

Pemodelan Proyeksi *Supply and Demand* Energi di Kota Semarang Tahun 2020-2030 Menggunakan Perangkat Lunak *Low-Emission Analysis Platform (LEAP)*

Hapsoro Bagus Wicaksono¹, Hadiyanto¹

¹Magister Teknik Kimia, Departemen Teknik Kimia, Universitas Diponegoro;

Email : hapsoro@students.undip.ac.id (H.B.W.), hadiyanto@lecturer.undip.ac.id (H),

Abstrak : Manusia sejatinya memiliki beberapa kebutuhan yang primer, dalam *Haslow Hierarchy* kebutuhan primer yang harus dimiliki manusia adalah sandang, pangan, papan, dan energi. Disebutkan bahwa energi merupakan suatu hal yang sangat esensial bagi keberlangsungan hidup suatu umat manusia, dan serta seluruh kegiatan manusia dalam menunjang keberlangsungan hidup pasti akan bersinggungan dengan kebutuhan energi. Dalam rangka pemenuhan kebutuhan energi di suatu daerah diperlukan adanya studi proyeksi kebutuhan energi. Proyeksi kebutuhan energi adalah suatu pemodelan matematis dalam memperkirakan suatu kebutuhan energi pada daerah tertentu, kemudian kebutuhan energi tersebut dibandingkan dengan suplai energi agar terciptanya keseimbangan suplai dan permintaan energi. Proyeksi kebutuhan energi juga merupakan salah satu langkah suatu daerah dalam menyusun dan mempertimbangkan kebijakan ataupun aturan yang berkaitan dengan pengelolaan dan pemanfaatan energi. Proses proyeksi kebutuhan energi dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti: metode trendline, metode end-use, dan metode ekonometri. Ketiga metode tersebut adalah metode yang paling sesuai dengan proses pemodelan proyeksi kebutuhan energi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui *supply, and demand* energi yang berada di Kota Semarang. Pemodelan yang dilakukan dalam studi kasus ini adalah *Business as Usual* (BaU) yang mana merupakan sebuah skenario dasar untuk menentukan *supply, and demand* energi, dan studi kasus ini memodelkan kebutuhan energi Kota Semarang dari Tahun 2020-2030. Berdasarkan hasil pemodelan diperoleh bahwa *supply, and demand* energi Kota Semarang setimbang, dan tidak ada indikasi *oversupply* energi ataupun *shortage* energi. Kemudian yang dapat disimpulkan dari penelitian dengan studi kasus Kota Semarang ini adalah bahwa pertumbuhan jumlah penduduk akan mempengaruhi jumlah kebutuhan energi di Kota Semarang.

Kata Kunci : Kebutuhan Energi, Kebijakan Energi, Kota Semarang

Abstract : Humans actually have several primary needs, in the Haslow Hierarchy the primary needs that humans should have such as clothing, food, shelter, and energy. It is stated that energy is

Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 2023, Vol. 4, No. 1, pp 15 – **Error! Bookmark not defined.**

Received : 17 Januari 2023

Accepted : 20 Februari 2023

Published : 25 Maret 2023



Copyright: © 2022 by the authors. [Jurnal Energi Baru dan Terbarukan](#) (p-ISSN: [2809-5456](#) and e-ISSN: [2722-6719](#)) published by Master Program of Energy, School of Postgraduate Studies. This article is an open access article distributed under the terms and condition of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#) (CC BY-SA 4.0).

something that is very essential for the survival of a human being, and all human activities in supporting the survival of life will intersect with energy needs. To meet energy needs in an area, it is necessary to have a projected study of energy needs. Energy demand projection is mathematical modeling in estimating an energy demand in a certain area, then the energy demand is compared with the energy supply to create a balance of energy supply and demand. Projection of energy needs is also one of the steps of a region in formulating and considering policies or regulations related to the management and use of energy. The energy demand projection process can be carried out using various methods such as the trendline method, end-use method, and econometric method. These three methods are the most suitable for the process of modeling energy demand projections. This research was conducted to determine the supply and demand for energy in the city of Semarang. The modeling carried out in this case study is Business as Usual (BaU) which is a basic scenario for determining energy supply and demand, and this case study models Semarang City's energy needs from 2020-2030. Based on the modeling results, it was found that energy supply and demand in Semarang City were balanced, and there was no indication of energy oversupply or energy shortage. Then what can be concluded from this research with a case study in the city of Semarang is that population growth will affect the amount of energy demand in the city of Semarang.

Keywords : Energy Demand, Energy Policy, Semarang City

1. Pendahuluan

Energi adalah suatu kemampuan untuk melakukan suatu kerja, atau suatu daya yang digunakan untuk mengolah ataupun memproses suatu kegiatan. Energi sendiri memiliki beberapa sumber adapun beberapa contoh sumber energi yang ada di Indonesia saat ini terbagi atas dua sumber energi yaitu: energi berasal dari fosil (*fossil fuel*), dan energi baru terbarukan (*renewable energy*) (Cleveland, 2004). Kedua sumber tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, namun yang menjadi konsiderasi baik *fossil fuel* ataupun *renewable energy* akan memiliki tujuan yang sama yaitu untuk memproduksi suatu energi yang dibutuhkan oleh umat manusia. Saat ini di Indonesia juga telah melaksanakan diversifikasi energi dengan melakukan pembauran energi fosil dengan energi baru dan terbarukan (Institute for Essential Service Reform (IESR), 2022), hal ini didasari karena energi adalah suatu hal yang esensial bagi keberlangsungan hidup masyarakat, sehingga suatu kebutuhan energi harus diperhitungkan dengan sumber energi yang ada sehingga agar tidak terjadi adanya *shortage supply* maupun *over supply* suatu energi (Coburn & Farhar, 2004), baik untuk energi fosil maupun energi baru terbarukan. Kebutuhan energi merupakan parameter yang berkembang mengikuti perkembangan jumlah penduduk yang ada pada suatu daerah tertentu. Sehingga apabila suatu daerah mengalami peningkatan jumlah penduduk maka akan berdampak pada pertumbuhan kebutuhan energi yang akan meningkat sesuai dengan laju pertumbuhan penduduk, hal ini menunjukkan bahwa akses ke suatu energi adalah suatu hal yang primer bagi masyarakat (International Institute for Sustainable Development, 2022).

1.1. Latar Belakang

1.1.1. Peranan Energi dan Prediksi Kebutuhan Energi dalam Kehidupan Manusia

Energi merupakan salah satu bagian dari *physiological needs* yang dikemukakan oleh Maslow. Maslow membuat sebuah hierarki kebutuhan manusia dari yang paling primer hingga paling tersier, adapun urutannya adalah sebagai berikut: *physiological needs* (sandang, pangan, papan, biologis, udara, dan air), kemudian *safety needs* (penjaga keamanan, sumber daya, dan asuransi), *love and belonging needs* (persahabatan, rasa pertemanan, dan keharmonisan bersama saudara), *esteem needs* (status sosial, pandangan masyarakat, dan pengikut), dan yang terakhir adalah *self-actualization needs* (kebutuhan manusia untuk divalidasi oleh orang lain atas pencapaian, atau hal yang dimiliki oleh suatu umat manusia (Maslow, 2019). Pada akhirnya kita dapat mengatakan bahwa energi adalah suatu hal yang primer dan harus dapat diakses oleh umat manusia demi keberlangsungan hidup manusia. Energi harus dipetakan dan diprediksikan dengan baik dan benar agar seluruh manusia mendapatkan porsi energi yang setimbang berdasarkan parameter-parameter kehidupan dari manusia tersebut. Namun, ada beberapa kasus di daerah tertentu bahwa ada satu keadaan sumber energi tidak dapat mencukupi kebutuhan energi daerah tersebut sehingga terjadinya peristiwa berupa *shortage* yang menyebabkan terjadinya *unstability* dalam berkehidupan bermasyarakat, sesuai apa yang telah disampaikan sebelumnya bahwa energi merupakan kebutuhan primer umat manusia, ketika salah satu dari beberapa kebutuhan primer umat manusia tidak dapat dipenuhi maka akan terjadinya *unstability* dalam berkehidupan bermasyarakat.

Prediksi kebutuhan energi adalah suatu metode yang esensial dalam menentukan suatu energi yang dibutuhkan suatu daerah agar daerah tersebut tidak mengalami *oversupply energy* ataupun *energy shortage*. Kebutuhan energi pada kasus ini yang disorot adalah kebutuhan energi yang berfokus pada sektor *households* atau yang biasa disebut sebagai rumah tangga, kebutuhan energi dalam sektor rumah tangga terbagi atas tiga komponen energi utama yaitu: energi listrik, energi gas (*natural gas*, *liquified petroleum gas*, atau *compressed gas*) (Kidnay, 2019), dan bahan bakar minyak. Ketiga komponen energi tersebut merupakan hal yang esensial dalam keberlangsungan hidup dari suatu rumah tangga. Setiap rumah tangga akan memiliki kebutuhan energi yang variatif berdasarkan beberapa parameter seperti: keadaan finansial keluarga, lokasi tempat tinggal, dan keadaan sosial keluarga. Dalam pemenuhan kebutuhan energi yang memadai dan tepat sasaran akan memberikan *multiplier effect* yang positif terhadap sektor lain seperti: sektor perekonomian daerah, sektor bisnis, pelayanan dan kebijakan publik, pemerintahan, dan serta taraf hidup masyarakat.

Kebutuhan energi dari suatu daerah akan mengalami peningkatan yang signifikan selama masih adanya pertumbuhan penduduk. Pertumbuhan penduduk diukur dengan parameter berupa laju pertumbuhan penduduk, selama laju pertumbuhan penduduk mengalami peningkatan maka kebutuhan energi dari suatu daerah akan mengalami pertumbuhan yang linear dengan pertumbuhan penduduk. Selain pertumbuhan penduduk, kebutuhan energi juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain seperti: pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, kebijakan dan peraturan pemerintah, pembangunan infrastruktur, stabilitas ekonomi dan sosial dari suatu daerah.

