

LEMBAR PERSETUJUAN

***PRAKIRAAN KEBUTUHAN DAYA BEBAN LISTRIK JANGKA
PANJANG MENGGUNAKAN SOFTWARE LONG –RANGE
ENERGY ALTERNATIVES PLANING SYSTEM
(LEAP)DIGARDU INDUK PASURUAN***

SKRIPSI

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan
guna mencapai gelar Sarjana Teknik*

Disusun oleh :

**MUHAMMAD SADDAM HUSAIEN
NIM : 12.12.014**

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT Ir. Choirul Saleh, MT

NIP. 196105031992021001 NIP. Y. 101.8800.190

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST. MT

NIP. P. 1030100358

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016**

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“PRAKIRAAN KEBUTUHAN DAYA BEBAN LISTRIK JANGKA PANJANG MENGGUNAKAN SOFTWARE LONG-RANGE ENERGY ALTERNATIVES PLANNING SYSTEM (LEAP) DI GARDU INDUK PASURUAN”**dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik ITN Malang.

Sebagai pihak penyusun penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir.H.Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M.Ibrahim Ashari, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana selaku Dosen Pembimbing satu Tugas Skripsi.
5. Ir. Choirul Saleh, MT selaku Dosen Pembimbing dua Tugas Skripsi.
6. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan yang telah membantu dalam proses pembuatan Skripsi ini .

Usaha ini telah kami lakukan semaksimal mungkin, namun kami mohon saran dan kritik yang sifatnya membangun. untuk menambah kesempurnaan laporan ini sehingga dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, 04 Agustus 2014

Penyusun

ABSTRAK

PRAKIRAAN KEBUTUHAN DAYA BEBAN LISTRIK JANGKA PANJANG MENGGUNAKAN SOFTWARE LONG-RANGE ENERGY ALTERNATIVES PLANNING SYSTEM (LEAP)

DI GARDU INDUK PASURUAN

Muhammad Saddam Husaien, NIM 12.12.014

Dosen Pembimbing: Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT dan Ir. Choirul Saleh, MT

Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik

Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang

E-mail : sadam.hussen17@gmail.com

Gardu Induk (GI) memegang peranan sangat vital sebagai suplai energi listrik kepada konsumen secara berkelanjutan selama 24 jam. Ketika beban listrik yang ditanggung oleh GI melebihi kapasitasnya, maka GI tersebut akan mengalami *overload* sehingga pasokan listrik ke konsumen terhenti. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka dibutuhkan prakiraan pertumbuhan beban yang tepat sebagai dasar pertimbangan menentukan batas waktu Trafo di GI tersebut mencapai *overload* di masa depan. Prakiraan ini didasarkan pada pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan daya beban trafo.

Software *LEAP* sebagai salah satu alternative saranapenunjang untuk melakukan peramalan beban ini. Keunggulan *LEAP* dibanding perangkat lunak perencanaan/pemodelan energi yang lain adalah tersedianya sistem antarmuka (*interface*) yang menarik dan memberikan kemudahan dalam penggunaannya serta tersedia secara cuma-cuma (*freeware*) bagi masyarakat negara berkembang.

Skenario BAU (*Business As Usually*) yang diterapkan pada software ini merupakan scenario yang mengamsusikan bahwa tahun di akhir proyeksi kecendrungan pola pemakaian energy listrik masih sama di tahun dasar. Penelitian ini membahas peramalan daya beban listrik jangka panjang dengan data diuji di Gardu induk Pasuruan, laporan skripsi ini menggunakan *software LEAP* dengan skenario *BAU (Business As Usually)*.

Dari hasil peramalan beban yang dilakukan maka diperoleh, bahwa Trafo purwosari 1 dengan kapasitas 20 MVA akan *overload* pada tahun 2027 dengan pembebanan 14.31 MW dari kapasitas trafo. Trafo purwosari 2 dengan kapasitas 15 MVA akan *overload* pada tahun 2026 dengan pembebanan 10.68 MW dari kapasitas trafo. Trafo sukorejo dengan kapasitas 15 MVA akan *overload* pada tahun 2030 dengan pembebanan 10.47 MW dari kapasitas trafo.

Kata Kunci : Gardu Induk, Prakiraan, LEAP, Trafo., *Overload*.

Abstrak.....	ii
Kata pengantar	iii
Daftar isi	iv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Prakiraan Beban Jangka Panjang	4
2.2 Pola Data	5
2.3 Peramalan Beban Listrik	5
2.4 Kajian Perencanaan Energi Listrik	6
2.5 Metode Perkiraan Perencanaan Energi	7
2.6 Analisa Permintaan Energi	7
2.7 Skenario Perencanaan	8
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Pengumpulan Data	9
3.2 Pengolahan Data	9
3.3 Algoritma Menjalankan Software LEAP	12
BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL	
4.1 Data Hasil Pengukuran.....	14
4.2 Hasil Prakiraan Pertumbuhan Daya Beban Listrik Jangka Panjang Di GI PLN Sukorejo Dan Purwosari Menggunakan Software LEAP.....	19
4.3 Perbandingan Software LEAP Dan Data PLN APP SukorejoPurwosari	22
4.4 Hasil Analisa PDRB menggunakan LEAP	28
4.5 Hasil Elastisitas Energi	31
4.6 Kapasitas Gardu Induk	32
4.7 Potensi Pengembangan Gardu Induk	32

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**5.1 Kesimpulan 34****5.2 Saran..... 34****DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN**

BAB I

PENDAHULUAN

1.5. Latar Belakang

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.^[1] Dalam sistem kelistrikan proyeksi 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. Bila perkiraan yang tidak tepat akan menyebabkan tidak cukupnya kapasitas daya yang disalurkan untuk memenuhi kebutuhan beban, sebaliknya jika perkiraan beban terlalu besar maka akan menyebabkan kelebihan kapasitas daya sehingga menyebabkan kerugian.^[1]

Disamping itu pemerintah pusat terus mendorong pemerintah daerah untuk meningkatkan pemanfaatan energi alternative^[2] dalam rangka menciptakan keamanan pasokan energi (energy security of supply) nasional. Mengingat kondisi geografis dilakukannya prediksi terhadap pemakaian beban daya listrik, maka penyedia listrik dapat melakukan perencanaan yang mendekati keakuratan yang tinggi untuk melakukan perawatan

Dalam prancangannya, peramalan beban jangka panjang di tujukan secara internal dan eksternal dimana, tujuan dari internal peramalan mampu untuk memenuhi adanya penambahan beban baru dan secara eksternal mampu membuat sistem kembali ke keadaan yang stabil saat adanya penambahan beban baru. Meskipun peramalan merupakan suatu hal yang acak, kebanyakan untuk mengatasi adanya penambahan beban-beban baru di masa datang maka di lakukan peramalan di suatu titik tertentu ketimbang peramalan dengan menggunakan

probabilitas^[2]. Dengan pertumbuhan ekonomi yang meningkat tersebut tentu akan membutuhkan banyak konsumsi energi listrik seperti tempat pariwisata, pabrik, industri, dll^[3]. Tingkat pertumbuhan permintaan yang besar menciptakan potensi untuk perubahan dramatis dalam pembangkit listrik portofolio. Bagaimana pernah, bentuk perubahan ini akan mengambil dan mereka implikasi tetap tidak menentu. Dengan demikian, makalah ini mengeksplorasi beban listrik dan lingkungan pengembangan dengan mengevaluasi prakiraan beban.^[3]

Dari permasalahan di atas G.I memiliki peran yang sangat penting untuk melayani suplay energi listrik kepada konsumen secara berkelanjutan selama 24 jam. Dengan semakin bertambahnya konsumsi energi listrik, maka semakin bertambah pula beban yang ditanggung oleh GI ,ketika beban listrik yang ditanggung oleh GI melebihi kapasitasnya, maka GI akan mengalami overload sehingga pasokan listrik kekonsumen terhenti.^[4] Untuk mengantisipasi terjadinya overload maka diperlukanlah sebuah metode peramalan perkiraan beban selama beberapa tahun kedepan sehingga pada saatnya nanti bisa mengantisipasi lebih dini sehingga tidak sampai terjadi overload.^[4] Oleh karena itu penulis menggunakan *software LEAP* sebagai sarana penunjang untuk melakukan peramalan ini.

Keunggulan *LEAP* dibanding perangkat lunak perencanaan/pemodelan energi yang lain adalah tersedianya sistem antarmuka (*interface*) yang menarik dan memberikan kemudahan dalam penggunaannya serta tersedia secara cuma-cuma (*freeware*) bagi masyarakat negara berkembang^[6].

1.2 Rumusan Masalah

Mengingat pentingnya penyaluran sistem tenaga listrik maka dapat di rumuskan masalah sebagai berikut:

- Bagaimana memprediksi pasokan beban listrik di GI purwosari sukorejo (pasuruan) dalam kurun waktu 15 tahun ke-depan.
- Berapa hasil daya beban listrik ketika akan terjadinya overload

1.3 Tujuan

- Memprediksi beban listrik di GI purwosari sukorejo (pasuruan) dalam kurun waktu 15 tahun ke-depan
- Untuk menentukan daya beban listrik ketika sudah mencapai titik batas prakiraan beban atau akan terjadinya *overload*

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan penelitian ini tidak menyimpang dari apa yang telah dirumuskan, maka diperlukan batasan masalah, yaitu:

- Area yang di proyeksikan dalam tugas akhir ini adalah di kota pasuruan GI purwosari dan sukorejo.
- Analisa dilakukan hanya membahas tentang peramalan daya beban listrik berdasarkan pertumbuhan beban.
- Pembebanan setiap trafo adalah 80 % dari kapasitas trafo dengan asumsi 0,85.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan dibagi dalam beberapa bab dan sub bab, adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi Penguraian Tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasa Masalah, Metodologi dan Sistematika Penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Membahas sistem tenaga listrik secara umum dan menjelaskan peramalan atau prakiraan beban energi listrik sepuluh tahun ke depan yang bermanfaat untuk persiapan

fasilitas untuk menjaga kontinuitas pelayanan listrik di Gardu Induk purwosari sukorejo (pasuruan).

BAB III : METODE PENELITIAN

Membahas tentang pengumpulan data-data yang diperlukan dalam penyusunan laporan ini. Data-data dapat berasal dari instansi-instansi seperti Badan Pusat Statistik (BPS) dan Perusahaan Listrik Negara (PLN) ataupun sumber-sumber lain. Pengolahan data adalah pengubahan data-data yang telah di survey.

BAB IV : HASIL DAN ANALISIS HASIL

Menguraikan tentang simulasi perkembangan dan menganalisa hasil simulasi.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Prakiraan Beban Jangka Panjang

Pengertian Sistem prakiraan beban listrik jangka panjang:

2.1.1 Pengertian umum

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen.

Gardu Induk merupakan bagian yang tak terpisahkan dari saluran transmisi distribusi listrik. Dimana suatu system tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi dan distribusi, perlengkapan hubung bagi, transformator, dan peralatan pengaman serta peralatan control.

Fungsi utama dari gardu induk :

1. Untuk mengatur aliran daya listrik dari saluran transmisi ke saluran transmisi lainnya yang kemudian didistribusikan ke konsumen
2. Sebagai tempat kontrol
3. Sebagai pengaman operasi system
4. Sebagai tempat untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi^[4]

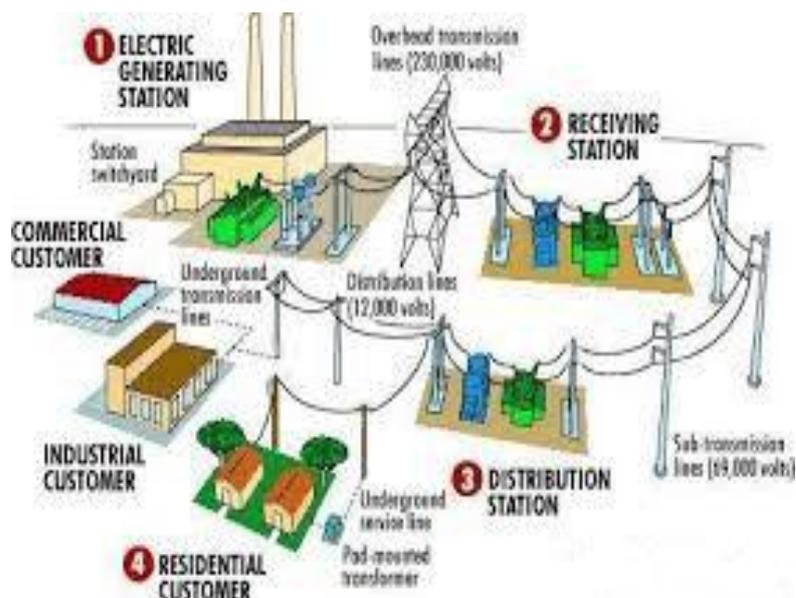
2.1.2 Gardu Induk sebagai Kebutuhan Penyaluran Energi listrik.

