

# OPTIMALISASI PASOKAN BATUBARA UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DI KALIMANTAN TIMUR

**Esterina Natalia Paiman<sup>1\*</sup>, Nijusiho Manik<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Dosen S1 Teknik Perminyakan, Sekolah Tinggi Teknologi MIGAS, Transad Km.8 No. 76  
Balikpapan, 76125, Indonesia*

E-mail : enataliapaiman@gmail.com<sup>1\*</sup>

## **Abstract**

Population and economic growth cause demand for electricity in East Kalimantan is increasing. Therefore, energy readiness is needed to be able to meet the electricity needs. As an area that has abundant coal potential, therefore coal can be used as an alternative energy to replace petroleum and natural gas. Which the total capacity of the power plant in East Kalimantan until 2012 only 21.16% of them are using coal as their primary energy source. The purpose of this research is to optimize the supply of coal in obtaining the electric power supply mix based on primary energy source with the objective function of minimizing the total cost of electrical energy. The results of the linear programming simulation show that coal holds an important role in the supply of electricity to meet electricity needs in East Kalimantan which is 56%, while oil is 29%, natural gas is 13%, and hydropower by 2%.

Keyword: supply electricity, linear programming, coal

## **Abstrak**

Peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi masyarakat menyebabkan permintaan listrik di Kalimantan Timur meningkat. Oleh karena itu diperlukan kesiapan energi untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik tersebut. Sebagai daerah yang memiliki potensi batubara yang cukup melimpah, maka batubara dapat dijadikan sebagai energi alternatif pengganti minyak dan gas bumi. Sementara dari total kapasitas pembangkit listrik di Kalimantan Timur hingga tahun 2012 sebanyak 77% energi primernya berasal dari minyak bumi (PLTD), sedangkan 21,16% yang menggunakan batubara sebagai energi primernya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan optimasi pasokan batubara dalam memperoleh bauran pasokan listrik berdasarkan sumber energi primer dengan fungsi tujuan adalah meminimalkan total biaya energi listrik. Proporsi setiap pasokan sumber energi listrik yang dihasilkan merupakan bagian dari penyelesaian

fungsi tujuan tersebut. Hasil simulasi pemrograman linear menunjukkan bahwa batubara memegang peranan penting dalam pasokan listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik di Kalimantan timur yakni sebesar 56%, sementara minyak bumi sebesar 29%, gas bumi sebesar 13%, dan tenaga air sebesar 2%.

Kata kunci: Pasokan listrik, metode pemrograman linear, batubara

## PENDAHULUAN

Energi memiliki peranan penting dalam sebuah kehidupan manusia dan pembangunan suatu wilayah. Meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk di wilayah menjadikan peningkatan penggunaan terhadap energi. Salah satu energi yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia adalah energi listrik. Peranan energi listrik menjadi sangat vital sebagai kebutuhan primer yang menggerakkan laju pertumbuhan industri sekaligus sebagai motor penggerak ekonomi masyarakat. Sehingga untuk jangka waktu ke depan, konsumsi energi listrik akan semakin meningkat

Provinsi Kalimantan Timur merupakan salah satu wilayah yang mengalami peningkatan kebutuhan akan energi listrik, akan tetapi wilayah ini masih memiliki krisis energi listrik. Jumlah pelanggan PLN di Kaltim pada tahun 2013 mencapai 640.000 pelanggan dengan 11 area pelayanan. Diperkirakan permintaan konsumsi listrik di Kaltim naik 7% per tahun. Sebanyak 457.000 atau 43% pelanggan dilayani oleh sistem Mahakam, yaitu Samarinda, Balikpapan, dan Tenggarong. Sementara beban yang harus dipenuhi 334,40 Mega Watt (MW) sedangkan kemampuan optimal hanya 294,80 MW. Jadi singkatnya, PLN defisit 39,60 MW (PT. PLN, 2013).

