

# Model Perencanaan Energi Hijau Menggunakan Metode *Computable General Equilibrium*

Alvina Nur Mala<sup>1</sup>, Rina Mardiaty<sup>2</sup>

**Abstract**—Energy is a vital element in our daily life. In line with the demands of energy needs, energy, which is influenced by population and economic growth, has increased continuously. The use of energy is still dominated by fossil energy which is become very limited and the output has not been carried out optimally. In order to realize national's energy independence and energy sustainability, energy planning is very important for the basic of energy policies management. The objective of this research is to predict the sustainability of new and renewable energy consumption based on National's Energy policy by the end of 2025 in West Java. This research used the Computational General Equilibrium (CGE) method as an approach to describe the energy balance between supply and demand. The simulation was done using a Green Energy (GREN) scenario by adding several key planning with the projection year in 2016-2025. The results show that the increasing of new and renewable consumption's percentage in 2025 was 12%. It could be concluded that in 2025, the prediction of the sustainability of new and renewable energy consumption in West Java has reach 23%.

**Intisari**—Energi merupakan elemen yang cukup vital dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaannya terus meningkat seiring dengan meningkatnya permintaan energi yang dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Hingga saat ini penggunaan energi masih didominasi oleh penggunaan energi fosil yang semakin menipis, sementara pengelolaannya masih belum dilakukan dengan optimal. Perencanaan energi perlu dilakukan sebagai dasar dari suatu kebijakan pemerintah dalam mengelola energi demi mewujudkan kemandirian dan ketahanan energi nasional. Makalah ini fokus terhadap tercapainya penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) sesuai target Kebijakan Energi Nasional (KEN) pada tahun 2025 di provinsi Jawa Barat. Perencanaan energi dilakukan menggunakan pendekatan model *Computable General Equilibrium* (CGE), yaitu suatu pendekatan yang dapat menggambarkan keseimbangan antara pasokan dengan kebutuhan energi. Simulasi dibuat dalam skenario *Green Energy* (GREN) dengan memasukkan beberapa parameter kunci untuk tahun proyeksi 2016-2025. Hasil simulasi menunjukkan peningkatan persentase penggunaan EBT dalam bauran energi tahun 2025 sebesar 12%. Hal ini menjelaskan bahwa target KEN terhadap penggunaan EBT tercapai, yaitu sebesar 23%.

**Kata Kunci**—energi hijau, proyeksi, LEAP, baru dan terbarukan, CGE.

<sup>1</sup>Mahasiswa, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung, Jawa Barat, INDONESIA (e-mail: alvin.nr.ma@gmail.com)

<sup>2</sup>Dosen, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Jln. A.H. Nasution No. 105, Cibiru, Bandung, Jawa Barat, INDONESIA (e-mail: r\_mardiaty@uinsgd.ac.id)

## I. PENDAHULUAN

Sektor energi menempati posisi yang sangat vital dalam kehidupan sehari-hari, baik dalam rumah tangga, industri, bahkan pada tingkat bisnis komersial. Penggunaan dan kebutuhannya terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perekonomian suatu masyarakat. Oleh karena itu, penggunaan energi perlu dikelola dengan sebaik-baiknya, mengingat pada tahun 2012 pasokan energi primer di Indonesia masih didominasi oleh sumber energi fosil seperti minyak, batubara, dan gas. Sedangkan pasokan dari energi baru dan terbarukan (EBT) seperti tenaga air, panas bumi, dan bahan bakar nabati masih di bawah 5% [1].

Permasalahan yang dihadapi saat ini adalah kurang terkontrolnya kebutuhan energi, sementara energi fosil sebagai energi primer semakin terbatas. Produksi biomassa sampah merupakan kesempatan besar yang dimiliki Jawa Barat sebagai sumber energi baru dan terbarukan. Potensi energi air dan energi panas bumi di Jawa Barat juga cukup tinggi untuk digunakan sebagai sumber EBT.

Pemodelan energi terbarukan berupa energi nuklir di Lithuania dilakukan menggunakan metode *Computational General Equilibrium* (CGE) dengan tujuan untuk melihat dampak kebijakan penggunaan energi nuklir terhadap pertumbuhan ekonomi dan lingkungan. Variabel yang digunakan berupa pasokan, konsumsi, perdagangan asing, dan lingkungan. Hasil dari pemodelan ini menyatakan bahwa kebijakan penggunaan energi nuklir mampu menurunkan produksi emisi karbon dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi [2]. Sementara itu, analisis pengaruh kebijakan energi terbarukan menggunakan model ekonomi pernah dilakukan untuk melihat kesetimbangan pasar listrik dengan pertimbangan kebijakan energi baru dan terbarukan untuk menunjukkan bahwa kesetimbangan pasar listrik dipengaruhi oleh kebijakan energi terbarukan [3].

