

Kajian Perencanaan Energi Listrik di Wilayah Kabupaten Sorong Menggunakan Perangkat Lunak LEAP

E.H Tampubolon, H. Tumaliang, M. S Rumbayan
Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115, Email :
erictampubolon@engineer.com

Abstract

Act No. 30 Year 2009 on Electricity in Chapter VI mandate that local governments must develop the General Plan of Regional Electricity. This study aims to predict the level of consumption (demand) of electricity in 2013 to 2020 per sector tariffs for Sorong regency. Additionally it also calculated the amount of electrical energy customers Sorong regency and elasticity. The data needed include PLN data about the number of customers and consumption of energy in each sector 2007-2012 period, Gross Domestic Product data (GDP) of Sorong regency, as well as some other data that support.

Processing of the data to predict the level of consumption of electrical energy using software LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System). Demand is calculated based on the amount of activity and the amount of electrical energy consumption of electrical energy consumption per activity (energy intensity). In 2013 as the base year calculation. The results obtained from the electrical energy demand forecast in 2012-2030 showed a positive number that is increased from 2.5 MW to 38.1 MW. The rate of growth - average is 17,4% annually.

This research expected to provide input for the local Government of Sorong District in the energy policy in particular and regional development planning in general.

Keyword :

electricity, energy elasticity, energy intensity, LEAP

Abstrak

Undang – undang No. 30 Tahun 2009 tentang ketenagalistrikan dalam Bab VI pasal 7 mengamanatkan bahwa Pemerintah Daerah wajib menyusun Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksikan besarnya tingkat konsumsi (permintaan) energi listrik tahun 2013 hingga 2020 per sektor tarif untuk Kabupaten Sorong. Selain itu dihitung pula jumlah pelanggan energi listrik Kabupaten Sorong dan elastisitas. Data – data yang diperlukan antara lain data PLN tentang jumlah pelanggan dan konsumsi energinya di masing – masing sektor periode 2007-2012, data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kabupaten Sorong, serta beberapa data lainnya yang mendukung.

Pengolahan data untuk memprediksi tingkat konsumsi energi listrik menggunakan perangkat lunak LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System). Permintaan dihitung berdasarkan besarnya aktivitas pemakaian energi listrik dan besarnya pemakaian energi listrik per aktivitas (intensitas energi). Tahun 2013 sebagai tahun dasar perhitungan. Hasil yang diperoleh dari prediksi permintaan energi listrik pada tahun 2013-2030 menunjukkan angka yang positif yaitu meningkat dari 2,5 MW menjadi 38,1 MW. Pertumbuhan rata – rata setiap tahunnya adalah 15,9 %.

Dari penelitian ini dihasilkan gambaran dan masukan bagi Pemerintah Kabupaten Sorong dalam pengambilan kebijakan bidang energi pada khususnya dan perencanaan pembangunan kewilayahan pada umumnya..

Kata kunci :

energi listrik, elastisitas energi, intensitas energi, LEAP

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi yang tinggi umumnya di dukung oleh pergeseran struktur ekonomi dari sektor pertanian ke sektor industri dan jasa. Oleh karena itu, pemerintah di beberapa negara berusaha mendorong agar sektor industri dan jasa berkembang dengan baik. Faktor utama yang menunjang pertumbuhan sektor industri dan jasa tersebut adalah ketersediaan energi yang cukup dari waktu ke waktu. Ini berarti peran energi sangat penting dalam mendukung proses industrialisasi.

Kecukupan pasokan tenaga listrik diukur dengan melihat kemampuan pasokan daya listrik pada saat beban puncak. Hal ini mengingat sifat tenaga listrik yang tidak dapat disimpan, sehingga kebutuhan suatu saat harus dipasok saat itu juga. Disamping itu, kebutuhan tenaga listrik bersifat acak dan dinamis sehingga diperlukan strategi perkiraan pertumbuhan beban dan penyediaan daya yang terdistribusi sesuai dengan dinamika kebutuhan beban.

Dari sisi pasokan, hal-hal yang mempengaruhi besarnya pasokan ini antara lain pemeliharaan, variasi musim, perbaikan instalasi, keandalan transmisi dan distribusi. Pemeliharaan pembangkit harus diatur sedemikian rupa sehingga cadangan daya dapat merata sepanjang waktu.

Disamping dari sisi pasokan, kecukupan pasokan daya juga sangat ditentukan oleh pertumbuhan beban yang terus-menerus naik setiap tahunnya. Perusahaan listrik harus mengantisipasi pemenuhan pertumbuhan beban antara lain dengan cara melakukan investasi pembangkit baru.

Dalam sistem kelistrikan prediksi atau ramalan sangat dibutuhkan untuk memperkirakan dengan tepat seberapa besar daya listrik yang dibutuhkan untuk melayani beban dan kebutuhan energi dalam distribusi energi listrik. karena selain faktor teknis, faktor ekonomi juga merupakan faktor terpenting yang perlu diperhitungkan.

II. LANDASAN TEORI

A. Perencanaan

Dalam kehidupan ada berbagai alternatif atau pilihan. Perencanaan dibuat untuk membantu memilih alternatif yang paling baik dan paling efisien. Jadi perencanaan merupakan kumpulan dari pengambilan keputusan. Perencanaan ketenagalistrikan merupakan suatu proses multidisiplin yang komprehensif dan berpedoman pada doktrin – doktrin perencanaan tertentu.

Rencana kebijakan bidang ketenagalistrikan dituangkan dalam Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) dan Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah (RUKD). Dalam melakukan penyusunan RUKD harus mempertimbangkan RUKN dan disusun sesuai pedoman yang dikeluarkan oleh Pemerintah.

Asas Perencanaan Ketenagalistrikan

Perencanaan ketenagalistrikan berpedoman pada asas biaya terendah (*least cost*), perencanaan ketenagalistrikan konvensional hanya mencakup perencanaan sisi penyediaan energi listrik (*supply side*), namun dalam perencanaan yang lebih maju, juga mencakup sisi pemakaian energi listrik dan berlangsung secara terintegrasi.

Proses Perencanaan Sistem Ketenagalistrikan

Proses perencanaan sistem ketenagalistrikan terbagi atas beberapa tahap sebagai berikut :

Perencanaan pemenuhan kebutuhan energi listrik diawali dengan peramalan kebutuhan atau ramalan beban tenaga listrik untuk 15 (lima belas) tahun ke depan di setiap sektor pemakai energi listrik, yaitu sektor industri, komersial, rumah tangga, publik dan sosial.