Sementara itu, pembangkit listrik yang sudah terbangun di Provinsi Kalimantan Timur sebanyak 77% berupa PLTD (diesel) yang mana pembangkit tersebut sudah mengalami *de-rating* atau penurunan daya, sehingga kapasitas daya mampu pembangkit yang ada tidak maksimal. Sedangkan potensi sumber daya batu bara yang ada di wilayah Kalimantan Timur cukup melimpah sebanyak 40.580,84 juta ton dengan total cadangan sebesar 12.018 juta ton (Pusdatin ESDM, 2012) yang memiliki potensi sumber energi primer yang dapat digunakan sebagai sumber energi pembangkit listrik. Oleh karena itu, dibutuhkan model pemenuhan kebutuhan batubara untuk menunjang perkembangan industri pembangkit listrik yang ada di Kalimantan Timur dalam proses meningkatkan rasio elektrifikasi di Kalimantan Timur yang merupakan provinsi dengan potensi sumber daya batubara terbesar kedua di Indonesia.

Karakteristik pembakaran batubara dalam sebuah pembangkit listrik dipengaruhi oleh :

1. Kualitas atau karakteristik batubara,
2. Efisiensi panas PLTU batubara (proses konversi batubara ke listrik),
3. Posisi *burner*, konfigurasi fisik dan luas perpindahan panas dalam uap (*boiler*),
4. Kondisi operasional

Mengingat hal tersebut di atas, maka idealnya desain suatu pembangkit listrik berbahan bakar batubara dibuat berdasarkan kualitas batubara yang akan digunakan. Atau sebaliknya, batubara yang dipasok untuk sebuah pembangkit listrik seharusnya sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan.

## **METODA PENELITIAN**

Pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dimana data yang digunakan sebagai bahan analisis merupakan data sekunder yang diperoleh dari beberapa sumber. Data tersebut meliputi pertumbuhan ekonomi daerah (BPS, 2012), harga listrik (PT. PLN, 2012), dan estimasi kebutuhan listrik di tahun 2022 (Manik, 2019). Metode yang digunakan untuk pemodelan pasokan listrik adalah metode pemrograman linear yang akan digunakan sebagai salah satu teknik optimasi untuk memperoleh bauran pasokan listrik berdasarkan sumber energi primer di masa yang akan datang. Pada model pemrograman linear ini, fungsi tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah meminimalkan total biaya energi listrik. Proporsi setiap pasokan sumber energi listrik yang dihasilkan merupakan bagian dari penyelesaian fungsi tujuan tersebut. Proses pemodelan ini akan dilakukan dalam 2 skenario yang berbeda.

### **Metode Pemrograman Linear**

Metode pemrograman linear adalah suatu teknik aplikasi matematika dalam menentukan pemecahan masalah yang bertujuan untuk memaksimalkan atau meminimumkan sesuatu yang dibatasi oleh batasan-batasan tertentu, dimana hal ini dikenal juga sebagai teknik optimasi. Tujuan dari pemrograman linear adalah suatu hasil yang mencapai tujuan yang ditentukan (optimal) dengan cara yang paling baik di antara semua alternatif dengan batasan sumber daya yang tersedia.

Sebagai alat kuantitatif untuk melakukan pemodelan, kelebihan-kelebihan dari Pemrograman linear yaitu:

1. Mudah digunakan terutama jika menggunakan alat bantu komputer.

2. Dapat menggunakan banyak variabel sehingga berbagai kemungkinan untuk memperoleh pemanfaatan sumber daya yang optimal dapat dicapai
3. Fungsi tujuan dapat difleksibelkan sesuai dengan tujuan penelitian atau berdasarkan data yang tersedia.

Adapun langkah pemodelan yang meliputi tiga tahapan yaitu:

- 1) Menentukan variabel yang tidak diketahui (variabel keputusan) dan nyatakan dalam simbol matematik.
- 2) Menentukan semua kendala masalah tersebut dan mengekspresikan dalam persamaan atau pertidaksamaan yang juga merupakan hubungan linier dari variabel keputusan yang mencerminkan keterbatasan sumber daya atau batasan sistem yang dimodelkan dari permasalahan tersebut.

$$\sum_{j=1}^n A_{ij}X_j \{ \leq, \text{ atau } =, \text{ atau } \geq \} B_i; X_j \geq 0, i = 1,2,3, \dots, m \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- m = macam batasan sumber atau fasilitas yang tersedia.
- n = macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas tersebut.
- i = nomor setiap macam sumber atau fasilitas yang tersedia.
- j = nomor setiap macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia.
- X<sub>j</sub> = kegiatan ke-j (variabel keputusan)
- A<sub>ij</sub> = banyaknya sumber i yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit keluaran kegiatan j

- 3) Menentukan tujuan (maksimasi atau minimasi) yang harus dicapai untuk menentukan pemecahan optimum dari semua nilai yang layak dari variabel tersebut.

