

## Proyeksi Kebutuhan Energi Primer Jangka Panjang Untuk Sektor Kelistrikan Jawa Bali Hingga Tahun 2050 Berbasis Model LEAP

Haris Munandar <sup>1)</sup>, Asep Handaya Saputra <sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Manajemen Gas, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI Depok  
Email: haris\_mnndr@alumni.ui.ac.id

**Abstrak.** Penelitian ini mengkaji proyeksi besaran kebutuhan energi primer jangka panjang untuk sektor kelistrikan Jawa Bali dari tahun 2015 s.d tahun 2050 dengan menggunakan model LEAP. Beberapa skenario proyeksi diterapkan dalam simulasinya yaitu skenario Referensi, skenario dengan variasi PDRB, dan skenario Optimasi Supply Side dengan variasi pada reserve margin, perbaikan susut, perbaikan efisiensi pembangkit, serta perubahan peran pembangkit gas menjadi pemikul beban dasar. Dari hasil penelitian ini, diketahui bahwa berdasarkan Skenario Referensi, pada tahun 2050 kebutuhan energi listrik untuk Jawa Bali diproyeksikan mencapai 596,69 TWh, dimana untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut, produksi energi listrik yang perlu disediakan sebesar 658,97 TWh dengan total kapasitas pembangkit mencapai 136,90 GW. Untuk memenuhi operasional pembangkit tersebut, kebutuhan energi primer yang perlu disiapkan adalah sebesar 1.835,88 TWh (6,6 milyar GJ) dengan rincian: batubara 131,64 juta ton, gas 2.690,8 BBTUD, panas bumi setara 837,28 juta GJ, tenaga air setara 152,42 juta GJ, biomassa 3,78 juta ton, tenaga surya setara 474,46 juta GJ, dan BBM 165,7 ribu kL. Skenario dengan variasi PDRB menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi erat pengaruhnya terhadap permintaan kebutuhan listrik dan proyeksi energi primer.

**Kata kunci:** LEAP, energi, kelistrikan, Jawa Bali.

### 1. Pendahuluan

Wilayah Jawa Bali merupakan wilayah dengan beban kelistrikan terbesar dimana lebih dari 70% energi listrik diserap di wilayah ini. Seiring pertumbuhan penduduk dan ekonomi di Jawa Bali yang pesat, maka perlu disiapkan tambahan pembangkit listrik agar tidak terjadi kekurangan daya. Agar pengoperasian pembangkit ke depan dapat berjalan secara kontinu, aman, dan berkelanjutan, maka ketersediaan energi primer sebagai sumber bahan bakar untuk pembangkit juga perlu direncanakan dengan matang. Dalam menghitung kebutuhan energi primer untuk kelistrikan, perlu juga dikalkulasi besaran emisi yang dihasilkan dari aktivitas operasional pembangkit sehingga dapat menjadi masukan bagi *stakeholder* untuk membuat kebijakan yang lebih baik dan ramah lingkungan.

Dalam melakukan perencanaan energi jangka panjang, berbagai model energi telah dikembangkan untuk membantu dalam perencanaan energi, model yang berdasarkan ekonometrika atau teknik statistika banyak digunakan untuk membuat proyeksi kebutuhan energi jangka panjang. Model energi yang telah digunakan dalam perencanaan energi antara lain: MARKAL, CGE, INOSYD, EFFECTS, LEAP, dan lainnya yang masing-masing memiliki keunggulan tersendiri [1]. Dari berbagai model energi tersebut, model LEAP merupakan model energi yang cukup populer dan banyak digunakan peneliti dan akademisi di Indonesia.

LEAP merupakan singkatan dari the *Long-range Energy Alternatives Planning System*. Software LEAP ini dikembangkan oleh *Stockholm Environment Institute* berbasis di Boston, Amerika Serikat, atau biasa disebut sebagai SEIBoston pada tahun 1980. Dalam melakukan pemodelan untuk proyeksi kebutuhan dan penyediaan energi jangka panjang, kerangka kerja *software* LEAP setidaknya menggunakan 4 modul yaitu modul *Key Assumptions*, Modul *Demand*, Modul *Transformation*, dan Modul *Resources* [1].

