

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 DATA UMUM

4.1.1 Keadaan Demografi Provinsi Jawa Tengah (Statistik Daerah Provinsi Jawa Tengah, 2015)

Berdasarkan Angka Sementara Proyeksi Sensus Penduduk (SP) 2010, jumlah penduduk Jawa Tengah pada tahun 2014 tercatat sebesar 33,52 juta jiwa sekitar 13,29 persen dari jumlah penduduk Indonesia. Jumlah penduduk perempuan lebih besar dibandingkan jumlah penduduk laki-laki. Ini ditunjukkan oleh rasio jenis kelamin (rasio jumlah penduduk laki-laki terhadap jumlah penduduk perempuan) sebesar 98,41 persen.

Penduduk Jawa Tengah belum menyebar secara merata di seluruh wilayah Jawa Tengah. Umumnya penduduk banyak menumpuk di daerah kota dibandingkan kabupaten. Secara rata-rata kepadatan penduduk Jawa Tengah tahun 2014 tercatat sebesar 1.030 jiwa setiap kilometer persegi, dan wilayah terpadat adalah Kota Surakarta dengan tingkat kepadatan lebih dari 11 ribu orang setiap kilometer persegi.

Jumlah rumah tangga sebesar 9,0 juta pada tahun 2014 sedangkan rata-rata penduduk per rumah tangga di Jawa Tengah tercatat sebesar 3,7 jiwa. Jumlah penduduk, rumah tangga dan kepadatan penduduk Provinsi Jawa Tengah menurut Kabupaten/Kota tahun 2014 dapat dilihat pada tabel 4.1 (BPS Provinsi Jawa Tengah)

Tabel 4.1 Banyaknya rumah tangga dan rata-rata anggota rumah tangga menurut kabupaten/kota tahun 2014

No.	Kabupaten/Kota	Jumlah Penduduk	Rumah Tangga	Rata rata anggota rumah tangga
1.	Cilacap	1.685.573	455.541	3,7
2.	Banyumas	1.620.918	438.222	3,7
3.	Purbalingga	889.214	221.336	4,0
4.	Banjarnegara	895.986	234.045	3,8
5.	Kebumen	1.181.006	317.370	3,7
6.	Purworejo	708.038	205.801	3,4
7.	Wonosobo	773.280	210.937	3,7
8.	Magelang	1.233.695	333.076	3,7
9.	Boyolali	957.857	268.718	3,6
10.	Klaten	1.154.040	333.122	3,5
11.	Sukoharjo	856.937	235.859	3,6
12.	Wonogiri	945.817	260.996	3,6
13.	Karanganyar	848.255	224.326	3,8
14.	Sragen	875.600	252.812	3,5
15.	Grobogan	1.343.960	389.487	3,5
16.	Blora	848.369	243.087	3,5

Tabel lanjutan 4.1

No. T	Kabupaten/Kota	Jumlah Penduduk	Rumah Tangga	Rata rata anggota rumah tangga
17.	P Rembang	614.087	168.851	3,6
18.	Pati	1.225.594	358.091	3,4
19.	Kudus	821.136	204.791	4,0
20.	Jepara	1.170.797	307.963	3,8
21.	Demak	1.106.328	294.120	3,8
22.	Semarang	987.557	266.243	3,7
23.	Temanggung	738.915	192.853	3,8
24.	Kendal	934.643	254.459	3,7
25.	Batang	736.397	186.703	3,9
26.	Pekalongan	867.573	202.313	4,3
27.	Pemalang	1.284.236	317.586	4,0
28.	Tegal	1.420.132	361.546	3,9
29.	Brebes	1.773.379	462.950	3,8
30.	Kota Magelang	120.373	31.734	3,8
31.	Kota Surakarta	510.077	144.328	3,8
32.	Kota Salatiga	181.193	49.990	3,6
33.	Kota Semarang	1.672.999	441.747	3,8
34.	Kota Pekalongan	293.704	72.918	4,0

Tabel lanjutan 4.1

35.	Kota Tegal	244.998	65.133	3,8
Jumlah/Total 2014		33.552.663	9.009.084	3,7

Sumber : (BPS Jawa Tengah)

jumlah penduduk laki-laki dan perempuan dinyatakan dalam rasio jenis kelamin yang nilainya 98,42. Artinya, untuk setiap 100 penduduk perempuan terdapat 98 penduduk laki-laki. Nilai rasio jenis kelamin di setiap kabupaten/kota tidak terlalu berbeda (berkisar antara 94-103). Hal tersebut menunjukkan bahwa jumlah laki-laki dan perempuan di setiap wilayah di Jawa Tengah perbedaannya tidak signifikan. . (BPS Provinsi Jawa Tengah).

Tabel 4.2 Penduduk Jawa Tengah menurut *sex ratio* 2015

Indikator	Tahun		
	2012	2013	2014
Laki-laki	16.495.705	16.499.377	16.627.023
Perempuan	16.774.502	16.764.962	16.895.640
Rasio jenis kelamin %	98,34	98,42	98,41

Sumber : (BPS Jawa Tengah)



Gambar 4.1 Peta Provinsi Jawa Tengah

Sumber: <https://www.google.co.id/search?q=peta+jawa+tengah>

(diakses pada hari rabu, 08 Maret 2017, 00.12)

4.1.2 Pertumbuhan Ekonomi

Ekonomi Jawa Tengah triwulan III-2015 dibanding triwulan III-2014 (*y-on-y*) tumbuh 5,0 persen. Pertumbuhan didukung oleh hampir semua lapangan usaha, kecuali Pengadaan Listrik dan Gas serta Pengadaan Air, Pengelolaan Sampah, Limbah dan Daur Ulang yang mengalami kontraksi 4,6 serta 0,2 persen. Pertumbuhan tertinggi dicapai oleh Jasa Perusahaan sebesar 10,9 persen, diikuti Informasi dan Komunikasi 9,5

persen, Jasa Keuangan dan Asuransi sebesar 9,3 persen, dan *Real Estate* sebesar 8,8 persen. Seperti terlihat pada gambar 4.2 di bawah ini. . (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, 2015)



