

Perencanaan Sistem Distribusi 20 KV Siau Tahun 2020

Vinny Janis, Maickel Tuegeh, ST., MT., Ir. Fielman Lisi, MT., Ir. Hans Tumaliang, MT.
Jurusan Teknik Elektro-FT. UNSRAT, Manado-95115, Email: vinny.janis@yahoo.com

Abstrak— Ketersediaan energi listrik yang memadai memicu perkembangan pembangunan daerah baik dari sektor rumah tangga, sosial, layanan publik, bisnis maupun industri, sehingga mendorong perkembangan ekonomi dan tingkat kesejahteraan masyarakat suatu daerah. Tugas akhir ini bertujuan untuk meramalkan kebutuhan tenaga listrik masyarakat Tahun 2012 – 2020 untuk Siau dan merencanakan sistem distribusi Siau pada tahun 2020. Data yang dibutuhkan antara lain Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), Jumlah penduduk, Jumlah pelanggan per sektor, Jumlah konsumsi, daya terpasang tenaga listrik per sektor tarif dan beban puncak serta beberapa data pendukung lain.

Pengolahan data untuk peramalan kebutuhan tenaga listrik menggunakan DKL 3.02. Hasil peramalan pada ahun 2012 – 2020 pada sektor rumah tangga untuk jumlah pelanggan pertumbuhan rata – rata setiap tahunnya adalah 3.1%, sektor bisnis 1.5%, sektor publik 5.7% dan industri 0%. Untuk beban terpasang tahun 2012-2020 pertumbuhan rata-rata pada sektor rumah tangga adalah 2.8%, sektor bisnis 1.5%, sektor publik 5.6% dan sektor industri 0%. Untuk konsumsi energi listrik tahun 2012-2020 pertumbuhan rata-rata pada sektor rumah tangga adalah 25%, sektor bisnis 40.7 %, sektor publik 31.4% dan sektor industri 0%. Sedangkan untuk beban puncak tahun 2012-2020 pertumbuhan rata-rata sebesar 25.5%.

Sebelum diadakan penambahan peralatan atau sistem distribusi baru di Siau, tentu saja harus diketahui terlebih dahulu wilayah mana yang akan menjadi sasaran lokasi perencanaan. Karena Siau merupakan letak ibukota kabupaten yang baru mekar, kemungkinan besar pembangunan diberbagai sektor akan terus dilakukan, misalnya pembangunan kantor, lapangan udara, pusat perdagangan, dan sebagainya. Banyak juga perkampungan yang jumlah penduduknya sudah lumayan banyak tapi belum bisa menikmati listrik. Dalam hal ini PLN sudah merencanakan akan terus berusaha agar seluruh wilayah di Siau sudah bisa dilayani listrik.

Kata Kunci: DKL 3.02, perencanaan distribusi, sistem distribusi, tenaga listrik.

I. PENDAHULUAN

Pulau Siau merupakan bagian dari kabupaten Kepulauan Sitaro, dan merupakan letak ibukota kabupaten. Sebagai pusat pemerintahan, Siau juga merupakan pusat perdagangan dan pusat pendidikan, dimana jumlah penduduknya sudah mulai meningkat setiap tahun. Untuk sistem kelistrikan, Siau dilayani oleh PT.PLN (persero) Ranting Siau, dimana saat ini pembangkit yang ada adalah PLTD Ondong dengan daya mampu adalah 2,4 MW, beban harian 1,6 MW serta beban puncak pemakaian listrik mencapai 2,3 MW. Untuk penyaluran tenaga listrik jaringannya tidak menggunakan jaringan transmisi, karena jarak-jarak antara pembangkit hingga ke konsumen jaraknya tidak terlalu jauh.

Seiring dengan terus bertambahnya penduduk, maka permintaan kebutuhan akan energi listrik pada masyarakat Siau juga meningkat. Dari kenyataan tersebut maka perlu direncanakan pengembangan sistem tenaga listrik baik meliputi penyediaan sumber tenaga listrik, maupun sistem distribusinya. Salah satu sistem tenaga listrik yang perlu diadakan peningkatannya adalah jaringan distribusi.