Analisis dampak penggunaan energi baru dan terbarukan berupa energi surya, angin, panas bumi, biomassa, dan *biofuel* terhadap emisi karbon. Dalam panel Amerika Selatan ditemukan bahwa peningkatan 1% emisi karbon per kapita meningkatkan 0,219% konsumsi energi baru dan terbarukan per kapita [4]. Model perencanaan energi jangka panjang dengan metode kesetimbangan umum merupakan salah satu alat yang digunakan untuk menganalisis kemungkinan kerugian perencanaan energi jangka panjang yang digunakan Amerika Serikat sejak tahun 1975 [5].

Salah satu pengoptimasian energi terbarukan yang pernah dilakukan di desa Margajaya pada tahun 2013 menyatakan bahwa sistem kelistrikan yang direkomendasikan terdiri atas hidroelektrik 41,2 kW, biomassa 5 kW, dan *grid* 10 kW.

Terdapat surplus energi sebesar 321,273 kWh/tahun yang dapat dijual ke *grid* sehingga menghasilkan pemasukan kas di desa dan dapat membantu pertumbuhan ekonomi [6].

Berdasarkan studi literatur yang sudah dijelaskan, pada makalah ini dipaparkan sebuah pemodelan energi menggunakan model CGE untuk melihat pengaruh kesetimbangan pasar listrik dengan pertimbangan kebijakan energi baru dan terbarukan serta membuat model perencanaan energi jangka panjang dengan metode kesetimbangan umum daerah Jawa Barat guna mengefisienkan penggunaan dan pemasokan energi menggunakan perangkat lunak LEAP. Selanjutnya, makalah ini melihat dan membandingkan bauran energi hijau hasil simulasi dengan target Kebijakan Energi Nasional (KEN) pada tahun 2025.

Sistematika penulisan dalam makalah ini adalah sebagai berikut: bagian II menjelaskan beberapa asumsi dasar yang digunakan dalam pemodelan perencanaan energi ini, bagian III merupakan hasil dan analisis hasil model perencanaan energi, dan bagian IV adalah kesimpulan.

II. PERENCANAAN ENERGI

Pada makalah ini digunakan asumsi dasar sebagai faktor pendukung atas kebijakan yang dibuat demi mencapai target perencanaan energi setelahnya. Asumsi dasar tersebut mencakup parameter kunci, *Reference Energy System* (RES), skenario, regulasi daerah, dan validasi simulasi.

A. Parameter Kunci

Parameter kunci yang digunakan pada makalah ini mencakup pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, jumlah penduduk, jumlah rumah tangga, dan PDB (Harga Konstan 2010). Tabel I menunjukkan parameter kunci yang digunakan dalam perencanaan ini.

TABEL I  
PARAMETER KUNCI [7]

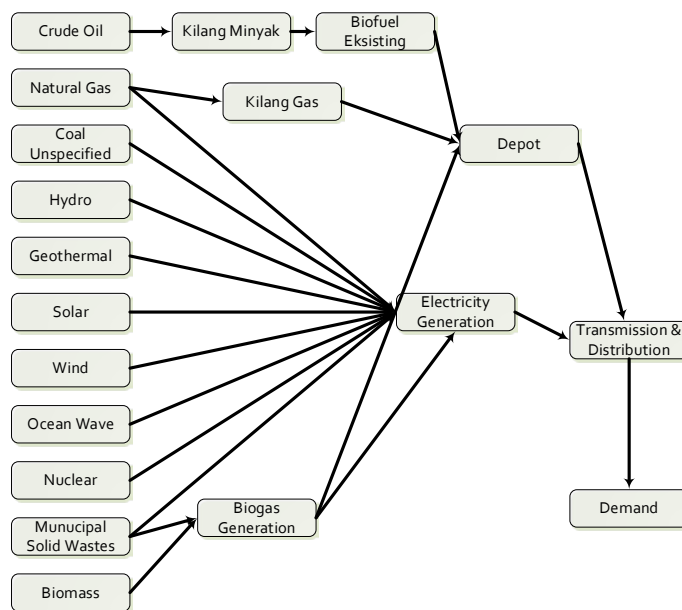
Asumsi	Satuan	2015 (Base Year)	2025 (End Year)
Pertumbuhan ekonomi	%	5,03	4,5
Pertumbuhan Penduduk	%	1,3	1,12
Jumlah Penduduk	Juta Jiwa	46,7096	52,79
Jumlah Rumah Tangga	Juta	12,41	13,19
PDB* (Harga Konstan 2010)	Triliun Rupiah	1.207	1.957