Untuk modul *Key Assumptions*, salah satu hal yang spesifik dan berbeda dari penelitian ini dengan penelitian lain adalah asumsi untuk kebutuhan listrik sektor rumah tangga di Jawa Bali mengacu pada *trend* di negara Brazil dengan pertimbangan adanya kesamaan karakteristik pemakaian listrik sebagai negara tropis dan jumlah penduduk yang hampir sama besar, namun tentunya dengan pendapatan per kapita yang jauh lebih tinggi. Sementara untuk sektor industri, bisnis, dan publik, diasumsikan bahwa elastisitas konsumsi listrik sektor-sektor tersebut terhadap pertumbuhan GDP mengikuti elastisitas

sesuai studi berjudul “*Understanding the Energy-GDP Elasticity : A Sectoral Approach*” [2] berdasarkan pengelompokan pendapatan suatu negara yang dilakukan oleh *World Bank (High Income vs Others)*.

Untuk modul *Demand*, penulis menggunakan teknik analisis model energi dengan pendekatan *end-use* atau dikenal juga sebagai pendekatan *engineering model*. Dengan pendekatan ini, permintaan energi listrik dari masing-masing kegiatan sektoral merupakan produk dari dua faktor, yaitu tingkat aktivitas (layanan energi) dan intensitas energi (penggunaan energi per unit layanan energi) seperti ditampilkan pada Persamaan (1).

$$E_i = Q_i \times I_i \dots\dots\dots(1)$$

dengan:  $E_i$  = kebutuhan energi pada waktu  $i$   
 $Q_i$  = jumlah aktivitas energi pada waktu  $i$   
 $I_i$  = intensitas penggunaan energi pada waktu  $i$

Beban kelistrikan atau *demand* dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa sektor, yaitu sektor rumah tangga, sektor industri, sektor bisnis, dan sektor publik. Masing-masing sektor pelanggan ini, untuk tingkat aktivitas dan intensitasnya dipengaruhi oleh beberapa fungsi yaitu sebagai berikut.

• Sektor Rumah Tangga

$$Q_{i\_RT} = f(\text{populasi, banyaknya anggota keluarga, rasio elektrifikasi}) \dots\dots\dots(2)$$

$$I_{i\_RT} = f(I_{0\_RT}, \text{income, trend Brazil, eff}_{2015-2025} = -1\% \text{ per tahun, eff}_{2026-2050} = -0,5\% \text{ per tahun}) \dots\dots\dots(3)$$

• Sektor Industri

$$Q_{i\_IND} = f(Q_{i-1\_IND}, Q_{i\_RT}, \text{pertumbuhan PDRB industri}) \dots\dots\dots(4)$$

$$I_{i\_IND} = f(I_{0\_IND}, \text{income, elastisitas Burke, eff}_{2015-2025} = -1\% \text{ per tahun, eff}_{2026-2050} = -0,5\% \text{ per tahun}) \dots\dots\dots(5)$$

• Sektor Bisnis

$$Q_{i\_BSN} = f(Q_{i-1\_BSN}, Q_{i\_RT}, \text{pertumbuhan PDRB bisnis}) \dots\dots\dots(6)$$

$$I_{i\_BSN} = f(I_{0\_BSN}, \text{income, elastisitas Burke, eff}_{2015-2025} = -1\% \text{ per tahun, eff}_{2026-2050} = -0,5\% \text{ per tahun}) \dots\dots\dots(7)$$

• Sektor Publik

$$Q_{i\_PUB} = f(Q_{i-1\_PUB}, Q_{i\_RT}, \text{pertumbuhan PDRB publik}) \dots\dots\dots(8)$$

$$I_{i\_PUB} = f(I_{0\_PUB}, \text{income, elastisitas Burke, eff}_{2015-2025} = -1\% \text{ per tahun, eff}_{2026-2050} = -0,5\% \text{ per tahun}) \dots\dots\dots(9)$$