Untuk proses pengiriman tenaga listrik terdiri dari berbagai persoalan teknis, tenaga listrik hanya dibangkitkan pada tempat-tempat tertentu saja. Gardu Induk (GI) sebagai komponen sistem tenaga listrik memegang peranan penting pada kontinyuitas suplai tenaga listrik kepada konsumen. Dengan semakin bertambahnya permintaan konsumen listrik maka semakin besar pula beban listrik yang ditanggung oleh GI. Apabila beban listrik yang ditanggung oleh GI lebih

besar dari kapasitasnya maka GI akan mengalami *overload* yang mengakibatkan suplai listrik ke konsumen berhenti.

Syarat-syarat gardu induk adalah:

1. Dalam satu Gardu Induk (GI) hanya diijinkan 3 (tiga) buah transformator.
2. Kapasitas transformator tertinggi dalam setiap GI adalah 60 MVA
3. Pembebanan transformator tidak boleh melebihi 80% dari kapasitas transformator.
4. Bila beban transformator mendekati 80%, harus dipersiapkan :
 - a. *Uprating*, bila kapasitas transformator masih dibawah 60 MVA.
 - b. Ditambahkan transformator baru, bila kapasitas transformator sudah 60 MVA dan di GI tersebut jumlah transformator masih kurang dari 3 (tiga).
 - c. Pembangunan gardu induk baru dengan transformator baru^[4].



Gambar 2.1 Proses pengiriman tenaga listrik

Kebutuhan energi listrik akan meningkat sejalan dengan perkembangan ekonomi daerah dan pertumbuhan penduduk. Semakin meningkatnya ekonomi pada suatu daerah maka konsumsi energi listrik juga akan meningkat^[4].

2.2 Prakiraan Pertumbuhan Beban Energi Listrik

Secara umum terdapat empat kelompok besar metode prakiraan yang biasa digunakan oleh banyak perusahaan kelistrikan yaitu sebagai berikut:

a. Metode Analitis (*End Use*)

Metode yang dibangun berdasarkan data dan analisa penggunaan akhir pada setiap sektor pemakai energy listrik. Prinsip dasar metode analitis adalah perhitungan secara rinci pemakaian tenaga listrik oleh setiap pelanggan, untuk itu perhitungan penjualan tenaga listrik dengan metode ini harus dapat memperkirakan jenis dan jumlah peralatan listrik yang digunakan serta konsumsi spesifiknya setiap macam peralatan sehingga metode ini disebut pula *end use*. Keuntungan metode ini ialah hasil prakiraan merupakan simulasi dari penggunaan tenaga listrik di masyarakat dengan lebih terinci serta dapat mensimulasikan perubahan teknologi, dan kebiasaan pemakai. Kelemahannya adalah dalam hal penyediaan data yang banyak dan kadang-kadang tidak tersedia (sulit diperoleh) di pusat data ^[8].

b. Metode Ekonometri

Metode yang disusun berdasarkan kaidah ekonomi dan statistik yang menunjukkan bahwa energi listrik mempunyai peranan dalam mendorong kegiatan perekonomian.

Sebagai contoh, dalam penggunaannya untuk memprakirakan pemakaian tenaga listrik, misal ada teori ekonomi dan hipotesis yang menyatakan bahwa :

- Dengan adanya penerangan listrik memungkinkan manusia belajar di malam hari sehingga berpengaruh terhadap produktivitas bangsa yang pada akhirnya akan mempengaruhi keadaan perekonomian,
- Besarnya konsumsi listrik suatu keluarga akan dipengaruhi oleh pendapatannya,
- RT tersebut akan mengurangi konsumsi listriknya apabila tagihan rekening listriknya dirasakan mengakibatkan pengeluaran sektor lain yang terganggu, dan
- Pengurangan konsumsi listrik sebagai akibat penggunaan bentuk

teknologi baru yang lebih murah dan efisien.

Dari hal-hal tersebut di atas kiranya dapat diambil kesimpulan bahwa ada suatu korelasi antara konsumsi energi listrik dan keadaan perekonomian masyarakat.

Dengan memperhatikan tersedianya data yang mendukung, dapat disusun suatu model hubungan matematis yang menggambarkan asumsi di atas dengan metode ekonometri. Setelah hubungan matematis dari model ditentukan, hubungan ini diukur dan diuji dengan teknik analisa regresi. Hasil estimasi yang diperoleh dari hasil analisa regresi ini yang akan digunakan dalam prakiraan^[6]

c. Metode Kecenderungan (*Black Box*)

Metode ini disebut juga metode trend yaitu metode yang dibuat berdasarkan kecenderungan hubungan data masa lalu tanpa memperhatikan penyebab atau hal-hal yang mempengaruhinya (pengaruh ekonomi, iklim, teknologi, dan lain-lain). Dari data masa lalu tersebut diformulasikan sebagai fungsi dari waktu dengan persamaan matematik oleh karena itu metode ini disebut pula *time series*. Metode ini biasanya digunakan untuk prakiraan jangka pendek ^[6].

d. Metode Gabungan

Dari ketiga macam metode yaitu, analitis, ekonometri, dan kecenderungan dimana masing-masing mempunyai keuntungan dan kerugian sendiri – sendiri.

Dengan memperhatikan keunggulan dan kekurangan dari beberapa metode tersebut banyak perusahaan listrik mulai menggunakan suatu metode yang merupakan gabungan dari beberapa metode.

Sehingga akan didapat suatu metode yang tanggap terhadap pengaruh aktivitas ekonomi, harga listrik, pergeseran pola penggunaan, kemajuan teknologi, kebijaksanaan pemerintah, dan sosio geografi. Pemilihan metode yang harus digunakan / dipilih sangat tergantung dari beberapa hal antara lain

- Tujuan prakiraan,
- Subyektifitas yang membuat prakiraan,
- Kemudahan metodenya serta kemudahan memperoleh data pendukungnya.

Pada setiap periode tertentu prakiraan kebutuhan tenaga listrik harus dikoreksi kembali dan disesuaikan dengan kondisi pertumbuhan keadaan yang sebenarnya ^[7].

2.2.1 Jangka Waktu Prakiraan

Prakiraan kebutuhan energi listrik dapat dikelompokkan menurut jangka waktunya menjadi tiga kelompok, yaitu :

a. Prakiraan jangka panjang

Prakiraan jangka panjang adalah prakiraan untuk jangka waktu diatas satu tahun. Dalam prakiraan jangka panjang masalah-masalah makro ekonomi yang merupakan masalah ekstern perusahaan listrik merupakan faktor utama yang menentukan arah prakiraan kebutuhan energi. Faktor makro tersebut diatas misalnya adalah Produk Domestik Regional Bruto (PDRB).

b. Prakiraan jangka menengah

Prakiraan jangka menengah adalah prakiraan untuk jangka waktu dari satu bulan sampai dengan satu tahun. Dalam prakiraan beban jangka menengah faktor-faktor manajerial perusahaan merupakan faktor utama yang menentukan. Masalah-masalah manajerial misalnya kemampuan teknis memperluas jaringan distribusi, kemampuan teknis menyelesaikan proyek pembangkit listrik baru serta juga kemampuan teknis menyelesaikan proyek saluran transmisi.

c. Prakiraan jangka pendek

Prakiraan jangka pendek adalah prakiraan untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu (168 jam). Dalam prakiraan jangka pendek terdapat batas atas untuk beban maksimum dan batas bawah untuk beban minimum yang ditentukan oleh prakiraan beban jangka menengah ^[8].

- **Dasar prakiraan beban**

Prakiraan pada dasarnya merupakan dugaan atau perkiraan mengenai terjadinya suatu kejadian atau peristiwa di waktu yang akan datang. Perkiraan bisa bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Dalam membuat

perkiraan kebutuhan tenaga listrik, faktor-faktor diluar bidang kelistrikan yang berpengaruh tidak dapat diabaikan. Bila faktor-faktor tersebut dapat diperhitungkan seluruhnya maka diharapkan hasil perkiraan akan mendekati kebenaran. Analisis regresi linier berganda telah banyak digunakan di bidang peramalan, termasuk beban peramalan yang membangkitkan listrik. Dimana secara default, 3 tahun data yang digunakan untuk estimasi parameter dan tahun setelah digunakan untuk seleksi variabel. Bila menggunakan tahun 2010 untuk seleksi variabel, kami menunjukkan kombinasi variabel yang dihasilkan. Semua ini model mulai memiliki variabel bebas dan istilah intercept. Efek utama dan efek lintas, di mana masing-masing variabel kelas terdiri dari beberapa variabel indikator. digunakan sebagai contoh model.

✓ **Pemodelan prediksi beban**

Pada bagian ini pertama kita menambah model dilambangkan sebagai menggunakan data yang tersedia dan sebelum tahun 2006. Kemudian menentukan panjang sesuai sejarah untuk satu tahun ke depan beban peramalan. Pada akhirnya membandingkan akurasi peramalan dan model secara bergulir menggunakan 2007 sampai 2010.

✓ **Pemilihan Model**

Kesehatan umum ekonomi inilah yang akhirnya mendorong konsumsi listrik jangka panjang. Kami ingin memperpanjang kelompok model untuk peramalan jangka panjang dengan menggunakan software leap. nilai tahunan yang sama dari PDB .wilayah utilitas meliputi satu atau beberapa kabupaten atau kota, PDB (produk domestik bruto) oleh kabupaten atau GMP (produk metropolitan bruto) dapat digunakan sebagai indikator ekonomi makro. Dalam prakteknya, tergantung pada driver beban, kita juga bisa menggunakan beberapa indikator lain dan kombinasi mereka, seperti perumahan, tingkat kerja, jumlah pekerjaan, dll Untuk utilitas, terutama penyedia listrik, yang menyediakan jasa di lingkungan yang dideregulasi, total beban sangat dipengaruhi oleh

pencabutan pelanggan. Dalam situasi tersebut, kita dapat menggunakan count pelanggan sebagai indikator ekonomi makro.

2.3 Pola Data

a. *Trend*

Yaitu komponen jangka panjang yang mendasari pertumbuhan atau penurunan suatu data runtut waktu. Pola *trend* merupakan pergerakan data sedikit demi sedikit. meningkat atau menurun.

b. Siklus

Yaitu suatu pola dalam data yang terjadi setiap beberapa tahun. fluktuasi atau siklus dari data runtut waktu akibat perubahan kondisi ekonomi.

c. Musiman

Yaitu pola data yang berulang pada kurun waktu tertentu.

d. Horizontal

Yaitu pola data yang terjadi saat data observasi berfluktuasi di sekitaran suatu nilai konstan atau *mean* yang membentuk garis horizontal

2.4 Peramalan Beban Listrik

Terdapat tiga kelompok peramalan beban, yaitu:

a. Peramalan beban jangka panjang.

Peramalan beban jangka panjang adalah untuk jangka waktu diatas satu tahun. Dalam peramalan beban, masalah-masalah makro ekonomi yang merupakan masalah *ekstern* perusahaan listrik, merupakan faktor utama yang menentukan arah peramalan beban.

b. Peramalan beban jangka menengah.

Peramalan beban jangka menengah adalah untuk jangka waktu dari satu bulan sampai dengan satu tahun. Dalam peramalan beban jangka menengah, masalah-masalah manajerial perusahaan merupakan faktor utama yang menentukan.

c. Peramalan beban jangka pendek

Peramalan beban jangka pendek adalah untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu (168 jam). Besarnya beban untuk setiap jam ditentukan dengan memperhatikan *trend* beban di waktu lalu dengan memperhatikan berbagai informasi yang dapat mempengaruhi besarnya beban sistem.