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- Z = Nilai yang dioptimalkan
- C<sub>n</sub> = Sumbangan setiap satuan keluaran kegiatan n terhadap nilai
- X<sub>n</sub> = Kegiatan ke-n (variabel keputusan)

Terkait dengan upaya untuk memenuhi kebutuhan listrik di wilayah Kalimantan Timur, maka diperlukan suatu model pasokan listrik yang menunjang usaha pemenuhan kebutuhan listrik tersebut. Secara sederhana, tujuan model optimasi pada penelitian ini untuk meminimumkan total

biaya energi listrik berdasarkan biaya pembangkit listrik dengan keterbatasan sumber energi primer yang ada di Kalimantan Timur.

Optimalisasi dilakukan dengan memperhatikan efisiensi energi listrik yang dihasilkan dari masing-masing pembangkit berdasarkan jenis bahan bakarnya. Fungsi tujuan dalam penelitian ini dapat dinotasikan melalui persamaan sebagai berikut :

$$Z_{min} = \sum [(C_{it}^C + C_{it}^{OM} + C_{it}^f + C_{it}^{ext})\varepsilon_i]X_{it} \dots \dots \dots (3)$$

Adapun nilai yang digunakan untuk variabel yang akan digunakan dalam pemrograman linear dapat dilihat pada tabel 1 berikut

Tabel 1. Nilai Variabel dalam Pemrograman Linear

Penjelasan	Satuan	Nilai
Biaya Pembangkit Listrik Minyak Bumi	US\$/GWh	306.979,13
Biaya Pembangkit Listrik Gas Bumi	US\$/GWh	180.167,45
Biaya Pembangkit Listrik Batubara	US\$/GWh	113.509,69
Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Air	US\$/GWh	71.646,35
Biaya Eksternalitas Pembangkit Minyak Bumi	US\$/GWh	39.373,03
Biaya Eksternalitas Pembangkit Gas Bumi	US\$/GWh	12.823,16
Biaya Eksternalitas Pembangkit Batubara	US\$/GWh	29.074,90
Biaya Eksternalitas Pembangkit Tenaga Air	US\$/GWh	55,70
Efisiensi Pembangkit Listrik Minyak Bumi	%	30
Efisiensi Pembangkit Listrik Gas bumi	%	26
Efisiensi Pembangkit Listrik Batubara	%	34
Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Air	%	22
Proyeksi kebutuhan energi listrik tahun 2022	GWh	4.999,37
Daya Mampu Pembangkit existing PLTD	GWh	1.435,17
Daya Mampu Pembangkit existing PLTG	GWh	643,06
Daya Mampu Pembangkit existing PLTU	GWh	558,08
Daya Mampu Pembangkit existing PLTA	GWh	0,46

Berdasarkan nilai pada tabel 1, dapat dibentuk fungsi tujuan untuk meminimalkan total biaya energi listrik pada tahun 2022, persamaannya sebagai berikut :

$$Z_{\min} = [((306.979,13 + 39.373,03)30\%)X_1 + ((180.167,45 + 12.823,16)26\%)X_2 + ((113.509,69 + 29.074,90)34\%)X_3 + ((71.646,35 + 55,70) 22\%)X_4]$$

$$Z_{\min} = 103.906X_1 + 50.178X_2 + 48.479X_3 + 15.774X_4. \dots\dots\dots(4)$$

Mengacu pada fungsi tujuan yang ingin dioptimalkan, maka proyeksi kebutuhan listrik pada tahun 2022 akan dijadikan sebagai fungsi pembatas utama pada metode pemrograman linear. Fungsi pembatas lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah kebutuhan sumber energi primer untuk membangkitkan pembangkit listrik. Asumsi yang digunakan pada fungsi pembatas ini adalah kebutuhan sumber energi primer untuk membangkitkan energi listrik berasal dari produksi per tahun sumber energi primer seperti minyak bumi, gas bumi, dan batubara yang tersedia akan dikonversikan untuk membangkitkan energi listrik. Adapun nilai jumlah sumber energi primer yang digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik mengacu pada PT PLN (Persero) dalam buku Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2013-2022 PT PLN (Persero). Sedangkan untuk pembangkit listrik yang berasal dari tenaga air, fungsi pembatas yang digunakan didasarkan pada rencana pembangkitan listrik oleh PLN untuk PLTA pada tahun 2022 sebesar 55 MW.