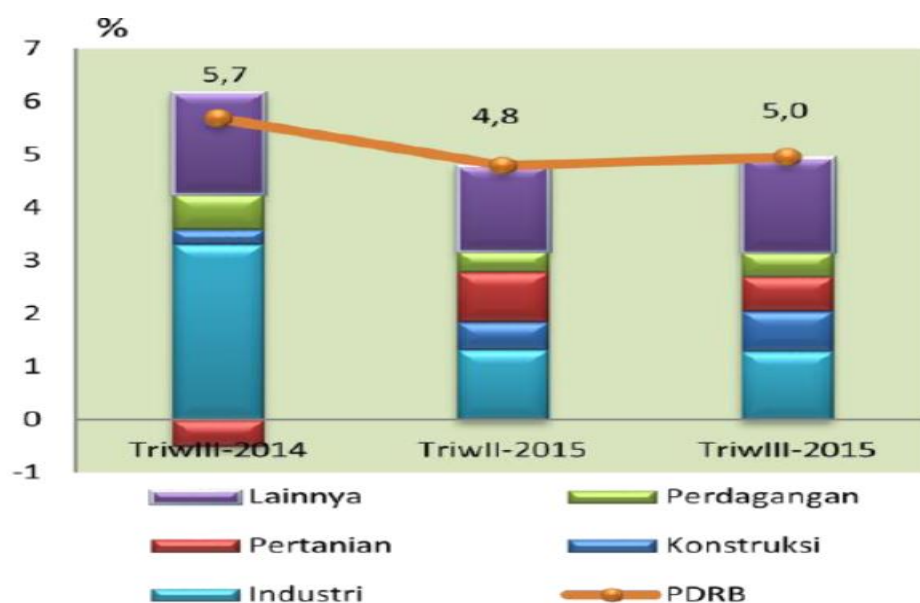
Gambar 4.2 grafik pertumbuhan beberapa lapangan usaha triwulan III-2015

Sumber : BPS Jawa Tengah 2015

Struktur PDRB Jawa Tengah menurut lapangan usaha atas dasar harga berlaku pada triwulan III-2015 tidak menunjukkan perubahan yang berarti. Industri Pengolahan; Pertanian, Kehutanan dan Perikanan; Perdagangan Besar-Eceran, Reparasi Mobil-Sepeda Motor; dan Konstruksi masih mendominasi PDRB Jawa Tengah.

Bila dilihat dari penciptaan sumber pertumbuhan ekonomi Jawa Tengah triwulan III-2015 (*y-on-y*), Industri Pengolahan memiliki sumber pertumbuhan tertinggi sebesar 1,3 persen, diikuti Konstruksi sebesar 0,8 persen; Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan sebesar 0,6 persen; Perdagangan sebesar 0,5 persen dan Infokom sebesar 0,4 persen. Pada

tahun 2015, lapangan usaha Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan memberikan kontribusi yang lebih baik pada pertumbuhan PDRB dibandingkan tahun 2014. Seperti terlihat pada gambar 4.3 di bawah ini. (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, 2015)



Gambar 4.3 sumber pertumbuhan PDRB menurut lapangan usaha

4.2 Data Pembangkit Listrik

4.2.1. Kapasitas Pembangkit Terpasang di Provinsi Jawa Tengah

Beban puncak sistem kelistrikan di provinsi Jawa Tengah diperkirakan sampai akhir tahun 2014 sekitar 3.313 MW. Beban dipasok oleh pembangkit yang berada di grid 500 kV dan grid 150 kV dengan kapasitas hingga 5.624 MW. Pembangkit listrik di Jawa Tengah yang berada di grid 500 kV adalah PLTU Tanjung Jati B dan di grid 150 kV

adalah PLTGU/PLTU Tambak Lorok, PLTU Cilacap, PLTP Dieng, PLTA Mrica dan PLTA tersebar. PLTU Adipala 660 MW direncanakan akan beroperasi pada kuartal tahun pertama tahun 2015. Pasokan dari grid 500 kV adalah melalui 2 GITET, yaitu Tanjung Jati, Ungaran dan Pedan, dengan kapasitas 3.500 MVA. Peta sistem kelistrikan Jawa Tengah ditunjukkan pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Peta jaringan TT dan TET di Provinsi Jawa Tengah

Sumber: RUPTL PLN 2015-2024

Kelistrikan Provinsi Jawa Tengah terdiri atas 3 subsistem yaitu:

1. GITET Ungaran dan PLTGU/PLTU Tambak Lorok memasok Kota Semarang, Kab. Salatiga, Kab. Demak, Kab. Jepara, Kab. Rembang, Kota

Salatiga, Kab. Blora, Kab. Pati, Kab. Batang, Kab. Pemalang, Kab.

Pekalongan, Kab. Brebes, Kab. Kendal dan Kota Tegal.

2. GITET Pedan memasok Kota Surakarta, Kab. Wonosobo, Kab.

Wonogiri,

Kab. Temanggung, Kab. Magelang, Kab. Klaten, Kab. Wonosobo, Kab.

Sragen dan DIY.

3. PLTU Cilacap memasok Kab. Cilacap, Kab. Banyumas, Kab.

Purworejo,

Kab. Purbalingga dan Kab. Kebumen.

Tabel 4.3 Pembangkit Terpasang Jawa Tengah

No	Nama Pembangkit	Jenis	Jenis Bahan Bakar	Pemilik	Kapasitas Terpasang MW	Daya Mampu MW
1	Jelok	PLTA	Air	Indonesia Power	20,5	20,4
2	Timo	PLTA	Air	Indonesia Power	12,0	11,9
3	Ketenger	PLTA	Air	Indonesia Power	8,0	8,5
4	Gerung	PLTA	Air	Indonesia Power	26,4	26,4
5	Wonogiri	PLTA	Air	Indonesia Power	12,4	12,4

Tabel Lanjutan 4.3

No	Nama Pembangkit	Jenis	Jenis Bahan Bakar	Pemilik	Kapasitas Terpasang MW	Daya Mampu MW
6	Sempor	PLTA	Air	Indonesia Power	1,0	1,0
7	Mrica	PLTA	Air	Indonesia Power	180,9	157,9
8	Wadas Lintang	PLTA	Air	Indonesia Power	18,0	18,0
9	Kedung Ombo	PLTA	Air	Indonesia Power	22,5	22,3
10	Lambu	PLTA	Air	Indonesia Power	1,2	1,2
11	Pengkol	PLTA	Air	Indonesia Power	1,4	1,4
12	Selorejo	PLTA	Air	Indonesia Power	100,0	56,0
13	Tambak Lorok 1-2	PLTU	BBM	Indonesia Power	200,0	155,0
14	Tambak Lorok 3	PLTU	BBM	Indonesia Power	517,0	508,3
15	Tambak Lorok Blok 1	PLTGU	BBM	Indonesia Power	517,0	508,3
16	Tambak Lorok Blok 2	PLTGU	BBM	Indonesia Power	55,0	40,0
17	Cilacap	PLTG	BBM	Indonesia Power	55,0	40,0

