ketidakpastian suatu estimasi. Peramalan akan efektif bila kondisi ketersediaan informasi sangat luas, dan pemahaman tentang dinamika cukup tinggi. Apabila sistem kurang jelas dan keterkaitan antar faktor kurang stabil dan tidak dapat diprediksi, maka perkiraan energi kurang bisa memahami perubahan yang terjadi.

Narasi skenario memberikan "tekstur, kekayaan, dan" wawasan sementara model menawarkan tingkatan struktur, disiplin, dan ketelitian untuk analisis kondisi ekonomi, sumber daya, dan lingkungan sosial. Skenario tidak mencoba menjelaskan setiap hasil yang mungkin, skenario fokus pada pengembangan satu set lensa yang mendalam untuk mengeksplorasi proses-proses perubahan (Ghanadan, 2005). Perancangan model energi diawali dengan penyusunan skenario-skenario energi. Skenario energi dalam penelitian ini terdiri dari skenario dasar (BAU) 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, 2005).

Skenario dasar atau Skenario BAU yang digunakan sebagai skenario referensi menggambarkan pertumbuhan energi dengan asumsi tidak ada

perubahan pola konsumsi energi sebagai akibat tidak adanya perubahan kebijakan di sektor energi. Pola konsumsi energi yang sama direpresentasikan dengan tidak adanya perubahan intensitas pemakaian energi di setiap sektor aktivitas. Dengan demikian, *trend* perubahan energi hanya dipengaruhi oleh perubahan variable penggerak sektor energi, yaitu perubahan pada keadaan perekonomian dan kependudukan di suatu daerah dalam kurun waktu tertentu. Perubahan terhadap perubahan perekonomian direpresentasi dengan pertumbuhan ekonomi yang akan terjadi selama periode proyeksi, sedangkan perubahan keadaan kependudukan direpresentasi dengan pertumbuhan penduduk

Model permintaan anergi per sektor berdasarkan skenario BAU adalah sebagai berikut:

- a. Model Permintaan Energi Sektor Rumah Tangga

$$Ed_h = \sum_{i=1}^4 Ih \times (H_{t-1} \times g) \times A_{Ih} \times K_h \dots\dots\dots(3.43)$$

- b. Model Permintaan Energi Sektor Transportasi

$$Ed_T = \sum_{h=1}^6 IT \times (T_{t-1} \times g) \times A_i \times K_h \dots\dots\dots(3.44)$$

- c. Model Permintaan Energi Sektor Industri

$$Ed_I = \sum_{h=1}^8 ID \times (T_{t-1} \times g) \times A_i \times K_h \dots\dots\dots(3.45)$$

- d. Model Permintaan Energi Sektor Komersial

$$Ed_I = \sum_{h=1}^6 IK \times (T_{t-1} \times g) \times A_i \times K_h \dots\dots\dots(3.46)$$

- e. Model Permintaan Energi Sektor Lainnya

$$Ed_I = \sum_{h=1}^3 IL \times (T_{t-1} \times g) \times A_i \times K_h \dots\dots\dots(3.47)$$

Skenario konservasi energi dijabarkan lebih rinci untuk setiap aktivitas pemakaian energi, berdasarkan potensi penghematan energi di setiap sektor ekonomi, yaitu (i) Skenario efisiensi penerangan, (ii) Skenario efisiensi

refrigerasi, (iii) skenario bus CNG, (iv) Skenario efisiensi komersial dan industri, dan (v) Skenario energi terbarukan. Skenario ini akan dijabarkan menjadi dua jenis yaitu Skenario Efisiensi Energi Moderat (MOD), dan Skenario Efisiensi Energi Optimis (OPT). Pemodelan energi berdasarkan skenario efisiensi energi sama dengan pemodelan energi berdasarkan skenario BAU, hanya dengan merubah nilai intensitasnya. Intensitas energi di setiap sektor diinterpolasikan berkurang sesuai dengan potensi penghematan energi sampai akhir tahun proyeksi. Sedangkan untuk scenario diversifikasi energi, intensitas energi yang akan disubstitusi oleh RE diturunkan tergantung pada target penggunaan RE. Dengan demikian nilai intensitas energi per sektor akan menurun sesuai dengan target atau potensi efisiensi energi di setiap sektor untuk setiap jenis energi.

#### 3.5.2.3. Pemodelan dengan LEAP

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, dengan mempertimbangkan pendekatan penggunaan akhir energi (*end-use*). Untuk kepentingan penyusunan pemodelan permintaan energi, dalam penelitian ini hanya digunakan 2 modul dari 4 (empat) modul utama dalam LEAP, yaitu Modul Variabel Penggerak (*Key Assumptions*), dan Modul *Demand*. Hal ini dikarenakan DIY merupakan daerah yang semua kebutuhan energinya dipasok dari luar daerah, atau net impor, sehingga tidak memerlukan Modul Transformasi maupun Modul *Resources*. Analisis pasokan energi didasarkan pada proyeksi permintaan energi yang ada.

*commit to user*

Modul Variabel Penggerak merupakan modul untuk menampung paramater-parameter umum yang dapat digunakan pada Modul *Demand*. Parameter umum dalam penelitian ini adalah jumlah penduduk, PDRB (Produk Domestik Regional Bruto), jumlah rumah tangga, intensitas energi, dan tingkat aktivitas setiap sektor. Modul *Key Assumptions* ini sifatnya komplemen terhadap modul lainnya.

Modul Permintaan (*Demand*) digunakan untuk menghitung permintaan energi. Analisis permintaan energi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode yang didasarkan pada pendekatan *end-use* (pengguna akhir) secara terpisah untuk masing-masing sektor sehingga akan diperoleh jumlah permintaan energi per sektor pemakai pada rentang waktu selama 20 tahun. Informasi mengenai PDRB, jumlah penduduk maupun jumlah rumah tangga serta karakteristik pemakai energi digunakan untuk membuat alternatif skenario kondisi masa depan sehingga dapat diketahui hasil proyeksi dan pola perubahan permintaan energi berdasarkan skenario-skenario yang digunakan. Sedangkan penentuan proyeksinya menggunakan metode trend yang terjadi dalam beberapa waktu yang ditentukan yaitu selama 20 tahun.

#### 3.5.2.4. Efisiensi Penggunaan Energi

Efisiensi energi merupakan hasil dari perbandingan perubahan konsumsi energi terhadap perubahan produk atau out-put ( $\Delta$  konsumsi energi terhadap  $\Delta$  produk atau out-put ). Efisiensi energi listrik yakni perbandingan perubahan konsumsi listrik dengan pertumbuhan ekonomi. Semakin rendah angka efisiensi,

*commit to user*

semakin efisien pemanfaatannya. Efisiensi energi juga merupakan perbandingan antara perubahan konsumsi intensitas energi terhadap PDRB. Secara matematik dapat ditulis dengan persamaan berikut ini :

$$\text{Elastisitas Energi} = \frac{\text{Pertumbuhan Konsumsi Energi}}{\text{Pertumbuhan PDRB}}$$

Angka efisiensi energi yang lebih besar dari satu ( $E > 1$ ), menunjukkan bahwa penggunaan energi belum efisien karena untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi 1% dibutuhkan pertumbuhan penggunaan energi yang lebih besar. Demikian sebaliknya jika  $E < 1$  menunjukkan penggunaan energi yang efisien, dimana energi digunakan secara lebih produktif di setiap sektor ekonomi.