Selanjutnya perencanaan pengembangan pembangkit (*generation expansion planning*) direncanakan berdasarkan asas optimasi atau biaya terendah dengan memperhatikan ketersediaan sumber energi primer setempat, sifat ragam beban, beban puncak, teknologi/jenis pembangkit, dan faktor eksternalitas lain yang perlu diperhatikan, seperti dampak lingkungan hidup.

Tingkat cadangan atau tingkat keandalan merupakan salah satu kriteria perencanaan dan merupakan kebijakan setempat yang akan berdampak pada biaya penyediaan energi listrik dan tingkat tarif.

Ketersediaan sumber energi primer, termasuk energi baru/terbarukan, menentukan pilihan teknologi dan jenis pembangkit yang mungkin dikembangkan, dengan maksud agar energi primer dapat dimanfaatkan secara optimal sesuai nilai keekonomiannya, efisien, tidak menimbulkan dampak lingkungan yang merugikan, dan pembangkit dapat beroperasi secara berkelanjutan dalam kurun waktu perencanaan.

Pemanfaatan sumber energi setempat dan prioritas pemilihan aneka ragam energi yang tersedia dengan urutan prioritas sebagai berikut : energi terbarukan, bahan bakar gas, batubara, dan bahan bakar minyak.

Perencanaan di sisi penyediaan energi listrik hendaknya diintegrasikan pula dengan perencanaan pemanfaatan energi di sisi pemakaian energi listrik.

Perencanaan pengembangan sistem transmisi dan distribusi hendaknya dilakukan selaras dengan keseimbangan antara kebutuhan dan kapasitas, berdasar pada kriteria perencanaan yang digunakan.

Setelah dibuat peramalan kebutuhan energi listrik suatu sistem tertentu, di susun peramalan beban gardu induk yang memberi informasi pertumbuhan beban sesuai lokasi geografis gardu induk, dapat berupa penambahan kapasitas trafo atau pembuatan gardu induk baru, berikut kebutuhan fasilitas jaringan transmisi dan distribusinya.

Tujuan Perencanaan Ketenagalistrikan

Perencanaan merupakan awal dari pengembangan sistem tenaga listrik, jadi sangat diharapkan dari perencanaan ini dapat memenuhi beberapa hal dibawah ini.

Kebutuhan kapasitas dan tenaga listrik setiap tahun dengan tingkat keandalan yang diinginkan.

Tercapainya bauran bahan bakar yang lebih baik, dicerminkan oleh pengurangan penggunaan bahan bakar minyak hingga kontribusi produksi pembangkit berbahan bakar minyak menjadi lebih kecil

Mengatasi krisis kelistrikan yang terjadi di beberapa daerah.

Tercapainya angka rugi jaringan transmisi dan distribusi lebih kecil dari 10 persen.

Tercapainya tara kalor yang membaik sehingga dapat dicapai biaya pokok produksi (BPP) yang lebih baik dan rasional.

Tercapainya kualitas listrik yang semakin baik.

B. Faktor – faktor yang Mempengaruhi Tingkat Kebutuhan Energi Listrik

Penggunaan tenaga listrik diperkirakan akan selalu meningkat setiap tahunnya. Hal ini dikarenakan oleh semakin berkembangnya kebutuhan masyarakat yang harus dipenuhi. Banyak faktor yang berpengaruh terhadap tingkat kebutuhan energi listrik, seperti faktor ekonomi, kependudukan, kewilayahan, dan lain – lain. Menurut tingkat kebutuhan energi listrik dipengaruhi oleh faktor –faktor berikut ini :

Faktor ekonomi yang mempengaruhi tingkat kebutuhan energi listrik adalah pertumbuhan PDRB (Produk Domestik Regional Bruto). Secara umum, PDRB dapat dibagi menjadi 3 sektor, yaitu PDRB sektor komersial (bisnis), sektor industri dan sektor publik. Kegiatan ekonomi yang dikategorikan sebagai sektor komersial atau bisnis adalah sektor listrik, gas dan air bersih, bangunan dan konstruksi, perdagangan, serta transportasi dan komunikasi. Kegiatan ekonomi yang termasuk sektor publik adalah jasa dan perbankan, termasuk lembaga keuangan selain perbankan. Sektor industri sendiri adalah mencakup kegiatan industri migas dan manufaktur.

Faktor Pertumbuhan penduduk memiliki pengaruh besar terhadap kebutuhan energi listrik selain faktor ekonomi. Penduduk akan naik setiap tahunnya sampai pada suatu saat akan berada pada kondisi yang stabil.

Faktor perencanaan pembangunan daerah berjalannya pembangunan daerah akan sangat dipengaruhi oleh tingkat perekonomian daerah itu sendiri. Dalam hal ini baik langsung maupun tidak langsung. Faktor ekonomi sangat berpengaruh terhadap kebutuhan energi listrik seiring dengan berjalannya pembangunan. Pemerintah Daerah sebagai pelaksana pemerintahan di tingkat daerah akan mengambil peran penting dalam perencanaan pengembangan wilayah. Hal itu berbentuk kebijakan yang tertuang dalam berbagai produk peraturan daerah. Termasuk di dalamnya adalah perencanaan tentang tata guna lahan, pengembangan industri, kewilayahan, pemukiman dan faktor geografis.

C. Kebutuhan Beban (Load Demand)

Kebutuhan beban dari suatu daerah tergantung dari kondisi daerah, penduduk dan standart kehidupannya, rencana pengembangannya sekarang dan masa akan datang, harga daya dan sebagainya. Seorang konsumen boleh meminta pelayanan pada jumlah, waktu dan tempat sesuai kebutuhannya dan perusahaan listrik diharapkan memenuhinya. Konsumen berharap untuk menerima pelayanan terus menerus dengan tegangan yang teratur sesuai yang seharusnya.

Permintaan konsumen bahwa daya harus dicatu pada sembarang waktu membuat perusahaan listrik harus menyediakan fasilitas untuk kebutuhan maksimumnya, mungkin diperlukan cadangan energi listrik. Konsumen tidak boleh dibiarkan menunggu. Dia harus langsung dicatu dengan pelayanan penuh saat dia membutuhkan. Karena kebutuhan konsumen bersamaan waktu, mengakibatkan terjadinya "puncak" dan "lembah" pada kurva beban. Ada saat – saat peralatan mempunyai beban penuh, sedang pada saat – saat lain peralatan tersebut tidak dipakai. (pabla, 1994).