1.1.2. Kondisi Umum yang Berkaitan dengan Kebutuhan Energi di Kota Semarang

Kota Semarang merupakan salah satu kota metropolitan yang ada di Indonesia, dan Kota Semarang juga merupakan ibukota dari Provinsi Jawa Tengah, sehingga pertumbuhan baik dalam perspektif ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan pertumbuhan pembangunan infrastruktur lebih

ramai dibandingkan beberapa kota non-metropolitan lain yang berada di Provinsi Jawa Tengah. Sehingga, dengan beberapa faktor tersebut akan mempengaruhi peningkatan kebutuhan energi yang dibutuhkan di Kota Semarang. Berdasarkan data statistik yang dihimpun oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang yang dipublikasi dalam suatu data komprehensif yang bertajuk “Kota Semarang Dalam Angka 2021” disebutkan bahwa pada Tahun 2020 pertumbuhan penduduk mengalami pertumbuhan penduduk sebesar 0.25% dari tahun sebelumnya, hal ini menyebabkan adanya penambahan kebutuhan energi karena penambahan penduduk yang meningkat. Selain pertumbuhan penduduk di Kota Semarang, adapun beberapa pembangunan infrastruktur dan adanya beberapa kebijakan baru terkait energi yang disahkan oleh Pemerintah Kota Semarang yang membuat adanya kebutuhan energi mengalami peningkatan. Selanjutnya, menurut data yang dihimpun oleh BPS Kota Semarang dalam publikasi yang bertajuk “Kota Semarang Dalam Angka 2022” disebutkan bahwa pada Tahun 2021 laju pertumbuhan penduduk mencapai titik terendahnya sebesar 0.14%, dan pada publikasi lainnya yang bertajuk “Kota Semarang Dalam Angka 2021” disebutkan bahwa pada Tahun 2020 laju pertumbuhan penduduk sebesar 0.59%. Hal ini menunjukkan bahwasanya pada Tahun 2021 pertumbuhan penduduk menurun drastis, dan merupakan laju pertumbuhan penduduk Kota Semarang terendah sepanjang dua dekade terakhir. Kemudian apabila ditinjau dari segi energi dapat dipastikan nilai pertumbuhan kebutuhan energi juga akan berbanding lurus dengan laju pertumbuhan penduduk. Namun hal yang dapat ditarik dari beberapa data yang dihimpun oleh BPS Semarang, bahwasanya laju pertumbuhan penduduk akan selalu meningkat dari tahun ke tahun, sehingga pada akhirnya dari tahun ke tahun total kebutuhan energi secara menyeluruh akan mengalami peningkatan yang signifikan.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini secara garis besar bertujuan untuk melakukan pemodelan terhadap kebutuhan energi di Kota Semarang di masa depan, pada Tahun 2020 hingga Tahun 2030. Adapun tujuan spesifik lain terhadap penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat melakukan pemodelan terhadap nilai *supply and demand* energi di Kota Semarang pada rentang waktu Tahun 2020 hingga Tahun 2030.
2. Dapat meninjau bagaimana pengaruh laju pertumbuhan penduduk terhadap beberapa aspek lain yang dapat mempengaruhi penambahan *demand energy final unit* di Kota Semarang

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Model Perhitungan dalam Pemodelan Proyeksi Kebutuhan Energi

Ukuran Pada studi kasus Kota Semarang, dalam prediksi kebutuhan energi hal yang digaribawahi dalam penelitian ini adalah energi yang bersifat esensial dalam kehidupan masyarakat dalam berumah tangga, sehingga energi yang dianalisis pada sektoral rumah tangga hanya berkisar pada tiga energi utama seperti: energi listrik, energi gas, dan bahan bakar minyak. Dalam kontekstual pemenuhan kebutuhan energi yang sesuai dan tepat sasaran diperlukan adanya analisis prediksi kebutuhan energi yang dilakukan untuk menentukan *forecasting energy demand* dari Kota Semarang agar tidak terjadi adanya *energy shortage* ataupun *oversupply energy*. Dalam melakukan prediksi kebutuhan energi di Kota Semarang diperlukan adanya metode *forecasting* yang sesuai, dalam melakukan *forecasting* ada beberapa metode pendekatan yang dapat dilakukan seperti: pendekatan menggunakan *trendline projection*, metode pendekatan ekonometrik, metode pendekatan *delphi*,

metode pendekatan *end-use*, metode pendekatan *time-series*, dan gabungan dari beberapa metode yang ada. Pada studi kasus prediksi kebutuhan energi di Kota Semarang akan menggunakan analisis pendekatan menggunakan metode pendekatan berupa: metode pendekatan *trendline*, metode pendekatan ekonometri, metode pendekatan *end-use*. Perbedaan dari ketiga metode tersebut memiliki definisi dan parameter yang berbeda-beda.

2.1.1. Metode Pendekatan *Trendline*

Metode pendekatan *trendline* adalah suatu metode pendekatan yang menggunakan data historis dari beberapa waktu sebelumnya, kemudian data tersebut dikumpulkan menjadi satu set data, kemudian setelah itu data-data historis tersebut diberikan suatu garis ekstrapolasi yang membentuk pola dari data-data historis yang telah digabungkan sebelumnya. Pendekatan dengan *trendline* ini sering digunakan pada beberapa studi kasus seperti prediksi perkembangan pertumbuhan suatu saham perusahaan, kemudian metode pendekatan *trendline* juga dapat digunakan dalam memproyeksikan suatu kebutuhan *supply and demand* dari suatu komoditas, dan bahkan pendekatan *trendline* dapat dijadikan acuan dalam memprediksi kebutuhan energi dari suatu wilayah (Dwiyoko, Sukisno, & Damarwan, 2020). Dalam suatu metode pasti akan menemukan kelebihan, dan kekurangan dibandingkan metode lainnya, adapun metode pendekatan *trendline* ini memiliki beberapa keunggulan seperti: mudah dalam aplikasi pemodelan dibandingkan modelnya, parameter yang cenderung mudah untuk dianalisis, tidak memerlukan banyak parameter perhitungan yang rumit (Djohar & Musaruddin, 2017). Namun di sisi lain, metode pendekatan menggunakan *trendline* ini dinilai memiliki akurasi yang cenderung rendah dibandingkan metode lain. Kelemahan dari metode pendekatan menggunakan *trendline* ini dipicu oleh parameter dan perhitungan yang cenderung lebih sederhana dibandingkan lainnya.

2.1.2. Metode Pendekatan Ekonometri

Metode pendekatan ekonometri adalah suatu metode yang serupa dengan metode pendekatan *trendline*, namun pada metode pendekatan ekonometri ada hal yang menjadi pembeda, hal tersebut adalah hadirnya data yang berkaitan dengan parameter keekonomian dari suatu hal yang akan dimodelkan (Dwiyoko, Sukisno, & Damarwan, 2020). Dalam studi kasus ini hal yang akan diprediksikan adalah kebutuhan energi di Kota Semarang, maka data yang diperlukan dalam pemodelan di antaranya adalah: pendapatan per kapita penduduk Kota Semarang, alokasi dana Pemerintah Kota Semarang, dan beberapa data keekonomian Kota Semarang yang berkorelasi dengan kebutuhan energi di Kota Semarang. Setelah data-data tersebut telah terhimpun dalam satu set data, maka selanjutnya adalah menerapkan metode ekonometri ini untuk mendapatkan korelasi antara data keekonomian, dan pada akhirnya akan mendapatkan simulasi perhitungan kebutuhan energi dari Kota Semarang dari tahun ke tahun, sehingga dengan data kebutuhan energi Kota Semarang dari tahun ke tahun akan dapat dikorelasikan ke masa depan untuk melakukan *forecasting* terhadap *energy demand* yang terdiri dari: energi listrik, energi gas, dan bahan bakar minyak di Kota Semarang.

2.1.3. Metode Pendekatan *End-Use*

Metode pendekatan *end-use* adalah salah satu metode yang memiliki nama lain *engineering approach method* (Djohar & Musaruddin, 2017). Pada metode ini hal yang menjadi pembeda dari beberapa metode yang telah disebutkan adalah hadirnya parameter data berupa *total activity*, dan

intensity yang membuat metode ini sangat cocok untuk melakukan proyeksi sesuatu hal, salah satu penerapan contoh *engineering approach method* adalah proses proyeksi kebutuhan energi dari suatu regional ataupun daerah tertentu (Dwiyoko, Sukisno, & Damarwan, 2020). Sebuah alasan kuat yang mendasari metode *end-use* merupakan metode yang sangat sesuai untuk melakukan proyeksi adalah karena metode ini menggunakan perhitungan dengan parameter-parameter yang mendetail, namun formula perhitungan yang cenderung lebih mudah dibandingkan kedua metode lain.

3. Metodologi Penelitian

3.1. Pemodelan Perangkat Lunak *Low Emission Analysis Platform (LEAP)*

Dalam kontekstual pemodelan proyeksi energi dapat menggunakan beberapa perangkat lunak berdasarkan tipe data yang diolah, pada studi kasus ini pemodelan proyeksi kebutuhan energi yang dilakukan di Kota Semarang disimulasikan menggunakan perangkat lunak berupa *The Low Emission Analysis Platform (LEAP)*. *LEAP* merupakan sebuah perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan analisis terhadap kebijakan energi, perubahan iklim, mitigasi, dan proyeksi kebutuhan energi. *LEAP* diciptakan oleh *Stockholm Environment Institute*, dan sampai saat ini *LEAP* digunakan oleh beberapa instansi kenegaraan dari beberapa negara guna untuk melakukan analisis terhadap energi.

Perangkat lunak *LEAP* dapat dikatakan sebagai perangkat lunak yang bersifat *user-friendly* karena seluruh rangkaian algoritmanya menggunakan parameter yang relatif mudah, maka dapat melakukan pemodelan konsumsi energi, eksplorasi dan produksi suatu *sources*, dan juga korelasi antara energi dan ekonomi. Fitur lain yang dihadirkan oleh perangkat lunak *LEAP* adalah dapat melakukan simulasi pengembangan *renewable energy* dan serta menganalisis tingkat emisi, polutan, dan serta *short-lived climate pollutants (SLCP)* (Heaps, 2022).

Proses analisis pendekatan metode pendekatan *trendline*, metode pendekatan ekonometri, dan metode pendekatan *end-use* akan dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak berupa *Long Range Energy Alternative Planning (LEAP)*. Perangkat lunak *LEAP* mengadopsi sistem simulasi bermodel *end-use method* sehingga data esensial yang akan disimulasikan akan berkaitan dengan pertumbuhan suatu parameter dan intensitas masing-masing *unit demands* (Qolbi & Utomo, 2020). Dalam proses pemodelan *LEAP* menggunakan empat *driver parameter* utama yang menjadi bekal untuk melakukan perhitungan dan analisis terkait energi, adapun *driver parameter* utama yang terdapat pada perangkat lunak *LEAP* adalah: *Key Assumption Parameter*, *Demand Parameter*, *Transmission and Distribution Parameter*, dan yang terakhir adalah *Resources Parameter* (Winarno, 2005). Keempat *driver* tersebut akan memiliki perannya masing-masing dalam proses perhitungan dan analisis energi. Berikut adalah fungsi dari keempat *driver parameter* yang digunakan pada *LEAP*:

- *Parameter – Key-Assumption*
Parameter ini adalah parameter yang paling esensial dalam proses pemodelan menggunakan *LEAP*, hal ini dikarenakan *key-assumption* digunakan data dasar yang digunakan untuk perhitungan *driver parameter* selanjutnya. Data yang dimasukkan ke dalam *key-assumption* salah satunya adalah: jumlah penduduk, jumlah rumah, jumlah kendaraan, dan sebagainya. Data yang dimasukkan dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan tidak terpaku, namun yang menjadi poin penting adalah data yang dimasukkan *key-assumption* harus berkorelasi dengan studi kasus.