Berdasarkan Tabel I, dapat dilihat bahwa pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk diasumsikan menurun sebesar 0,53% dan 0,18%, berbanding terbalik dengan jumlah penduduk yang diasumsikan meningkat menjadi 52,79 juta jiwa pada akhir tahun simulasi. Hal ini selaras dengan jumlah rumah tangga, PDB harga konstan 2010 yang juga diasumsikan mengalami peningkatan sebesar 0,78 juta dan 750 triliun rupiah pada akhir tahun simulasi.

B. Reference Energy System (RES) Jawa Barat

RES adalah suatu diagram alir yang menunjukkan interaksi setiap hubungan antara sumber-sumber pasokan energi, proses konversi energi primer menjadi energi bentuk lain, dan

pengguna akhir (*end-user*). RES Jawa Barat merupakan suatu diagram yang menggambarkan alur konversi energi dari energi primer yang ada di Jawa Barat menjadi bentuk-bentuk energi sekunder. Selanjutnya, energi sekunder tersebut dikonversi menjadi bentuk-bentuk energi akhir yang dikonsumsi atau digunakan oleh pengguna akhir. RES di Jawa Barat ditunjukkan pada Gbr. 1.



Gbr. 1 Reference Energy System.

Energi primer dalam RES Jawa Barat yang ditunjukkan pada Gbr. 1 terdiri atas minyak bumi, gas alam, batubara, dan energi terbarukan. Terdapat sejumlah tipe energi baru dan terbarukan yang potensinya diidentifikasi terdapat di Jawa Barat. Tipe energi baru dan terbarukan yang ditambahkan tersebut adalah energi gelombang laut, energi matahari, energi angin, biomassa, sampah kota, dan nuklir.

Minyak bumi dikonversi menjadi bahan bakar minyak (BBM) melalui kilang pengolahan (*refinery*). Hasil pengolahan tersebut digunakan oleh pengguna akhir sektor industri, sektor bisnis, sektor transportasi, dan sektor umum. Selain itu, minyak bumi dikonversi menjadi *kerosene* melalui kilang pengolahan. Hasil pengolahan tersebut digunakan oleh pengguna akhir sektor rumah tangga.

Gas alam dikonversi menjadi energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Gas/Uap (PLTG/U). Selain itu, gas alam dapat dikonversi menjadi *Liquid Petroleum Gas* (LPG) dan *Liquid Natural Gas* (LNG) melalui kilang pengolahan. Energi listrik dikonsumsi oleh sektor rumah tangga, bisnis komersial, industri, dan fasilitas publik. LPG dikonsumsi oleh sektor rumah tangga, bisnis komersial, dan industri. Sedangkan LNG/CNG dan gas alam yang dialirkan melalui jaringan pipa gas dikonsumsi oleh sektor industri.

Batubara dikonversi oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) batubara menjadi energi listrik. Batubara dapat pula dikonversi langsung oleh industri. Energi air dan geotermal dikonversi menjadi energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP).

Biomassa sampah, energi gelombang laut, energi matahari, energi angin, dan nuklir dikonversi menjadi energi listrik masing-masing melalui Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA), Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), dan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Sedangkan biomassa tumbuhan dikonversi menjadi bahan bakar minyak/*biofuel* melalui kilang pengolahan.

### C. Skenario

Skenario perencanaan energi merupakan asumsi atau arah kebijakan dalam perencanaan energi yang akan dilakukan. Dalam perencanaan energi terdapat data penggunaan berbagai sumber energi yang terdiri atas batubara, gas alam, minyak bumi, dan energi terbarukan. Makalah ini berfokus terhadap penggunaan energi terbarukan, sehingga skenario perencanaan energi provinsi Jawa Barat yang digunakan dalam makalah ini adalah skenario *Green Energy* (GREN).

Skenario GREN merupakan skenario yang mengupayakan peningkatan penggunaan energi baru dan terbarukan sebagai salah satu sumber energi primer, menambahkan energi biomassa sampah dan tumbuhan, energi gelombang laut, energi matahari, energi angin, dan nuklir sebagai tambahan pemanfaatan energi baru dan terbarukan yang sebagian besar akan dikonversikan menjadi energi listrik yang digunakan oleh setiap sektor. Sementara biomassa tumbuhan akan dikonversikan menjadi bahan bakar minyak (*biofuel*) yang nantinya akan lebih ramah lingkungan. Pada naskah akademik tahun 2025, pemerintah menetapkan target KEN penggunaan energi baru dan terbarukan mencapai  $\geq 23\%$  dari total sumber energi yang digunakan. Selain peningkatan penggunaan energi hijau, penggunaan teknologi tinggi (*advance technology*) mulai digunakan di skenario ini, di antaranya adalah PLTU dengan teknologi *super critical* dan *ultra super critical* (USC) yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari pada PLTU *subcritical* saat ini.