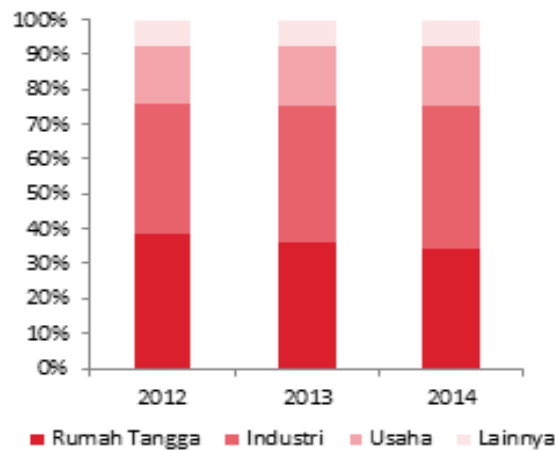
Tabel Lanjutan 4.3

No	Nama Pembangkit	Jenis	Jenis Bahan Bakar	Pemilik	Kapasitas Terpasang MW	Daya Mampu MW
19	Cilacap 1-2	PLTU	Batubara	Swasta	600,0	562,0
20	Tanjung Jati B 1-2	PLTU	Batubara	PLN	1320,0	1321,6
21	Tanjung Jati B 3-4	PLTU	Batubara	PLN	1320,0	1322,2
22	Rembang	PLTU	Batubara	PLN	630,0	560,0
Jumlah					5624,6	5361,2

Sumber: RUPTL PLN 2014-2024

4.2.2. Produk dan Listrik Terjual

Dari total listrik di Jawa Tengah yang disalurkan, 57 persen dialirkan untuk mencukupi kebutuhan rumah tangga, sisanya digunakan untuk mencukupi kebutuhan industri, usaha, pemerintah dan lain lain. Komposisi pendistribusian aliran listrik dari tahun ke tahun mengalami perubahan. Persentase aliran listrik yang disalurkan ke rumah tangga semakin menurun, sementara persentase aliran ke industri semakin meningkat, sedangkan lainnya relatif stabil. Seperti terlihat pada gambar 4.5 di bawah ini



Gambar 4.5 Grafik distribusi Listrik PLN Menurut Jenis Pelanggan, 2012-2015

4.3 Potensi Sumber Energi Terbarukan

Pengembangan Energi baru terbarukan (EBT) saat ini mengacu pada Perpres No 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Tujuan dari Kebijakan Energi Nasional (KEN) adalah tercapainya elastisitas energi lebih kecil dari satu pada tahun 2025. Elastisitas energi adalah perbandingan antara tingkat pertumbuhan konsumsi energi dengan tingkat pertumbuhan ekonomi. Sasaran dari KEN adalah mendorong pemanfaatan energi melalui diversifikasi energi. Diversifikasi energi adalah penganekaragaman penyediaan dan pemanfaatan berbagai sumber energi. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka pemanfaatan energi baru terbarukan kemudian dipertimbangkan dalam penyediaan energi. Energi baru terbarukan yang dipertimbangkan dalam OEI 2014 meliputi energi terbarukan (panas bumi, tenaga air, biomassa, surya dan angin). Biomassa di sini meliputi biomassa yang berasal dari limbah industri, pertanian dan

kehutanan serta biomassa dari sampah kota. (Outlook Energy Indonesia 2014).

Provinsi Jawa Tengah memiliki potensi tenaga air yang dapat dikembangkan mencapai 360 MW dan panas bumi yang diperkirakan mencapai 1.981 MWe yang tersebar di 14 lokasi yaitu Banyugaram, Bumiayu, Baturaden - G. Slamet, Guci, Mangunan – Wanayasa, Candradimuka, Dieng, Krakal, Panulisan, G. Ungaran, G. Umbul – Telomoyo, Kuwuk, G. Lawu dan Klepu serta potensi dari batubara sebesar 0,82 juta ton. (RUPTL PLN 2015-2024)

4.3.1. Potensi Pemanfaatan Limbah Tanaman Padi

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan oleh DTC-IPB, bahwa kandungan kimiawi sekam terdiri dari karbon (zat arang) 1,33 %, Hidrogen 1,54 %, Oksigen 33,64 % dan Silika 16,98 %. Dari komposisi tersebut, sekam dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi panas pada berbagai keperluan manusia, kadar selulosa yang cukup tinggi dapat memberikan pembakaran yang merata dan stabil. Sekam memiliki kerapatan jenis (bulk densil) 125 kg/m^3 , dengan nilai kalori 1 kg sekam sebesar 3350 k.kalori/kg (Arief Tajalli, 2015). Sekam padi memiliki potensi besar untuk dijadikan bahan baku biomassa. Panas yang ditimbulkan dari pembakarannya dapat dijadikan sumber listrik. Salah satu limbah pertanian padi adalah jerami. Jerami memiliki nilai kalori sebesar 2800 k.kalori/kg.

Salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah *Surplus Availability Factor*. Saf adalah perbandingan kelebihan jumlah residu (yang terbangun) dengan jumlah residu yang dihasilkan.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Bhattachaya SC, dkk. Menyatakan bahwa nilai *Residue to Product Ratio* (RPR) pada limbah sekam sebesar 0,230 dan pada limbah jerami sebesar 0,447 dari penelitian tersebut juga disebutkan nilai saf pada limbah sekam sebesar 0,469 dan pada limbah jerami 0,684.

Berdasarkan data yang dipublikasi oleh Biro Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Tengah luas panen pertanian padi di Provinsi Jawa Tengah adalah sebesar 1.800.908 Ha. Didasarkan pada data tersebut maka limbah padi yang dihasilkan bisa dimanfaatkan untuk sumber energi terbarukan pembangkit listrik. Data luas panen dan produksi padi menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah tahun 2014 dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Luas Panen, Produksi dan Produktivitas Padi Sawah dan Padi Ladang Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Tengah Tahun 2014

No.	Kabupaten/Kota	Luas Panen Ha	Produksi Ton	Produktivitas Ku/ha
1.	Cilacap	132.074	697.918	52,84
2.	Banyumas	63.831	316.917	49,65

Tabel lanjutan 4.4

No.	Kabupaten/Kota	Luas Panen Ha	Produksi Ton	Produktivitas Ku/ha
3.	Purbalingga	36.149	174.031	48,14
4.	Banjarnegara	25.685	147.391	57,39
5.	Kebumen	80.248	447.306	55,74
6.	Purworejo	55.526	298.341	53,74
7.	Wonosobo	30.528	152.321	49,90
8.	Magelang	57.579	334.987	58,18
9.	Boyolali	49.781	266.490	53,53
10.	Klaten	63.751	344.548	54,05
11.	Sukoharjo	49.028	310.276	63,29
12.	Wonogiri	74.672	395.043	52,90
13.	Karanganyar	46.671	289.381	62,00
14.	Sragen	100.061	584.627	58,43
15.	Grobogan	113.540	579.076	51,00
16.	Blora	82.732	424.436	51,30
17.	Rembang	39.673	182.545	46,01

Tabel lanjutan 4.4

No.	Kabupaten/Kota	Luas Panen Ha	Produksi Ton	Produktivitas Ku/ha
18.	Pati	92.559	497.070	53,70
19.	Kudus	21.682	129.088	59,54
20.	Jepara	38.833	204.011	52,54
21.	Demak	96.675	566.627	58,61
22.	Semarang	38.510	218.529	56,75
23.	Temanggung	27.156	161.625	59,52
24.	Kendal	43.616	235.580	54,01
25.	Batang	42.007	178.492	42,49
26.	Pekalongan	42.604	172.028	40,39
27.	Pemalang	82.961	421.639	50,82
28.	Tegal	60.646	297.206	49,00
29.	Brebes	99.756	571.508	57,29
30.	Kota Magelang	523	3.034	58,18
31.	Kota Surakarta	185	956	51,67
32.	Kota Salatiga	1.328	7.652	57,62