- Parameter – *Demand*
Parameter *demand* merupakan parameter pendamping dari *key-assumption*, pada parameter ini data yang dimasukkan ke sistem akan dikalkulasikan bersama dengan *key-assumption*. Parameter *demand* berisi beberapa parameter yang berkaitan dengan suatu intensitas energi yang digunakan pada suatu daerah tersebut. Data yang dimasukkan ke dalam parameter *demand* adalah: level aktivitas suatu energi, intensitas penggunaan suatu energi, dan biaya kebutuhan suatu energi (Heaps, 2022).
- Parameter – *Transformation and Distribution*
Parameter ini merupakan parameter yang berfungsi untuk menghitung sumber pasokan energi. Pada parameter ini data dikategorikan menjadi dua jenis energi yaitu: energi primer (minyak bumi, gas alam, dan sebagainya), dan yang kedua adalah energi sekunder (bahan bakar minyak, gas tabung (LPG), listrik, dan sebagainya) (Heaps, 2022).
- Parameter – *Resources*
Parameter ini terbagi atas dua tipe yaitu energi primer, dan energi sekunder yang merupakan hasil pemodelan data yang telah dimasukkan dalam parameter *transformation and distribution* secara otomatis, namun data tersebut perlu dilengkapi lebih lanjut dengan memasukkan parameter berdasarkan masing-masing energi yang digunakan, adapun parameter yang dimasukkan adalah: *total resources* (minyak bumi, gas alam, dan sebagainya), kemudian potensi energi lainnya (Heaps, 2022).

3.2. Analisis Kebutuhan Energi Final pada Sektor Rumah Tangga dan Sektor Transportasi

Studi kasus ini akan memetakan proyeksi kebutuhan energi final pada tahun 2030 terkhusus pada sektor rumah tangga dan sektor transportasi rumah tangga saja. Kedua sektor tersebut merupakan salah satu sektor yang memiliki konsumsi tertinggi di antara sektor lainnya. Pada studi kasus proyeksi kebutuhan energi final sektor rumah tangga, dan sektor transportasi akan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang mendasari proses pemodelan proyeksi kebutuhan energi final di Kota Semarang yang berfokus pada sektor rumah tangga dan sektor transportasi.

Pada sektor rumah tangga *resources* yang digunakan akan terbagi menjadi dua jenis bentuk energi, yaitu adalah: energi listrik, dan energi gas yang berasal dari tabung *liquified petroleum gas (LPG)* dengan berbagai macam ukuran. Selain itu gas yang diperhitungkan pada pemodelan dapat berbentuk *gas* yang bersifat *untreaten* atau yang bisa dikatakan sebagai *raw gas* yang terproduksi bersama produksi minyak (Riazi, 2013). Berikut adalah persamaan untuk melakukan pemodelan proyeksi kebutuhan energi final pada sektor rumah tangga yang telah ditentukan jenis energinya: (Yudiartono, Windarta, & Adiarso, 2022)

$$E = \frac{A \times U}{\text{Efisiensi}} \quad (1)$$

Keterangan persamaan:

- E = Kebutuhan energi final sektor rumah tangga
- A = Total aktivitas dari suatu parameter dalam sektor rumah tangga

U = Intensitas energi dari suatu parameter dalam sektor rumah tangga
Efisiensi = Nilai efisiensi dari suatu parameter dalam sektor rumah tangga

Selanjutnya adalah proses perhitungan kebutuhan energi final untuk kasus transportasi, pada proses pemodelan untuk sektor transportasi dapat digolongkan pada masing-masing sektor, pada kasus ini transportasi yang disimulasikan hanya transportasi yang digunakan pada skala sektor rumah tangga, sehingga transportasi yang disimulasikan adalah: sepeda motor, mobil berbasis *gasoline*, dan mobil berbasis *gasoil*. Berikut adalah metode perhitungan yang dapat diaplikasikan: (Yudiartono, Windarta, & Adiarso, 2022)

$$E = \frac{S \times D}{C} \quad (2)$$

Keterangan persamaan:

E = Kebutuhan energi final transportasi
S = Jumlah moda transportasi berdasarkan jenis transportasi
D = jarak tempuh moda transportasi
C = Nilai konsumsi *specific energy* pada satuan jarak tempuh

3.3. Skenario Pemodelan

Proses pemodelan proyeksi kebutuhan energi final pada perangkat lunak *LEAP* dapat menggunakan basis skenario yang beragam yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Pada perangkat lunak *LEAP* terdapat beberapa jenis skenario di antaranya adalah: skenario *business as usual*, skenario transisi energi, skenario kebijakan energi, dan berbagai kebijakan lainnya. Skenario pada perangkat lunak *LEAP* berfungsi untuk mempermudah perhitungan yang terdiri atas beberapa parameter yang kompleks dan variatif pada setiap skenario yang diinginkan. (Masus, Tarigan, & Bale, 2019)

Studi kasus pemodelan proyeksi kebutuhan energi Kota Semarang pada sektor rumah tangga dan sektor transportasi akan menggunakan skenario dasar berupa Skenario *Business as Usual* (BaU). Skenario BaU adalah sebuah skenario dasar yang digunakan dalam proses pemodelan kebutuhan energi, pada skenario ini akan berpatokan pada beberapa parameter data yang telah dimasukkan ke dalam perangkat lunak *LEAP* pada *key-assumption*. Skenario BaU ini adalah murni skenario dasar tanpa adanya pengaruh ataupun dari kendali dari parameter lain seperti: parameter keadaan ekonomi suatu daerah, parameter kebijakan pemerintah, ataupun beberapa parameter yang akan mempengaruhi skenario BaU (Dwiyoko, Sukisno, & Damarwan, 2020).

4. Model dan Asumsi Pada Pemodelan Proyeksi Kebutuhan Energi Kota Semarang

4.1. Detail Model pada Kebutuhan Sektor Rumah Tangga

Kota Semarang merupakan salah satu kota metropolitan yang memiliki total aktivitas yang lebih dinamis dibandingkan beberapa kota lain, salah satunya adalah total aktivitas pada sektor rumah tangga. Adapun beberapa parameter yang diperhitungkan pada sektor rumah tangga ini adalah total aktivitas energi, dan intensitas penggunaan energi untuk setiap rumah tangga di Kota Semarang. Sektor rumah tangga pada studi kasus ini terdiri atas energi primer yang digunakan oleh

seluruh rumah tangga yang ada di Kota Semarang, adapun energi primer pada sektor rumah tangga adalah: energi listrik, dan energi gas. Berdasarkan data dari BPS Kota Semarang, bahwasanya saat ini Kota Semarang memiliki total elektrifikasi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebesar 100%, sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh rumah tangga di Kota Semarang sudah menikmati listrik secara penuh oleh PLN (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, 2022), dan (Badan Pusat Statistik Kota Semarang, 2022). Pada setiap rumah tangga akan menghasilkan nilai *output* penggunaan energi listrik yang variatif, hal ini disebabkan karena setiap rumah tangga dengan rumah tangga yang lain akan memiliki jenis-jenis perabotan elektronik yang berbeda (Windarta, Purwanggono, & Hidayanto, 2018). Sehingga pada studi kasus ini untuk parameter penggunaan energi listrik akan berpatokan pada penggunaan barang elektronik yang umum seperti: lampu, televisi, handphone, penanak nasi, telepon seluler, dan kulkas.

Energi primer selanjutnya adalah energi gas yang digunakan untuk memasak sehari-hari oleh seluruh rumah tangga yang berada di Kota Semarang. Namun, pada studi kasus ini diasumsikan bahwa seluruh rumah tangga di Kota Semarang menggunakan kompor gas konvensional dengan sumber energi gas yang berasal dari tabung gas LPG dengan berbagai ukuran. Asumsi ini diterapkan pada pemodelan ini dikarenakan jaringan gas Kota Semarang belum dapat diakses secara menyeluruh oleh rumah tangga di Kota Semarang, dan saat ini masih dalam pengembangan lebih lanjut agar seluruh rumah tangga di Kota Semarang dapat menikmati jaringan gas oleh Perusahaan Gas Negara (PGN).

Pemodelan proyeksi kebutuhan energi sektor rumah tangga dimodelkan dengan data yang telah dimasukkan pada *key-assumption*. Data yang akan mempengaruhi nilai kebutuhan energi dari sektor rumah tangga adalah: jumlah penduduk Kota Semarang, laju pertumbuhan penduduk Kota Semarang, konsumsi listrik tahunan per rumah tangga, dan harga listrik per *kilowatt-hour (kWh)*.

4.2. Detail Model pada Kebutuhan Sektor Transportasi

Pada model kebutuhan energi sektor transportasi terdapat dua parameter esensial yang menjadi patokan dalam proses pemodelan proyeksi kebutuhan energi untuk sektor transportasi, adapun parameter tersebut adalah: jenis kendaraan, dan jumlah kendaraan. Pada studi kasus Kota Semarang kendaraan terbagi atas dua jenis yaitu sepeda motor, dan mobil penumpang. Selanjutnya kedua jenis kendaraan tersebut dibagi kembali atas beberapa parameter model lain seperti: jenis bahan bakar minyak, dan tipe spesifik bahan bakar minyak yang digunakan. Sehingga, pada studi kasus kebutuhan energi untuk sektor transportasi di Kota Semarang akan terbagi menjadi dua transportasi *master data* yaitu: transportasi berbasis *gasoline*, dan transportasi berbasis *gasoil* (diesel). Kemudian, untuk transportasi berbasis *gasoline* akan terbagi menjadi sub-data berupa transportasi sepeda motor bahan bakar *gasoline*, dan mobil penumpang bahan bakar *gasoline*. Sedangkan untuk transportasi berbasis *gasoil* hanya diisi oleh satu sub-data berupa mobil penumpang bahan bakar *gasoil*. Selanjutnya adalah jenis bahan bakar spesifik yang digunakan, pada studi kasus ini akan terdapat jenis bahan bakar spesifik yang dimodelkan, data tersebut adalah: *Gasoline – Peralite*, *Gasoline – Pertamina*, *Gasoline Pertamina Turbo*, *Gasoil – Biosolar*, *Gasoil – Dextrite*, dan *Gasoil – Pertamina Dex*. Seluruh jenis bahan bakar spesifik yang dimodelkan pada studi kasus ini berdasarkan dengan data yang telah dihimpun oleh BPS Kota Semarang dengan adanya beberapa asumsi yang diterapkan. Asumsi yang diterapkan pada model proyeksi kebutuhan energi di Kota Semarang pada sektor transportasi adalah sebagai berikut:

- Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk tipe *gasoline* yang beredar memiliki persentase edar sebagai berikut: Paltalite (54%), Pertamina (39%), dan Pertamina Turbo (7%)
- Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk tipe *gasoil* yang beredar memiliki persentase edar sebagai berikut: Biosolar (44%), Dexlite (0.41%), dan Pertamina Dex (15%).
- Perbandingan antara kendaraan sepeda motor dan mobil penumpang yang berada di Kota Semarang memiliki perbandingan 6:1
- Persentase jumlah mobil bahan bakar *gasoline* adalah 74.2%, dan persentase jumlah mobil bahan bakar *gasoil* adalah 25.8%

5. Hasil dan Pembahasan

5.1. Variabel Input Data Key-Assumption

Sebelum melakukan pemodelan secara komprehensif menggunakan *LEAP*, hal yang dilakukan pertama adalah melakukan *input* data untuk menjadi bahan acuan dasar dalam pemodelan proyeksi kebutuhan final di Kota Semarang. Data yang dimasukkan ke dalam sistem perangkat lunak *LEAP* disebut sebagai *base-year* data, pada kasus ini data *key-assumption* for *base-year* dimulai dari Tahun 2020, dan disimulasikan hingga Tahun 2030. Adapun, data *key-assumption* for *base-year* untuk studi kasus proyeksi kebutuhan energi di Kota Semarang adalah sebagai berikut:

Tabel 1.