Tipe Beban

Secara umum pembagian beban (tipe – tipe beban) dibagi : domestik, komersial, dan industri. Pembagian daerah beban ini didasarkan atas sifat serta karakteristik beban dari masing – masing daerah beban tersebut diatas, dimana keadaan beban satu dengan lainnya sangat berbeda sifat dan karakteristiknya.

Beban Domestik (Domestic Load)

Terdistribusi pada daerah perumahan. Peralatan listriknya terdiri dari lampu, penerangan, kipas angin, setrika, alat – alat rumah tangga misalnya pemanas, lemari es, alat pendingin udara (Air Conditioner), alat pengaduk, alat pemanggan, kompor listrik dan motor – motor kecil untuk pompa, dan alat – alat kecil untuk rumah tangga yang lain.

Beban Komersial (Commercial Load)

Terdistribusi pada daerah perdagangan yang terletak pada pusat kota. Peralatan listriknya terdiri dari penerangan untuk kota-kota dan reklame dan sebagainya, kipas angin, AC (Air Conditioner), pemanas dan alat – alat listrik lainnya yang dipakai pada bangunan perdagangan toko – toko, restaurant, pasar-pasar dan sebagainya.

Beban Industri (Industrial Load)

Terdistribusi pada daerah industri atau pabrik yang terletak dipinggiran kota. Peralatan seperti motor – motor listrik sebagai alat penggerak, generator listrik sebagai cadangan daya listrik jika suplai dari jala – jala mengalami gangguan.

Sifat Beban

Adalah perlu mengetahui sifat umum dari beban yang karakteristiknya ditentukan oleh faktor – faktor dibawah ini, antara lain :

Faktor kebutuhan (Demand Factor)

Berubah-ubahnya beban sesaat dari suatu sistem telah dikenal oleh semua sarjana listrik arus kuat. Kapasitas sebuah peralatan listrik pada dasarnya tergantung pada suhu kerja terakhirnya; jadi sebuah transformator dengan kapasitas jauh kurang dari 1000 kVA dapat menangani puncak sebesar ini yang dibebankan selama periode beberapa detik atau bahkan beberapa menit. Kapasitas stasiun daya, bagaimanapun tergantung juga pada batas mesin penggeraknya dan karenanya mempunyai kapasitas beban lebih yang terbatas.

Faktor Beban (Load Factor)

Faktor beban secara umum didefinisikan menurut rumus :

$$fb = \frac{kwh}{8760 \times Np} \quad (1)$$

Dimana :

fb : faktor beban tersebut

kWh : energi yang terpakai oleh konsumen dalam satu tahun

8760 : 365 x 24 (jumlah jam yang ada dalam satu tahun)

Np : Beban Puncak

Faktor keanekaragaman (Diversity Factor)

Ini merupakan perbandingan antara jumlah daya maksimum yang dibutuhkan konsumen atau sub-bagian dari sembarang sistem atau sebagian dari sistem terhadap kebutuhan maksimum keseluruhan atau bagian dari sistem yang dimaksud.

D. Peramalan Beban Listrik

Kebutuhan tenaga listrik suatu daerah tergantung dari letak daerah, jumlah penduduk, standar kehidupan, rencana pembangunan atau pengembangan daerah di masa yang akan datang. Peramalan kebutuhan tenaga listrik yang kurang tepat (lebih rendah dari permintaan) dapat menyebabkan kapasitas pembangkitan tidak mencukupi untuk melayani konsumen yang dapat merugikan perekonomian Negara, dan sebaliknya, bila peramalan terlalu besar dari permintaan maka akan mengalami kelebihan pembangkitan yang merupakan pemborosan.

Elastisitas dan Faktor Pelanggan

Elastisitas adalah sebuah ukuran berapa banyak pembeli atau penjual berespon terhadap perubahan – perubahan kondisi pasar. Elastisitas permintaan merupakan ukuran derajat kepekaan permintaan suatu barang terhadap perubahan faktor –faktor yang mempengaruhinya. Elastisitas permintaan tenaga listrik yaitu perbandingan pertumbuhan penjualan energi listrik (kWh) dengan pertumbuhan ekonomi (PDRB).

$$Elastisitas = \frac{\text{Pertumbuhan penjualan energi listrik (kwh)}}{\text{Pertumbuhan ekonomi (PDRB)}} \quad (2)$$

Faktor pelanggan yaitu perbandingan antara jumlah pelanggan dengan pertumbuhan ekonomi (PDRB).

$$CF = \frac{\text{Jumlah pelanggan}}{\text{Pertumbuhan ekonomi (PDRB)}} \quad (3)$$

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

Pengertian Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) pada dasarnya merupakan jumlah nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh unit usaha dalam suatu daerah tertentu, atau merupakan jumlah nilai barang dan jasa akhir yang dihasilkan oleh seluruh unit ekonomi PDRB atas dasar harga berlaku menggambarkan nilai tambah barang dan jasa yang dihitung menggunakan harga yang berlaku pada setiap tahun, sedang PDRB atas dasar harga konstan menunjukkan nilai tambah barang dan jasa tersebut yang dihitung menggunakan harga yang berlaku pada satu tahun tertentu sebagai dasar.

E. Metode Perkiraan Perencanaan Energi

Untuk melakukan perencanaan dalam bidang apapun, tentu harus ada metode yang digunakan. Ada berbagai model pendekatan untuk menyusun prakiraan kebutuhan tenaga listrik yang tersedia antara lain pendekatan *ekonometrik*, pendekatan *proses*, pendekatan *time series*, pendekatan *end-use*, pendekatan *trend* maupun gabungan dari berbagai model pendekatan perencanaan. Dari beberapa metode tersebut, yang sering digunakan sebagai pendekatan untuk proyeksi kebutuhan energi listrik adalah metode tersebut adalah pada jenis data yang dimasukkan (data input). Pada model ekonometri, data yang digunakan sebagai data masukan seperti pendapatan daerah, kepadatan per kapita dan data lain yang bersifat ekonomi, kemudian dihubungkan dengan kebutuhan energi.