2.5 Kajian Perencanaan Energi Listrik

Dalam Perencanaan energi yang baik harus mampu mengintegrasikan semua sub sektor energi, Sehingga terjadi keseimbangan sektor yang direncanakan dan aspek-aspek yang terkait menjadi satu kesatuan. Salah satu keputusan penting dalam perusahaan yang dilakukan oleh manajemen adalah menentukan tingkat produksi dari barang atau jasa yang perlu disiapkan untuk masa datang. Penentuan tingkat produksi, yang merupakan tingkat penawaran yang dipengaruhi oleh jumlah permintaan pasar yang dapat dipenuhi oleh perusahaan. Tingkat penawaran yang lebih tinggi dari permintaan pasar dapat mengakibatkan terjadinya pemborosan biaya, seperti biaya penyimpanan, biaya modal, dan biaya kerusakan barang. Tingkat penawaran yang lebih rendah dibandingkan dengan kemampuan pangsa pasar yang dapat diraih mengakibatkan hilangnya kesempatan untuk memperoleh keuntungan, bahkan mengakibatkan hilangnya pelanggan karena beralih ke pesaing.

Untuk membantu tercapainya suatu keputusan yang optimal diperlukan adanya suatu cara yang tepat, sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan. Salah satu alat yang diperlukan oleh manajemen dan merupakan bagian dari proses pengambilan keputusan adalah metode Peramalan (Forecasting). Metode peramalan digunakan untuk mengukur atau menaksir keadaan di masa datang. Peramalan tidak saja dilakukan untuk menentukan jumlah produk yang perlu dibuat atau kapasitas jasa yang perlu disediakan, tetapi juga diperlukan untuk berbagai bidang lain (seperti dalam pengadaan, penjualan, personalia, termasuk peramalan teknologi, ekonomi ataupun perubahan sosial-budaya). Dalam setiap perusahaan, bagian yang satu selalu mempunyai keterkaitan dengan bagian lain sehingga suatu peramalan yang baik atau buruk akan mempengaruhi perusahaan secara keseluruhan. Kebutuhan akan peramalan semakin bertambah sejalan

dengan keinginan manajemen untuk memberikan respon yang cepat dan tepat terhadap kesempatan di masa datang, serta menjadi lebih ilmiah dalam menghadapi lingkungan. Oleh karena itu, penguasaan terhadap metode peramalan menjadi signifikan bagi seorang manajer operasi.

2.6 Metode Perkiraan Perencanaan Energi

Metode perkiraan energi yang digunakan adalah sebagai berikut :

2.6.1 Metode Pertumbuhan

Dalam melakukan perkiraan dengan metode ini, diperlukan data pemakaian energi beberapa tahun, minimal dua tahun. Selanjutnya data tahunan tersebut dapat ditemukan suatu pola pertumbuhannya

2.6.2 Metode Ekonometrik

Metode ini dilakukan dengan membuat korelasi atau hubungan besaran permintaan energi dengan besaran lain yang mempengaruhi, misalnya permintaan energi dikorelasikan dengan jumlah penduduk, sehingga dalam pembuatan perkiraan maka adanya intensitas energi listrik.

2.7 Analisa Permintaan Energi

Dalam analisa permintaan yang digunakan adalah energi end use. Analisa energi menggunakan energi end use adalah energi yang langsung digunakan oleh konsumen, misalnya penggunaan energi listrik pada konsumen energi listrik.

2.7.1 Skenario Perencanaan

Skenario perencanaan adalah merupakan asumsi atau arah kebijakan dalam penentuan perencanaan yang akan dilakukan.

2.7.2 Skenario BAU (Base AS Ussual)

Skenario BAU atau Base As Ussual, adalah skenario yang dianggap bahwa tahun akhir proyeksi kecenderungan pola pemakaian energi listrik masih sama di tahun dasar.

2.7.3 Skenario RPTL PLN

Skenario RPTL PLN adalah skenario yang mendasari dalam perencanaan perkiraan tenaga listrik PLN. Skenario RPTL berdasar pada RUPTL (Rencana Umum Penyediaan Energi Listrik) tahun 2009-2019 dan dipadukan dengan dokumen perencanaan lainnya.

2.8 Elastisitas Energi

Elastisitas energi adalah perbandingan pertumbuhan konsumsi energi terhadap pertumbuhan produk atau keluaran (Δ konsumsi energi terhadap Δ produk atau keluaran) . Menurut ^[3], elastisitas energi yakni perbandingan pertumbuhan konsumsi listrik dengan pertumbuhan ekonomi. Semakin rendah angka elastisitas, semakin efisien pemanfaatan energinya. Elastisitas energy merupakan perbandingan antara pertumbuhan konsumsi intensitas energi terhadap GDP (Gross National Product) .Secara matematik dapat ditulis dengan Persamaan.

$$\text{Elastisitas Energi} = \frac{\text{Pertumbuhan Konsumsi Energi}}{\text{Pertumbuhan PDRB}} \quad (2.1)$$

Dengan pertumbuhan ekonomi yang paling tinggi 5% per tahun dan pertumbuhan konsumsi listrik 6% per tahun, angka elastisitas energi Indonesia lebih dari 1, sedangkan rata-rata di negara maju berada di angka 0,5. Pertumbuhan ekonominya dua kali lebih tinggi dari pertumbuhan konsumsi listrik ^[4]

2.8.1 Model Pendekatan Untuk Prakiraan

Model yang digunakan dalam membuat prakiraan harus dapat menggambarkan kaitan antara kebutuhan tenaga listrik dengan variabel lain yang ada dalam masyarakat seperti Produk Domestik Regional Bruto. Untuk merumuskan kaitan tersebut dibuat model pendekatan untuk memudahkan pembuatan prakiraan.

Model pendekatan yang dapat digunakan anara lain :

- *Pendekatan sektoral* adalah untuk menyusun prakiraan tingkat wilayah dancabang, dengan hasil proyeksi penjualan listrik untuk setiap sektor rumah tangga, bisnis, umum, dan industri.
- *Pendekatan lokasi* adalah untuk menyusun prakiraan pada daerah tersebar (*isolated system*), dimana daerah ini tidak terhubung dengan sistem interkoneksi, dengan hasil proyeksi penjualan tenaga listrik untuk setiap sektor rumah tangga, bisnis, umum, dan industri. ^[10].

2.8.2 Parameter Prakiraan Pertumbuhan Daya Beban Listrik

Dalam penyusunan prakiraan kebutuhan energi listrik ini, parameter-parameter yang diprakirakan adalah sebagai berikut:

- a) Prakiraan jumlah pertumbuhan beban transformator per tahun
- b) Prakiraan konsumsi energi untuk pelanggan rumah tangga, komersial, publik, dan industri.
- c) Prakiraan kebutuhan energi total yang harus diproduksi .

2.8.3 Menghitung Error Prakiraan dengan Persamaan

$$\text{Forecasting Error} = \frac{\text{Forecast} - \text{Actual}}{\text{Actual}} \times 100\% \quad (2.2)$$

enurut^[3] Untuk mengetahui *forecasting error* hasil peramalan ditunjukkan oleh persamaan berikut:

dimana, *forecasting error* = nilai kesalahan peramalan

Forecast-actual = hasil peramalan

Actual = data sebenarnya

2.9 Perangkat Lunak LEAP

LEAP singkatan dari *Long Range Energi Alternatives Planning system*. *LEAP* adalah perangkat lunak atau software yang dapat digunakan untuk melakukan analisa dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi. Software *LEAP* pertama kali dikembangkan oleh *Stockholm Environment Institute*, yang berkantor di pusat Boston, Amerika Serikat. Versi pertama *LEAP* diluncurkan

tahun 1981. Versi *LEAP* tahun 2000, merupakan *LEAP* yang telah berbasis window^[7].

LEAP adalah alat pemodelan dengan scenario terpadu yang komprehensif berbasis pada lingkungan dan energi. *LEAP* mampu merangkai skenario untuk berapa konsumsi energi yang dipakai, dikonversi dan diproduksi dalam suatu sistem energi dengan berbagai alternatif asumsi kependudukan, pembangunan ekonomi, teknologi, harga dan sebagainya. Hal ini memudahkan untuk pengguna aplikasi ini memperoleh fleksibilitas, transparansi dan kenyamanan.

LEAP bukan hanya merupakan sebuah alat hitung dan analisis, tetapi juga dapat menyesuaikan keinginan pengguna dengan menentukan model perhitungan lain berbasis ekonometri. Pengguna dapat melakukan kombinasi dan mencocokkan metodologi ini seperti yang diperlukan dalam suatu analisis. Sebagai contoh, pengguna dapat membuat *top-down* proyeksi permintaan energi di satu sektor yang didasarkan pada beberapa indikator makroekonomi (harga, PDB), sekaligus menciptakan dengan rinci perkiraan *bottom-up* berdasarkan analisis pengguna akhir (*end-use*) di sektor lain.



Gambar 2.2 Lisensi serial software *LEAP*

LEAP mendukung untuk proyeksi permintaan energi akhir maupun permintaan pada energi yang sedang digunakan secara detail termasuk cadangan energi, transportasi, dan lain sebagainya. Pada sisi penawaran, *LEAP* mendukung berbagai metode simulasi untuk pemodelan baik perluasan kapasitas maupun proses pengiriman dari pembangkit. Di dalam *LEAP* terdapat database Teknologi

dan Lingkungan Database (TED) berisi data mengenai biaya, kinerja dan faktor emisi lebih dari 1000 teknologi energi. *LEAP* dapat digunakan untuk menghitung profil emisi dan juga dapat digunakan untuk membuat skenario emisi dari sektor non- energi (misalnya dari produksi semen, perubahan penggunaan lahan, limbah padat, dll).

LEAP memiliki fitur yang dirancang untuk membuat dan menciptakan skenario, mengelola dan mendokumentasikan data dan asumsi, serta melihat laporan hasil dengan mudah dan fleksibel. Sebagai contoh, struktur data utama *LEAP* secara intuitif ditampilkan sebagai hirarki "pohon" (tree) yang dapat diedit dengan "menyeret dan menjatuhkan" (*drag and drop*) atau copy dan paste setiap "cabang" (*branch*) yang ada.

Tabel standar neraca energi dan diagram *ReferenceEnergy System (RES)* secara otomatis digenerasi dan terus disinkronisasi bersamaan dengan pengguna (*user*) mengedit pohon. Hasil tampilan adalah laporan yang digenerasikan dengan sangat kuat sehingga mampu menghasilkan ribuan laporan dalam bentuk diagram atau tabel.

LEAP dirancang untuk dapat bekerja secara terhubung dengan produk Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint) sehingga mudah untuk impor, ekspor dan menghubungkan ke data serta model yang dibuat di tempat lain. Perancang program aplikasi ini adalah dari *Stokholm Environment Institute (SEI)* dan memiliki komunitas yang saling berinteraksi yaitu *COMMEND (Community for Energy Environment and Development)*. Administrator dan moderatornya adalah Dr. Charles Heaps.

LEAP memiliki beberapa terminologi umum, di antaranya sebagai berikut :

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

Current Accounts : data yang menggambarkan Tahun Dasar (tahun awal) dari jangka waktu kajian.

Scenario : sekumpulan asumsi mengenai kondisi masa depan

Tree : diagram yang merepresentasikan struktur model yang disusun seperti tampilan dalam *Windows Explorer*. *Tree* terdiri atas beberapa *Branch*. Terdapat empat *Branch* utama, yaitu *Driver Variable*, *Demand*, *Transformation*, dan *Resources*. Masing-masing *Branch* utama dapat dibagi lagi menjadi beberapa

Branch tambahan (anak cabang).

Branch : 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 : formula matematis untuk menghitung perubahan nilai suatu variabel.

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

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

LEAP terdiri dari 4 modul utama yaitu Modul Variabel Penggerak (*Driver Variable*) yang dalam versi baru disebut juga *Key Assumptions*, Modul Permintaan (*Demand*), Modul Transformasi (*Transformation*) dan Modul Sumber Daya Energi (*Resources*). Proyeksi penyediaan energi dilakukan pada Modul Transformasi dan Modul Sumber Daya Energi. Sebelum memasukkan data ke dalam Modul Transformasi untuk diproses, terlebih dahulu dimasukkan data cadangan sumber energi primer dan sekunder ke Modul Sumber Daya Energi yang akan diakses ke Modul Transformasi. Demikian juga data permintaan 31 dengan beberapa skenario yang telah dimasukkan ke dalam Modul Permintaan, diakses ke Modul Transformasi.

1.9.2 Ekspresi *LEAP* yang digunakan

Ekspresi adalah formula atau rumus perhitungan untuk melakukan proyeksi suatu variabel. Berikut ini ekspresi-ekspresi dalam *leap*:

- Ekspresi *Growth Rate* adalah dengan memberikan persen angka pertumbuhan terhadap parameter current account.
- Ekspresi End Year Value adalah memberikan parameter akhir simulasi dari suatu variabel, dan *LEAP* akan menginterpolasi linier terhadap parameter current account-nya.
- Ekspresi Interpolation adalah menentukan titik-titik perubahan parameter dari suatu variabel.