Parameter Data *Key-Assumption* Studi Kasus Kota Semarang
(Badan Pusat Statistik Kota Semarang, 2021), dan (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, 2021)

Parameter Data	Base Year Data – Tahun 2020	
	Jumlah	Unit
Jumlah Penduduk	1,653,524	Jiwa
Laju Pertumbuhan Penduduk	59	%
Jumlah Rumah Tangga	486,476	Jiwa
Rata-Rata Penduduk Per Rumah	3.399	Jiwa
Jumlah Sepeda Motor <i>Gasoline</i>	1,382,000	Unit
Jumlah Mobil Penumpang <i>Gasoline</i>	171,000	Unit
Jumlah Mobil Penumpang <i>Gasoil</i>	60,000	Unit

Kemudian, data yang telah dimasukkan ke dalam perangkat lunak *LEAP* akan dimodelkan menggunakan *engineering approach method*, atau yang disebut sebagai *end-use* untuk menjadi suatu data prediksi hingga Tahun 2030. Pada *key-assumption* data yang telah dimasukkan dengan skenario BaU diberikan tambahan perhitungan *function* berupa “*Growth*”, *function growth* ini bertujuan untuk melakukan prediksi nilai keseluruhan data yang terdapat pada *key-assumption* hingga tahun 2030. Adapun data tambahan untuk dimasukkan ke *key-assumption* ini adalah berupa data laju pertumbuhan penduduk di Tahun 2021 yang memiliki laju pertumbuhan penduduk sebesar 0.14%, dan dengan adanya peningkatan laju pertumbuhan penduduk, maka data yang telah dimasukkan sebelumnya akan disimulasikan berdasarkan Informasi pada *function growth* yang terdapat di *LEAP*. Berikut adalah hasil proyeksi total penduduk Kota Semarang berdasarkan hasil simulasi:

Tabel 2.

Proyeksi Penduduk Kota Semarang Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Tahun	Jiwa	Tahun	Jiwa
2020	1,653,524	2026	1,666,934
2021	1,655,514	2027	1,669,628
2022	1,657,632	2028	1,671,605
2023	1,659,952	2029	1,673,945
2024	1,662,276	2030	1,676,288
2025	1,664,603		

Dalam *key-assumption* bukan hanya data kependudukan saja yang dimasukkan ke dalam *LEAP*, namun terdapat variabel berupa kendaraan transportasi, yang nantinya akan digunakan untuk menghitung kebutuhan energi final berdasarkan bahan bakar pada kendaraan tersebut, berikut adalah data jumlah kendaraan dari tahun 2020 beserta proyeksi data dari 2020-2030:

Tabel 3.

Laju Pertumbuhan Transportasi Kota Semarang Pada Tahun 2020 dan Tahun 2021 (Badan Pusat Statistik Kota Semarang, 2022), dan (Badan Pusat Statistik Kota Semarang, 2021)

Parameter Data	Laju Pertumbuhan Transportasi	
	Tahun 2020 (%)	Tahun 2021 (%)
Sepeda Motor BBM <i>Gasoline</i>	2.61	2.37
Mobil Penumpang BBM <i>Gasoline</i>	2.37	21.78
Mobil Penumpang BBM <i>Gasoil</i>	1.14	19.21

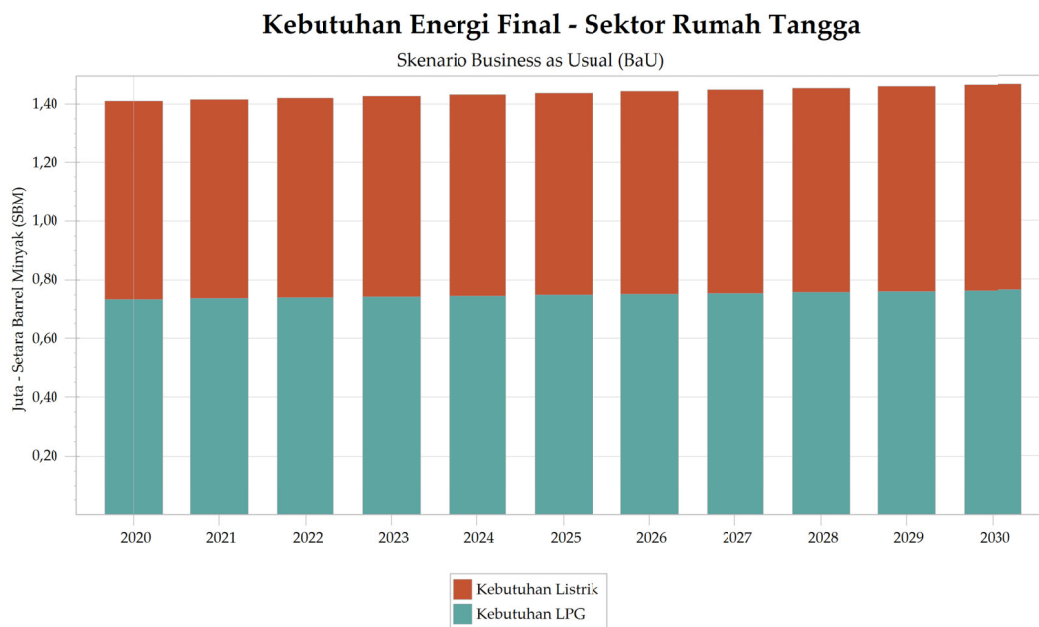
Kemudian setelah laju pertumbuhan jumlah transportasi pada masing-masing jenis kendaraan, maka *LEAP* akan menyimulasikan total jumlah kendaraan dari 2020-2030, dan pada akhirnya data intensitas dari mode transportasi yang ada di Kota Semarang akan disimulasikan lebih lanjut menjadi data kebutuhan energi final.

5.2. Variabel Data Demand, dan Hasil Pemodelan Demand Energy Final Unit

Pada parameter *demand* ini *LEAP* akan melakukan pemodelan untuk menentukan nilai kebutuhan energi secara menyeluruh, adapun nilai *demand* ini akan disimulasikan berdasarkan *key-assumption* yang telah disimulasikan sebelumnya. Parameter yang digunakan untuk pemodelan *demand* adalah dengan melakukan perhitungan intensitas energi dari masing-masing energi yang digunakan oleh masyarakat Kota Semarang. Perhitungan *demand* Kota Semarang membutuhkan prasyarat data berupa *energy intensity* untuk masing-masing energi, kemudian nilai *energy intensity* akan dimodelkan dengan berbagai metode *end-use*, dan pada akhirnya akan menghasilkan tiga komponen data utama berupa: kebutuhan listrik tahunan, kebutuhan LPG tahunan, dan kebutuhan bahan bakar minyak (*gasoline* dan *gasoil*). Data “Kebutuhan Energi Final – Kota Semarang” diperoleh dari gabungan tiga master data berupa “Kebutuhan Energi Final – Sektor Rumah Tangga” yang terdiri atas dua parameter berupa intensitas penggunaan Gas LPG pada rumah tangga, dan intensitas

penggunaan listrik pada rumah tangga yang disimulasikan menggunakan *end-use method*. Kemudian, data kedua yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi “Kebutuhan Energi Final – Kota Semarang” adalah data berupa “Kebutuhan Energi Final – Sektor Rumah Tangga” yang terdiri atas hasil simulasi dari data intensitas penggunaan bahan bakar minyak berdasarkan pada jenis kendaraan, dan tipe bahan bakar minyak spesifik yang digunakan pada masing-masing transportasi. Berikut adalah perincian dari masing-masing data yang menyusun “Kebutuhan Energi Final – Sektor Rumah Tangga” dan “Kebutuhan Energi Final – Sektor Rumah Transportasi”.

Berikut adalah hasil simulasi perhitungan “Kebutuhan Energi Final – Sektor Rumah Tangga” di Kota Semarang, yang diperhitungkan menggunakan beberapa data yang telah dimasukkan ke *key-assumption*, dan serta beberapa asumsi yang berfungsi untuk melakukan penyederhanaan variabel yang terdapat pada perhitungan tersebut:



Gambar 1. Grafik Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Final Pada Sektor Rumah Tangga Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Tabel 4.
 Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Final Listrik Pada Sektor Rumah Tangga Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM
2020	0.675	2026	0.691

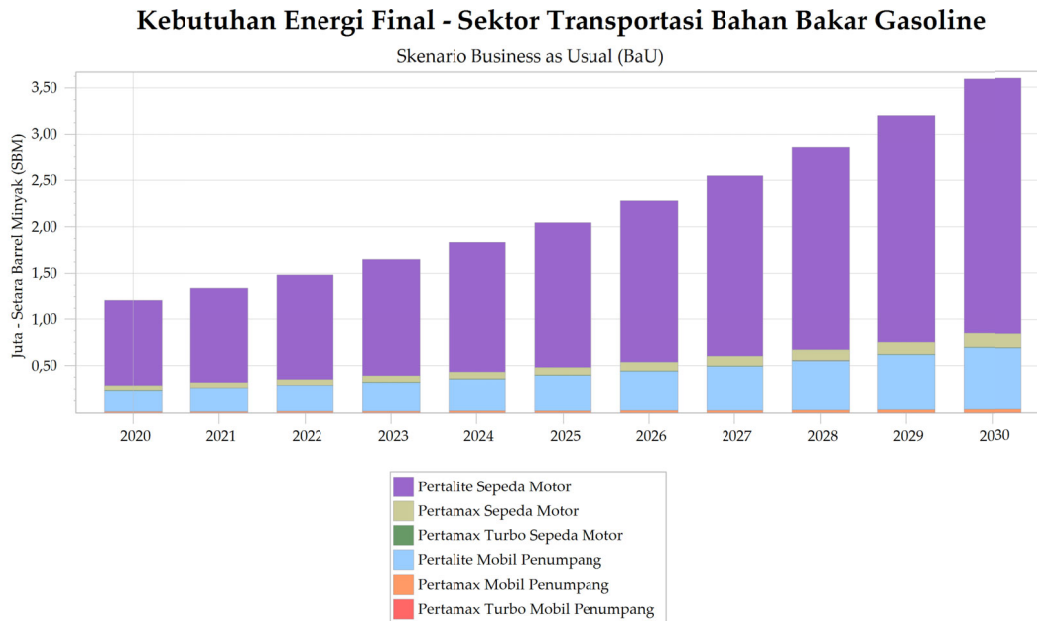
2021	0.680	2027	0.693
2022	0.683	2028	0.696
2023	0.685	2029	0.699
2024	0.688	2030	0.701
2025	0.688		

Tabel 5.

Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Final *LPG* Pada Sektor Rumah Tangga Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM
2020	0.735	2026	0.753
2021	0.738	2027	0.756
2022	0.741	2028	0.759
2023	0.744	2029	0.762
2024	0.747	2030	0.765
2025	0.750		

Berikut adalah hasil simulasi perhitungan “Kebutuhan Energi Final – Sektor Transportasi” di Kota Semarang. Pada perhitungan ini terdiri atas dua *datasets* yaitu: “Kebutuhan Energi Final – Transportasi Bahan Bakar *Gasoline*”, dan “Kebutuhan Energi Final – Transportasi Bahan Bakar *Gasoil*”. Dua *datasets* tersebut disimulasikan dan pada akhirnya akan menjadi “Kebutuhan Energi Final – Sektor Transportasi”. Perhitungan kedua *datasets* tersebut berasal dari proses simulasi data yang telah dimasukkan ke *key-assumption*, dan serta beberapa asumsi yang berfungsi untuk melakukan penyederhanaan variabel yang terdapat pada perhitungan tersebut:



Gambar 2. Grafik Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Final Pada Sektor Transportasi Bahan Bakar Gasoline Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

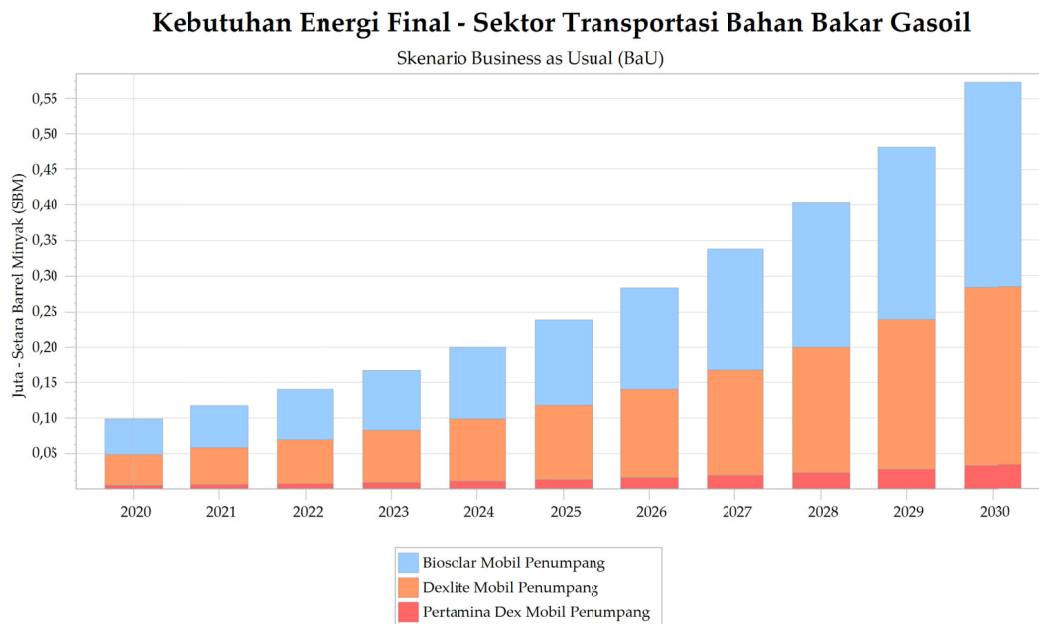
Tabel 6.

Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Final Listrik Sektor Transportasi Sepeda Motor Bahan Bakar Gasoline Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Pertalite		Pertamax		Pertamax Turbo	
Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM
2020	0.926	2020	0.049	2020	0.002
2021	1.025	2021	0.055	2021	0.003
2022	1.137	2022	0.061	2022	0.003
2023	1.262	2023	0.067	2023	0.003
2024	1.403	2024	0.075	2024	0.004
2025	1.563	2025	0.083	2025	0.004
2026	1.743	2026	0.093	2026	0.004
2027	1.948	2027	0.104	2027	0.005
2028	2.181	2028	0.116	2028	0.006
2029	2.446	2029	0.131	2029	0.006
2030	2.750	2030	0.147	2030	0.007

Tabel 7.
 Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Final Listrik Sektor Transportasi Mobil Penumpang Bahan Bakar
Gasoline Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

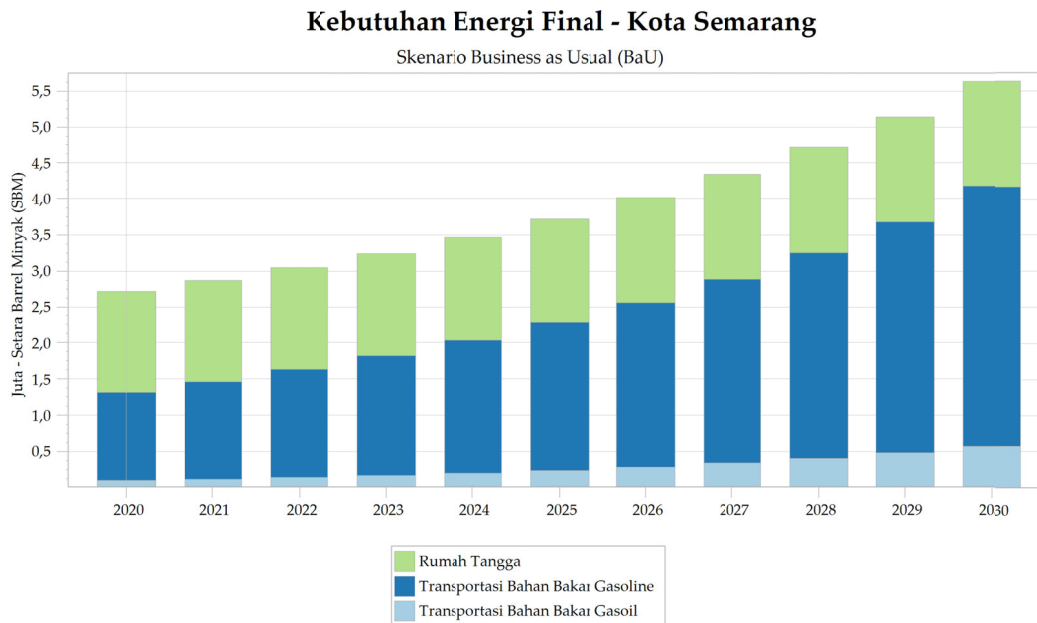
Pertalite		Pertamax		Pertamax Turbo	
Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM
2020	0.221	2020	0.012	2020	0.001
2021	0.245	2021	0.013	2021	0.001
2022	0.272	2022	0.014	2022	0.001
2023	0.302	2023	0.016	2023	0.001
2024	0.336	2024	0.018	2024	0.001
2025	0.374	2025	0.020	2025	0.001
2026	0.417	2026	0.022	2026	0.001
2027	0.466	2027	0.025	2027	0.001
2028	0.522	2028	0.028	2028	0.001
2029	0.585	2029	0.031	2029	0.002
2030	0.658	2030	0.035	2030	0.002



Gambar 3. Grafik Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Final Pada Sektor Transportasi Bahan Bakar *Gasoil* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Tabel 8.
 Hasil Simulasi Kebutuhan Energi Final Listrik Sektor Transportasi Mobil Penumpang Bahan Bakar
Gasol Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Biodiesel		Dexlite		Pertamina Dex	
Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM
2020	0.050	2020	0.043	2020	0.006
2021	0.059	2021	0.052	2021	0.007
2022	0.071	2022	0.061	2022	0.008
2023	0.084	2023	0.073	2023	0.010
2024	0.101	2024	0.087	2024	0.012
2025	0.120	2025	0.104	2025	0.014
2026	0.143	2026	0.124	2026	0.017
2027	0.170	2027	0.148	2027	0.020
2028	0.203	2028	0.176	2028	0.024
2029	0.242	2029	0.210	2029	0.028
2030	0.289	2030	0.251	2030	0.034



Gambar 4. Grafik Hasil Simulasi Total Kebutuhan Energi Final Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Tabel 9.

Hasil Simulasi Total Kebutuhan Energi Final Pada Sektor Rumah Tangga Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM
2020	1.410	2026	1.443
2021	1.416	2027	1.449
2022	1.421	2028	1.455
2023	1.427	2029	1.460
2024	1.432	2030	1.466
2025	1.438		

Tabel 10.

Hasil Simulasi Total Kebutuhan Energi Final Pada Sektor Transportasi Bahan Bakar *Gasoline* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM
2020	1.211	2026	2.281
2021	1.341	2027	2.549
2022	1.487	2028	2.854
2023	1.652	2029	3.201
2024	1.836	2030	3.599
2025	2.045		

Tabel 11.

Hasil Simulasi Total Kebutuhan Energi Final Pada Sektor Transportasi Bahan Bakar *Gasoil* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM
2020	0.099	2026	0.284
2021	0.118	2027	0.338
2022	0.140	2028	0.403
2023	0.167	2029	0.481
2024	0.200	2030	0.573
2025	0.238		

5.3. Variabel Data *Transformation and Distribution*, dan Hasil Pemodelan *Transformation and Distribution*

Pada parameter transmisi dan distribusi merupakan sebuah parameter yang menjelaskan mengenai proses *electricity generation*, dan *primary energy distribution* untuk di suatu daerah yang dijadikan studi kasus pemodelan proyeksi kebutuhan energi. Pada studi kasus Kota Semarang akan memiliki nilai parameter transmisi dan distribusi yang berbeda apabila dibandingkan dengan daerah kota atau kabupaten lain, hal ini dikarenakan setiap kota akan memiliki jumlah penduduk yang berbeda, intensitas *demand* yang berbeda, dan jenis transformasi dan distribusi yang berbeda.