Pendekatan Ekonometri

Komponen utama dari analisis dengan model ekonometri adalah pada data masukan atau variabel yang bersifat ekonomi yang kemudian dihubungkan dengan tingkat kebutuhan energi listrik. Kelebihan dari model ini adalah tidak terlalu banyaknya data yang harus digunakan sebagai variabel input. Biasanya proyeksi kebutuhan energi listrik dengan pendekatan model ini tidak memperhitungkan secara detail teknologi yang digunakan dalam ketenagaistrikan.

Model pendekatan ekonometri dirumuskan sebagai berikut :

$$E = aY^\alpha P^\beta$$

Dimana :

- E = Kebutuhan energi
- Y = Pendapatan
- P = Harga energi
- a = Koefisien

α = Elastisitas pendapatan dari permintaan energi

β = Elastisitas harga dari permintaan energi

Pendekatan End – Use

Model pendekatan end-use juga dikenal sebagai pendekatan engineering model. Pendekatan ini akan lebih detail walaupun secara perhitungan menggunakan fungsi yang lebih sederhana. Pertimbangan teknologi yang digunakan dalam proses aliran energi juga menjadi variabel perhitungan. Pendekatan ini sangat cocok untuk keperluan proyeksi efisiensi energi karena dimungkinkan untuk secara eksplisit mempertimbangkan perubahan teknologi dan tingkat pelayanan.

Permintaan energi dari masing – masing kegiatan merupakan produk dari dua faktor, yaitu tingkat aktifitas (layanan energi) dan intensitas energi (penggunaan energi per unit layanan energi). Selain itu, permintaan total maupun permintaan energi sektoral dipengaruhi oleh rincian kegiatan yang berbeda yang membentuk komposisi, atau struktur permintaan energy.

Secara matematik model pendekatan *end – use* dirumuskan sebagai berikut :

Jumlah Pelanggan / Number of Customer (NC_(t))

$$NC_{R(t)} = \left(\left(\frac{RE_{(t)}}{100} \right) \left(\frac{JP_{(t)}}{(P/Hh)_{(t)}} \right) \times 1000 \right) \quad (4)$$

Dimana :

- NC_{R(t)} = Jumlah pelanggan rumah tangga tahun t [jiwa]
- (t) = Tahun
- RE_(t) = Rasio elektrifikasi tahun t
- JP_(t) = Jumlah penduduk tahun t
- (P/Hh)_(t) = Jumlah orang per rumah tangga tahun t

$$NC_{B(t)} = \left(1 + \frac{(CF_{B(t)} \times GD_{B(t)})}{100} \right) NC_{B(t-1)} \quad (5)$$

Dimana :

- NC_{B(t)} = Jumlah pelanggan bisnis t [jiwa]
- CF_{B(t)} = Faktor kapasitas pelanggan sektor bisnins tahun t
- GD_{B(t)} = Pertumbuhan pelanggan sektor bisnis tahun t [%]

$$NC_{P(t)} = \left(1 + \frac{(CF_{P(t)} \times GD_{P(t)})}{100} \right) NC_{P(t-1)} \quad (6)$$

Dimana :

- NC_{P(t)} = Jumlah pelanggan publik t [jiwa]
- CF_{P(t)} = Faktor kapasitas pelanggan sektor publik tahun t

$GD_{P(t)}$ = Pertumbuhan pelanggan sektor publik tahun t [%]

$$\text{If } GD_{I(t)} < 0, NC_{I(t)} = \left(1 + \frac{(CF_{I(t)} \times 0)}{100} \right) NC_{I(t-1)} \quad (7)$$

$$GD_{I(t)} > 0, NC_{I(t)} = \left(1 + \frac{(CF_{I(t)} \times GD_{I(t)})}{100} \right) NC_{I(t-1)} \quad (8)$$

Dimana :

$NC_{I(t)}$ = Jumlah pelanggan industri t [jiwa]

$CF_{I(t)}$ = Faktor kapasitas pelanggan sektor industri tahun t

$GD_{I(t)}$ = Pertumbuhan pelanggan sektor industri tahun t [%]

Konsumsi Energi / Energy Consumption $EC_{(t)}$

$$\text{If } GD_{To(t)} < 0, EC_{R(t)} = \left(\left(1 + \left(E_{R(t)} \times \frac{0}{100} \right) \right) EC_{R(t-1)} \right) \quad (9)$$

$$GD_{To(t)} > 0, EC_{R(t)} = \left(\left(1 + \left(E_{R(t)} \times \frac{GD_{To(t)}}{100} \right) \right) EC_{R(t-1)} \right)$$

(10)

Dimana :

$EC_{R(t)}$ = Konsumsi energi sektor rumah tangga tahun t [GWh]

$E_{R(t)}$ = Elastisitas konsumsi energi sektor rumah tangga tahun t

$NC_{R(t)}$ = jumlah pelanggan rumah tangga tahun t

$$\text{If } GD_{B(t)} < 0, EC_{B(t)} = \left(\left(1 + \left(E_{B(t)} \times \frac{0}{100} \right) \right) EC_{B(t-1)} \right) \quad (11)$$

$$GD_{B(t)} > 0, EC_{B(t)} = \left(\left(1 + \left(E_{B(t)} \times \frac{GD_{B(t)}}{100} \right) \right) EC_{B(t-1)} \right) \quad (12)$$

Dimana :

$EC_{B(t)}$ = Konsumsi energi sektor bisnis t [GWh]

$E_{B(t)}$ = Elastisitas konsumsi energi sektor bisnis tahun t

$NC_{B(t)}$ = jumlah pelanggan bisnis tahun t

$$\text{If } GD_{P(t)} < 0, EC_{P(t)} = \left(\left(1 + \left(E_{P(t)} \times \frac{0}{100} \right) \right) EC_{P(t-1)} \right) \quad (13)$$

$$GD_{P(t)} > 0, EC_{P(t)} = \left(\left(1 + \left(E_{P(t)} \times \frac{GD_{P(t)}}{100} \right) \right) EC_{P(t-1)} \right) \quad (14)$$

Dimana

$EC_{P(t)}$ = Konsumsi energi sektor publik t [GWh]

$E_{P(t)}$ = Elastisitas konsumsi energi sektor publik tahun t

$NC_{P(t)}$ = jumlah pelanggan publik tahun t

$$\text{If } GD_{I(t)} < 0, EC_{I(t)} = \left(\left(1 + \left(E_{I(t)} \times \frac{0}{100} \right) \right) EC_{I(t-1)} \right) + ETO_{I(t)} \quad (15)$$

$$GD_{I(t)} > 0, EC_{I(t)} = \left(\left(\left(1 + \left(E_{I(t)} \times \frac{GD_{I(t)}}{100} \right) \right) EC_{I(t-1)} \right) \right) \quad (16)$$

Dimana :

$EC_{I(t)}$ = Konsumsi energi sektor industri t [GWh]

$E_{I(t)}$ = Elastisitas konsumsi energi sektor industri tahun t

$ETO_{I(t)}$ = Total konsumsi energi wait list big customer tahun t

Perangkat Lunak LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System).