Daya mampu pembangkit existing pada masing-masing pembangkit listrik juga akan menjadi fungsi pembatas yang akan digunakan untuk membatasi fungsi tujuan yang akan dioptimalkan pada penelitian ini.

Adapun fungsi kendala dapat dituliskan sebagai berikut :

- $X_1$  = Pembangkit listrik yang harus dibangkitkan oleh PLTD
- $X_2$  = Pembangkit listrik yang harus dibangkitkan oleh PLTG
- $X_3$  = Pembangkit listrik yang harus dibangkitkan oleh PLTU
- $X_4$  = Pembangkit listrik yang harus dibangkitkan oleh PLTA

a) Untuk memenuhi kebutuhan listrik maka pasokan listrik harus berimbang dengan total kebutuhan listrik tersebut.

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = \sum ED_{elc}$$

b) Kapasitas pembangkit listrik yang harus dibangkitkan oleh pembangkit listrik pada tahun 2022 harus lebih besar atau sama dengan kapasitas pembangkit existing.

$$X_1 \geq \text{Daya}_1 \text{ (Daya mampu PLTD)}$$

$$X_2 \geq \text{Daya}_2 \text{ (Daya mampu PLTG)}$$

$$X_3 \geq \text{Daya}_3 \text{ (Daya mampu PLTU)}$$

$$X_4 \geq \text{Daya}_4 \text{ (Daya mampu PLTA)}$$

- c) Jumlah pasokan sumber energi primer untuk membangkitkan pembangkit listrik harus lebih besar atau sama dengan kapasitas pembangkit listrik yang akan dibangkitkan oleh pembangkit listrik pada tahun 2022.

$$X_1 \leq \text{Prod}_1 \text{ (Kebutuhan energi primer minyak bumi)}$$

$$X_2 \leq \text{Prod}_2 \text{ (Kebutuhan energi primer gas bumi)}$$

$$X_3 \leq \text{Prod}_3 \text{ (Kebutuhan energi primer batubara)}$$

$$X_4 \leq \text{PLN}_4 \text{ (Rencana pembangkit listrik PLN untuk PLTA)}$$

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Simulasi Skenario

Pada penelitian ini, model pasokan listrik akan diberikan 2 skenario dalam bentuk simulasi. Skenario yang dilakukan dengan melihat perubahan-perubahan yang mempunyai potensi terjadi pada kondisi aktual.

Berikut skenario yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu :

#### 1) Skenario 1: *Business as usual*.

Pada skenario pertama merupakan skenario dasar (*business as usual*). Pertumbuhan ekonomi di Kalimantan Timur diasumsikan konstan dengan laju pertumbuhan rata-rata 3,38% per tahun. Dengan laju pertumbuhan ekonomi yang konstan, proyeksi kebutuhan listrik di Kalimantan Timur pada tahun 2022 mencapai 4.995 GWh dengan laju pertumbuhan kebutuhan listrik rata-rata 7,6% per tahun. Tabel 2 menunjukkan hasil simulasi pemrograman linear pada skenario pertama dengan hasil untuk total minimal biaya energi listrik sebesar US\$ 319.342.214,40.

#### 2) Skenario 2: Terjadi peningkatan pertumbuhan ekonomi.

Pada skenario kedua dilakukan simulasi dengan kondisi pertumbuhan kebutuhan listrik melampaui proyeksi. Mengingat pertumbuhan kebutuhan listrik meskipun telah diproyeksikan relatif tinggi yaitu sebesar 7,6% per tahun namun tren tahun 2000 hingga tahun 2012 menunjukkan kenaikan yang signifikan yaitu sebesar 8,1%. Pertumbuhan kebutuhan energi listrik yang melampaui proyeksi tersebut dapat disebabkan oleh peningkatan pertumbuhan ekonomi daerah Kalimantan Timur.

Pada skenario ini digunakan asumsi pertumbuhan ekonomi di Kalimantan Timur dari 3,38% meningkat menjadi 7%. Peningkatan ini didasarkan pada rencana pembangunan ekonomi wilayah Kalimantan Timur menuju visi Kalimantan Timur maju tahun 2030 (Bappeda Provinsi Kalimantan Timur, 2013) yang mana sektor industri akan menjadi basis ekonomi utama untuk mencapai struktur ekonomi wilayah Kalimantan Timur tahun 2030. Peningkatan pertumbuhan ekonomi sebesar 7% per tahun akan berdampak pada peningkatan kebutuhan listrik di Kalimantan Timur sebesar 5.490,61 GWh pada tahun 2022. Tabel 3 menunjukkan hasil peningkatan kebutuhan listrik di Kalimantan Timur.