### D. Regulasi Daerah Jawa Barat

Sebagai daerah pusat industri dan pusat perkembangan teknologi, Jawa Barat memiliki regulasi daerah di bidang energi yang bertumpu pada insentif penggunaan teknologi tinggi yang mendorong peningkatan efisiensi konversi energi [7]. Sektor industri yang menjadi pengguna energi akhir terbesar di Jawa Barat selalu menjadikan pertimbangan ekonomi sebagai pertimbangan utama dalam pengambilan keputusan pemilihan regulasi berbasis teknologi tinggi.

Regulasi perencanaan energi Jawa Barat didasarkan pada penggunaan teknologi tinggi. Dengan demikian, regulasi perencanaan energi Jawa Barat harus mengikuti *road map* perkembangan teknologi energi di sisi pasokan dan sisi pengguna akhir/konservasi energi. Tabel II menunjukkan matriks regulasi yang digunakan dalam perencanaan energi Jawa Barat.

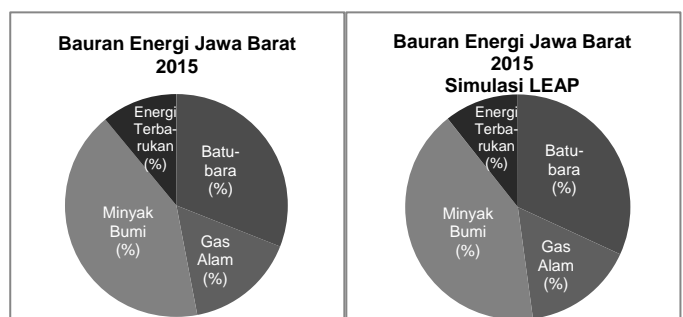
### E. Validasi Simulasi

Setelah model dibuat menggunakan perangkat lunak LEAP, model tersebut harus divalidasi supaya dapat menggambarkan

keadaan riil. Validasi simulasi dilakukan dengan membandingkan bauran energi Jawa Barat tahun 2015 dengan bauran energi tahun dasar pada simulasi LEAP. Pada tahun 2015, Jawa Barat masih didominasi penggunaan minyak bumi sebagai sumber energi primer yang mencapai 42% dari total penggunaan energi primer. Sementara penggunaan energi baru terbarukan masih berada di angka 11%. Gbr. 2 menampilkan perbandingan bauran energi tahun 2015 dengan bauran energi tahun 2015 pada simulasi LEAP.

TABEL II  
REGULASI DAERAH

Deskripsi	Tipe	Regulasi Daerah
Pengguna akhir	Peralatan Hemat Energi	Penggunaan <i>Light Emmiting Diode</i> (LED).
	Bahan Bakar	Penggunaan <i>biofuel</i> sebagai alternatif penggunaan bahan bakar minyak.
Pasokan	Teknologi Tinggi	Pembangunan PLTSA <i>Insenerasi</i>
	Teknologi Tinggi	Pembangunan PLTU <i>super critical</i> (2019) dan PLTU <i>ultra super critical</i> (2020).
		Pembangunan PLTN generasi IV tipe <i>Very High Temperature Reactor</i> (VHTR)
	Pembangkit Listrik	Peningkatan pasokan listrik dengan memaksimalkan Potensi Energi angin (2-3 m/s) dan energi gelombang laut (1-2,5 m/s)
Penambahan pembangkit energi listrik bersumber energi air (203,9 MW), energi panas bumi (905 MW), dan energi surya (8 MW)		



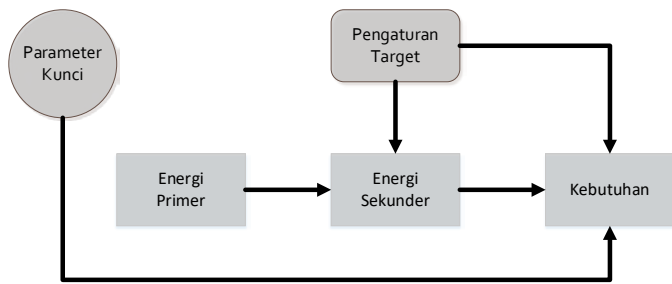
Gbr. 2 Validasi simulasi.