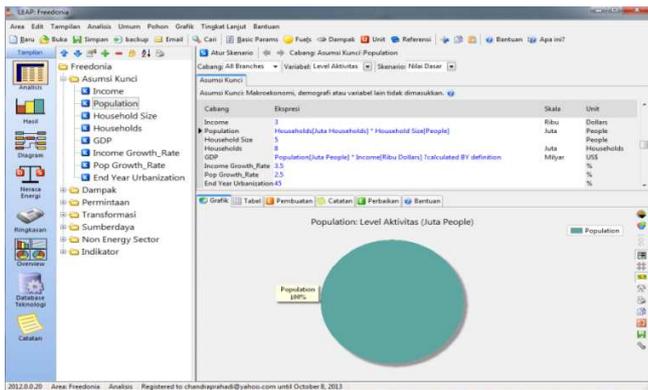
Tidak dapat dipungkiri bahwa energi tidak dapat lepas dari kehidupan manusia, termasuk energi listrik. Pada dekade terakhir perhatian terhadap energi semakin meningkat bersamaan dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan energi. Oleh karena itu pula berbagai perangkat lunak yang digunakan sebagai media perencanaan energi. Penyediaan program tersebut juga muncul dari berbagai kalangan, baik dari kalangan akademisi maupun dari pelaku usaha.

Perangkat lunak LEAP merupakan salah satu perangkat lunak yang sangat komprehensif dalam melakukan perencanaan energi. LEAP dirancang untuk dapat bekerja sama dengan produk Microsoft Office (Word, Excel, Power Point) sehingga mudah untuk impor, ekspor dan menghubungkan ke data serta model yang dibuat di tempat lain. Perancang program aplikasi ini adalah dari Stockholm Environment Institute (SEI) dan memiliki komunitas yang saling berintraksi yaitu COMMEND (Community for Energy Environment and Development). LEAP bekerja berdasarkan asumsi skenario yang pengguna inginkan, skenario tersebut didasarkan pada perhitungan dari proses pengkonversian bahan bakar menjadi energi hingga energi tersebut dikonsumsi masyarakat. LEAP merupakan model yang memepertimbangkan penggunaan akhir energi (end-use), sehingga memiliki kemampuan untuk memasukkan berbagai macam teknologi dalam penggunaan energi.

Keunggulan LEAP dibanding perangkat lunak perencanaan/pemodelan energi-lingkungan yang lain adalah tersedianya sistem antarmuka (interface) yang menarik dan memberikan kemudahan dalam penggunaannya serta tersedia secara cuma – cuma (freeware). LEAP mendukung untuk proyeksi permintaan energi akhir maupun permintaan pada energi yang sedang digunakan secara detail termasuk cadangan energi, transportasi, dan lain sebagainya.

Dengan menggunakan LEAP, pengguna dapat melakukan analisa secara cepat dari sebuah ide kebijakan energi ke sebuah analisa hasil dari kebijakan tersebut, hal ini dikareakan LEAP mampu berfungsi sebagai database, sebagai sebuah alat peramal (forecasting tool) dan sebagai alat analisa terhadap kebijakan energi. Berfungsi sebagai database.

LEAP menyediakan informasi energi yang lengkap. Sebagai sebuah alat peramal, LEAP mampu membuat proyeksi permintaan dan penyediaan energi dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan keinginan pengguna.



Gambar 1 Tampilan LEAP

kebijakan energi yang akan diterapkan dari sudut pandang penyediaan dan permintaan energi, ekonomi, dan lingkungan.

Bagian – Bagian LEAP

Ketika pertama membuka aplikasi LEAP, maka akan muncul tampilan seperti pada gambar 1 Perangkat lunak LEAP yang digunakan adalah keluaran tahun 2012 seri 2012.0.0.20.

LEAP memiliki beberapa terminologi umum, di antaranya sebagai berikut:

Area

Area merupakan sistem yang sedang dikaji (contoh : negara atau wilayah).

Current Accounts

Current Accounts merupakan data yang menggambarkan tahun dasar (tahun awal) dari jangka waktu kajian.

Scenario

Scenario merupakan sekumpulan asumsi mengenai kondisi masa depan.

Tree

Tree merupakan diagram yang mempresentasikan struktur model yang disusun seperti tampilan dalam *windows explorer*. Tree terdiri atas beberapa *branch*. Terdapat empat *Branch* utama, yaitu *Driver Variable*, *Demand*, *Transformation*, and *Resources*. Masing – masing *Branch* utama dapat dibagi lagi menjadi beberapa *Branch* tambahan (anak cabang).

Branch

Branch merupakan cabang atau bagian dari *Tree*, *Branch* utama ada empat, yaitu Modul Variabel Penggerak (*Driver Variable*), Modul Permintaan (*Demand*), Modul Transformasi (*Transformation*), dan Modul Sumber Daya Energi (*Resources*).

Expression

Expression merupakan formula matematis untuk menghitung perubahan nilai suatu variabel.

Saturation

Saturation adalah perilaku variabel yang digambarkan mencapai suatu kejenuhan tertentu. Presentase kejenuhan adalah $0\% \leq X \leq 100\%$. Nilai dari total persen dalam suatu *Branch* dengan saturasi tidak perlu berjumlah 100%.

Share

Share adalah perilaku suatu variabel yang menggambarkan mencapai suatu kejenuhan 100%. Nilai dari total persen dalam suatu *Branch* dengan *Share* harus berjumlah 100%.