Peningkatan kebutuhan listrik dengan pertumbuhan ekonomi sebesar 7% ini sangat dipengaruhi oleh peningkatan kebutuhan listrik sektor industri. Hal ini dikarenakan sektor industri akan menjadi sektor basis untuk mencapai struktur ekonomi di Kalimantan Timur tahun 2030. Sehingga sektor industri memerlukan energi listrik sebagai salah satu input untuk menunjang proses peningkatan produksinya. Untuk memenuhi kebutuhan listrik sebesar 5.490,61 GWh, pada skenario kedua hasil bauran pasokan listrik dengan simulasi pemrograman linear dapat dilihat pada tabel 4. Pada tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan simulasi pemrograman linear pada skenario kedua, yang mana diperoleh hasil untuk total minimal biaya energi listrik sebesar US\$ 312.507.093.

Tabel 2. Hasil Komposisi Pasokan Listrik Pada Skenario 1

No	Variabel	Jenis Bahan Bakar	Total Energi Listrik (GWh)	Bauran Pasokan Listrik (%)
1	X <sub>1</sub>	Minyak bumi	1.435,17	29
2	X <sub>2</sub>	Gas Bumi	643,06	13
3	X <sub>3</sub>	Batubara	2.811,14	56
4	X <sub>4</sub>	Tenaga Air	106,00	2
TOTAL			4.995,37	100

Tabel 3 Hasil Estimasi Total Kebutuhan Listrik di Kalimantan Timur Dengan Pertumbuhan Ekonomi 7%

Tahun	Rumah Tangga	Industri	Komersial	Umum	Total
2013	1.677,90	220,70	612,55	252,05	2.763,20
2014	1.895,27	227,31	655,45	276,07	3.054,09
2015	1.895,27	231,90	711,88	304,56	3.391,05
2016	2.359,43	241,08	758,29	328,14	3.686,94
2017	2.543,80	250,47	799,85	348,95	3.943,07
2018	2.733,40	258,54	839,30	374,36	4.205,59
2019	2.962,90	271,14	885,14	402,87	4.522,05
2020	3.229,30	284,40	935,49	437,45	4.886,63
2021	3.463,00	299,10	980,59	465,55	5.208,23
2022	3.660,95	311,13	1.027,88	490,64	5.490,61

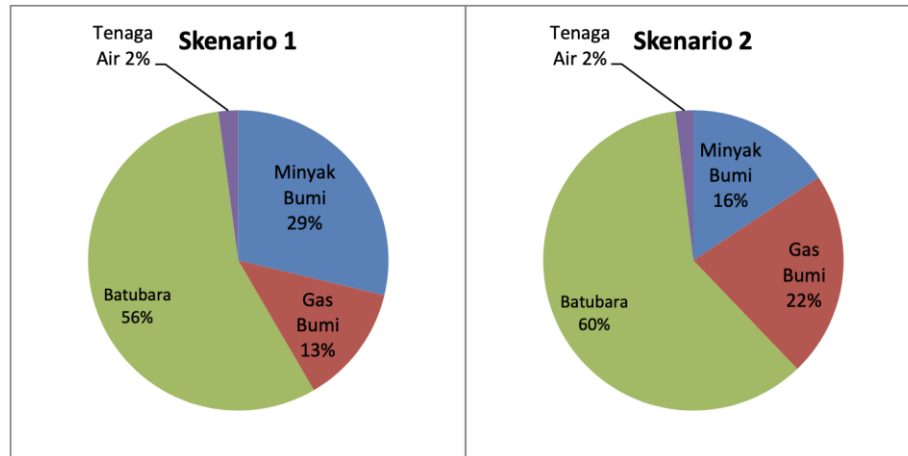
Tabel 4. Hasil Komposisi Pasokan Listrik Pada Skenario 2

No	Variabel	Jenis Bahan Bakar	Total Energi Listrik (GWh)	Bauran Pasokan Listrik (%)
1	X <sub>1</sub>	Minyak bumi	856,81	16
2	X <sub>2</sub>	Gas Bumi	1.217,13	22
3	X <sub>3</sub>	Batubara	3.306,38	60
4	X <sub>4</sub>	Tenaga Air	106,00	2
TOTAL			5.490,61	100