Berdasarkan Gbr. 2 terlihat persentase simulasi LEAP di bagian minyak bumi 1% lebih kecil dan batubara 1% lebih besar dari bauran energi Jawa Barat tahun 2015. Namun, dikarenakan perbedaan persentase yang relatif kecil (kurang dari 10%), maka model yang digunakan untuk simulasi perencanaan energi dapat dinyatakan valid.

## III. HASIL DAN ANALISIS HASIL

### A. Model Perencanaan Energi

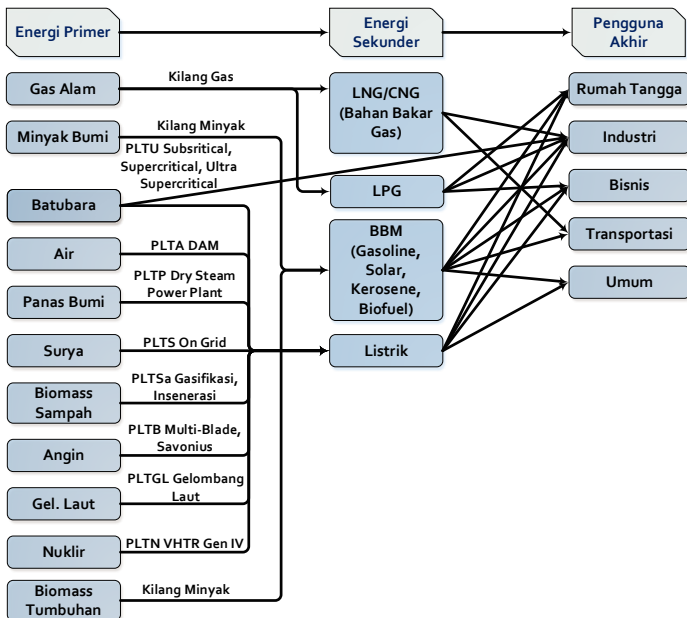
Secara umum, model perencanaan energi dalam makalah ini adalah sebagaimana diperlihatkan dalam Gbr. 3.



Gbr. 3 Model perencanaan energi.

Model perencanaan energi terdiri atas energi primer, energi sekunder, dan kebutuhan energi. Energi primer dikonversi menjadi energi sekunder yang kemudian langsung digunakan sesuai kebutuhan pengguna akhir. Pengaturan target akan memengaruhi volume keluaran energi sekunder dan kebutuhan energi. Di sinilah kebijakan-kebijakan dan peraturan pemerintah berpengaruh pada perencanaan energi, sedangkan parameter kunci memengaruhi kebutuhan energi. Volume kebutuhan energi memengaruhi pasokan energi, baik energi sekunder maupun energi primer.

Pada studi kasus dalam makalah ini, model perencanaan energi Jawa Barat memiliki ciri khas sebagaimana Gbr. 4.



Gbr. 4 Model perencanaan energi Jawa Barat.

Pada model perencanaan energi Jawa Barat, energi primer terdiri atas energi fosil berupa gas alam, minyak bumi, dan batubara, serta energi baru dan terbarukan/green energy berupa air, panas bumi, surya, sampah, angin, gelombang laut, nuklir, dan biomassa tumbuhan. Energi primer tersebut dikonversi menjadi energi sekunder melalui proses transformasi dengan teknik tertentu. Energi sekunder dalam model perencanaan energi Jawa Barat terdiri atas empat jenis, yaitu LNG/CNG (bahan bakar gas), LPG, BBM (gasoline, solar, kerosene, biofuel), dan listrik. Energi sekunder inilah yang kemudian dikonsumsi oleh pengguna akhir.

Dengan menggunakan metode CGE, terdapat beberapa syarat dalam model, yaitu sebagai berikut.

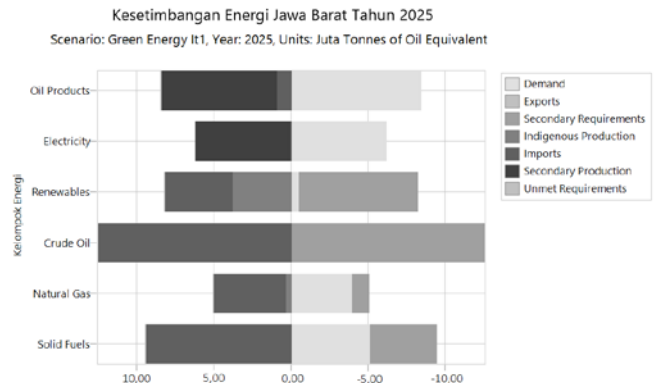
$$Energi_{Sekunder} = Demand \tag{1}$$

$$Energi_{Primer} = Energi_{Sekunder} + Losses \tag{2}$$

Persamaan di atas menggambarkan metode CGE secara umum yang berupa pasokan energi harus lebih besar atau sama dengan kebutuhan energi dan rugi-rugi (losses).