Untuk modul *Transformation*, dalam menghitung penyediaan energi yang diperlukan dalam memenuhi kebutuhan listrik digunakan Persamaan (10) sebagai berikut.

$$\sum_{i=1}^t P_{(t)} = \frac{\sum_{i=1}^t EF_{TOT}}{1 - \sum_{i=1}^t S_{TD}} \dots\dots\dots(10)$$

dengan:  $P$  = produksi energi listrik  
 $EF_{TOT}$  = kebutuhan energi final pelanggan  
 $S_{TD}$  = susut di transmisi dan distribusi  
 $t$  = tahun ke-n

Jenis pembangkit yang digunakan dalam simulasi ini adalah PLTU, PLTP, PLTS, PLTBm, PLTA, PLTGU, dan PLTD. Pengaturan lainnya dalam modul *Transformation* dapat dilihat pada Tabel 1 s.d Tabel 5.

Tabel 1. Pengaturan Metode *Dispatch* Pembangkit

Jenis Pembangkit	Metode Dispatch	Merit Order	Process Share	Keterangan
PLTU	MeritOrderDispatch	Baseloader	Optimasi LEAP	
PLTP	PercentShare	Baseloader	2025=13% ; 2050=15%	EBT 2025=23% ; EBT 2050 =31% (KEN)
PLTS	PercentShare	Baseloader	2050=3%	EBT 2025=23% ; EBT 2050 =31% (KEN)
PLTBm	PercentShare	Baseloader	2050=3%	EBT 2025=23% ; EBT 2050 =31% (KEN)
PLTA	PercentShare	Baseloader	2025=10% ; 2050=10%	EBT 2025=23% ; EBT 2050 =31% (KEN)
PLTGU	PercentShare	Load Follower	2025=22% ; 2050=24%	GAS 2025=22% ; GAS 2050 =24% (KEN)
PLTD	PercentShare	Peaker	2025=0,1% ; 2050=0,1%	

Tabel 2. Pengaturan Parameter Teknis Pembangkit [3,4]

Jenis Pembangkit	Parameter Teknis Pembangkitan				Parameter Biaya Internal Pembangkitan			
	Efisiensi Pembangkit	Faktor Ketersediaan Maksimum	Capacity Credit	Emisi Pembangkit	Biaya Investasi (USD/kW)	Biaya Tetap O&M (USD/kW)	Biaya Variabel O&M (USD/MWh)	Learning Rate
PLTU	34%	90%	100%	IPCC (1996)	1000	35	3,8	8,3%
PLTU USC	42%	90%	100%	IPCC (1996)	1400	56	3,8	8,3%
PLTP	25%	90%	100%	Diabaikan	2300	40	0,7	10,0%
PLTS	15%	40%	20%	Diabaikan	1800	23	0,4	23,0%
PLTBm	29%	60%	100%	IPCC (1996)	2300	97	6,5	11,0%
PLTA	90%	60%	50%	Diabaikan	2300	54	3,8	1,4%
PLTGU	55%	90%	100%	IPCC (1996)	700	25	3,8	14,0%
Advanced PLTGU	60%	90%	100%	IPCC (1996)	900	22	2,0	14,0%
PLTD	37%	90%	100%	IPCC (1996)	400	28	3,8	15,0%

Tabel 3. Pengaturan Parameter Biaya Eksternal Pembangkitan [5]

Jenis Emisi	Biaya Eksternal
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	2 USD/kg
Nitrogen Oksida (NO <sub>x</sub> )	2,8 USD/kg
Carbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	13 USD/ton
Partikulat PM <sub>10</sub>	4,3 USD/kg
Carbon Monoksida (CO)	0,52 USD/kg
Non Methane Volatile Organic (NMVOC)	1,6 USD/kg