Tabel lanjutan 4.4

No.	Kabupaten/Kota	Luas Panen Ha	Produksi Ton	Produktivitas Ku/ha
33.	Kota Semarang	7.808	25.490	32,65
34.	Kota Pekalongan	1.882	8.305	44,13
35.	Kota Tegal	646	3.569	55,25
Jumlah / Total		1.800.908	9.648.104	53,57

Sumber : Statistik Daerah Provinsi Jawa Tengah, 2015

Menghitung Potensi Energi Listrik Dari Biomassa Padi

Produksi padi tahun 2014 : 9.648.104 Ton

Residue to Product Ratio (RPR) :

$$\text{a) Sekam} \quad : 9.648.104 \times 0,230 \quad = 2.219.063,92 \text{ Ton}$$

$$\text{b) Jerami} \quad : 9.648.104 \times 0,447 \quad = 4.312.702,488 \text{ Ton}$$

Surplus Availability Factor (Saf)

$$\text{a) Sekam} \quad : 9.648.104 \times 0,469 \quad =$$

$$4.524.960,776 \text{ Ton}$$

$$\text{b) Jerami} \quad : 9.648.104 \times 0,684 \quad =$$

$$6.599.303,136 \text{ Ton}$$

Caloric value (kkal) :

$$4.524.960,776 \times 3.350.000 = 15.158.618.599.600 \text{ kkal}$$

$$6.599.303,136 \times 2.800.000 = 18.478.048.780.800 \text{ kkal}$$

$$15.158.618.599.600 + 18.478.048.780.800 = 33.636.667.380.400 \text{ kkal}$$

Faktor kapasitas sebuah unit pembangkit menggambarkan seberapa besar sebuah unit pembangkit itu dimanfaatkan. Faktor kapasitas tahunan (8760 jam) didefinisikan sebagai:

$$\text{faktor kapasitas} = \frac{\text{Produksi MWh setahun}}{(\text{daya terpasang MW} \times 8760 \text{ jam})}$$

Dalam praktiknya, faktor kapasitas tahunan untuk unit Pembangkit Biomassa hanya dapat mencapai angka antara 80% - 85% karena adanya masa pemeliharaan dan jika adanya gangguan atau kerusakan yang dialami oleh unit pembangkit tersebut.

Dengan menggunakan *unit converter* yang disediakan dari software LEAP maka diperoleh potensi energi listrik sebesar 39.119.440 MWh. Untuk mencari kapasitas daya maksimum (MW) yang dibangkitkan oleh biomassa padi maka digunakan persamaan :

$$MW = \frac{MWh}{CF.8760 \text{ jam}} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} MW &= \frac{39.119.440}{0,8.8760} \\ &= 5.582,1 \text{ MW} \end{aligned}$$

4.4 Hasil Simulasi dan Analisis

Penyusunan model energi dengan LEAP menggunakan metode intensitas energi. Intensitas energi merupakan ukuran penggunaan energi terhadap sektor aktivitas. Nilai intensitas energi dihitung berdasarkan konsumsi energi listrik di setiap sektor (subsektor) dibagi dengan level aktivitas (Heaps,2009).

Proyeksi penggunaan energi listrik dibagi berdasarkan sektor-sektor pengguna energi listrik yang terdiri dari 4 sektor, yaitu sektor rumah tangga, sektor komersial, sektor publik dan sektor industri. Untuk sektor rumah tangga, level aktivitas diwakili oleh jumlah rumah tangga. Dengan demikian intensitas energi listrik di sektor rumah tangga merupakan penggunaan energi listrik per kapita per tahun. Untuk sektor komersial, sektor publik dan sektor industri, level aktivitas diwakili oleh nilai PDRB. Dengan demikian intensitas energi listrik di sektor komersial, sektor publik dan sektor industri merupakan penggunaan energi listrik per miliar rupiah per tahun.

Model energi yang dianalisis menggunakan tahun dasar 2014 dan

tahun akhir simulasi di tahun 2024. Model energi yang disusun terdiri dari dua buah skenario, yaitu skenario Dasar (DAS) dan skenario Biomassa (BIO). Skenario (DAS) merupakan skenario yang didasarkan pada keadaan yang berlaku di tahun dasar simulasi dari segi pola konsumsi serta kebijakan-kebijakan pemerintah yang berkaitan dengan sektor energi. Di dalam skenario (BIO), peran energi terbarukan dalam penyediaan energi listrik diikutsertakan dalam model energi.

Pertumbuhan penduduk diasumsikan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan oleh Bappenas-BPS-UNFPA bulan desember 2013. Pertumbuhan penduduk rata-rata Provinsi Jawa Tengah berdasarkan hasil perhitungan Bappenas-BPS-UNFPA dapat dilihat di Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Asumsi pertumbuhan penduduk di Provinsi Jawa Tengah

No	Interval	Pertumbuhan Penduduk
1.	2014-2015	1.2%
2.	2015-2019	1.08%
3.	2019-2024	0.9%

Pertumbuhan PDRB Provinsi Jawa Tengah didasarkan pada skenario di dalam Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) tahun 2015-2024. Asumsi pertumbuhan PDRB rata-rata Provinsi Jawa Tengah dalam sepuluh tahun mendatang ini diperlihatkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Asumsi pertumbuhan PDRB di Provinsi Jawa Tengah

No	Interval	Pertumbuhan PDRB
1.	2014-2015	6.2%
2.	2015-2019	6.8%
3.	2019-2024	7.1%

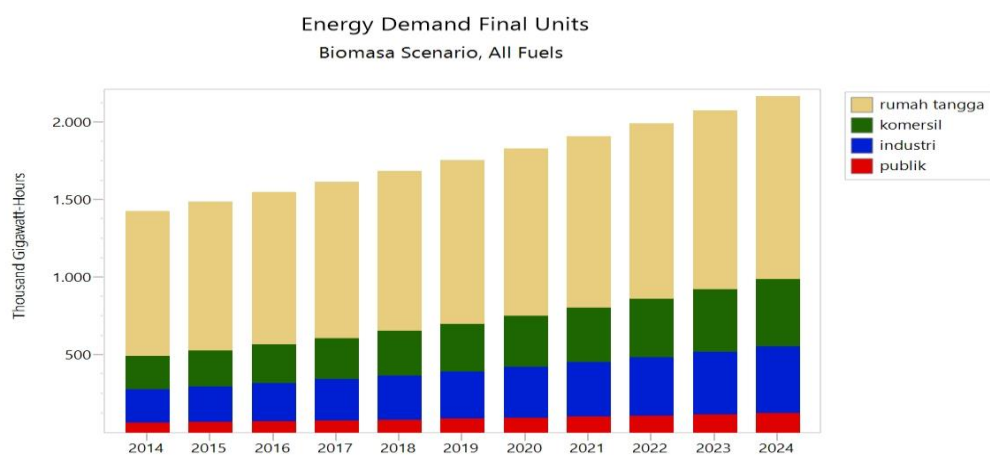
Selain paramater penggerak yang berupa pertumbuhan penduduk dan PDRB, rasio elektrifikasi juga merupakan parameter penggerak yang sangat menentukan konsumsi energi listrik. Rasio elektrifikasi diasumsikan mencapai 100% di tahun 2022 sesuai dengan target PLN.