**B. Keseimbangan Energi**

Dengan beberapa iterasi memasukkan nilai-nilai perencanaan kunci sesuai dengan regulasi daerah, maka diperoleh hasil proyeksi keseimbangan energi pada tahun 2025 seperti dalam Gbr. 5 dan Tabel III.



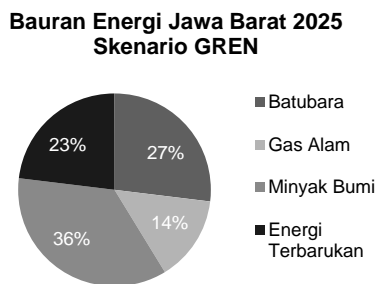
Gbr. 5 Keseimbangan energi Jawa Barat tahun 2025 sesuai proyeksi skenario GREN.

TABEL III  
KESETIMBANGAN ENERGI JAWA BARAT HASIL PROYEKSI SKENARIO GREN TAHUN 2025 (DALAM MILLION TONNE OIL EQUIVALENT/MTOE)

	Batu bara	Gas Alam	Minyak Bumi	Energi Terbarukan	Listrik	BBM	Total
Produksi	-	0,38	-	3,78	-	-	4,16
Impor	9,48	4,66	12,54	4,34	0,09	0,96	32,06
Total Pasokan Primer	9,48	5,04	12,54	8,12	0,09	0,96	36,22
Total Pasokan Sekunder	-4,37	-1,08	-12,54	-7,60	6,09	7,47	-12,04
Total Kebutuhan	5,11	3,96	-	0,52	6,17	8,43	24,19

Gbr. 5 menggambarkan bahwa untuk mencapai keseimbangan energi sesuai metode CGE dilakukan impor di setiap sumber energi. Selanjutnya dalam Tabel III ditunjukkan bahwa impor terbesar terjadi pada minyak bumi senilai 12,54 MTOE, kemudian disusul oleh energi batubara sebesar 9,48 MTOE. Impor dengan nilai terkecil terjadi pada energi listrik senilai 0,09 MTOE. Energi primer sebagian besar dikonversi menjadi energi listrik dan bahan bakar minyak sehingga impor energi listrik dan bahan bakar minyak lebih kecil dibandingkan dengan energi lainnya.

Berdasarkan data pada Tabel III, dapat dibuat grafik bauran energi pada tahun 2025 berdasarkan skenario GREN sebagai berikut.

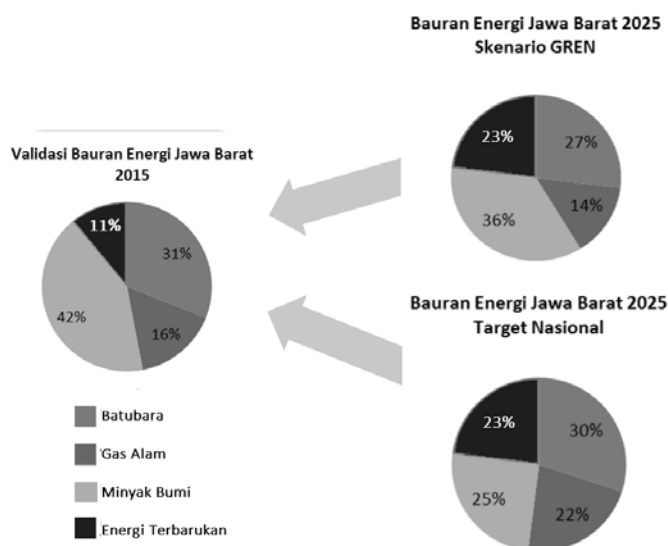


Gbr. 6 Grafik bauran energi skenario GREN tahun 2025.

Dari grafik pada Gbr. 6, terlihat persentase penggunaan energi terbarukan direncanakan akan meningkat sebesar 12% dari tahun 2015 menjadi 23% pada tahun 2025. Hasil ini sudah memenuhi target KEN tentang penggunaan energi terbarukan pada tahun 2025 yaitu sebesar 23%.

### C. Perbandingan Dengan Target KEN

Setelah mensimulasikan pasokan dan penggunaan energi ke dalam perangkat lunak LEAP, diperoleh hasil perbandingan sebagaimana Gbr. 7.