Dalam software LEAP disediakan 4 (empat) modul utama, yaitu : *Driver Variable*, *Demand*, *Transformation*, and *Resources*. Keempat modul atau cabang utama dalam “*Tree*” sifatnya “*default*”, tidak bisa dirubah. Dalam modul utama ini kecuali untuk *Resources* dapat dibuat cabang – cabang lagi sesuai dengan kebutuhan pemodel. Banyaknya cabang dan anak – anak cabang tidak dibatasi.

Modul Driver Variable (Key Assumptions)

Modul *Driver Variable* adalah untuk menampung parameter – parameter umum yang dapat digunakan pada Modul *Demand* maupun Modul *Transformation*. Parameter umum ini misalnya adalah jumlah penduduk, PDB (produk domestik bruto), dan sebagainya. Modul *Driver Variable* ini sifatnya komplemen terhadap modul lainnya. Pada model yang sederhana, dapat saja modu ini tidak difungsikan.

Modul Permintaan (Demand)

Modul permintaan (*Demand*) adalah untuk menghitung kebutuhan energi pembagian sektor pemakai energi sepenuhnya dapat dilakukan sesuai kebutuhan pemodel. Kebutuhan energi didefinisikan sebagai perkalian antara aktifitas pemakaian energi (misalnya jumlah penduduk, jumlah kendaraan, volume nilai tambah, dan sebagainya) dan intensitas pemakaian energi kegiatan yang bersangkutan. Metode ini terdiri dari dua model analisis yaitu analisis permintaan energi final (*final demand energy analisis*) dan analisis permintaan energi terpakai (*useful demand energy analisis*)

Modul Transformation

Modul *Transformation* adalah untuk menghitung pemasokan energi. Pasokan energi dapat terdiri atas produksi energi primer (gas buki, minyak bumi, batubara, dan sebagainya) dan energi sekunder (listrik, bahan bakar minyak, LPG, briket, batubara, arang, dan sebagainya). Susunan cabang dalam Modul *Transformation* sudah ditentukan strukturnya, yang masing – masing kegiatan transformasi energi terdiri atas *processes and output*.

Modul Resources

Modul *Resources* terdiri atas *Primary and Secondary*. Kedua cabang ini sudah default. Cabang – cabang dalam Modul *Resources* akan muncul dengan sendirinya sesuai dengan jenis energi yang dimodelkan dalam Modul *Transformation*. Beberapa parameter perlu diisikan, seperti jumlah cadangan (minyak bumi, gas bumi, batubara, dan sebagainya) dan potensi energi (tenaga air, biomasa, san sebagainya)

III. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian

Secara umum Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar berikut :

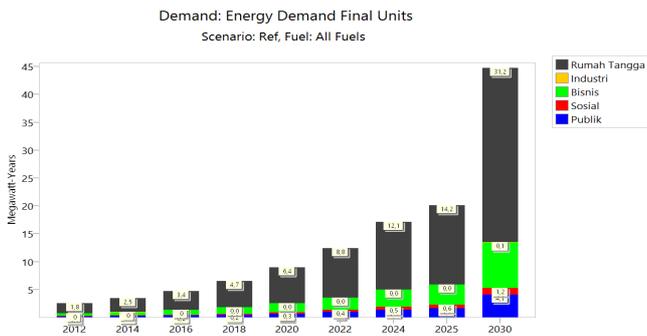
B. Data Teksnis

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Konsumsi Energi Listrik

Tingkat konsumsi energi listrik sesuai pemodelan dalam penelitian ini dipengaruhi oleh tingkat intensitas energi dan pelanggan. Hasil proyeksi permintaan energi listrik Kabupaten Sorong ditunjukkan oleh gambar 2.

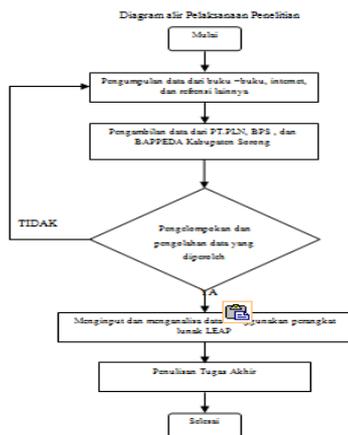
proyeksi permintaan energi listrik Kabupaten Sorong menunjukkan adanya peningkatan dari tahun 2013 dengan total konsumsi 2,1 MW menjadi 31,2 MW. Dengan kata lain



Gambar 2. Hasil proyeksi permintaan energi Kabupaten Sorong 2012-2030

Tabel 1. Hasil proyeksi permintaan energi Kabupaten Sorong 2012-2030

Sektor	Unit	Tahun								Average (%)	
		2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2025		2030
Rumah Tangga	MW	15,9	21,9	30	41,1	56,4	77,4	106,1	124,2	273,6	17,1%
Industri	MW	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,8	15,3%
Elanis	MW	3,5	5,3	7,3	10,1	14	19,5	27	31,7	71,8	17,7%
Sosial	MW	0,7	1	1,3	1,8	2,4	3,2	4,3	5	10,4	15,7%
Publik	MW	1,4	2	2,9	4,1	5,9	8,5	12,1	14,5	33,6	19,7%
Total	MW	21,9	30,2	41,6	57,3	78,9	108,7	149,7	175,8	392,1	17,4%



Gambar 3. Diagram alir

peningkatan konsumsinya selama 18 tahun adalah 192%. Nilai ini menjadi sangat signifikan. Bila dibandingkan dengan periode 2010 -2012. Sedangkan untuk tahun 2013-2030 rata – rata pertumbuhannya 17,4% tiap tahunnya.

Untuk konsumsi listrik setiap sektor menunjukkan bahwa permintaan energi yang tertinggi adalah pada sektor rumah tangga. Pada tahun 2030 tingkat permintaan energi listrik akan mencapai 31,2 MW sehingga terjadi peningkatan bila dibandingkan dengan tahun dasar 2013 yang berada pada angka 2,1 MW. Hasil proyeksi permintaan energi listrik sektor rumah tangga dapat di lihat pada gambar 2. Untuk sektor Industri merupakan sektor yang paling rendah permintaan energinya. Pada tahun 2013 konsumsi energi listrik sektor Industri hanya 5,02 KW dan pada tahun 2030 konsumsi energi listrik hanya 16,25 KW. Hasil proyeksi permintaan energi listrik sektor Industri dapat dilihat pada gambar 2.