Tabel 4. Pengaturan Penambahan Pembangkit *Endogenous Capacity*

Addition Order	Build Order	Process	Addition Size Expression
1	0	New Hydro PP	125
2	0	New Solar PV	125
3	0	New Biomass PP	125
4	0	New Geothermal PP	125
5	0	New GFPP	800
6	0	New CFPP	1000
7	0	New Diesel PP	25

Tabel 5. Pengaturan Pembangkit Eksisting yang *Retired*

Jenis Pembangkit Eksisting	Kapasitas Terpasang (MW)					
	2014	2025	2030	2035	2040	2045
PLTU	22.741,00	16.853,25	11.235,50	5.685,25	-	-
PLTP	1.141,69	1.141,69	1.141,69	570,85	570,85	-
PLTA	2.571,97	2.571,97	2.571,97	1.285,99	1.285,99	-
PLTGU	10.349,60	7.762,20	5.174,80	2.587,40	-	-
PLTD	523,99	523,99	-	-	-	-

Untuk modul *Resources*, dengan pengaturan jenis pembangkit yang digunakan, maka secara *default* struktur data pada modul *Resources* di dalam LEAP terdiri dari *Primary Resources* (*Solar, Biomass, Natural Gas, Hydro, Geothermal, Coal Sub Bituminous*) dan *Secondary Resources* (*Electricity,*

*Diesel*). Dalam modul *Resources ini*, pasokan batubara diasumsikan tidak ada tambahan penemuan cadangan baru, sementara untuk pasokan gas terdapat tambahan penemuan baru cadangan gas. Pengaturannya dapat dilihat pada Tabel 5 s.d Tabel 7.

Tabel 5. Pengaturan Jenis Energi Primer dan Biaya Pembeliannya dalam Model LEAP

Jenis Energi Primer	Cadangan Sumber Daya	Biaya Pembelian	Keterangan
Batubara	Terbatas	85%*Harga Batubara Australia sesuai World Bank Commodities Price Forecast, terbit 24 April 2018	Angka 85% adalah asumsi faktor konstanta untuk harga Batubara Kalori 4200 CIF.
Gas Alam	Terbatas	14,5%*ICP USD/MMBTU (ICP diasumsikan sama dengan Harga Minyak sesuai World Bank Commodities Price Forecast, terbit 24 April 2018)	Angka 14,5% adalah slope harga gas pada Permen ESDM No.45/2017.
Panas Bumi	Terbarukan	-	Panas Bumi
Hidro	Terbarukan	-	Hidro
Surya	Terbarukan	-	Surya
Biomassa	Terbarukan	-	Biomassa
BBM	Terbatas	25%*ICP USD/MMBTU (ICP diasumsikan sama dengan Harga Minyak sesuai World Bank Commodities Price Forecast, terbit 24 April 2018)	Angka 25% adalah asumsi slope harga BBM.

Tabel 6. Pengaturan Cadangan Energi Primer dalam Model LEAP [3]

Energi Primer	Cadangan Tahun Dasar	Faktor Produksi	Faktor Domestik	Alokasi Jawa Bali	Keterangan
Batubara Kalori Rendah	34 Milyar ton	0,90	0,20	0,80	34 Milyar ton
Gas Alam	54,19 TSCF	0,90	0,25	0,80	13,84 TSCF (Cadangan Gas Sumatera Bagian Selatan) 4,28 TSCF (Cadangan Gas Jawa Bagian Barat) 6,37 TSCF (Cadangan Gas Jawa Bagian Timur) 5,7 TSCF (Cadangan Gas Mahakam / LNG Bontang) 24 TSCF (Cadangan Gas Tangguh / LNG Tangguh)
BBM	Impor				Impor

Tabel 7. Pengaturan Tambahan Cadangan Gas Alam dalam Model LEAP [6]

Tahun	Nama Lapangan Gas	Tambahan Cadangan Gas	Faktor Produksi	Faktor Domestik untuk Kelistrikan	Alokasi Jawa Bali
2017	IDD	2,32 TSCF	0,9	0,25	0,8
2021	Merakes	0,81 TSCF	0,9	0,25	0,8
2027	Abadi Masela	10,73 TSCF	0,9	0,25	0,8