4.4.1. Menghitung Permintaan Energi Listrik

Hasil simulasi kebutuhan energi listrik di Provinsi Jawa Tengah untuk setiap sektor diperlihatkan pada Gambar 4.6 dan pada tabel 4.7. Pertumbuhan kebutuhan energi listrik rata-rata per tahun selama periode simulasi adalah sebesar 4,3%. Dengan pertumbuhan ini, kebutuhan energi listrik di akhir tahun simulasi (2024) adalah sebesar 2.165,9 GWh.

Pertumbuhan kebutuhan energi listrik rata-rata per tahun selama periode simulasi untuk setiap sektor adalah 2.4 % untuk sektor rumah tangga, 7.2 % untuk sektor komersil, sektor publik dan sektor industri.

Sedangkan kebutuhan energi listrik untuk setiap sektor di tahun 2024 adalah sebesar 1.176,5 GWh untuk sektor rumah tangga, 430,9 GWh untuk sektor komersil, 127,6 GWh untuk sektor publik dan 430,9 GWh untuk sektor industri.



Gambar 4.6 Grafik Hasil Simulasi Permintaan Energi Listrik 2014 – 2024

Tabel 4.7 Hasil Simulasi Permintaan Energi Listrik dari tahun 2014 – 2024 (dalam GWh)

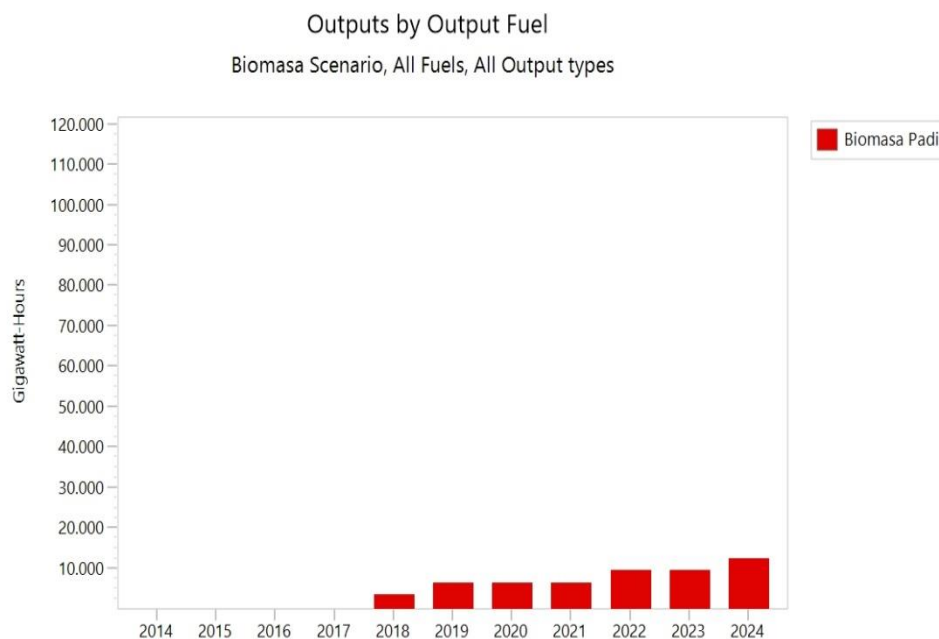
Energy Demand Final Units											
Branches	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
rumah tangga	930,1	954,1	978,5	1.003,3	1.028,6	1.052,3	1.076,5	1.100,9	1.125,8	1.151,0	1.176,5
komersil	215,4	231,1	248,0	266,1	285,5	305,8	327,5	350,7	375,6	402,3	430,9
industri	215,4	231,1	248,0	266,1	285,5	305,8	327,5	350,7	375,6	402,3	430,9
publik	63,8	68,5	73,5	78,8	84,6	90,6	97,0	103,9	111,3	119,2	127,6
Total	1.424,7	1.484,8	1.547,9	1.614,3	1.684,1	1.754,4	1.828,4	1.906,3	1.988,3	2.074,7	2.165,9

4.4.2. Prediksi Pembangunan Pembangkit Listrik Biomassa

Prediksi pembangunan pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan dan besar energi listrik yang dibangkitkan diperlihatkan pada tabel 4.8 dan gambar 4.7. Dalam skenario energi biomassa (BIO) pembangunan pembangkit listrik dengan sumber energi biomassa padi, dimulai pada tahun 2018 sebesar 450 MW, ditahun 2019 400 MW, di tahun 2022 sebesar 450, dan ditahun 2024 sebesar 400 MW. Sehingga pada tahun 2024 total kapasitas daya yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik biomassa padi akan mencapai 1.700 MW.

Tabel 4.8 Energi Listrik yang Diproduksi Oleh Biomassa

Produksi Energi Listrik (GWh)	PLT Biomassa Padi
2014	-
2015	-
2016	-
2017	-
2018	3.287,6
2019	6.210,0
2020	6.210,0
2021	6.210,0
2022	9.497,6
2023	9.497,6
2024	12.419,9