#### Analisis Optimasi Pemanfaatan Batubara Untuk Pembangkit Listrik

Hasil pemrograman linear menunjukkan kontribusi batubara yang mendominasi dalam upaya pemenuhan kebutuhan listrik di Kalimantan Timur pada tahun 2022. Pada skenario pertama, kontribusi batubara sebagai bahan bakar pembangkit listrik sebesar 56% dan pada skenario kedua kontribusi batubara sebesar 60% dalam upaya pemenuhan kebutuhan listrik tahun 2022. Peranan batubara dalam upaya pemenuhan kebutuhan listrik di Kalimantan Timur ini karena total biaya energi listrik dengan menggunakan sumber energi primer batubara relatif murah. Di sisi lain, potensi batubara yang ada di Kalimantan Timur untuk pembangkit listrik sebagai sumber energi primer yang cukup melimpah.

Sedangkan peranan minyak bumi dan gas bumi pada hasil pemrograman linear menunjukkan penurunan kontribusi dalam pemenuhan kebutuhan listrik di Kalimantan Timur jika dibandingkan dengan komposisi pasokan listrik yang ada saat ini. Penurunan pemanfaatan minyak bumi dan gas bumi sebagai bahan bakar pembangkit listrik pada hasil pemrograman linear karena total biaya energi listrik pada sumber energi primer tersebut relatif mahal. Sehingga penggunaan batubara menjadi salah satu alternatif sumber energi primer pembangkit listrik yang relatif murah.



Gambar 1. Bauran Pasokan Listrik di Kalimantan Timur tahun 2022

Hal ini sesuai dengan fungsi tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini. Berdasarkan hasil simulasi pemrograman linear dengan fungsi obyektif biaya energi listrik termurah menunjukkan bahwa pembangkit listrik dengan menggunakan sumber energi primer tenaga air merupakan total biaya energi listrik terkecil. Akan tetapi, kontribusi pembangkit listrik yang berasal dari sumber energi terbarukan (tenaga air) tidak signifikan. Hal ini karena potensi tenaga air yang ada di Kalimantan Timur relatif kecil sehingga kapasitas pembangkit yang akan mampu dibangkitkan kecil. Maka hasil dari pemrograman linear akan mengarahkan kepada penggunaan bahan bakar batubara sebagai sumber energi primer pembangkit listrik dengan total biaya energi listrik yang dihasilkan juga relatif murah dan potensi batubara yang cukup melimpah di Kalimantan Timur. Gambar 1 berikut menunjukkan hasil simulasi bauran pasokan energi listrik dengan menggunakan pemrograman linear.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa maka dapat disimpulkan bahwa kontribusi batubara mendominasi dalam upaya pemenuhan kebutuhan listrik di Kalimantan Timur pada tahun 2022. Kontribusi pemenuhan pasokan listrik untuk kebutuhan listrik disimulasi dengan menggunakan beberapa skenario antara lain :

### 1. Skenario 1

Pada kebutuhan energi listrik dengan peningkatan kebutuhan listrik rata-rata 7,6% per tahun, kontribusi batubara sebagai bahan bakar pembangkit listrik sebesar 56% dari total pasokan energi listrik. Kemudian diikuti oleh pasokan listrik yang berasal dari bahan bakar minyak bumi sebesar 29%, gas bumi sebesar 13%, dan tenaga air sebesar 2%.

## 2. Skenario 2

Pada kondisi terjadi peningkatan pertumbuhan ekonomi yang signifikan dari 3,4% menjadi 7% akan mempengaruhi kebutuhan energi listrik dari 4.995 GWh meningkat menjadi 5.491 GWh. Berdasarkan hasil simulasi pemrograman linear, kontribusi batubara sebagai bahan bakar pembangkit listrik mendominasi dalam pemenuhan pasokan listrik sebesar 60% dari total pasokan energi listrik. Kemudian diikuti oleh pasokan listrik yang berasal dari bahan bakar gas bumi sebesar 22%, minyak bumi sebesar 16%, dan tenaga air sebesar 2%.