Konsumsi Energi

Perhitungan Sektor Rumah Tangga

Konsumsi Energi Sektor Rumah Tangga tahun 2014

Diketahui : $EC_{(2014)} = 21.864$ Mwh
 $EC_{(2013)} = 18.670$ Mwh
 $GD_{(2014)} = 14.454$ pelanggan
 $GD_{(2013)} = 12.602$ pelanggan
 $PDRB_{(2014)} = 14,4 \%$

Ditanya : Konsumsi energi listrik tahun 2014?

Penyelesaian :

$$\% EC_{2014} = \frac{EC_{2014} - EC_{2013}}{EC_{2013}} \times 100 \%$$

$$\% EC_{2014} = \frac{21.864 - 18.670}{18.670} \times 100 \%$$

$$\% EC_{2014} = 17,1 \%$$

$$\% GD_{2014} = \frac{GD_{2014} - GD_{2013}}{GD_{2013}} \times 100 \%$$

$$\% GD_{2014} = \frac{14.454 - 12.602}{12.602} \times 100 \%$$

$$\% GD_{2014} = 14,6 \%$$

$$E_B = \frac{\% EC_{2014}}{PDRB_{2014}} = \frac{17,1}{14,4} = 1,18$$

$$EC_{R(t)} = \left(\left(1 + \left(E_{R(t)} \times \frac{GD_{Tot(t)}}{100} \right) \right) EC_{R(t-1)} \right)$$

$$EC_{R(2014)} = \left(\left(1 + \left(E_{R(2014)} \times \frac{GD_{Tot(2014)}}{100} \right) \right) EC_{R(2014-1)} \right)$$

$$EC_{R(2014)} = \left(\left(1 + \left(1,18 \times \frac{14,6}{100} \right) \right) 18670 \right)$$

$$EC_{R(2014)} = ((1 + (0,173))18670)$$

$$EC_{R(2014)} = (21.899) MWh$$

Konsumsi Energi Rumah Sektor Tangga tahun 2015

Diketahui : $EC_{(2014)} = 21.864$ Mwh
 $EC_{(2015)} = 25.605$ Mwh
 $GD_{(2014)} = 14.454$ pelanggan
 $GD_{(2015)} = 16.578$ pelanggan
 $PDRB_{(2014)} = 14,4$ %

Ditanya : Konsumsi energi listrik tahun 2015?

Penyelesaian :

$$\% EC_{2015} = \frac{EC_{2015} - EC_{2014}}{EC_{2014}} \times 100\%$$

$$\% EC_{2015} = \frac{25.605 - 21.864}{21.864} \times 100\%$$

$$\% EC_{2015} = 17,1\%$$

$$\% GD_{2015} = \frac{GD_{2015} - GD_{2014}}{GD_{2014}} \times 100\%$$

$$\% GD_{2015} = \frac{16.578 - 14.454}{14.454} \times 100\%$$

$$\% GD_{2015} = 14,69\%$$

$$E_B = \frac{\% EC_{2014}}{PDRB_{2014}} = \frac{17,1}{14,4} = 1,18$$

$$EC_{R(t)} = \left(\left(1 + \left(E_{R(t)} \times \frac{GD_{Tot(t)}}{100} \right) \right) EC_{R(t-1)} \right)$$

$$EC_{R(2015)} = \left(\left(1 + \left(E_{R(2015)} \times \frac{GD_{Tot(2015)}}{100} \right) \right) EC_{R(2015-1)} \right)$$

$$EC_{R(2015)} = \left(\left(1 + \left(1,18 \times \frac{14,69}{100} \right) \right) 21.864 \right)$$

$$EC_{R(2015)} = ((1 + (0,173))21.864)$$

$$EC_{R(2015)} = (25.646)GWh$$

Perhitungan Sektor Bisnis :

Konsumsi Energi Sektor Bisnis tahun 2014

Diketahui : $EC_{(2014)} = 5.274$ MWh
 $EC_{(2013)} = 4.480$ MWh
 $GD_{(2014)} = 874$ Pelanggan
 $GD_{(2013)} = 758$ Pelanggan
 $PDRB_{(2014)} = 21,4$ %

Ditanya : Konsumsi energi listrik tahun 2014?

Penyelesaian :

$$\% EC_{2014} = \frac{EC_{2014} - EC_{2013}}{EC_{2013}} \times 100\%$$

$$\% EC_{2014} = \frac{5.274 - 4.480}{4.480} \times 100\%$$

$$\% EC_{2014} = 17,72\%$$

$$\% GD_{2014} = \frac{GD_{2014} - GD_{2013}}{GD_{2013}} \times 100\%$$

$$\% GD_{2014} = \frac{874 - 758}{758} \times 100\%$$

$$\% GD_{2014} = 15,3\%$$

$$E_B = \frac{\% EC_{2014}}{PDRB_{2014}} = \frac{17,72}{21,4} = 0,82$$

$$EC_{B(2014)} = \left(\left(1 + \left(E_{B(2014)} \times \frac{GD_{B(2014)}}{100} \right) \right) EC_{B(2014-1)} \right)$$

$$EC_{B(2014)} = \left(\left(1 + \left(0,82 \times \frac{15,3}{100} \right) \right) 4.480 \right)$$

$$EC_{B(2014)} = ((1 + (0,12546))4.480)$$

$$EC_{B(2014)} = ((1,12546)4.480)$$

$$EC_{B(2014)} = 5.042 MWh$$

Perhitungan Sektor Publik :

Konsumsi energi sektor Publik tahun 2014

Diketahui : $EC_{(2014)} = 2.008$ MWh
 $EC_{(2013)} = 1.678$ MWh
 $GD_{(2014)} = 193$ Pelanggan
 $GD_{(2013)} = 171$ Pelanggan
 $PDRB_{(2014)} = 8,1$ %

Ditanya : Konsumsi energi listrik tahun 2014?