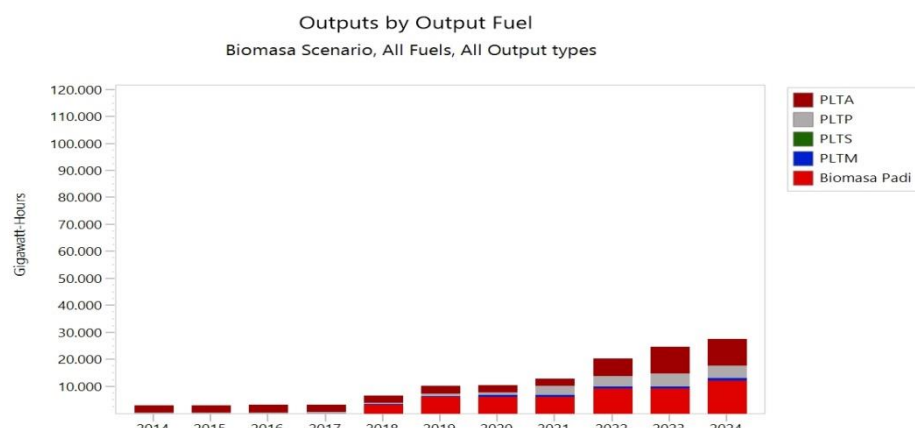


Gambar 4.7 Grafik Hasil Simulasi Energi yang Diproduksi Oleh Biomassa

4.4.3 Kapasitas Energi Listrik Dengan Energi Terbarukan

Terlihat pada gambar 4.8 dan pada tabel 4.9 bahwa dari tahun 2014 sampai dengan tahun 2015 hanya ada 2 pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan kapasitas daya 305,7 MW di tahun 2014-2021, di tahun 2022 dilakukan penambahan daya sebesar 450 MW, dan di tahun 2023 penambahan daya sebesar 450. Kemudian Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) dengan kapasitas daya 60,0 MW di tahun 2014. Pada tahun 2019 mulai dikembangkan dengan kapasitas daya sebesar 55 MW, di tahun 2021 dilakukan penambahan kapasitas sebesar 55 MW, kemudian di tahun 2023 sebesar 100 MW.

Pada tahun 2016 dilakukan penambahan 1 pembangkit listrik lagi dengan sumber energi terbarukan yaitu, Pembangkit Listrik Tenaga *Minihydro* (PLTM) dengan kapasitas daya 2,5 MW, di tahun 2017 dilakukan penambahan daya sebesar 10 MW, di tahun 2018 sebesar 19,3 MW, di tahun 2019 sebesar 9,4, dan di tahun 2020 sebesar 48,5 MW. Pada tahun 2021 dilakukan penambahan 1 pembangkit listrik lagi dengan sumber energi terbarukan yaitu, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan kapasitas daya 1,0 MW. Kemudian pada tahun 2018 mulai dilakukan penambahan pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan yaitu, Pembangkit Listrik Tenaga Biomasa (PLTBM) dengan kapasitas daya 450 MW, kemudian dilakukan pengembangan kapasitas daya pada tahun 2019 sebesar 400 MW, di tahun tahun 2022 450 MW dan pada tahun 2024 dilakukan penambahan kapasitas daya lagi sebesar 400 MW. Sehingga Total energi yang diproduksi dari 5 pembangkit dengan sumber energi terbarukan pada tahun 2024, sebesar 37.449,8 GWh.



Gambar 4.8 Grafik Hasil Simulasi Kapasitas Energi Listrik Dengan Energi Terbarukan

Tabel 4.9 Kapasitas Energi Listrik Dengan Sumber Energi Terbarukan

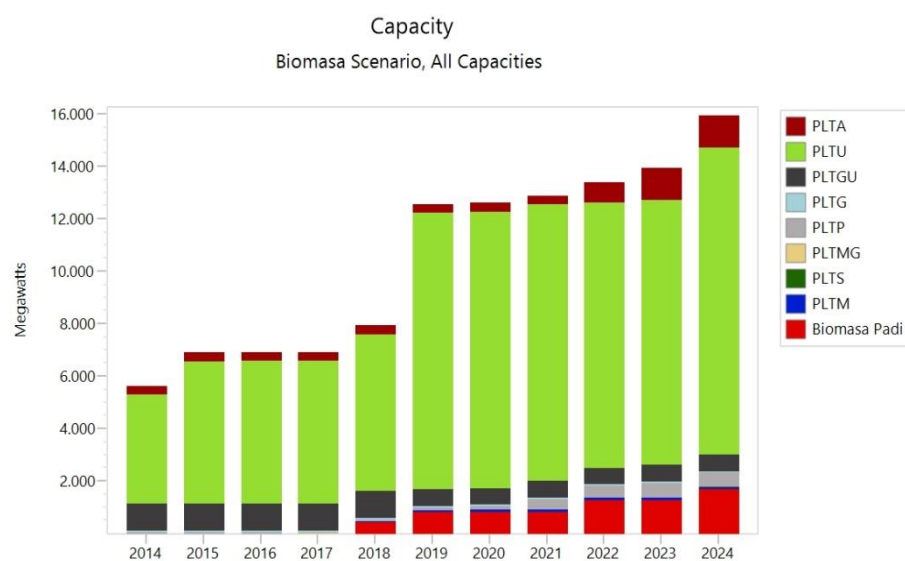
Tahun	Produksi Energi (GWh)					Total
	PLTA	PLTP	PLTS	PLTM	PLTBM	
2014	2.493,2	509,0	-	-	-	3.002,2
2015	2.493,2	509,0	-	-	-	3.002,2
2016	2.493,2	509,0	-	20,4	-	3.022,6
2017	2.493,2	509,0	-	101,9	-	3.104,1
2018	2.493,2	509,0	-	259,3	3.287,6	6.549,1
2019	2.493,2	975,6	-	336,0	6.210,0	10.014,8
2020	2.493,2	975,6	-	731,6	6.210,0	10.410,4
2021	2.493,2	3.308,4	8,6	731,6	6.210,0	12.751,8
2022	6.163,2	3.775,0	8,6	731,6	9.497,6	20.176
2023	9.833,2	4.623,3	8,6	731,6	9.497,6	24.694,3
2024	9.833,2	4.623,3	8,6	731,6	12.419,9	37.449,8

4.4.4 Kapasitas Daya Pembangkit Listrik di Provinsi Jawa Tengah

Terlihat pada gambar 4.9 dan pada tabel 4.10 mulai tahun 2020 ada 9 unit pembangkit listrik yang akan beroperasi di Provinsi Jawa Tengah. Diantaranya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas

(PLTMG), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM), PLT Biomassa Padi.

Sehingga total daya yang dibangkitkan di akhir tahun simulasi di Provinsi Jawa Tengah adalah sebesar 15.939,4 MW dengan total produksi energi sebesar 119.221,3 GWh.



Gambar 4.9 Grafik Total Kapasitas Daya Pembangkit Listrik di Provinsi Jawa Tengah

Tabel 4.10 Total Kapasitas Daya Pembangkit Listrik di Provinsi Jawa Tengah

Branches	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PLTA	305,7	305,7	305,7	305,7	305,7	305,7	305,7	305,7	755,7	1.205,7	1.205,7
PLTU	4.170,0	5.444,0	5.444,0	5.444,0	5.994,0	10.554,0	10.554,0	10.554,0	10.104,0	10.104,0	11.704,0
PLTGU	1.034,0	1.034,0	1.034,0	1.034,0	1.034,0	634,0	634,0	634,0	634,0	634,0	634,0
PLTG	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
PLTP	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	115,0	115,0	390,0	445,0	545,0	545,0
PLTMG	-	-	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	5,0
PLTS	-	-	-	-	-	-	-	1,0	1,0	1,0	1,0
PLTM	-	-	2,5	12,5	31,8	41,2	89,7	89,7	89,7	89,7	89,7
Biomasa Padi	-	-	-	-	450,0	850,0	850,0	850,0	1.300,0	1.300,0	1.700,0
Total	5.624,7	6.898,7	6.905,2	6.915,2	7.934,5	12.558,9	12.607,4	12.883,4	13.389,4	13.939,4	15.939,4