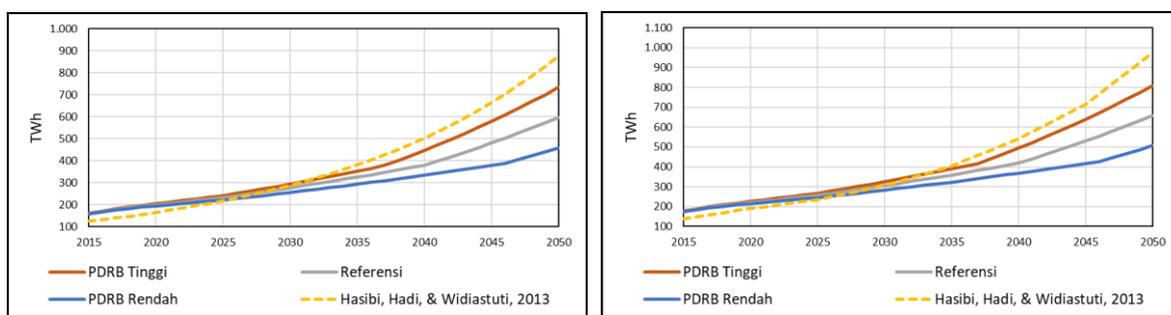
Pada penelitian ini, pengaturan skenario diatur menjadi beberapa macam yaitu :

1. Skenario Referensi merupakan skenario dasar yang diatur dengan parameter utama sebagai berikut.
  - a. Proyeksi pertumbuhan PDRB Jawa Bali rata-rata rata 5,60% per tahun menuju 2050. Angka 5,60% per tahun mengacu pada skenario Outlook Energi Indonesia 2016 (DEN, 2016).
  - b. *Reserve margin* pada 35% dan susut/*losses* transmisi dan distribusi listrik sebesar 9,45%.
  - c. Efisiensi pembangkit baru yang ditambahkan tidak mengalami kenaikan atau diasumsikan tetap seperti kondisi eksisting.
2. Skenario Variasi PDRB dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan pertumbuhan ekonomi terhadap perubahan kebutuhan energi primer untuk kelistrikan. Pengaturan parameter skenario ini disamakan seperti Skenario Referensi kecuali angka proyeksi pertumbuhan PDRB yang divariasikan menjadi 2 sub skenario yaitu sub Skenario PDRB Tinggi dimana angka proyeksi pertumbuhan PDRB Jawa Bali rata-rata 6,30% per tahun menuju 2050 dan sub Skenario PDRB Rendah dimana angka proyeksi pertumbuhan PDRB Jawa Bali rata-rata 4,60% per tahun menuju 2050.
3. Skenario Optimasi *Supply Side* (OSS) dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan di sisi penyediaan energi (*supply side*) terhadap perubahan kebutuhan energi primer

untuk kelistrikan dan emisi CO<sub>2</sub>-nya. Skenario Optimasi *Supply Side* diatur dengan perubahan parameter utama sebagai berikut:

- Susut/*losses* transmisi dan distribusi listrik dapat diturunkan menjadi sebesar 6% pada 2030 dengan benchmark pada capaian susut di negara Amerika Serikat pada tahun 2014.
- Untuk penambahan pembangkit baru khusus PLTU dan PLTGU, diterapkan teknologi terbaru yaitu PLTU (*Ultra Super Critical*) dan *Advanced* PLTGU untuk meningkatkan efisiensi pembangkit.
- Pembangkit gas diubah fungsinya menjadi pembangkit pemikul beban dasar untuk menurunkan emisi CO<sub>2</sub> dari pembangkit berbahan bakar batubara.
- Untuk melihat pengaruh besaran *Reserve Margin*, maka pada skenario ini dibagi menjadi 2 sub skenario yaitu sub skenario RM Tinggi (OSS RM Tinggi) pada 45% dan sub skenario RM Rendah (OSS RM Rendah) pada 25%.