Gbr. 7 Perbandingan bauran energi Jawa Barat.

Gbr. 7 menunjukkan perbandingan skenario GREN tahun 2025 terhadap KEN. Skenario GREN menunjukkan terdapat penurunan penggunaan batubara dan gas alam, masing-masing sebesar 3% dan 8%, serta peningkatan penggunaan minyak bumi dan energi terbarukan masing-masing 11% dan 12%. Skenario ini memenuhi target KEN terkait penggunaan energi terbarukan pada tahun 2025, yaitu 23% dari total penggunaan energi primer di Jawa Barat.

Skenario GREN dapat memenuhi target KEN dengan perencanaan kunci sesuai regulasi daerah. Dari sisi pasokan, terdapat perencanaan kunci sebagai berikut.

- Memaksimalkan potensi air sebagai sumber PLTA sebesar 2.312 MW (2019) berteknologi DAM. Teknologi ini merupakan pembangkit dengan bendungan melintang di sungai. Pembuatan bendungan tersebut dimaksudkan untuk menaikkan permukaan air di bagian hulu sungai guna membangkitkan energi potensial yang lebih besar sebagai penggerak turbin.
- Pembangunan PLTP sesuai dengan RUPTL 2017 bertotal 905 MW (2025) dengan teknologi *Dry Steam Power Plants*. Cara kerja pembangkit dengan teknologi ini adalah dengan langsung mengarahkan uap panas bumi dari sumur produksi ke arah turbin dan mengaktifkan generator untuk menghasilkan listrik. Sisa panas yang datang dari *production well* dialirkan kembali ke dalam penampungan (*reservoir*) melalui *injection well*.
- Pembangunan PLTS sebesar 8 MW (2025). Teknologi PLTS yang memungkinkan untuk digunakan di Jawa Barat adalah PLTS *OnGrid*. Sistem ini akan tetap terhubung dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan modul surya untuk menghasilkan energi listrik semaksimal mungkin. Pada siang hari, modul surya yang terpasang mengonversi sinar matahari menjadi energi listrik arus searah (DC) yang kemudian diubah menjadi energi listrik arus bolak-balik (AC) oleh komponen yang disebut *Grid-Inverter*, sehingga dapat menyuplai listrik. Energi yang dihasilkan PLTS *OnGrid* ini akan mengurangi pasokan dari PLN yang mayoritas masih menggunakan energi fosil sebagai sumber energi pembangkit listrik, sehingga penggunaan energi fosil dapat dikurangi.
- Pembangunan PLTSa sebesar 250 MW (2025). Teknologi PLTSa yang digunakan adalah teknologi pemusnah sampah (*incinerator*) modern yang dilengkapi dengan peralatan kendali pembakaran dan sistem monitor emisi gas buang yang terus-menerus, yang nantinya akan menghasilkan energi listrik. Hasil pembakarannya dikonversi menjadi tenaga uap untuk menggerakkan generator pembangkit listrik.
- Pembangunan PLTB dan PLTGL, masing-masing sebesar 4 MW (2024). Teknologi PLTB dengan kincir angin jenis *multi-blade* dan Savonius merupakan jenis kincir angin yang paling cocok dengan kecepatan angin rendah Jawa Barat. PLTGL yang cocok dibangun di sepanjang pesisir selatan Jawa Barat adalah pembangkit yang menggunakan teknologi gelombang laut. Aliran gelombang laut yang memiliki energi kinetik masuk ke mesin konversi energi gelombang, kemudian dari mesin konversi ini dialirkan menuju turbin. Gelombang laut yang menghasilkan energi kinetik tersebut digunakan untuk memutar rotor yang terhubung dengan generator yang kemudian akan mengonversi energi tersebut menjadi energi listrik. Namun, kedua pembangkit ini memiliki kendala dari segi biaya investasi, pengoperasian, dan ketersediaan sumber energi di Jawa Barat, sehingga realisasi pembangunannya memiliki persentase kemungkinan yang rendah.
- Pembangunan PLTN sebesar 1.700 MW (2025). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh

beberapa peneliti di Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN) Batan, di antara enam tipe reaktor daya Generasi IV, tipe yang paling cocok digunakan di Indonesia adalah tipe reaktor *Vey High Temperature Reactor* (VHTR), karena memiliki keunggulan pada aspek ekonomi, keselamatan dan kehandalan, serta biaya pengembangan yang relatif lebih rendah dibanding dengan lima tipe yang lainnya, yaitu *Gas-cooled Fast Reactor* (GFR), *Lead-cooled Fast Reactor* (LFR), *Sodium-cooled Fast Reactor* (SFR), *Super Critical Water-cooled Reactor* (SCWR), dan *Molten Salt Reactor* (MSR). Realisasi pembangunan pembangkit ini merupakan yang memiliki paling banyak kendala, baik dari segi lama pembangunan, biaya investasi, pengoperasian, hingga masalah sosial.