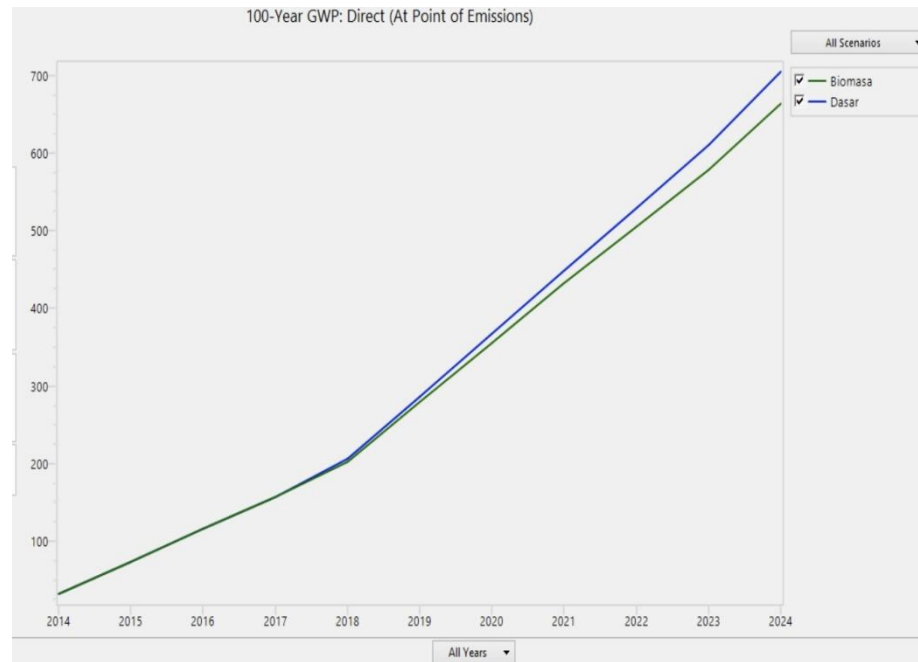
4.4.5 Peran Energi Terbarukan Dalam Menekan Pertumbuhan Emisi CO₂

Emisi CO₂ berasal dari pembakaran bahan bakar fosil merupakan penyebab terbesar sekitar 50% dari efek GRK (Puslitbangkim, 2005). Umumnya, pencemaran yang diakibatkan oleh emisi CO₂ bersumber dari 2 (dua) kegiatan yaitu; alam (natural), dan manusia (antropogenik) seperti emisi CO₂ yang berasal dari transportasi, sampah, dan konsumsi energi listrik rumah tangga. Emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan manusia (antropogenik) konsentrasinya relatif lebih tinggi sehingga mengganggu sistem kesetimbangan di udara dan pada akhirnya merusak lingkungan dan kesejahteraan manusia (Yoshinori, et al., 2009)

Pada dasarnya, penyumbang terbesar emisi CO₂ perkotaan adalah berasal dari bahan bakar fosil yaitu dari penggunaan; pembangkit listrik, kendaraan, serta aktifitas pembakaran hutan melalui konversi lahan terutama di daerah tropis. Data tahun 1989 menunjukkan sekitar 71 persen sampai dengan 89 persen dari keseluruhan perkiraan emisi CO₂ sebesar 5,8 juta ton sampai 8,7 juta ton berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, sementara antara 10 persen sampai 28 persen bersumber dari pembakaran hutan (Puslitbangkim, 2006).

Gambar 4.10 dan Tabel 4.11 menampilkan perbandingan grafik emisi CO₂ dari aktivitas pembangkitan energi listrik. Emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembangkit listrik konvensional diantaranya carbon dioxide, methane, nitrous oxide. Dari gambar tersebut terlihat bahwa

emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembangkit untuk membangkitkan energi listrik di Provinsi Jawa Tengah tanpa adanya peran dari energi terbarukan, emisi CO₂ lebih tinggi dibandingkan dengan pembangkitan energi listrik yang melibatkan sumber energi terbarukan. Di tahun 2018 emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembangkit listrik tanpa keterlibatan energi terbarukan mencapai 48.7 juta ton. Dengan dikembangkannya PLT Biomassa Padi di tahun yang sama, emisi CO₂ yang dihasilkan perlahan berangsur menurun menjadi 45.5 juta ton. Untuk menekan pertumbuhan emisi CO₂ maka dilakukan pengurangan beberapa kapasitas pembangkit secara berangsur, diantaranya pada PLTU sebesar 450 MW di tahun 2018, dan 450 MW di tahun 2022, dan di tahun 2024 400 MW, serta pada PLTGU sebesar 400 MW di tahun 2019. Peran energi terbarukan dalam menekan pertumbuhan emisi CO₂ terlihat sangat signifikan. Dilihat dari angka pertumbuhan emisi CO₂ di tahun 2024 yaitu sebesar 662.7 juta ton. Tanpa kontribusi energi terbarukan pertumbuhan emisi CO₂ di tahun 2024 mencapai 704.9 juta ton. Penurunan pertumbuhan emisi yang membaik ini disebabkan oleh peran positif dari pemanfaatan biomassa.



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Pertumbuhan Emisi CO₂

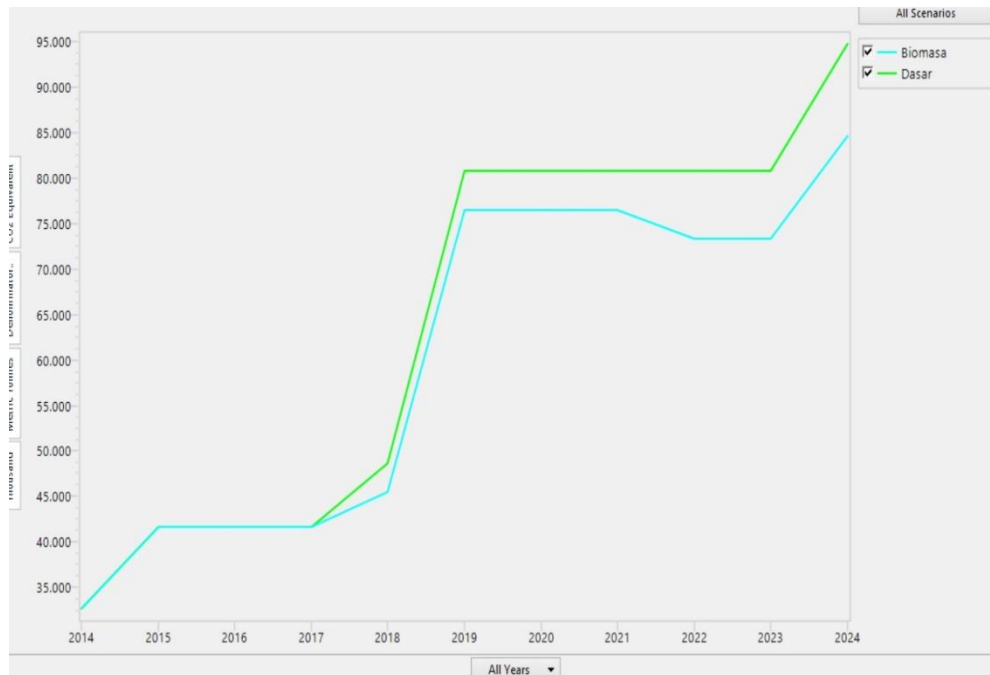
Tabel 4.11 Perbandingan Pertumbuhan Emisi CO₂