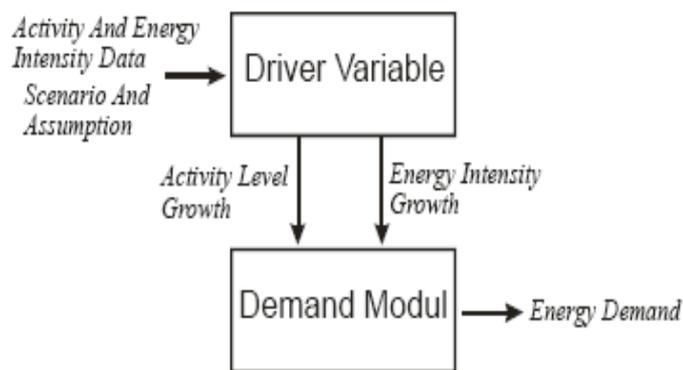
2.9.2 Pemodelan LEAP

LEAP terdiri dari 4 modul utama yaitu Modul Variabel Penggerak (*Driver Variable*) yang dalam versi baru disebut juga *Key Assumptions*, Modul Permintaan (*Demand*), Transformasi (*Transformation*) dan Sumber Daya Energi (*Resources*). Proyeksi penyediaan energi dilakukan pada Modul Transformasi dan Modul Sumber Daya Energi [7]. Sebelum memasukkan data ke dalam Modul Transformasi untuk diproses, terlebih dahulu dimasukkan data cadangan sumber energi primer dan sekunder ke Modul Sumber Daya Energi yang diakses menuju Modul Transformasi. Demikian juga data permintaan dengan beberapa skenario yang telah dimasukkan ke dalam Modul Permintaan, diakses ke Modul Transformasi. Pengolahan data untuk masukan simulasi menggunakan LEAP adalah menghitung intensitas energi dan pertumbuhannya. Intensitas energi merupakan rata-rata tahunan konsumsi energi ($\text{Energi Consumption} = \text{EC}$) per unit aktivitas (Activity Level). Secara matematik ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$EI = \text{EC} / \text{Activity Level}$$

Perhitungan pertumbuhan intensitas energi menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Pertumbuhan } EI = \frac{EI \text{ Tahun Berlaku} - EI \text{ Tahun Sebelumnya}}{EI \text{ Tahun Sebelumnya}} \quad (2.3)$$



Gambar 2.3 Skema Pemodelan LEAP

Sumber [7].

2.9.3 Modul Variabel Penggerak

Modul variabel penggerak (*Driver Variable*) yang cabangnya dinamakan dengan cabang “Key Assumptions” digunakan untuk menampung parameter-parameter umum yang dapat digunakan pada Modul Permintaan maupun Modul Transformasi ^[7]. Parameter umum ini misalnya adalah jumlah penduduk, PDRB (Produk Domestik Regional Bruto), jumlah rumah tangga, intensitas energi, tingkat aktivitas dan sebagainya. Modul Variabel Penggerak bersifat komplemen terhadap modul yang lain ^[7].

2.9.4 Modul Permintaan (*Demand*)

Modul Permintaan (*Demand*) digunakan untuk menghitung permintaan energi. Analisis yang digunakan dalam model ini menggunakan metode yang didasarkan pada pendekatan *end-use* (pengguna akhir) secara terpisah untuk masing-masing sektor pemakai (dalam penelitian ini dengan sektor tarif) sehingga diperoleh jumlah permintaan energi per sektor pemakai dalam suatu wilayah pada rentang waktu tertentu ^[7]. Informasi mengenai variabel ekonomi, demografi dan karakteristik pemakai energi dapat digunakan untuk membuat alternatif skenario kondisi masa depan sehingga dapat diketahui hasil proyeksi dan pola perubahan permintaan energi berdasarkan skenario-skenario tersebut. Sedangkan penentuan proyeksinya menggunakan trend yang terjadi dalam beberapa waktu yang ditentukan. Analisis permintaan energi dalam penelitian ini menggunakan metode analisis berdasarkan aktivitas (*Activity Level Analysis*) ^[7].

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan metode survey yaitu mendatangi langsung lokasi penelitian yakni beberapa instansi yakni seperti PT PLN APP Pasuruan untuk mengambil data pertumbuhan beban daya listrik selama periode 2011-2015, BPS Kota Pasuruan untuk mengambil data pertumbuhan PDRB kota Pasuruan dan melibatkan beberapa instansi. Data yang dikumpulkan merupakan data sekunder yang telah diarsip dan disediakan oleh masing-masing instansi dan siap diolah menjadi data penelitian.

3.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah proses pengambilan data. Pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahap diantaranya pengelompokan dan pentabulasian data sesuai dengan urutan tahun dan kebutuhan analisis, selanjutnya melakukan analisis perhitungan data untuk simulasi dengan menggunakan, dan yang terakhir adalah melakukan pembahasan terhadap data yang telah di olah.

3.2.1 Pengelompokan Data

Data yang berasal dari PT PLN APP Pasuruan masih berupa data mentah yaitu data pelanggan dan konsumsi listrik per gardu induk. Terdapat dua gardu induk yaitu gardu induk sukorejo dan purwosari serta terbagi menjadi 3 trafo . Data yang ada merupakan data untuk tahun 2011 s/d 2015.

3.2.2 Melakukan Simulasi Perkiraan dalam LEAP

Setelah pengolahan data selesai dan data sudah disusun sesuai dengan format tahun dan masing-masing gardu dan trafo, maka langkah selanjutnya adalah menginput data atau memasukan data yang telah dihitung ke dalam perangkat lunak *LEAP*. Metode yang digunakan dalam simulasi ini berdasar pada *final energy demand analysis* atau bisa dikategorikan model *end-use*. Persamaan

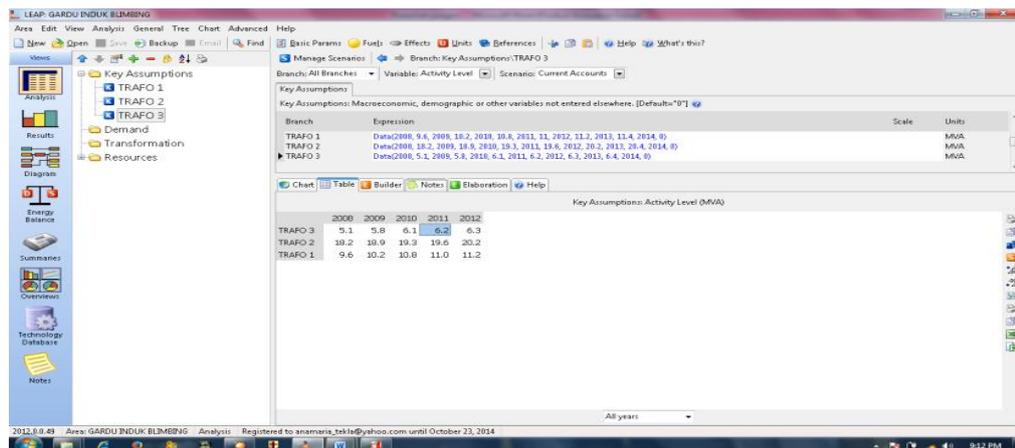
yang digunakan sebagai analisis adalah Persamaan diatas dengan mengakomodasi variabel intensitas energi yang berfungsi sebagai *unit activitylevel*.

3.2.3 Menentukan Basic Parameter

Langkah pertama dalam simulasi adalah mengatur dan menentukan parameter dasar simulasi. Di dalam parameter dasar, lingkup kerja ditentukan yaitu hanya pada analisis permintaan (*demand*). Kemudian menentukan tahun dasar simulasi. Dalam penelitian ini yang digunakan sebagai tahun dasar adalah tahun 2016. Alasannya adalah data yang diperoleh sudah pasti Setelah itu menentukan batas akhir periode simulasi yaitu tahun 2030. Yang terakhir adalah menentukan unit satuan yang digunakan seperti unit energi, unit panjang, massa dan mata uang.

3.2.4 Membuat Key Assumptions

Key Assumptions merupakan bagian dari cabang (*branch*) yang berfungsi sebagai variabel penggerak. Asumsi yang digunakan sebagai kunci adalah intensitas energi secara berkelanjutan. konsumsi energy transformator secara berkelanjutan mulai dari tiap-tiap transformator Daya di tiap Gardu Induk. Secara detail nama-nama tersebut ditunjukkan oleh Gambar berikut. Untuk unit satuan yang digunakan pada konsumsibeban listrik.



The screenshot shows the LEAP software interface with the 'Key Assumptions' window open. The window displays a table of data for three transformer branches (TRAF0 1, TRAF0 2, and TRAF0 3) across the years 2008 to 2012. The units are MVA.

Branch	Expression	Scale	Units
TRAF0 1	Data(2008, 9.6, 2009, 10.2, 2010, 10.6, 2011, 11, 2012, 11.2, 2013, 11.4, 2014, 0)		MVA
TRAF0 2	Data(2008, 10.2, 2009, 10.6, 2010, 10.9, 2011, 11.6, 2012, 10.2, 2013, 20.4, 2014, 0)		MVA
TRAF0 3	Data(2008, 5.1, 2009, 5.4, 2010, 6.1, 2011, 6.2, 2012, 6.3, 2013, 6.4, 2014, 0)		MVA

	2008	2009	2010	2011	2012
TRAF0 3	5.1	5.8	6.1	6.2	6.3
TRAF0 2	10.2	10.9	10.9	10.6	20.2
TRAF0 1	9.6	10.2	10.8	11.0	11.2

Gambar 3.1 tampilan *Key Assumptions*

Setelah pembuatan asumsi kunci, maka selanjutnya adalah memberikan/masukkan dalam kondisi *current account* yaitu kondisi tahun dasar (*base year*). Karena tahun dasar yang digunakan adalah tahun 2008 maka input awalnya yang ditulis pada bagian *expression* seperti ditunjukkan oleh Gambar diatas. Data yang dimasukkan adalah data untuk masing-masing *Area*. Setelah diperoleh pertumbuhan dari pelanggan dan intensitas energi masing-masing tahun, kemudian dihitung rata-rata pertumbuhannya. Rata-rata pertumbuhan (*Growth-rate*) inilah yang digunakan dalam simulasi.

3.2.5 Menentukan Scenario

Setelah masukkan data *current account* selesai, maka perlu menentukan scenario yang digunakan. Skenario yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Business As Usual (BAU)*. *BAU* merupakan skenario dimana proyeksi didasarkan pada anggapan bahwa pertumbuhan konsumsi listrik akan berjalan sebagaimana biasanya seperti waktu sebelumnya. Untuk menggunakan skenario *BAU* dapat dilakukan dengan memilih *Reference (REF)* pada kotak *Scenario*. Setelah itu muncul tampilan dimana harus memasukkan data *expression*. Data masukkan adalah data pertumbuhan konsumsi energi listrik masing-masing sektor tariff .