- Pembangunan PLTU *super critical* 1.100 MW (2019), 1.100 MW (2025) dan PLTU USC 500 MW (2020) untuk meningkatkan penggunaan teknologi PLTU *subcritical* yang ada saat ini. PLTU *super critical* memiliki efisiensi konversi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknologi PLTU *subcritical* dengan efisiensi 30-35%, yaitu 38-40%. Sedangkan PLTU USC memiliki efisiensi 40-45%.

Sementara perencanaan kunci di sisi pengguna akhir adalah sebagai berikut.

- Penggunaan lampu hemat energi dengan penurunan rata-rata 0,31% dari konsumsi listrik.
- Penggunaan *biofuel*  $\pm$  30% sebagai alternatif penggunaan bahan bakar minyak.

#### IV. KESIMPULAN

Makalah ini telah menghasilkan sebuah model perencanaan energi Jawa Barat dengan menggunakan skenario GREN. Model perencanaan energi tersebut terdiri atas energi primer, energi sekunder, dan kebutuhan energi. Kebutuhan energi dipengaruhi oleh asumsi dasar perencanaan, pengaturan target memengaruhi kebijakan dalam proses energi sekunder dan pengguna akhir. Model ini dapat digunakan sebagai pertimbangan pembuatan kebijakan energi Jawa Barat hingga tahun 2025.

Proyeksi pada Skenario GREN mampu mencapai target KEN penggunaan energi baru dan terbarukan dengan beberapa perencanaan sebagai berikut. Di sisi pengguna akhir adalah penggunaan peralatan hemat energi dengan rata-rata penurunan penggunaan energi sebesar 0,31%, dan penggunaan *biofuel* sebagai alternatif penggunaan bahan bakar minyak sebesar  $\pm$  30%. Sedangkan perencanaan kunci di sisi pasokan adalah sebagai berikut: PLTA dengan teknologi DAM berkapasitas 2.312 MW; PLTP berteknologi *Dry Steam Power Plant* berkapasitas 905 MW; PLTS *OnGrid* berkapasitas 8 MW; PLTS teknologi pemusnah sampah berkapasitas 250 MW; PLTB teknologi kincir *multi-blade savonius* berkapasitas 4 MW; PLTGL teknologi gelombang laut berkapasitas 4 MW; PLTN generasi IV tipe VHTR berkapasitas 1.700 MW, dan PLTU dengan teknologi *super critical* dan USC berkapasitas total 2.200 MW.

#### REFERENSI

- [1] A. Sugiono, "Permasalahan dan Kebijakan Energi Saat Ini," *Prosiding Peluncuran Buku Outlook Energi Indonesia 2014 & Seminar Bersama BPPT dan BKK-PII*, 2014, hal. 9-16.
- [2] A. Galinis dan M. J. Van Leeuwen, "A CGE Model for Lithuania: The Future of Nuclear Energy," *Journal of Policy Modeling*, Vol. 22, Issue 6, hal. 691-718, 2000.
- [3] C. W. Lee, "An Equilibrium Analysis of Renewable Energy Policy Impacts on Power System Planning," *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2014 IEEE PES Asia-Pacific*, 2014, pp. 1-5.
- [4] N. Apergis dan J. E. Payne, "Renewable Energy, Output, CO2 Emissions, and Fossil Fuel Prices in Central America: Evidence From a Nonlinear Panel Smooth Transition Vector Error Correction Model," *Energy Economics*, Vol. 42, hal. 226-232, 2014.
- [5] D.W. North, "Assessing Risks in Long-Term Planning: Probabilistic Scenario Analysis with Generalized Equilibrium Energy Models," dipresentasikan di RIMS-2006 VNIIGAZ/GAZPROM Conference, Moscow, Russia, 1-2 February, 2006.
- [6] A. F. Juwito dan T. Haryono, "Optimisasi Energi Terbarukan dalam Pembangkitan Energi Listrik Menuju Desa Mandiri Energi di Desa Margajaya," *JNTETI*, Vol. 2, No. 3, 2013.
- [7] "Rencana Umum Energi Daerah (RUED) Jawa Barat", ESDM Prov. Jawa Barat, Bandung, 2016.