100-Year GWP: Direct (At Point of Emissions)											
Scenarios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Biomasa	32,6	74,3	115,9	157,5	203,0	279,5	356,0	432,4	505,8	579,1	663,8
Dasar	32,6	74,3	115,9	157,5	206,1	286,9	367,7	448,5	529,2	610,0	704,9
Total	65,3	148,5	231,7	315,0	409,2	566,4	723,7	880,9	1.035,0	1.189,1	1.368,7

4.4.6 Perbandingan Emisi CO₂ antara Pembangkit Biomassa dengan Pembangkit Bahan Bakar Fossil

Pada perbandingan emisi CO₂ yang dihasilkan dari dua skenario yaitu skenario dasar (PLN) dan skenario biomassa (EBT) dalam sub bab sebelumnya, skenario biomassa mempunyai dampak yang besar dalam menekan pertumbuhan emisi CO₂. Penurunan emisi CO₂ ini dikarenakan dibangunnya pembangkit listrik biomassa secara bertahap untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, yaitu batu bara. Kendati demikian, fasilitas pembangkit biomassa memiliki kesamaan dengan pembangkit listrik bahan bakar fosil yang juga menghasilkan emisi CO₂ dalam prosesnya.

Tentang emisi CO₂, pembangkit listrik biomassa merupakan teknologi yang sangat kompetitif karena CO₂ yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan bahan bakar fosil, khususnya batu bara. Berikut akan ditampilkan tabel dan grafik perbandingan emisi CO₂ dari setiap bahan bakar.



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan emisi CO₂ Biomassa dan Batu bara

Tabel 4.12 Perbandingan emisi CO₂ Biomassa dan Batu Bara

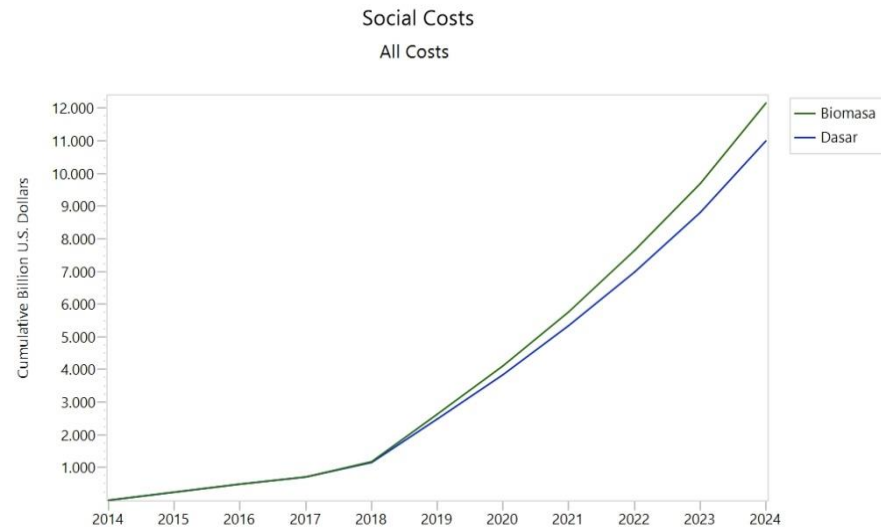
Scenarios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Biomasa	32.643,6	41.615,4	41.615,4	41.615,4	45.554,9	76.458,7	76.458,7	76.458,7	73.355,9	73.355,9	84.682,4
Dasar	32.643,6	41.615,4	41.615,4	41.615,4	48.657,6	80.770,3	80.770,3	80.770,3	80.770,3	80.770,3	94.854,8
Total	65.287,1	83.230,8	83.230,8	83.230,8	94.212,6	157.229,0	157.229,0	157.229,0	154.126,2	154.126,2	179.537,3

4.4.7 Perbandingan Biaya Dari Rekayasa Energi Terbarukan

Pada gambar 4.12 dan tabel 4.13 memperlihatkan grafik perbandingan biaya sosial pembangkit listrik dari dua model skenario energi, yaitu skenario dasar (DAS) dan skenario biomasa (BIO). Total kebutuhan investasi biaya untuk keseluruhan pembangkit dalam skenario dasar selama periode tahun 2015-2024 adalah sebesar 11.009,1 Milyar Dollars. Sedangkan total kebutuhan investasi biaya keseluruhan pembangkit dalam skenario biomasa dalam periode yang sama untuk mencukupi kebutuhan energi listrik di Provinsi Jawa Tengah secara keseluruhan adalah sebesar 12.161,7 Milyar Dollars. Kebutuhan investasi biaya untuk Pembangkit Listrik Biomassa yang mulai dikembangkan pada tahun 2018 sebesar 1.186,6 Milyar Dollars. Total investasi biaya untuk pengembangan pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan dalam kurun waktu 2015-2024 di Provinsi Jawa Tengah adalah sebesar 12.161,7 Milyar Dollars.

Dari grafik terlihat bahwa dari perbandingan biaya sosial dua model energi menunjukkan bahwa pembangkit dengan sumber energi terbarukan bisa lebih kompetitif dari pada pembangkit konvensional. Kebutuhan investasi biaya dalam skenario energi terbarukan cenderung lebih mahal dibandingkan dalam skenario dasar tanpa pengembangan energi terbarukan. Namun dengan memperhitungkan kerusakan

lingkungan maka pengembangan pembangkit dengan sumber energi baru terbarukan menjadi solusi untuk menurunkan pertumbuhan emisi CO₂.



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan biaya dari implementasi energi terbarukan

Tabel 4.13 Perbandingan biaya dari implementasi energi terbarukan

Scenarios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Biomasa	0,3	240,2	480,8	723,7	1.186,6	2.643,7	4.111,8	5.754,1	7.645,9	9.703,5	12.161,7
Dasar	0,3	240,2	480,8	723,7	1.159,0	2.488,8	3.829,6	5.344,6	6.996,9	8.815,0	11.009,1
Total	0,6	480,3	961,5	1.447,3	2.345,6	5.132,4	7.941,3	11.098,7	14.642,8	18.518,5	23.170,8