Kota Semarang memiliki parameter transformasi dan distribusi yang cukup menarik, Kota Semarang memiliki dua jenis pembangkit listrik, dan satu buah *gas plant*. Pembangkit listrik yang

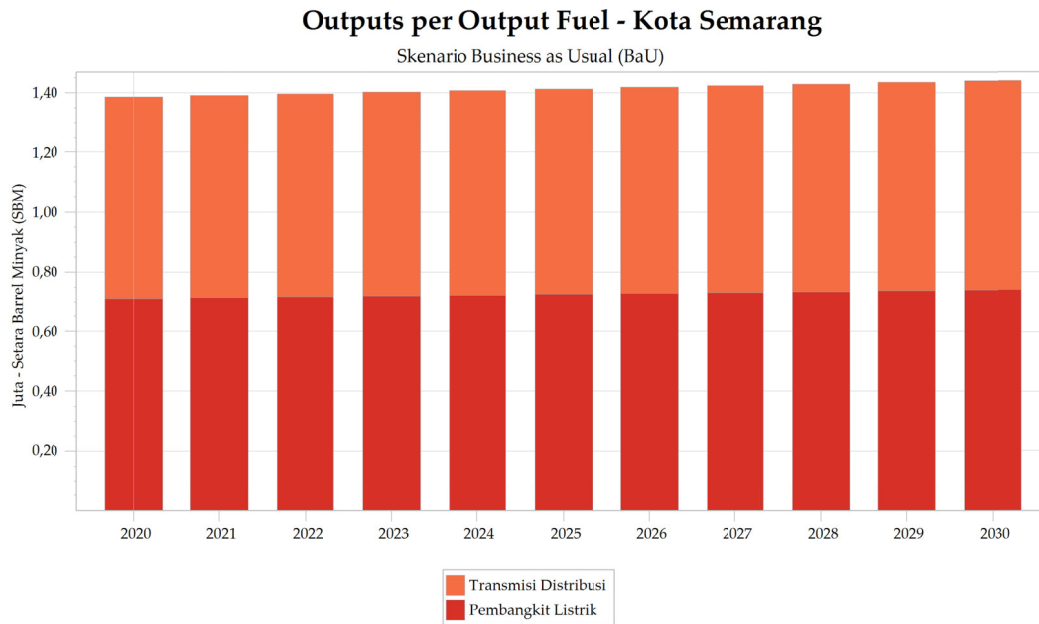
terdapat di Kota Semarang berjumlah dua unit pembangkit listrik yang terdiri dari: Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Tambak Lorok, dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tambak Lorok. PLTGU Tambak Lorok di Kota Semarang memiliki kapasitas listrik sebesar 1034 *Mega Watt*, dan menggunakan *output fuel* berupa *natural gas* memiliki nilai *output fuel* sebesar 18 *billion British thermal unit per day (BBTUD)*. Dalam operasi PLTGU Tambak Lorok setiap harinya memproduksi listrik untuk kebutuhan keseluruhan Kota Semarang dalam pemenuhan listrik dalam sektor rumah tangga, dan industri. Berbeda dengan PLTU Tambak Lorok yang memiliki kapasitas hanya sebesar 300 *Mega Watt*, yang memiliki *output fuel* berupa *marine fuel oil (MFO)*, PLTU Tambak Lorok setiap harinya memproduksi listrik khusus untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga di Kota Semarang. Kemudian parameter terakhir yang terdapat pada transformasi dan distribusi Kota Semarang adalah *Compressed Natural Gas (CNG) Plant* Tambak Lorok, *gas plant* tersebut berfungsi untuk menjadi *primary supply resources* untuk PLTGU Tambak Lorok (Nugroho, Haddin, & Kurniawan, 2018). *CNG Plant* Tambak Lorok memiliki kapasitas harian sebesar 50 *billion British thermal unit per day (BBTUD)* yang digunakan sebagai penunjang PLTGU Tambak Lorok pada fase *peak load* untuk menjaga *electricity generation* agar tetap stabil. Berikut adalah perincian data yang digunakan:

Tabel 12.
Parameter Data Transformasi dan Distribusi Studi Kasus Kota Semarang

Parameter Data Transformasi dan Distribusi	Kapasitas Unit Pada Tahun 2020		
	Kapasitas Produksi	Unit	<i>Output Fuel</i>
PLTGU Tambak Lorok	1034	<i>Mega Watt</i>	<i>Natural Gas</i>
PLTU Tambak Lorok	300	<i>Mega Watt</i>	<i>Marine Fuel Oil</i>
CNG Gas Plant Tambak Lorok	50	<i>Billion British Thermal Unit Per Day</i>	<i>Natural Gas</i>

Selanjutnya setelah data kapasitas telah dimasukkan beserta jenis *output fuel* yang digunakan pada masing-masing parameter yang terdapat pada transformasi dan distribusi, maka selanjutnya perangkat lunak *LEAP* akan melakukan simulasi terintegrasi mengenai parameter transformasi dan distribusi tersebut diubah menjadi sebuah parameter hasil berupa *outputs per output fuel*. Parameter hasil *outputs per output fuel* adalah sebuah parameter yang menjelaskan seberapa kapasitas produksi dari masing-masing pembangkit listrik atau *gas plant* untuk memproduksi suatu *output* yang diperhitungkan dengan *output fuel* yang diperlukan oleh masing-masing pembangkit listrik ataupun *gas plant* dalam konteks *generate energy* dalam per satuan hari. Pada studi kasus Kota Semarang, untuk *CNG Gas Plant* Tambak Lorok tidak dilakukan pemodelan *outputs per output fuel* dikarenakan *gas plant* tersebut hanya bersifat sebagai penyimpan *natural gas* sementara yang berasal dari Pertamina EP Cepu (Lapangan Gundih, Cepu) dan kemudian pada akhirnya *natural gas* tersebut langsung digunakan untuk PLTGU Tambak Lorok untuk memproduksi listrik pada keadaan *peak load* (PT Perta Daya Gas, 2018). Kemudian, Kota Semarang tidak memiliki *gas well* yang berproduksi, sehingga Kota Semarang hanya memanfaatkan *natural gas* yang berasal dari Lapangan Gundih yang berbentuk *compressed gas*. *Compressed gas* adalah suatu gas alam atau *fuel gas* yang memiliki kandungan CH_4 yang kemudian dimampatkan hingga $>1\%$ (Kasem, 2019). Sehingga pada studi kasus Kota Semarang ini

yang dimodelkan hanyalah dua pembangkit saja yang terdiri dari: PLTGU Tambak Lorok, dan PLTU Tambak Lorok. Kemudian hasil pemodelan dari kedua pembangkit tersebut dimodelkan kembali bersama parameter Transmisi Distribusi yang merupakan sebuah nilai listrik yang di distribusikan di Semarang, sehingga dapat mengetahui bagaimana keadaan transformasi dan distribusi listrik beserta pembangkit listrik yang terdapat di Kota Semarang. Berikut adalah hasil simulasi perangkat lunak LEAP dalam memodelkan jumlah *output* yang dihasilkan oleh transmisi distribusi, dan pembangkit listrik berdasarkan dari *output fuel* dari masing-masing parameter tersebut:



Gambar 5. Grafik Hasil Simulasi *Outputs per Output Fuel* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

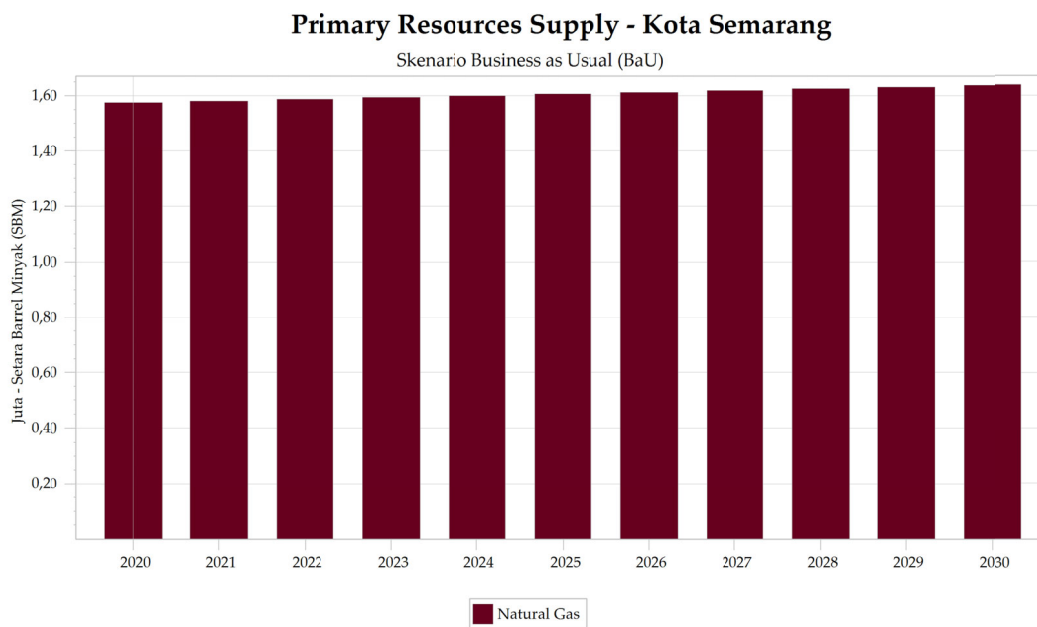
Tabel 13.

Hasil Simulasi *Outputs per Output Fuel* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Transmisi Distribusi		Pembangkit Listrik Gabungan	
Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM
2020	0.675	2020	0.712
2021	0.677	2021	0.714
2022	0.680	2022	0.717
2023	0.683	2023	0.720
2024	0.685	2024	0.723
2025	0.688	2025	0.726
2026	0.691	2026	0.728
2027	0.693	2027	0.731
2028	0.696	2028	0.734
2029	0.699	2029	0.737
2030	0.701	2030	0.740

5.4. Variabel Data *Resources*, dan Hasil Pemodelan Alokasi *Resources* dalam Pemenuhan *Energy Demand Final Unit*

Pada parameter *resources* adalah sebuah parameter yang dibuat secara otomatis oleh kepintaran buatan dari perangkat lunak *LEAP* untuk mengetahui dan memilah beberapa energi yang terdapat di suatu daerah menjadi dua jenis kategori yaitu energi primer, dan energi sekunder. Energi primer adalah sebuah energi yang diberikan langsung oleh alam, dan tidak adanya proses yang berlanjut. Kemudian, untuk energi sekunder adalah sebuah energi yang sudah diproses sedemikian rupa sehingga dapat dinikmati oleh masyarakat. Studi kasus Kota Semarang terdiri atas dua jenis energi yang didapatkan dari hasil pemodelan yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut adalah perincian *energy resources* yang terdapat pada studi kasus Kota Semarang:



Gambar 6. Grafik *Primary Resources Supply* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

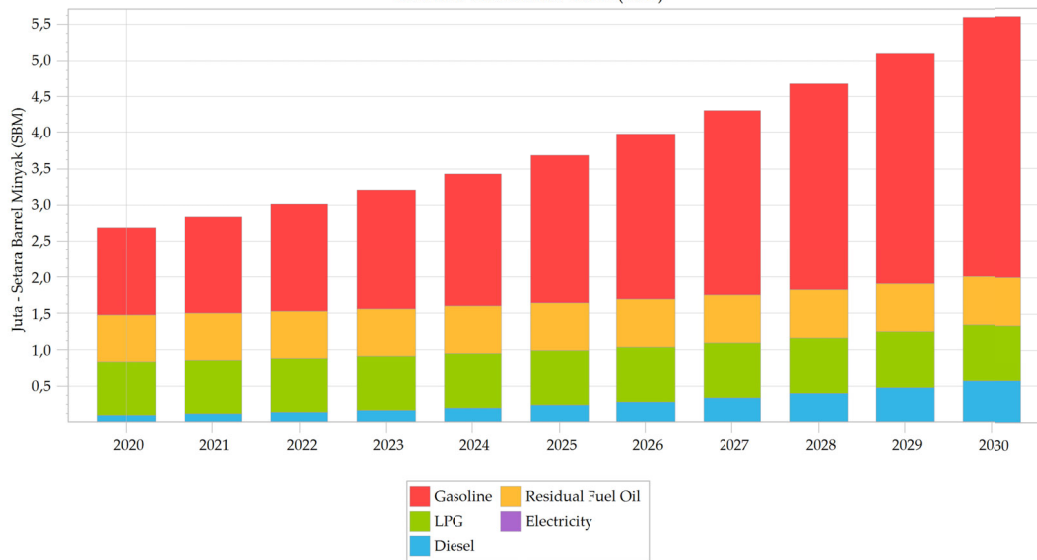
Tabel 14.