## 2. Pembahasan



Gambar 1. Proyeksi Total Kebutuhan Energi Listrik (sebelah kiri) dan Total Produksi Energi Listrik (sebelah kanan) di Jawa Bali Tahun 2015-2050

Pada Skenario Referensi yakni berdasarkan asumsi pertumbuhan PDRB moderat 5,6% per tahun selama periode 2015-2050 dan pertumbuhan penduduk rata-rata sebesar 0,62% per tahun, diperkirakan kebutuhan energi listrik Jawa Bali akan mencapai 232,66 TWh pada tahun 2025. Kebutuhan pada tahun 2025 tersebut menunjukkan peningkatan sekitar 1,56 kali lipat dengan rata-rata pertumbuhan tahunan sebesar 4,13% dibandingkan dengan konsumsi energi listrik pada tahun 2014 sebesar 149,13 TWh. Kebutuhan energi listrik ke depannya akan semakin meningkat dan diproyeksikan mencapai 596,69 TWh pada tahun 2050. Rata-rata pertumbuhan kebutuhan energi listrik selama periode 2015-2050 adalah sekitar 3,93% per tahun.

Kebutuhan energi listrik pada skenario PDRB Tinggi dengan asumsi PDRB pada level 6,3% per tahun selama periode 2015-2020 mencapai 241,55 TWh pada tahun 2025 dan 733,19 TWh pada tahun 2050 dengan laju rata-rata sebesar 4,52% per tahun selama periode 2015-2050. Sedangkan kebutuhan energi listrik pada skenario PDRB Rendah dengan asumsi PDRB pada level 4,6% mencapai 221,81 TWh pada tahun 2025 dan 459,22 TWh pada tahun 2050 dengan laju rata-rata sebesar 3,17% per tahun selama periode 2015-2050.

Studi penelitian “Analisis Skenario Permintaan dan Penyediaan Energi Listrik pada Sistem Jamali 2050” yang dilakukan oleh Hasibi, Hadi, & Widiastuti [7] menghasilkan proyeksi kebutuhan energi listrik Jawa Bali pada tahun 2025 mencapai sekitar 218,88 TWh, angka tersebut lebih rendah dari proyeksi skenario PDRB Rendah. Sementara untuk tahun 2050, proyeksi yang dilakukan oleh Hasibi, Hadi, & Widiastuti menghasilkan angka sekitar 876,87 TWh yang mana angka tersebut lebih tinggi daripada skenario PDRB Tinggi. Perbedaan hasil dimana pada periode awal, angkanya lebih rendah, kemudian pada periode akhir, menjadi lebih tinggi dimungkinkan terjadi akibat penggunaan asumsi elastisitas permintaan energi terhadap pertumbuhan ekonomi secara flat untuk kurun waktu proyeksi yang cukup panjang dalam perhitungan perencanaan energi.

Dengan besaran kebutuhan listrik dan produksi energi listrik seperti yang telah diuraikan di atas, maka diproyeksikan kebutuhan energi primer dari bahan bakar fosil yang perlu disediakan dapat dilihat pada Tabel 8 sampai dengan Tabel 10.

Tabel 8. Kebutuhan Batubara untuk Kelistrikan Jawa Bali Tahun 2015-2050

dalam juta ton

Skenario	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PDRB Tinggi	42,17	54,62	60,58	71,57	86,80	99,18	130,55	161,75
Referensi	41,80	53,20	58,02	66,96	79,88	83,71	107,97	131,64
PDRB Rendah	41,55	51,62	54,97	61,36	71,57	72,87	84,77	100,77
OSS RM Rendah	37,96	45,37	45,86	47,27	50,75	52,14	67,26	83,67
OSS RM Tinggi	37,79	43,19	43,43	45,60	50,76	50,79	65,81	80,57