3.2.6 Menghitung Error Peramalan dengan Persamaan

Untuk memastikan kemampuan program *LEAP* dalam memperkirakan kebutuhan beban, maka dilakukan perbandingan hasil simulasi dari program *LEAP* untuk tahun 2011-2013 dengan data yang dipakai dari simulasi *LEAP* tahun 2008-2010 untuk membandingkan antara hasil dari simulasi *LEAP* dengan data yang sudah ada. Daya beban trafo hasil peramalan merupakan salah satu acuan operasi sistem tenaga listrik, akan tetapi beban yang sesungguhnya terjadi dalam sistem tidak sama dengan yang diperkirakan. *Error* peramalan simulasi *LEAP* masih dalam batas toleransi deviasi peramalan beban yang ditentukan oleh PLN yaitu sebesar $\pm 5\%$ sehingga keandalan dan faktor ekonomis sistem masih dapat terjaga. Menurut untuk mengetahui *forecasting error* hasil peramalan ditunjukkan oleh persamaan :

$$\text{ForecastingError}(\) = \frac{\text{forecast} - \text{actual}}{\text{actual}} \times 100 \dots\dots\dots(3.1)$$

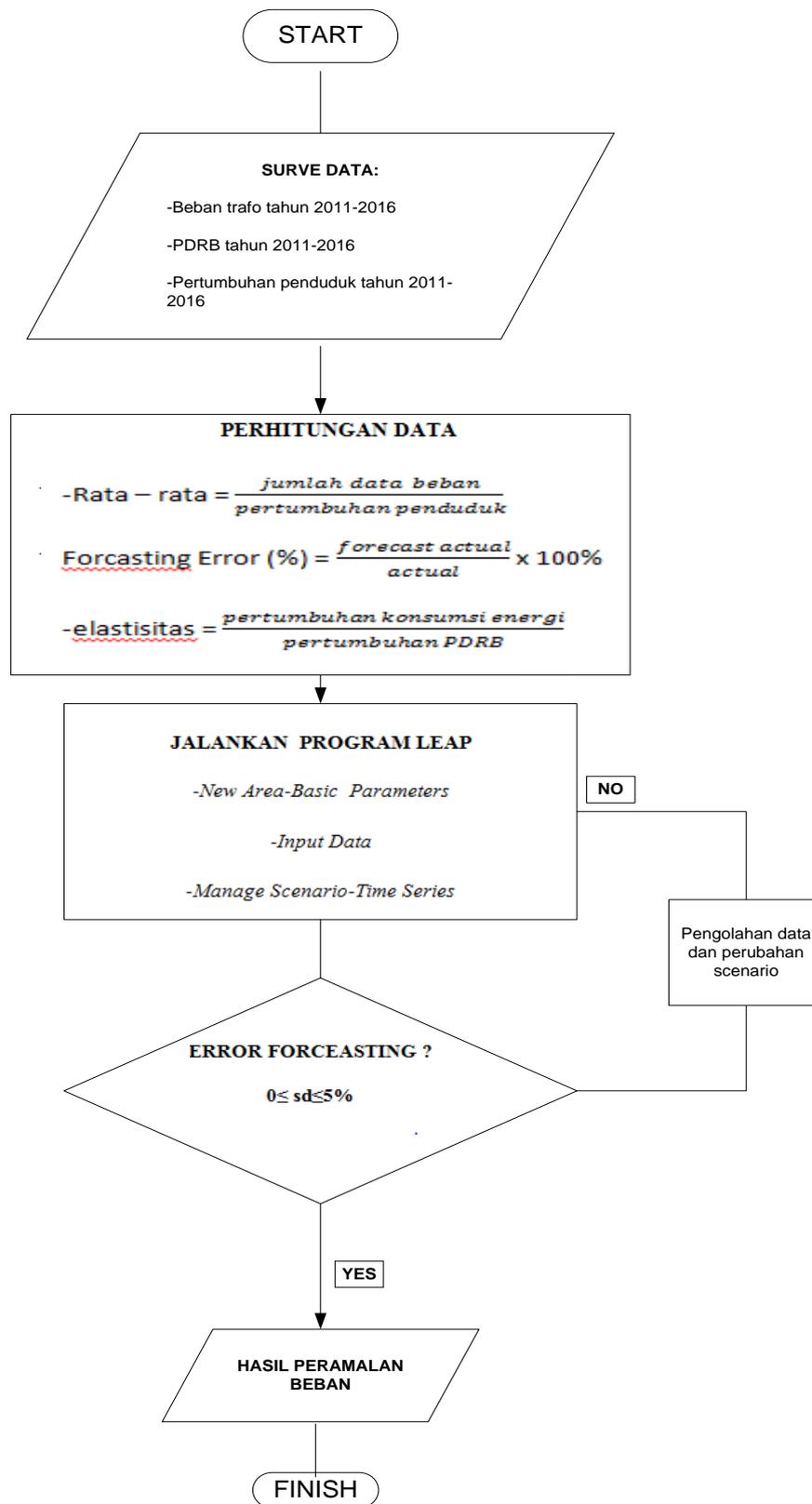
3.2.7 Menghitung Elastisitas Energi

Elastisitas energi adalah perbandingan pertumbuhan konsumsi energi terhadap pertumbuhan produk atau keluaran (Δ konsumsi energi terhadap Δ produk atau keluaran). Menurut elastisitas energi yakni perbandingan pertumbuhan konsumsi listrik dengan pertumbuhan ekonomi. Semakin rendah angka elastisitas, semakin efisien pemanfaatan energinya. Elastisitas energy merupakan perbandingan antara pertumbuhan konsumsi intensitas energi terhadap GDP (*Gross National Product*). Secara matematik dapat ditulis dengan persamaan(2.1). Dengan pertumbuhan ekonomi yang paling tinggi 5% pertahun dan pertumbuhan konsumsi listrik 6% pertahun, angka elastisitas energi Indonesia lebih dari 1, sedangkan rata-rata di negara maju berada di angka 0,5. Pertumbuhan ekonominya dua kali lebih tinggi dari pertumbuhan konsumsi listrik.

3.3 Algoritma menjalankan software LEAP

- a. Mulai
- b. Pengumpulan data yang diperlukan untuk peramalan pada APP Pasuruan.
- c. Memasukan data teknis, yaitu data pertumbuhan daya beban trafo dan data PDRB Kota Pasuruan tahun 2008-2013
- d. Menentukan rata-rata pertumbuhan daya beban listrik dan PDRB
- e. Menjalankan program *LEAP* pertumbuhan daya beban listrik jangka panjang
- f. Hasil peramalan program *LEAP*
- g. Melakukan perhitungan error forecasting
- h. Apabila nilai error melebihi standard PLN maka akan langsung ditarik kesimpulan. Maksud dari nilai standard adalah sudah memenuhi persyaratan sebesar $0 \leq sd \leq 5\%$.
- i. Analisa Hasil
- j. Penarikan kesimpulan
- k. Selesai

3.4 Flowchart Prakiraan Beban Listrik Jangka Panjang



Gambar 3.2 Flowchart prakiraan beban listrik jangka panjang

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.8 Data Hasil Pengukuran

4.8.1 Beban Distribusi Trafo Pada Tahun 2011-2015

Dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan prediksi pasokan beban listrik di GI purwosari sukorejo (pasuruan) yang akan didistribusikan dalam kurun waktu 15 tahun ke-depan. Dengan peramalan ini akan diketahui tingkat pertumbuhan permintaan sehingga dapat diantisipasi ketika terjadi dan tidak menimbulkan kerusakan pada *trafo* dengan cara memasang gardu induk baru. Sebelum menghitung pasokan beban yang akan didistribusikan dalam 15 tahun kedepan maka data yang dibutuhkan adalah pertumbuhan beban distribusi listrik selama lima tahun terakhir di gardu induk yang diteliti yaitu gardu induk purwosari 1, gardu induk purwosari 2, dan gardu induk sukorejo 1. Adapun data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Data kapasitas Trafo di GI Sukorejo dan Purwosari

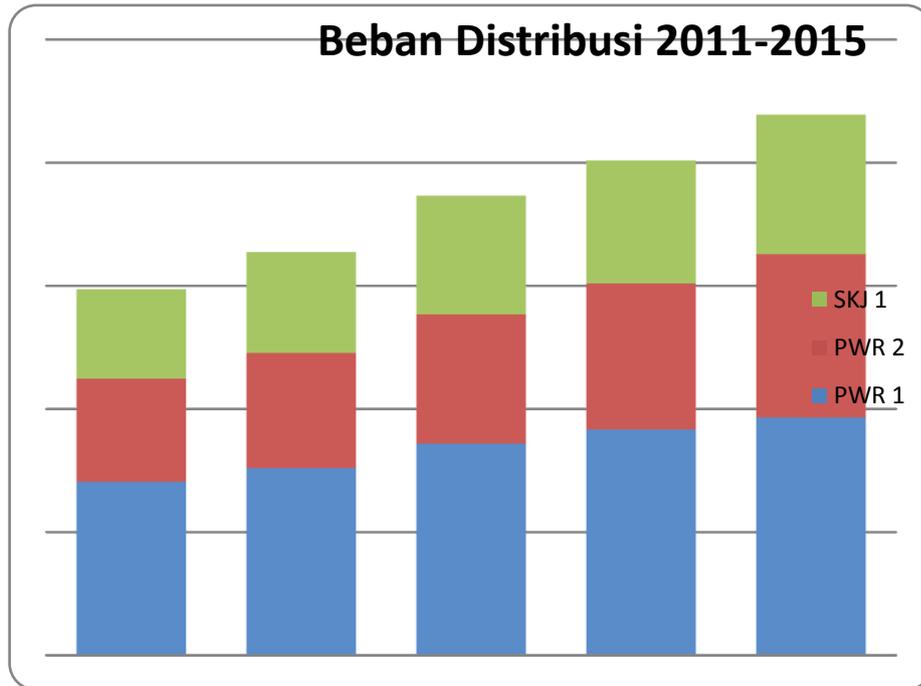
GARDU INDUK	MERK TRAFO	KAPASITAS TRAFO
Purwosari 1	TAKAOKA	20 MVA
Purwosari 2	UNINDO	15 MVA
Sukorejo 1	TAKAOKA	15 MVA
TOTAL		50 MVA

Pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa APP Pasuruan yang menyuplai kebutuhan tenaga listrik di Wilayah Purwosari dan Sukorejo dengan 3 GI yaitu GI yaitu GI Purwosari 1 dengan kapasitas 20 MVA, GI Purwosari 2 dengan kapasitas 15 MVA dan Sukorejo 1 dengan kapasitas 15 MVA. Jadi total keseluruhan Trafo yang ada di kecamatan Purwosari dan Sukorejo adalah sebesar 50 MVA.

Tabel 4.2 Perkembangan Data Beban Distribusi *Trafo* 2011-2015

Tahun	Beban Distribusi Travo (MW)		
	PWR 1	PWR 2	SKJ 1
	20 MVA	15 MVA	15 MVA
2011	5.64	3.35	2.90
2012	6.08	3.73	3.28
2013	6.87	4.20	3.86
2014	7.34	4.74	3.99
2015	7.72	5.31	4.54

Berdasarkan data di atas diketahui bahwa masing-masing gardu induk memiliki beban distribusi yang terus meningkat setiap tahunnya. Travo Purwosari 1 pada tahun 2011 hanya mendistribusikan sekitar 5,64 MW naik menjadi 7,72 MW pada tahun 2015. Travo Purwosari 2 pada tahun 2011 hanya mendistribusikan sekitar 3,35 MW naik menjadi 5,31 MW pada tahun 2015. Travo Sukorejo 1 pada tahun 2011 hanya mendistribusikan sekitar 2,90 MW naik menjadi 4,54 MW pada tahun 2015.



Gambar 4.1 Data Pertumbuhan *Trafo* Purwosari dan Sukorejo

4.8.2 Data PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) Kabupaten Pasuruan Pada Tahun 2011-2015

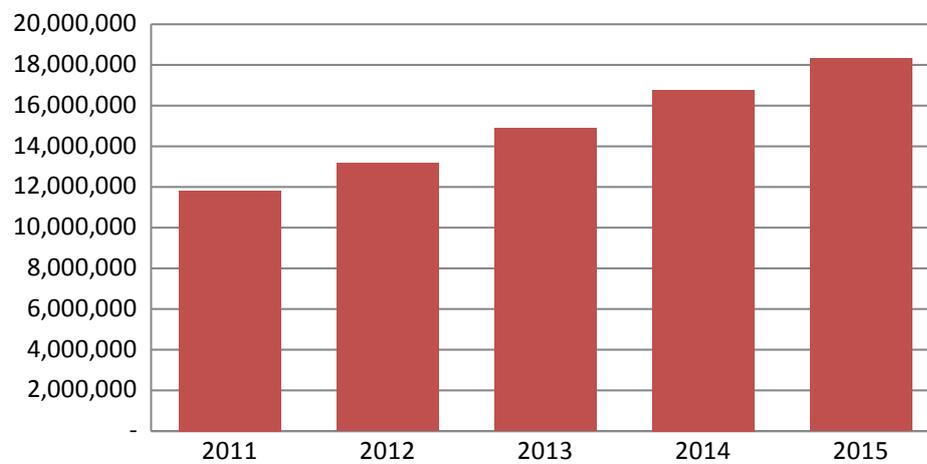
PDRB adalah jumlah nilai tambah bruto yang dihasilkan seluruh unit usaha dalam wilayah tertentu, atau merupakan jumlah nilai barang dan jasa akhir yang dihasilkan oleh seluruh unit ekonomi. Adapun unit ekonomi yang dihitung dalam PDRB antara lain pertanian, pertambangan, industri pengolahan, air bersih, bangunan, perdagangan, hotel, restoran, angkutan/komunikasi, bank/keu/perum, dan jasa. Adapun PDRB Kabupaten Pasuruan ditunjukkan sebagai berikut :

Tabel 4.3 PDRB Kabupaten pasuruan.