Selain itu, peranan batubara dalam upaya pemenuhan kebutuhan listrik di Kalimantan Timur mendominasi karena biaya pembangkit listrik dengan menggunakan sumber energi primer batubara relatif murah. Di sisi lain, potensi batubara yang ada di Kalimantan Timur untuk pembangkit listrik sebagai sumber energi primer yang cukup melimpah.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT PLN (Persero), Tbk dan BPS Wilayah Kalimantan Timur yang telah mengizinkan penggunaan berbagai macam data sekunder yang bersifat publik untuk penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ariefianto, M.D. (2012) : *Ekonometrika Esensi dan Aplikasi dengan Menggunakan Eviews*. Airlangga, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2012). *Kalimantan Timur dalam Angka. 2010-2012*
- Daryanto, A., Hafizrianda, Y. (2010) : *Model-model Kuantitatif untuk Perencanaan Pembangunan Ekonomi Daerah*, Penerbit IPB, Bogor, 232 – 245.
- DESDM. (2004) : *Rencana Umum Kelistrikan Nasional (RUKN) 2004-2013*, Jakarta.
- DESDM. (2012) : *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) 2013-2022*, Jakarta.
- Dinas Badan Perencanaan Daerah (Bappeda) Kalimantan Timur. (2013) : *Evaluasi 3 (Tiga) Tahun Pelaksanaan MP3EI di Kalimantan Timur*, Samarinda.
- Hadiyanto. (2012) : *Anatomi Sumberdaya Batubara serta Asumsi Pemanfaatan untuk PLTU di Indonesia*, Bahan Presentasi DESDM, Jakarta.

- Harsono, T. D., Kuncoro, M. (2013) : *Electricity Consumption and Economic Growth : A Causality Evidence From Indonesia, 1984-2010*. International Journal of Business, Economics and Law, Jakarta.
- Javid, Attiya Yasmin, M.,Javid; Zahid Ashraf A. (2013) : *Electricity Consumption and Economic Growth : evidence from Pakistan*. International Journal of Economics and Business Letters, Pakistan.
- Juanda, Bambang, Junaidi. (2012) : *Ekonometrika Deret Waktu*. Penerbit IPB, Bogor: 1-55.
- Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral. (2009). *Masterplan Pembangunan Ketenagalistrikan 2010 s.d. 2014*, Jakarta.
- Kementrian Koordinator Bidang Ekonomi. (2011). *Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI)*.
- Kristijo, Hari dan Hanan Nugroho. (2007) : *Menuju Pemanfaatan Energi yang Optimum di Indonesia. Pengembangan Model Ekonomi-Energi dan Identifikasi Kebutuhan Infrastruktur Energi*, Jakarta.
- Lin, X., Xiaohua Hu. (2013) : *A Study of the Relationship between Electricity Consumption and GDP Growth in Hainan International Tourism Island of China*. Research in World Economy, China.
- Manik, N., Asmiani, N. (2019) : *Pemodelan Pemenuhan Kebutuhan Batubara Untuk Pembangkit Listrik Di Kalimantan Timur*. Geomine. 7(1): 36 - 44
- Nugroho, H. (2012). *Energi dalam Perencanaan Pembangunan, Edisi Pertama*. Penerbit IPB, Bogor: 143 –168.
- PT PLN (Persero). (2012). *Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2013-2022*. Jakarta.
- PT PLN (Persero). (2013) : *Sistem Ketenagalistrikan Kalimantan Timur dan Utara*. Bahan Presentasi PT PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Timur, Samarinda.
- PT PLN Persero. (2014). *Statistik PLN 2000-2012*. Jakarta.
- Pusdatin ESDM, 2012. *Sebaran Sumberdaya dan Cadangan Batubara di Kalimantan Timur*. Samarinda.
- Sukandar Rumidi. (2004) : *Batubara dan Gambut*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta: 11–31.
- Sukirno, S. (2012) : *Teori Pengantar Makro Ekonomi, Edisi Ketiga*. Rajawali Press, Jakarta.

Wardoyo, G.Y. (2008) : Perancangan Kebijakan Pemanfaatan Batubara Untuk Pemenuhan Tenaga Listrik dengan Pemodelan Sistem Dinamik. Tesis Program Magister, Universitas Indonesia: 17 – 20.

Winarno, O. T. (2007). Perencanaan Energi dan Profil Energi. CAREPI Project, Jakarta.

Yusgiantoro, P. (2000). Ekonomi Energi. LP3ES, Jakarta: 138 – 196.