Penyelesaian :

$$\% EC_{2014} = \frac{EC_{2014} - EC_{2013}}{EC_{2013}} \times 100\%$$

$$\% EC_{2014} = \frac{2.008 - 1.678}{1.678} \times 100\%$$

$$\% EC_{2014} = 19,66\%$$

$$\% GD_{2014} = \frac{GD_{2014} - GD_{2013}}{GD_{2013}} \times 100\%$$

$$\% GD_{2014} = \frac{193 - 171}{171} \times 100\%$$

$$\% GD_{2014} = 12,8\%$$

$$E_B = \frac{\% EC_{2014}}{PDRB_{2014}} = \frac{19,66}{8,1} = 2,42$$

$$EC_{P(t)} = \left(\left(1 + \left(E_{P(t)} \times \frac{GD_{P(t)}}{100} \right) \right) EC_{P(t-1)} \right)$$

$$EC_{P(2014)} = \left(\left(1 + \left(E_{P(2014)} \times \frac{GD_{P(2014)}}{100} \right) \right) EC_{P(2014-1)} \right)$$

$$EC_{P(2014)} = \left(\left(1 + \left(2,4 \times \frac{12,8}{100} \right) \right) 1,678 \right)$$

$$EC_{P(2014)} = ((1 + 0,28)1,678)$$

$$EC_{P(2014)} = 2.161 MWh$$

Perhitungan Sektor Industri :

Konsumsi energi sektor Industri tahun 2013

Diketahui : $EC_{(2014)} = 52 MWh$
 $EC_{(2013)} = 44 MWh$
 $GD_{(2014)} = 15 Pelanggan$
 $GD_{(2013)} = 14 Pelanggan$
 $PDRB_{(2014)} = 5,82 \%$

Ditanya : Konsumsi energi listrik tahun 2014?

Penyelesaian :

$$\% EC_{2014} = \frac{EC_{2014} - EC_{2013}}{EC_{2013}} \times 100 \%$$

$$\% EC_{2014} = \frac{52 - 44}{44} \times 100 \%$$

$$\% EC_{2014} = 18,18 \%$$

$$\% GD_{2014} = \frac{GD_{2014} - GD_{2013}}{GD_{2013}} \times 100 \%$$

$$\% GD_{2014} = \frac{15 - 14}{14} \times 100 \%$$

$$\% GD_{2014} = 7,14 \%$$

$$E_B = \frac{\% EC_{2014}}{PDRB_{2014}} = \frac{18,18}{5,82} = 3,24$$

$$EC_{I(2014)} = \left(\left(\left(1 + \left(E_{I(2014)} \times \frac{GD_{I(2014)}}{100} \right) \right) EC_{I(2014-1)} \right) \right)$$

$$EC_{I(2014)} = \left(\left(\left(1 + \left(3,24 \times \frac{7,14}{100} \right) \right) 44 \right) \right)$$

$$EC_{I(2014)} = ((1 + 0,244)44)$$

$$EC_{I(2014)} = (1,244)(44)$$

$$EC_{I(2014)} = 54,1 MWh$$

B. Jumlah Pelanggan

Jumlah pelanggan pada Kabupaten Sorong yang di proyeksikan dari tahun 2013 hingga tahun 2030 menggunakan perangkat lunak LEAP. hasil Proyeksi jumlah pelanggan pada Kabupaten Sorong dapat dilihat pada gambar 3

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :
 Permintaan energi listrik terbesar di sektor Rumah Tangga yaitu mencapai 31,2 MW di akhir tahun , permintaan energi di sektor bisnis yaitu 8,5 MW, sektor Industri hanya 16,25 KW, sektor Sosial mencapai 1,2 MW, dan sektor Punlik mencapai 4,1 MW d akhir tahun 2030.

Berdasarkan hasil pembahasan perlu ada penambahan pembangkit sebesar 15 MW pada tahun 2017 dan 20 MW pada tahun 2022 agar bisa memenuhi kebutuhan energi listrik di tahun 2030 mendatang.

B. Saran

Dari hasil kesimpulan penelitian ini, dapat diajukan beberapa saran agar penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut di masa yang akan datang.

Hasil proyeksi permintaan energi listrik hendaknya dapat digunakan sebagai bagian dari penyusunan kebijakan di bidang ketenagalistrikan. Selain itu juga dapat menjadi acuan dalam melakukan perencanaan pengembangan wilayah di Kabupaten Sorong agar lebih merata di setiap kecamatan.

Dari sisi penelitian selanjutnya di masa yang akan datang, sangat diperlukan untuk melakukan kajian proyeksi permintaan energi yang terintegrasi dengan penyediaan energi listrik dari sumber energi terbarukan. hal ini menyangkut seberapa besar ketersediaan energi terbarukan di Kabupaten Sorong yang mampu di konversi serta rugi – rugi yang terjadi selama proses distribusinya.



Gambar 3. Jumlah Pelanggan Rumah Tangga Kabupaten Sorong 2012-2030

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Data Statistik PT. PLN (PERSERO) Kabupaten Sorong Tahun 2012.
- [2] Kabupaten Sorong dalam Angka Tahun, Badan Pusat Statistik Kabupaten Sorong, 2012
- [2] Laporan Penyusunan Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah (RUKD) Provinsi Papua Barat, Laporan Penelitian, RUKD, Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Koperasi Bidang Pertambangan dan Energi Pemerintah Provinsi Papua Barat, 2012.
- [3] Leap Training Exercise 2011, Stockholm Environment Institute, 2011.
- [4] M, Djiteng, Operasi Sistem Tenaga Listrik, Jakarta, Penerbit Graha Ilmu, 2006
- [5] M, Djiteng, Pembangkit Energi Listrik, Penerbit Erlangga, Jakarta, 2005
- [6] M. E. Wijaya S.T. M.Sc, Dr. Eng. M. K. Ridwan S.T., M.Sc. Modul Pelatihan Perencanaan Energi Menggunakan LEAP, Jurusan Teknik Fisika Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2009.
- [7] M. E. Wijaya And B. Limmeechokchai, Thammasat Int. J. Sc. Tech, Vol. 14, No. 4, October-December: 1 – 14, 2009.
- [8] O. T. Winarto, Panduan Perencanaan Energi, Pusat kajian Kebijakan energi Institut Teknologi Bandung.
- [9] Rencana Penyediaan Tenaga Listrik (RPTL) PT. PLN (Persero) Kabupaten Sorong tahun 2012 – 2017.
- [11] Suhono, Kajian Perencanaan Permintaan dan Penyediaan Energi Listrik Di Wilayah Kabupaten Sleman Menggunakan Perangkat Lunak Leap. *Tugas Akhir* Program S1 Teknik Fisika Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2009.
- [13] UU RI No 30 Tentang Ketenagalistrikan, 2009.