No	SEKTOR	TAHUN				
		2011	2012	2013	2014	2015
1	PERTANIAN	2,731,602	2,683,140	3,327,915	3,748,095	4,158,640
2	PERTAMBANGAN	119,382	114,654	139,966	157,638	177,704
3	INDUSTRI PENGOLAHAN	3,780,036	3,796,584	4,772,245	5,374,785	5,884,384
4	LISTRIK DAN AIR BERSIH	261,222	261,222	335,025	377,325	404,872
5	BANGUNAN	328,596	332,142	427,343	481,299	514,792
6	ERDAGANGAN. HOTEL. RESTORAN	2,647,680	2,687,868	3,424,700	3,857,100	4,165,968
7	ANGKUTAN/KOMU NIKASI	367,602	366,420	470,524	529,932	567,920
8	BANK/KEU/PERUM	476,346	478,710	604,534	680,862	741,960
9	JASA	1,108,716	1,099,260	1,389,237	1,564,641	1,703,760
JUMLAH		11,820,000	13,160,000	14,890,000	16,770,000	18,320,000

Berdasarkan Data pada tabel 4.3 di atas diketahui bahwa PDRB Kabupaten Pasuruan setiap tahunnya terus mengalami kenaikan, hal tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi pertumbuhan ekonomi yang signifikan di kabupaten pasuruan.

PDRB Kabupaten Pasuruan



Gambar 4.2 Pertumbuhan PDRB Kabupaten Pasuruan 2011-2015

4.8.3 Data Pertumbuhan Jumlah Penduduk Kabupaten Pasuruan Pada Tahun 2011-2015

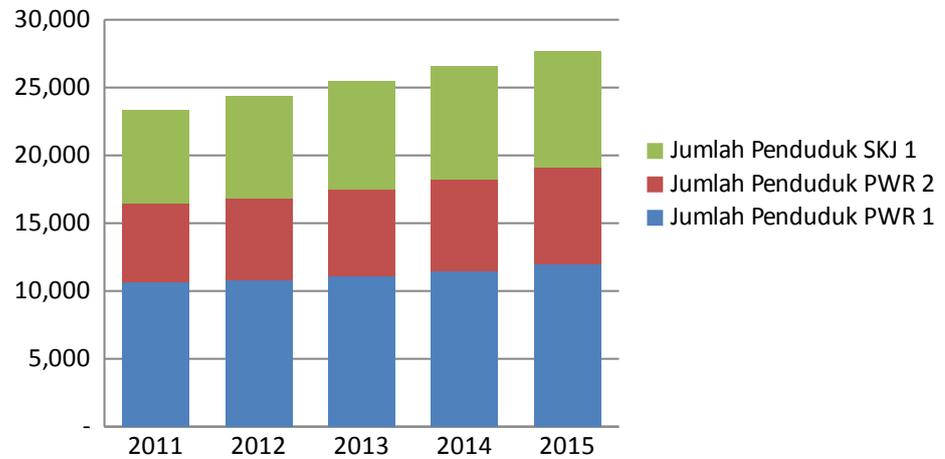
Jumlah penduduk yang diambil dalam penelitian ini diambil berdasarkan area distribusi trafo adapun pertumbuhan penduduk kecamatan Purwosari 1, Purwosari 2 dan Sukorejo Kabupaten Pasuruan ditunjukkan sebagai berikut :

Tabel 4.4 Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Tahun	Jumlah Penduduk (orang)		
	PWR 1	PWR 2	SKJ 1
2011	10,657	5,757	6,899
2012	10,834	5,976	7,569
2013	11,089	6,387	7,978
2014	11,488	6,707	8,355
2015	11,965	7,167	8,579

Berdasarkan data pada tabel 4.4 diketahui bahwa pertumbuhan penduduk setiap tahunnya terus bertambah. Adapun grafik pertumbuhan jumlah penduduk dapat dilihat pada gambar berikut:

Jumlah Penduduk



Gambar 4.3 Pertumbuhan Jumlah Penduduk

4.9 Hasil Prakiraan Pertumbuhan Daya Beban Listrik Jangka Panjang Di GI PLN Sukorejo Dan Purwosari Menggunakan Software LEAP.

Tabel 4.5 Data PLN Pertumbuhan Beban Trafo GI Sukorejo Purwosari

Tahun	Beban Distribusi Travo (MW)		
	PWR 1	PWR 2	SKJ 1
	20 MVA	15 MVA	15 MVA
2011	5.64	3.35	2.90
2012	6.08	3.73	3.28
2013	6.87	4.20	3.86
2014	7.34	4.74	3.99
2015	7.72	5.31	4.54

Pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa data diatas adalah merupakan data yang diperoleh dari APP Sukorejo Purwosari mulai tahun 2011 sampai dengan tahun 2015 yang kemudian akan dijadikan sebagai parameter dasar untuk melakukan peramalan kapasitas beban trafo yang ada di GI Sukorejo

Purwosari dengan kapasitas trafo sebagai berikut :trafo Purwosari 1 sebesar 20 MVA ,trafo Purwosari 2 sebesar 15 MVA,dan trafo Sukorejo 1 sebesar 15 MVA.

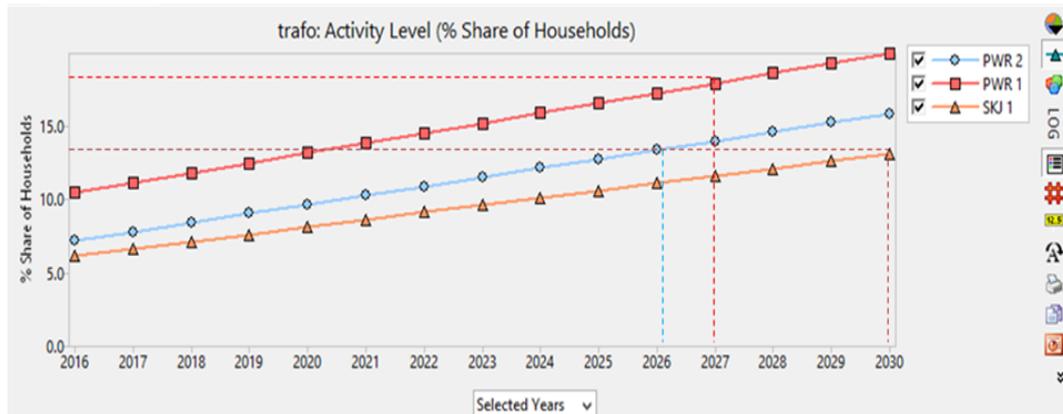
Tabel 4.6 Hasil Prakiraan Pertumbuhan Daya Beban Listrik di GI Sukorejo Purwosari

TAHUN	KAPASITAS TRAFO PURWOSARI 1(MW)	KAPASITAS TRAFO PURWOSAR II (MW)	KAPASITAS TRAFO SUKOREJO (MW)
2016	8.35	5.75	4.91
2017	8.90	6.24	5.30
2018	9.44	6.73	5.70
2019	9.98	7.23	6.10
2020	10.52	7.72	6.50
2021	11.06	8.21	6.89
2022	11.60	8.71	7.29
2023	12.15	9.20	7.69
2024	12.69	9.69	8.09
2025	13.23	10.19	8.48
2026	13.77	10.68	8.88
2027	14.31	11.17	9.28
2028	14.85	11.67	9.68
2029	15.39	12.16	10.08
2030	15.94	12.65	10.47
P max 80%	13.06	10.02	10.02

Pada tabel 4.6 menjelaskan bahwa untuk GI Sukorejo Purwosari bisa diketahui untuk trafo Purwosari 1 dengan kapasitas 20 MVA akan mengalami overload dengan pembebanan sebesar 14,31MW pada tahun 2027.Kemudian trafo Puwosari 2 dengan kapasitas 15 MVA akan mengalami overload dengan pembebanan sebesar 10,68MW pada tahun 2026. Serta trafo Sukorejo 1 dengan kapasitas 15 MVA akan mengalami overload dengan pembebanan sebesar 10,47MW pada tahun 2030. Untuk sel yang dicetak merah menunjukkan bahwa

trafo tersebut sudah mendekati *overload* yang melebihi 80 % dari kapasitas trafo itu sendiri.

Key Assumptions: Activity Level (MVA)



Grafik 4.1 Hasil simulasi *LEAP* daya beban trafo GI Sukorejo Purwosari tahun 2016-2030

Pada gambar grafik 4.6 menjelaskan bahwa grafik tersebut merupakan hasil dari simulasi software leap dengan menggunakan parameter dasar tahun 2011-2015. Untuk trafo PWR 1 ditunjukkan dengan grafik warna merah yang menunjukkan trafo akan mengalami *overload* pada tahun 2027 dengan pembebanan 14.31 MVA atau 83% dari kapasitas trafo sebesar 20 MVA. Kemudian untuk trafo PWR 2 ditunjukkan dengan grafik warna Biru yang menunjukkan trafo akan mengalami *overload* pada tahun 2026 dengan pembebanan 10.68MVA atau 82 % dari kapasitas trafo sebesar 15 MVA. Dan untuk trafo SKJ ditunjukkan dengan grafik warna orange yang menunjukkan trafo akan mengalami *overload* pada tahun 2030 dengan pembebanan 10,47 MVA atau 81 % dari kapasitas trafo sebesar 15 MVA. Dari ketiga grafik tersebut dapat diketahui total keseluruhan trafo di GI Sukorejo Purwosari memiliki kapasitas trafo sebesar 50 MVA dengan rincian trafo PWR 1 sebesar 20 MVA, trafo PWR 2 sebesar 15 MVA dan trafo SKJ 1 sebesar 15 MVA. dan tiap-tiap trafo memiliki perbedaan dalam hal waktu *overload*. Serta dalam grafik juga menjelaskan bahwa waktu kapan trafo tersebut akan mengalami *overload* bisa ditunjukkan oleh gambar *shapes* yang terdapat dalam grafik diatas.

4.10 Perbandingan Software LEAP Dan Data PLN APP Sukorejo Purwosari

Untuk memastikan kemampuan program LEAP dan ketepatan peramalan dalam memperkirakan kebutuhan beban, maka dilakukan perbandingan hasil simulasi dari program LEAP untuk tahun 2011-2015 dengan data yang dipakai dari simulasi LEAP tahun 2006-2010 untuk membandingkan antara hasil dari simulasi LEAP dan data pada Gardu Induk Sukorejo Purwosari.

Daya beban trafo hasil peramalan merupakan salah satu acuan operasi sistem tenaga listrik, akan tetapi beban yang sesungguhnya terjadi dalam sistem tidak sama dengan yang diperkirakan. *Error* peramalan simulasi *LEAP* masih dalam batas toleransi deviasi peramalan beban yang ditentukan oleh PLN yaitu sebesar $\pm 5\%$ sehingga keandalan dan faktor ekonomis sistem masih dapat terjaga.