Hasil Simulasi *Primary Resources Supply* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

<i>Natural Gas</i>	
Tahun	Juta SBM
2020	1.576
2021	1.582
2022	1.588
2023	1.594
2024	1.601
2025	1.607
2026	1.613
2027	1.619
2028	1.626
2029	1.632
2030	1.638

Secondary Resources Supply - Kota Semarang

Skenario Business as Usual (BaU)



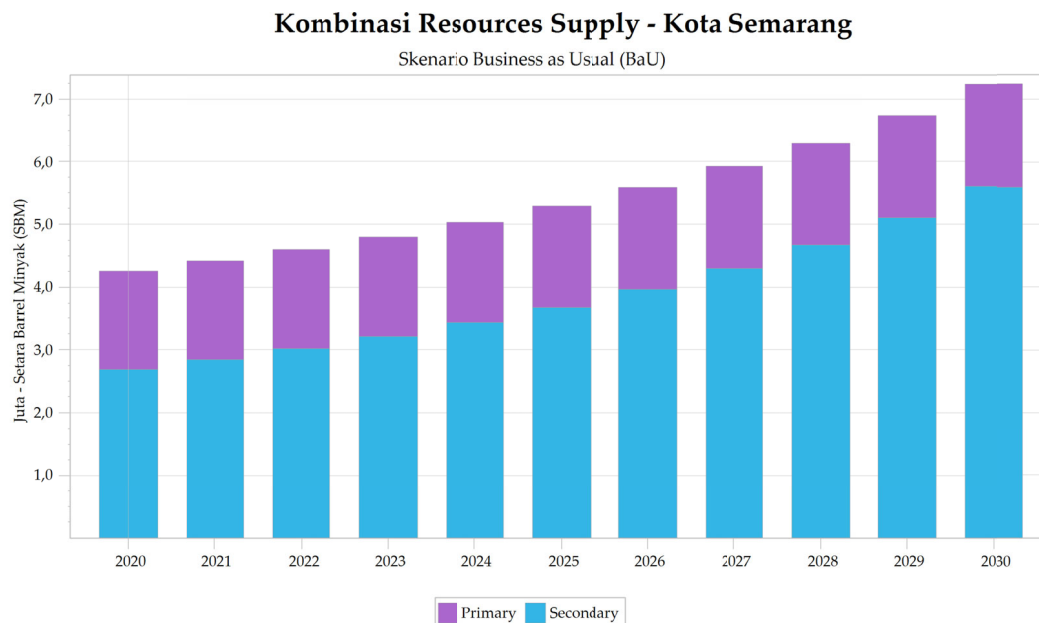
Gambar 7. Grafik *Secondary Resources Supply* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Tabel 15.

Hasil Simulasi *Secondary Resources Supply* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

<i>Gasoline</i>		<i>Diesel / Gasoil</i>		<i>Residual Fuel Oil</i>		<i>LPG</i>		<i>Electricity</i>	
Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM
2020	1.21132	2020	0.09886	2020	0.64009	2020	0.73549	2020	0.00004
2021	1.34149	2021	0.11785	2021	0.64259	2021	0.73836	2021	0.00004
2022	1.48746	2022	0.14049	2022	0.64510	2022	0.74124	2022	0.00004
2023	1.65151	2023	0.16747	2023	0.64762	2023	0.74413	2023	0.00004
2024	1.83629	2024	0.19964	2024	0.65015	2024	0.74704	2024	0.00004
2025	2.04491	2025	0.23800	2025	0.65268	2025	0.74995	2025	0.00004
2026	2.28102	2026	0.28372	2026	0.65523	2026	0.75288	2026	0.00004
2027	2.54893	2027	0.33822	2027	0.65779	2027	0.75582	2027	0.00004
2028	2.85371	2028	0.40319	2028	0.66036	2028	0.75877	2028	0.00004
2029	3.20140	2029	0.48064	2029	0.66293	2029	0.76173	2029	0.00004
2030	3.59912	2030	0.57297	2030	0.66552	2030	0.76471	2030	0.00004

Setelah diperoleh data berupa *primary resources*, *secondary resources*, maka hal yang selanjutnya dilakukan oleh LEAP adalah melakukan pemodelan untuk menentukan keseimbangan *resources* antara *primary resources*, dan *secondary resources* yang pada akhirnya mendapatkan sebuah grafik hasil berupa *Kombinasi Resources Supply* untuk studi kasus Kota Semarang, berikut adalah hasil dari pemodelan LEAP:



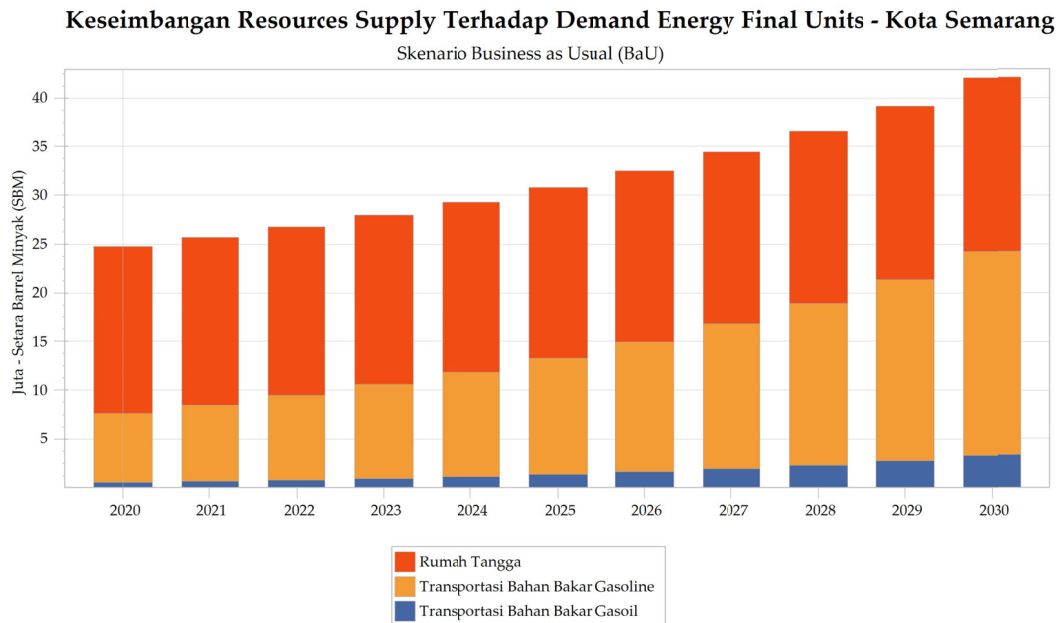
Gambar 8. Grafik *Kombinasi Resources Supply* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Tabel 16.

Hasil Simulasi Kombinasi *Resources Supply* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

<i>Primary Resources</i>		<i>Secondary Resources</i>	
Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM
2020	1.576	2020	2.686
2021	1.582	2021	2.840
2022	1.588	2022	3.014
2023	1.594	2023	3.211
2024	1.601	2024	3.433
2025	1.607	2025	3.686
2026	1.613	2026	3.973
2027	1.619	2027	4.301
2028	1.626	2028	4.676
2029	1.632	2029	5.107
2030	1.638	2030	5.602

Setelah *primary resources*, dan *secondary resources* telah dimodelkan sehingga mendapat hasil akhir berupa Kombinasi *Resources Supply*, maka selanjutnya *LEAP* akan memodelkan data yang paling akhir menjadi sebuah data berupa Keseimbangan *Resources Terhadap Energy Demand Final Units*. Parameter tersebut merupakan sebuah pemodelan kombinasi *resources supply* diberikan nilai kesetimbangannya agar dapat memenuhi parameter *Energy Demand Final Units*, dan serta dapat tetap menjaga kestabilan antara *supply energy*, dan *demand energy* pada tahun yang akan datang. Berikut adalah hasil pemodelan untuk parameter berupa Keseimbangan *Resources Terhadap Energy Demand Final Units* pada studi kasus Kota Semarang:



Gambar 9. Grafik Keseimbangan *Resources Supply* Terhadap *Energy Demand* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Tabel 17.

Hasil Simulasi Keseimbangan *Resources Supply* Terhadap *Energy Demand* Kota Semarang Dalam Rentang Tahun 2020 – Tahun 2030

Rumah Tangga		Transportasi – <i>Gasoline</i>		Transportasi - <i>Gasoil</i>	
Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM	Tahun	Juta SBM
2020	2.951	2020	1.211	2020	0.099
2021	2.963	2021	1.341	2021	0.118
2022	2.975	2022	1.487	2022	0.140
2023	2.986	2023	1.652	2023	0.167
2024	2.998	2024	1.836	2024	0.200
2025	3.010	2025	2.045	2025	0.238
2026	3.021	2026	2.281	2026	0.284
2027	3.033	2027	2.549	2027	0.338
2028	3.045	2028	2.854	2028	0.403
2029	3.057	2029	3.201	2029	0.481
2030	3.069	2030	3.599	2030	0.573

6. Kesimpulan dan Saran

6.1. Kesimpulan

Kota Semarang memiliki kebutuhan energi yang mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, hal ini disebabkan karena adanya pengaruh dari laju pertumbuhan penduduk yang memberikan efek terbesar. Berdasarkan hasil simulasi proyeksi kebutuhan energi di Kota Semarang, seluruh parameter

kenaikan didominasi oleh pengaruh dari laju pertumbuhan penduduk. Laju pertumbuhan penduduk di Kota Semarang dari dua dekade terakhir hingga saat ini selalu mengalami surplus penduduk, dan di Kota Semarang tidak pernah terjadi angka mortalitas melebihi angka natalitas, sehingga angka pertumbuhan penduduk akan selalu meningkat. Hal mendasar mengapa laju pertumbuhan penduduk dapat mempengaruhi seluruh aspek simulasi dari proyeksi kebutuhan energi karena peningkatan penduduk berarti adanya jiwa baru yang bertambah, kemudian pada akhirnya jiwa yang bertambah tersebut juga harus dipenuhi kebutuhan primernya yang salah satunya adalah kebutuhan energi. Sehingga, pada akhirnya dengan hasil simulasi proyeksi kebutuhan energi di Kota Semarang memiliki peningkatan yang drastis, yang semula pada keadaan *base-year* Tahun 2020 jumlah penduduk hanya berkisar di 1,653,000 jiwa, kemudian pada *last-year simulation* Tahun 2030 diperkirakan bahwa jumlah penduduk di Kota Semarang mencapai 1,676,288 jiwa (dengan catatan asumsi laju pertumbuhan penduduk yang cukup rendah pada Tahun 2020, dan Tahun 2021). Pada akhirnya kenaikan jumlah jiwa atau penduduk di Kota Semarang dapat memicu adanya kebutuhan energi yang berkesinambungan, hal ini berkorelasi dengan bertambahnya jumlah penduduk bahwa pada hasil pemodelan dengan *LEAP* diperoleh pada *base-year* Tahun 2020 *energy demand final units* berjumlah sekitar 4.261 juta setara barel minyak (SBM), dan pada *last-year simulation* Tahun 2030 diperoleh *energy demand final units* berjumlah sekitar 7.241 juta setara barel minyak (SBM).