Tabel 9. Kebutuhan Gas Alam untuk Kelistrikan Jawa Bali Tahun 2015-2050

dalam BBTUD

Skenario	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
OSS RM Rendah	813,5	1.072,0	1.261,8	1.556,2	1.990,9	2.224,2	2.869,2	3.502,2
OSS RM Tinggi	809,9	1.097,3	1.315,0	1.600,9	1.955,3	2.167,0	2.807,7	3.437,2
PDRB Tinggi	644,4	781,0	998,5	1.239,3	1.508,7	1.952,4	2.568,2	3.306,3
Referensi	639,7	763,3	961,7	1.167,5	1.396,9	1.656,5	2.132,1	2.690,8
PDRB Rendah	636,5	743,7	916,9	1.079,7	1.258,2	1.456,7	1.676,9	2.070,8

Tabel 10. Kebutuhan BBM untuk Kelistrikan Jawa Bali Tahun 2015-2050

dalam ribu kl

Skenario	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PDRB Tinggi	41,8	47,3	67,1	81,8	98,0	124,4	160,9	203,6
Referensi	41,5	46,2	64,6	77,0	90,6	105,5	133,5	165,7
OSS RM Rendah	41,4	45,5	63,0	74,2	87,2	101,7	128,6	159,7
OSS RM Tinggi	41,4	45,5	63,0	74,2	87,2	101,7	128,6	159,7
PDRB Rendah	41,3	45,0	61,6	71,3	81,6	92,8	105,0	127,5

### 3. Kesimpulan

Pada skenario Referensi dengan PDRB sebesar 5,6% per tahun, maka kebutuhan energi listrik untuk Jawa Bali pada tahun 2050 diproyeksikan mencapai 596,69 TWh. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sebesar 596,69 TWh, maka produksi energi listrik yang perlu disediakan adalah sebesar 658,97 TWh dengan total kapasitas pembangkit mencapai 136,90 GW. Kebutuhan energi primer yang perlu disediakan untuk memenuhi operasional pembangkit dalam memenuhi kebutuhan listrik sebanyak 596,69 TWh pada tahun 2050 adalah sebesar 1.835,88 TWh atau sebesar 6.609,15 juta GJ dengan rincian masing-masing sebagai berikut: batubara sebanyak 131,64 juta ton, gas sebanyak 2.690,8 BBTUD, BBM sebanyak 165,7 ribu kL, biomassa 3,78 juta ton, panas bumi setara 837,28 juta GJ, tenaga surya setara 474,46 juta GJ, tenaga air setara 152,42 juta GJ.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada keluarga, Manajemen PT PLN (Persero), dosen pembimbing dan pengajar pada Program S2 Manajemen Gas FTUI, serta teman-teman seperjuangan atas bantuan dan kerjasamanya dalam penyelesaian penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1]. Kajian Pengembangan Model dalam Mendukung Perencanaan Energi. (2013). Direktorat Sumber Daya Energi Mineral dan Pertambangan Bappenas.
- [2]. Burke, P. J., & Csereklyei, Z. (2016). Understanding the Energy-GDP Elasticity : A Sectoral Approach. CAMA, Crawford School of Public Policy, Australian National University.
- [3]. Outlook Energi Indonesia 2016. (2016). Jakarta: Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.
- [4]. Rubin, E. S., Azevedo, I. M., Jaramilla, P., & Yeh, S. (2015). A Review of Learning Rates for Electricity Supply Technologies. Energy Policy 86, 198-218.
- [5]. Matthews, H. S., & Lave, L. B. (2000). Applications of Environmental Valuation for Determining Externality Costs. Environmental Science & Technology, 1390-1395.
- [6]. Neraca Gas Bumi Indonesia 2018-2027. (2018). Jakarta: Ditjen Migas KESDM.
- [7]. Hasibi, R. A., Hadi, S. P., & Widiastuti, A. N. (2013). Analisis Skenario Permintaan dan Penyediaan Energi Listrik pada Sistem Interkoneksi Jawa-Madura-Bali 2050. JNTETI, Vol.2 No.4, Februari 2013.