4.3.1 Perbandingan Antara Data Pertumbuhan Beban Trafo PWR 1 Dengan Simulasi Hasil *LEAP*

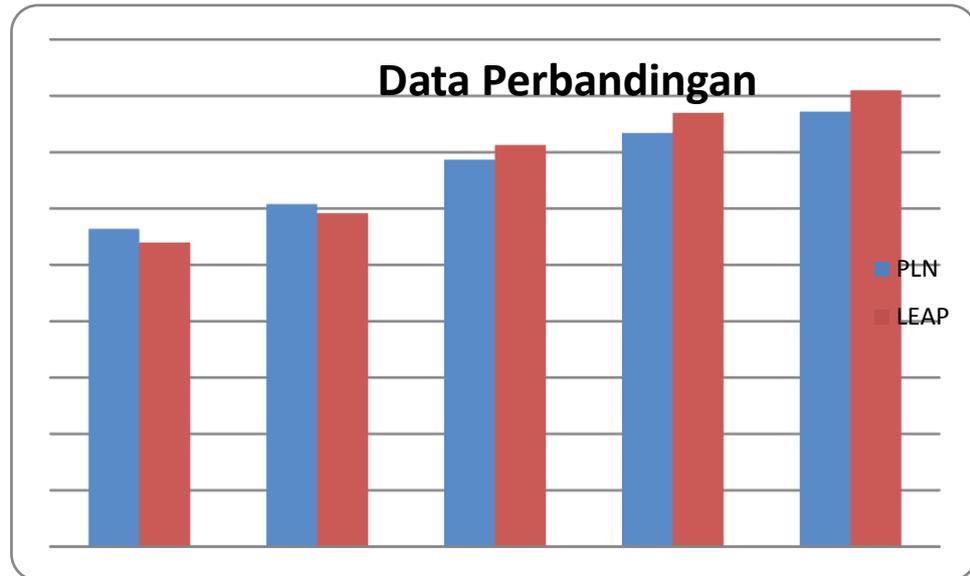
Tabel 4.7 Data PLN Pertumbuhan Beban Trafo PWR 1

TAHUN	Beban Trafo PWR 1 (MW)
2006	2.94
2007	3.48
2008	4.02
2009	4.56
2010	5.10
2011	5.64
2012	6.08
2013	6.87
2014	7.34
2015	7.72

Tabel 4.8 Hasil Perbandingan Pertumbuhan Beban Trafo PWR 1 dengan Hasil Prakiraan Menggunakan LEAP

DATA TRAF0 PWR 1 (MW)		HASIL PERAMALAN (MW)		<i>Error Forecasting(%)</i>
TAHUN	Beban TrafoPWR 1	Tahun	Beban Trafo PWR 1	
2011	5.64	2011	5.40	-4.26%
2012	6.08	2012	5.92	-2.63%
2013	6.87	2013	7.13	3.84%
2014	7.34	2014	7.70	4.95%
2015	7.72	2015	8.10	4.95%
Rata-rata <i>Error Forecasting</i>				1.37 %

Dari tabel 4.7 dan 4.8 dapat menjelaskan bahwa untuk memvalidasi ketepatan peramalan pada tahun 2011-2015 dibutuhkan parameter dasar yang yaitu tahun 2006-2010 kemudian bisa diketahui bahwa *error forecasting* dari hasil peramalan LEAP, pada trafo PWR 1 hasil peramalan pada tahun 2011 adalah 5.40 MW lebih rendah dengan data beban PLN sebesar 5.64 MW ,Dari hasil peramalan nilai error sebesar -4.36. untuk hasil peramalan pada tahun 2012 adalah 5.92 MW lebih rendah dengan data beban PLN sebesar 6.08 MW ,Dari hasil peramalan nilai error sebesar -2.63 %. untuk hasil peramalan pada tahun 2013 adalah 7.13 MW lebih tinggi dari data beban PLN sebesar 6.87 MW ,Dari hasil peramalan nilai error sebesar 3.84%. Untuk hasil peramalan pada tahun 2014 adalah 7.70 MW lebih tinggi dengan data beban PLN sebesar 7.34 MW, Dari hasil peramalan nilai error sebesar 4.95%. untuk hasil peramalan pada tahun 2015 adalah 8.10 MW lebih tinggi dengan data beban PLN sebesar 7.72 MW ,Dari hasil peramalan nilai error sebesar 4.95%.



Grafik 4.2 Perbandingan Antara Hasil Dari Simulasi *LEAP* Dan Data Pada PLN Trafo PWR 1

Pada Grafik 4.2 menunjukkan perbandingan antara data yang ada di Trafo PWR 1 dengan data hasil peramalan menggunakan leap dengan memvalidasi ketepatan peramalan pada tahun 2011-2015 dengan parameter dasar yang yaitu tahun 2006-2010 ,sehingga bisa diketahui nilai error peramalan dari analisis tersebut.untuk grafik yang berwarna biru adalah data sebenarnya dan untuk grafik yang berwarna merah merupakan hasil peramalan *software leap*.dengan nilai rata-rata errornya sebesar 1.37 %.

4.3.2 Perbandingan Antara Data Pertumbuhan Beban Trafo PWR 2 Dengan Simulasi Hasil *LEAP*

Tabel 4.9 Data PLN Pertumbuhan Beban Trafo PWR 2

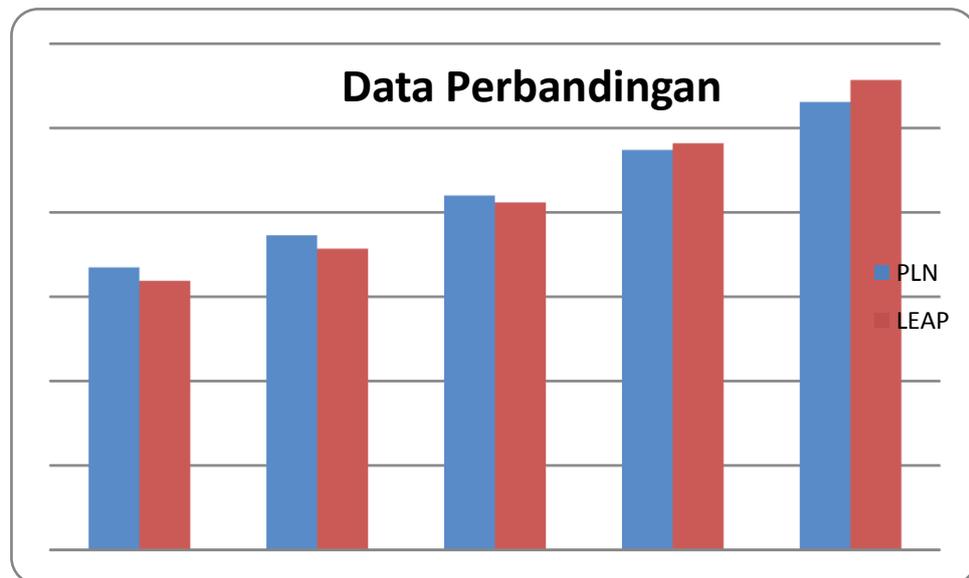
TAHUN	Beban Trafo PWR 2 (MW)
2006	0.82
2007	1.31
2008	1.80
2009	2.29
2010	2.79
2011	3.35
2012	3.73
2013	4.20
2014	4.74
2015	5.31

Tabel 4.10 Hasil Perbandingan Pertumbuhan Beban Trafo PWR 2 dengan Hasil Prakiraan Menggunakan *LEAP*

DATA TRAF0 PWR 2 (MW)		HASIL PERAMALAN (MW)		<i>Error Forecasting</i> (%)
TAHUN	Beban Trafo PWR 2	Tahun	Beban Trafo PWR 2	
2011	3.35	2011	3.19	-4.78%
2012	3.73	2012	3.57	-4.29%
2013	4.20	2013	4.12	-1.91%
2014	4.74	2014	4.82	1.69%
2015	5.31	2015	5.57	4.82%
Rata-rata <i>Error Forecasting</i>				0.89%

Dari tabel 4.9 dan 4.10 dapat menjelaskan bahwa untuk memvalidasi ketepatan peramalan pada tahun 2011-2015 dibutuhkan parameter dasar yang yaitu tahun 2006-2010 kemudian bisa diketahui bahwa *error forecasting* dari hasil

peramalan *LEAP*, pada trafo PWR 2 hasil peramalan pada tahun 2011 adalah 3.35 MW lebih rendah dengan data beban PLN sebesar 3.19 MW ,Dari hasil peramalan nilai error sebesar -4.78%. untuk hasil peramalan pada tahun 2012 adalah 3.73 MW lebih rendah dengan data beban PLN sebesar 3.57 MW ,Dari hasil peramalan nilai error sebesar -4.29%. untuk hasil peramalan pada tahun 2013 adalah 4.20 MW lebih rendah dari data beban PLN sebesar 4.12 MW ,Dari hasil peramalan nilai error sebesar -1.91%. Untuk hasil peramalan pada tahun 2014 adalah 4.74 MW lebih tinggi dengan data beban PLN sebesar 4.82 MW, Dari hasil peramalan nilai error sebesar 4.95%. untuk hasil peramalan pada tahun 2015 adalah 5.31 MW lebih tinggi dengan data beban PLN sebesar 5.57 MW ,Dari hasil peramalan nilai error sebesar 4.82%.



Grafik 4.3 Perbandingan Antara Hasil Dari Simulasi *LEAP* Dan Data Pada PLN Trafo PWR 2

Pada Grafik 4.3 menunjukkan perbandingan antara data yang ada di Trafo PWR 1 dengan data hasil peramalan menggunakan leap dengan memvalidasi ketepatan peramalan pada tahun 2011-2015 dengan parameter dasar yang yaitu tahun 2006-2010, sehingga bisa diketahui nilai error peramalan dari analisis tersebut. untuk grafik yang berwarna biru adalah data sebenarnya dan untuk grafik

yang berwarna merah merupakan hasil peramalan *software leap*. dengan nilai rata-rata errornya sebesar 0.89 %.

4.3.3 Perbandingan Antara Data Pertumbuhan Beban Trafo SKJ 1 Dengan Simulasi Hasil *LEAP*

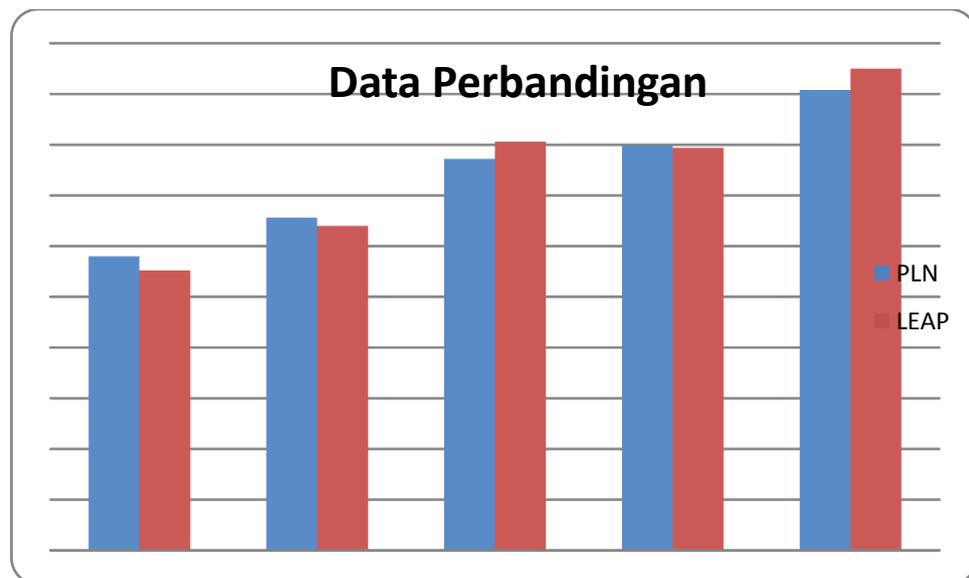
Tabel 4.11 Data PLN Pertumbuhan Beban Trafo SKJ 1

TAHUN	Beban Trafo SKJ 1 (MW)
2006	0.92
2007	1.32
2008	1.72
2009	2.12
2010	2.52
2011	2.90
2012	3.28
2013	3.86
2014	3.99
2015	4.54

Tabel 4.12 Hasil Perbandingan Pertumbuhan Beban Trafo SKJ 1 dengan Hasil Prakiraan Menggunakan *LEAP*

DATA TRAFOSKJ 1 (MW)		HASIL PERAMALAN (MW)		<i>Error Forecasting (%)</i>
TAHUN	Beban TrafoSKJ 1	Tahun	Beban Trafo SKJ	
2011	2.90	2011	2.76	-4.77%
2012	3.28	2012	3.20	-2.58%
2013	3.86	2013	4.03	4.39%
2014	3.99	2014	3.97	-0.42%
2015	4.54	2015	4.75	4.52%
Rata-rata <i>Error Forecasting</i>				0.23%

Dari tabel 4.11 dan 4.12 dapat menjelaskan bahwa untuk memvalidasi ketepatan peramalan pada tahun 2011-2015 dibutuhkan parameter dasar yang yaitu tahun 2006-2010 kemudian bisa diketahui bahwa *error forecasting* dari hasil peramalan LEAP, pada trafo SKJ 1 hasil peramalan pada tahun 2011 adalah 2.90 MW lebih rendah dengan data beban PLN sebesar 2.76 MW ,Dari hasil peramalan nilai error sebesar -4.77%. untuk hasil peramalan pada tahun 2012 adalah 3.28 MW lebih rendah dengan data beban PLN sebesar 3.20 MW ,Dari hasil peramalan nilai error sebesar -2.58%. untuk hasil peramalan pada tahun 2013 adalah 3.86 MW lebih tinggi dari data beban PLN sebesar 4.03 MW ,Dari hasil peramalan nilai error sebesar 4.39%. Untuk hasil peramalan pada tahun 2014 adalah 3.99 MW lebih rendah dengan data beban PLN sebesar 3.97 MW, Dari hasil peramalan nilai error sebesar -0.42%. untuk hasil peramalan pada tahun 2015 adalah 4.54 MW lebih tinggi dengan data beban PLN sebesar 4.75 MW ,Dari hasil peramalan nilai error sebesar 4.52%.