Dalam rangka pemenuhan kebutuhan energi di Kota Semarang yang merata adalah karena hasil dukungan dari parameter yang bekerja dalam pemenuhan kebutuhan energi, adapun parameter yang membantu mendukung pemenuhan kebutuhan energi di Kota Semarang adalah: Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Tambak Lorok, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tambak Lorok, dan *Compressed Natural Gas Plant* Tambak Lorok. Ketiga parameter tersebut adalah daya penggerak utama dalam rangka pemerataan transformasi dan distribusi energi di Kota Semarang. Selain transformasi dan distribusi, sumber daya alam juga memberikan dukungan penuh dalam pemenuhan transformasi dan distribusi serta pemenuhan konsumsi energi pada sektor rumah tangga, pada studi kasus *energy resources* di Kota Semarang terbagi atas dua jenis *resources* yaitu: *primary resources* dan *secondary resources*. *Primary resources* di Kota Semarang bersumber dari *natural gas* yang disalurkan oleh *CNG Gas Plant* Tambak Lorok untuk memberikan *output fuel* untuk PLTGU Tambak Lorok, yang mana PLTGU Tambak Lorok adalah salah satu pembangkit utama Kota Semarang dalam rangka *electricity generation* pada keadaan *peak load*. Kemudian, adapun *secondary resources* yang terdapat pada studi kasus ini adalah: *gasoline*, *residual fuel oil (marine fuel oil)*, *liquefied petroleum gas*, *electricity*, dan yang terakhir adalah *diesel*. Kemudian dengan hasil akhir berupa "*demand energy final units*" yang telah disimulasikan berdasarkan empat *driver parameter* yang terdiri dari: *key-assumption*, *energy demand*, *transformation and distribution*, dan *resources*, maka dapat disimpulkan dan dapat dibuktikan bahwa semakin meningkatnya jumlah penduduk di suatu daerah, maka kebutuhan energi dari daerah tersebut juga mengalami peningkatan yang linear dengan bertambahnya jumlah penduduk.

Hadirnya penelitian terkait pemodelan proyeksi kebutuhan energi di Kota Semarang adalah salah satu langkah dalam membuat suatu kebijakan dan peraturan yang sesuai serta berkaitan dengan pengelolaan, dan pengembangan energi di Kota Semarang. Proyeksi pemodelan kebutuhan energi di Kota Semarang dilakukan karena untuk menciptakan terjadinya *energy balance*, sehingga fenomena *oversupply energy* ataupun fenomena berupa *shortage energy supply* yang mungkin dapat terjadi di Kota

Semarang dapat terhindarkan, pasalnya saat ini energi adalah salah satu kebutuhan primer bagi umat manusia, khususnya pada studi kasus Kota Semarang.

6.2. Saran

Dalam suatu proyeksi kebutuhan energi di suatu daerah akan berbeda dengan daerah yang lainnya, hal ini disebabkan oleh adanya beberapa parameter pembeda dari satu daerah dan daerah yang lainnya, selain itu hasil dari proyeksi kebutuhan energi akan bersifat dinamis mengikuti keadaan dari daerah, dan tahun pemodelan. Sehingga, suatu penelitian proyeksi kebutuhan energi di suatu daerah dianjurkan untuk dilakukan pemodelan setiap tahunnya berdasarkan data riil yang telah dihimpun oleh Badan Pusat Statistik (BPS), karena dengan adanya data terkini yang diperoleh dari BPS maka suatu model proyeksi energi akan bertambah lebih keakuratannya. Selain itu, fungsi dan tujuan dari pemodelan proyeksi kebutuhan energi adalah untuk memberikan suatu data pendukung dalam menunjang penentuan dan pelaksanaan suatu aturan dan kebijakan yang berkaitan dengan pengembangan, dan pengelolaan energi di suatu daerah tertentu.

Kemudian dalam proses pelaksanaan pemodelan proyeksi kebutuhan energi di suatu daerah juga akan menghasilkan data yang berbeda dikarenakan bisa saja menggunakan teori referensi yang berbeda, ataupun asumsi-asumsi yang digunakan untuk melakukan proses pemodelan proyeksi kebutuhan energi dari suatu daerah tersebut. Sehingga, disarankan untuk selalu berkoordinasi dengan beberapa lembaga, instansi, ataupun pakar di bidang energi serta bidang statistik di suatu daerah tersebut agar dapat melakukan pemodelan proyeksi kebutuhan energi yang sesuai, dan memiliki nilai deviasi yang tergolong rendah, sehingga pada akhirnya pemerintah ataupun instansi yang memiliki wewenang dalam mengatur pengelolaan dan pengembangan suatu energi dapat berperan aktif untuk menjaga kestabilan *supply* dan *demand* sebuah energi dari daerah tersebut.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. (2021). *Kota Semarang Dalam Angka 2021*. Kota Semarang, Indonesia: Badan Pusat Statistik Kota Semarang.
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. (2022). *Kota Semarang Dalam Angka 2022*. Kota Semarang, Indonesia: Badan Pusat Statistik Kota Semarang.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. (2021). *Provinsi Jawa Tengah Dalam Angka 2021*. Kota Semarang, Indonesia: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. (2022). *Provinsi Jawa Tengah Dalam Angka 2022*. Kota Semarang, Indonesia: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah.
- Cleveland, C. J. (2004). *Encyclopedia of Energy*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Inc.
- Coburn, T. C., & Farhar, B. C. (2004). Public Reaction to Renewable Energy Sources and Systems. *Encyclopedia of Energy*, 207-222.
- Djohar, A., & Musaruddin, M. (2017). Analisis Kebutuhan dan Penyediaan Energi Listrik di Kabupaten Konawe Kepulauan Tahun 2017-2036 dengan Menggunakan Perangkat Lunak Leap. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro (FORTEI 2017)* (pp. 293-298). Kota Gorontalo, Indonesia: Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo.
- Dwiyoko, G., Sukisno, T., & Damarwan, E. S. (2020). PROYEKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK KABUPATEN PURBALINGGA TAHUN 2030 MENGGUNAKAN. *Jurnal Edukasi Elektro, Vol. 4, No. 1*, 29-40.

- Heaps, C. G. (2022). *LEAP: The Low Emissions Analysis Platform* Stockholm Environment Institute. Retrieved from LEAP: The Low Emissions Analysis Platform [Software version: 2020.1.84]: <https://leap.sei.org>
- Institute for Essential Service Reform (IESR). (2022). *Indonesia Energy Transition Outlook 2022*. South Jakarta, Indonesia: Institute for Essential Service Reform (IESR).
- International Institute for Sustainable Development. (2022). *Indonesia's Energy Policy Briefing*. Central Jakarta, Indonesia: International Institute for Sustainable Development.
- Kasem, Y. (2019). *Basics of Gas Field Processing: Operation of Natural Gas Dehydration and Sweetening Plants*. New Delhi, India: Independently Published.
- Kidnay, A. J. (2019). *Fundamentals of Natural Gas Processing, Third Edition*. Boca Raton, Florida, United States: CRC Press.
- Maslow, A. H. (2019). *A Theory of Human Motivation*. Pennsylvania, United States: General Press.
- Masus, Y. A., Tarigan, B. V., & Bale, J. S. (2019). Analisis Kebutuhan Energi di Universitas Nusa Cendana Tahun 2018-2050 Menggunakan Perangkat Lunak Long-range Energy Alternative Planning system (LEAP). *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana, Vol. 06, No. 01*, 1-12.
- Nugroho, A. A., Haddin, M., & Kurniawan, M. R. (2018). OPTIMALISASI REKONFIGURASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS DAN UAP TAMBAK LOROK SEMARANG. *Seminar Nasional Edusainstek - FMIPA UNIMUS 2018* (pp. 280-288). Kota Semarang, Indonesia: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam - Universitas Muhammadiyah Semarang.
- PT Perta Daya Gas. (2018). *Profil CNG Plant Tambak Lorok*. Retrieved from PT Perta Daya Gas Official Website: <https://pertadayagas.co.id/cng-plant-tambak-lorok-semarang/>
- Qolbi, A., & Utomo, A. (2020). Forecasting Indonesia's electricity generation: an application of long-range energy alternatives planning. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1-7.
- Riazi, M. R. (2013). *Petroleum Refining and Natural Gas Processing*. West Conshohocken, Pennsylvania, United States: ASTM International.
- Winarno, O. T. (2005). *Long-range Energy Alternative Planning System: Panduan Perencanaan Energi*. Kota Bandung, Indonesia: Pusat Kajian Kebijakan Energi - Institut Teknologi Bandung.
- Windarta, J., Purwangono, B., & Hidayanto, F. (2018). Application of LEAP model on long-term electricity demand forecasting in Indonesia, period 2010-2025. *SHS Web of Conferences*, 49, 1-8.
- Yudiartono, Windarta, J., & Adiarso. (2022). Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Nasional Jangka Panjang Untuk Mendukung Program Peta Jalan Transisi Energi Menuju Karbon Netral. *JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, 201-217.

Filename: 16900-69517-1-CE.docx
Directory: C:\Users\FSM 02\Downloads
Template: C:\Users\FSM
02\AppData\Roaming\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Title:
Subject:
Author: PC-ME
Keywords:
Comments:
Creation Date: 12/25/2022 2:50:00 AM
Change Number: 50
Last Saved On: 9/5/2023 9:41:00 PM
Last Saved By: FSM 02
Total Editing Time: 336 Minutes
Last Printed On: 9/5/2023 10:05:00 PM
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 27
Number of Words: 9,111 (approx.)
Number of Characters: 51,934 (approx.)