Grafik 4.4 Perbandingan Antara Hasil Dari Simulasi *LEAP* Dan Data Pada PLN

Pada Grafik 4.4 menunjukkan perbandingan antara data yang ada di Trafo PWR 1 dengan data hasil peramalan menggunakan leap dengan memvalidasi ketepatan peramalan pada tahun 2011-2015 dengan parameter dasar yang yaitu tahun 2006-2010 ,sehingga bisa diketahui nilai error peramalan dari analisis

tersebut. untuk grafik yang berwarna merah adalah data sebenarnya dan untuk grafik yang berwarna biru merupakan hasil peramalan *software leap*. dengan nilai rata-rata errornya sebesar 0.23 %.

4.11 Hasil Analisa PDRB menggunakan LEAP

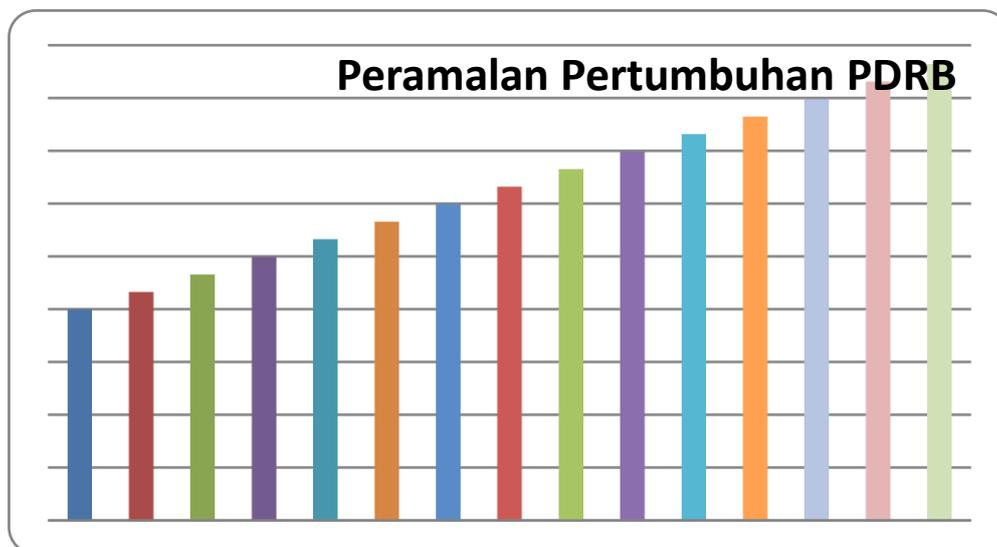
Hasil proyeksi PDRB digunakan sebagai parameter dasar perbandingan untuk menunjukkan bahwa semakin meningkatnya nilai pendapatan di daerah kabupaten pasuruan, maka kebutuhan pasokan energi listrik akan meningkat pula, atau kebutuhan daya listrik berbanding lurus dengan pertumbuhan ekonomi di Kabupaten pasuruan. pada table 4.2.1 bisa diketahui pertumbuhan ekonomi di kabupaten pasuruan dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang kurang signifikan atau hanya mengalami peningkatan rata rata 3 % per tahunnya.

Tabel 4.13 Hasil Analisis Prakiraan Proyeksi Total PDRB Kabupaten Pasuruan Tahun 2016-2030 (Juta Rupiah)

TAHUN	SEKTOR TOTAL
2011	11,820,000
2012	13,160,000
2013	14,890,000
2014	16,770,000
2015	18,320,000
2016	19,975,000
2017	21,636,000
2018	23,297,000
2019	24,958,000
2020	26,619,000
2021	28,280,000

2022	29,941,000
2023	31,602,000
2024	33,263,000
2025	34,924,000
2026	36,585,000
2027	38,246,000
2028	39,907,000
2029	41,568,000
2030	43,229,000

Pada tabel 4.13 menunjukkan hasil peramalan proyeksi PDRB kabupaten pasuruan dimulai dari tahun 2016-2030 dengan parameter dasar peramalan adalah tahun 2016-2030. pada tabel diatas juga menunjukkan pertumbuhan yang signifikan yaitu pada tahun 2016 sektor PDRB sebesar 19,975,000 dan mengalami kenaikan pada tahun 2030 sebesar 43,229,000.



Grafik Hasil 4.5 Analisis PDRB Kabupaten pasuruan Dengan Menggunakan
LEAP

Pada gambar grafik 4.5 menjelaskan bahwa grafik tersebut merupakan hasil dari simulasi software *leap* dengan menggunakan parameter dasar tahun 2011-2030. Pada grafik diatas juga menjelaskan bahwa yang dianalisa adalah total dari seluruh sector PDRB kabupaten pasuruan Grafik ini juga menjelaskan bahwa scenario pertama yang dipakai adalah tahun 2016 dan peramalan berakhir pada 2030 dengan menunjukan pertumbuhan beban yang signifikan.

4.12 Hasil Elastisitas Energi

Hasil proyeksi dan perhitungan elastisitas energi untuk GI APP Kabupaten pasuruan ditunjukkan oleh Tabel 4.14. Proyeksi PDRB mengacu pada laporan kajian potensi pertumbuhan ekonomi kabupaten pasuruan. Elastisitas energi didefinisikan sebagai perbandingan antara pertumbuhan konsumsi energi dengan pertumbuhan ekonomi.

Tabel 4.14 Elastisitas Energi

Tahun	Konsumsi Daya Listrik		PDRB		Elastisitas Energi
	Pertumbuhan Daya (MW)	Growth (%)	Pertumbuhan PDRB	Growth (%)	
2016	19.01	7.53%	19,975,000	9.03%	0.95
2017	20.44	7.52%	21,636,000	8.32%	0.94
2018	21.87	7.00%	23,297,000	7.68%	0.94
2019	23.31	6.58%	24,958,000	7.13%	0.93
2020	24.74	6.13%	26,619,000	6.66%	0.93
2021	26.16	5.74%	28,280,000	6.24%	0.93
2022	27.60	5.50%	29,941,000	5.87%	0.92
2023	29.04	5.22%	31,602,000	5.55%	0.92
2024	30.47	4.92%	33,263,000	5.26%	0.92
2025	31.90	4.69%	34,924,000	4.99%	0.91
2026	33.33	4.48%	36,585,000	4.76%	0.91
2027	34.76	4.29%	38,246,000	4.54%	0.91
2028	36.20	4.14%	39,907,000	4.34%	0.91
2029	37.63	3.95%	41,568,000	4.16%	0.91

2030	39.06	3.80%	43,229,000	4.00%	0.90
Rata-rata		5,28%		5,90%	

Perhitungan menggunakan data ekonomi berdasarkan harga konstan, maka perhitungan elastisitasnya menjadi tidak efisien. Rata-rata pertumbuhan permintaan energinya adalah 5,28 % dan pertumbuhan ekonominya adalah 5,90 %, sehingga elastisitasnya berada pada angka 0,92 pada tahun 2016-2030. Angka ini di bawah 1 % dan mempunyai karakteristik yang sama dengan elastisitas energi nasional, yaitu bersifat boros atau tidak efisien. Namun, data ini pun juga perlu dikaji dan dibandingkan dengan perhitungan elastisitas energi yang melibatkan berbagai sektor energi.

4.13 Kapasitas Gardu Induk

Pertumbuhan daya beban listrik di Gardu induk Sukorejo Purwosari Kabupaten pasuruan diyakini akan semakin meningkat dari waktu ke waktu. Hal ini tentunya diharapkan juga akan mampu menambah dan meningkatnya pertumbuhan di bidang ekonomi maupun dalam rangka pengembangan pembangunan. Oleh karena itu, perencanaan energi dan ketenagalistrikan akan semakin menguatkan dukungan dari sektor energi.

Dari tabel 4.14 dapat diketahui bahwa total kapasitas pada Gardu induk Sukorejo Purwosari Kabupaten pasuruan sebesar 50 MVA, sedangkan hasil dari peramalan konsumsi energi dari tahun 2016-2030 sebesar 39,06 MVA. Hasil peramalan melebihi daya tampung dengan standart garis overload sebesar 34,00 MVA. Hal ini tentunya APP Sukorejo Purwosari Pasuruan harus mempunyai persediaan listrik secara berkelanjutan untuk menyediakan pasokan listrik di masa depan.

4.14 Potensi Pengembangan Gardu Induk

Permintaan pasokan energi listrik di GI Sukorejo Purwosari Kabupaten pasuruan diyakini akan semakin meningkat dari waktu ke waktu. Hal ini tentunya diharapkan juga akan mampu menambah dan meningkatkan pertumbuhan di bidang ekonomi maupun dalam rangka pengembangan pembangunan sector-sektor industry dan bisnis di Kabupaten pasuruan. Oleh karena itu potensi

pengembangan gardu induk sangat memungkinkan terjadi diwaktu mendatang karena syarat utama pengembangan GI adalah letak GI harus sedekat mungkin dengan sumber konsumen untuk meminimalisir terjadinya rugi-rugi daya, maka potensi pertama adalah mengkonfigurasi penyulang *trafo* dari GI yang sudah mendekati *overload* dengan GI yang masih jauh dari mendekati *overload*, hal ini dengan syarat tiap tiap GI jaraknya harus sedekat mungkin. jika hal ini sudah tidak mungkin lagi dilaksanakan maka potensi yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan penambahan kapasitas transformator yang ada di GI itu sendiri. dan kemudian jika kedua hal diatas tidak mungkin dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah dengan melaksanakan pembangunan GI baru dengan transformator baru. beberapa potensi diatas bisa terlaksana berdasarkan pertimbangan-pertimbangan termasuk pertimbangan ekonomi dan efisiensi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Trafo Purwosari 1 dengan kapasitas 20 MVA akan mengalami overload dengan pembebanan sebesar 14,31MW pada tahun 2027.
2. Trafo Puwosari 2 dengan kapasitas 15 MVA akan mengalami overload dengan pembebanan sebesar 10,68MW pada tahun 2026.
3. Trafo Sukorejo 1 dengan kapasitas 15 MVA akan mengalami overload dengan pembebanan sebesar 10,47MW pada tahun 2030.

5.2 Saran

Dari hasil dan kesimpulan penelitian ini, dapat diajukan beberapa saran agar penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut di masa yang akan datang. Beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Perangkat lunak *LEAP* dapat juga digunakan untuk memproyeksikan energi-energi yang lain, dimodelkan sesuai dengan keinginan pengguna.
2. Untuk mendapatkan nilai proyeksi yang lebih baik, sebaiknya menggunakan data beberapa tahun, sehingga didapatkan pertumbuhan data rata-rata yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chandra P. Putra, Maickel Tuegeh ST. MT., Ir. Hans Tumaliang MT., Jurusan Teknik Elektro-FT. UNSRAT, Manado-95115, Email: Lily.S. Patras ST. MT. chandraprahadi@yahoo.com
- [2] N. Amjady, F. Keynia, and H. Zareipour, "Short-term load forecast of microgrids by a new bilevel prediction strategy," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 1, no. 3, pp. 286–294, Dec. 2010.
- [3] Madeleine McPherson n, BryanKarneyUniversity of Toronto, Department of Civil Engineering, Toronto, Canada M5S 1A4
- [4] Anshar, Affandy.2008. Prakiraan Daya Beban Listrik Yang Tersambung Pada Gardu Induk Sengkaling Tahun 2012- 2021 Menggunakan Metode Time Series Dengan Model Dekomposisi. Malang: Universitas Brawijaya.
- [5] Anshar,Affandy.2008. Prakiraan Daya Beban Listrik Yang Tersambung
- [6] Suhono (2010). "Kajian Perencanaan Permintaan Dan Penyediaan Energi Listrik Di Wilayah Kabupaten Sleman Menggunakan Perangkat Lunak LEAP" Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta 2010
- [7] Charles Heaps, An Introduction toLEAP, Stockholm Environment Institute, 2008
- [8] Lubis, Abu Bakar. Drs., MSc.,APU.,Prof.2006. Pengembangan Sistem Kelistrikan Dalam Pembangunan NasionalJangka Panjang.