Dalam merencanakan suatu sistem distribusi, perlu dilakukan perkiraan pertumbuhan beban yang akan datang melalui suatu peramalan beban. Perencanaan sistem distribusi meliputi penentuan ukuran, lokasi dan perubahan waktu masa depan, seperti sejumlah komponen-komponen sistem (substation, saluran, penyulang, dan sebagainya). Perencanaan sistem distribusi ini harus dilakukan secara sistemik dengan pendekatan yang didasarkan pada peramalan beban untuk memperoleh suatu pola pelayanan yang optimal. Dengan demikian diharapkan adanya keserasian dan kontinuitas dari perencanaan dan pertumbuhan beban. Seiring dengan itu, bisa juga diketahui kelayakan jaringan sekarang untuk lima atau sepuluh tahun mendatang serta komponen-komponen apa yang ada pada sistem distribusi yang perlu, ditambahkan atau diganti penggunaannya.

Dari permasalahan itulah penulis mencoba untuk melakukan penelitian dengan judul "Perencanaan Sistem Distribusi 20 kV Siau Tahun 2020" dan bertempat di PT.PLN Ranting Siau sebagai sumber pengambilan data.

II. LANDASAN TEORI

A. Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi secara umum terdiri dari jaringan distribusi primer, gardu distribusi, jaringan distribusi sekunder dan sambungan rumah. Jaringan distribusi primer yang biasanya disebut jaringan tegangan menengah mempergunakan konstruksi di bawah tanah (*underground cable*) dan diatas tanah (saluran udara) yang ditopang oleh tiang-tiang penyangga. Untuk mengatasi keandalan sistem, konfigurasi jaringan dapat dibedakan menjadi jaringan radial, jaringan radial terbuka, jaringan terbuka dan jaringan anyaman. Saat ini, jaringan tegangan menengah yang dikembangkan adalah dengan tegangan 20 KV. Jenis penghantar yang digunakan antara lain XLPE, ACSR, AAAC, AAC dengan ukuran mulai dari 10 mm² sampai dengan 300 mm². Penentuan ukuran penghantar sangat dipengaruhi perkembangan pertumbuhan beban selama umur teknis atau selama 15 tahun^[5].

B. Sistem Pendistribusian Tenaga Listrik

Sistem pendistribusian tenaga listrik terdiri dari:

1. Sistem pendistribusian langsung merupakan system penyaluran tenaga listrik yang dilakukan secara langsung dari Pusat Pembangkit Tenaga Listrik, dan tidak melalui jaringan transmisi terlebih dahulu. Sistem pendistribusian langsung ini digunakan jika Pusat Pembangkit Tenaga Listrik berada tidak jauh dari pusat-pusat beban, biasanya terletak daerah pelayanan beban atau dipinggiran kota.

2. Sistem pendistribusian tak langsung merupakan sistem penyaluran tenaga listrik yang dilakukan jika Pusat Pembangkit Tenaga Listrik jauh dari pusat-pusat beban, sehingga untuk penyaluran tenaga listrik memerlukan jaringan transmisi sebagai jaringan perantara sebelum dihubungkan dengan jaringan distribusi yang langsung menyalurkan tenaga listrik ke konsumen [9].

C. Struktur Distribusi Tenaga Listrik

Sruktur distribusi tenaga listrik terdiri dari [9]:

1. Gardu Induk/Gardu Induk Distribusi
2. Gardu Hubung
3. Gardu distribusi
4. Feeder (Penyulang)

D. Klasifikasi Saluran Distribusi tenaga Listrik

Secara umum, saluran tenaga Listrik atau saluran distribusi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Menurut nilai tegangan

a. Saluran Distribusi Primer.

Terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik Sekunder trafo substation (G.I.) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20 KV. Jaringan listrik 70 KV atau 150 KV, jika langsung melayani pelanggan bisa disebut jaringan distribusi.

b. Saluran Distribusi Sekunder.

Terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban.

2. Menurut bentuk tegangan

a. Saluran Distribusi DC (*Direct Current*) menggunakan sistem tegangan searah.

b. Saluran Distribusi AC (*Alternating Current*) menggunakan sistem tegangan bolak-balik.

3. Menurut jenis konduktor

a. Saluran udara, dipasang pada udara terbuka dengan bantuan support (tiang) dan perlengkapannya, dibedakan atas:

- Saluran kawat udara, bila konduktornya telanjang, tanpa isolasi pembungkus.
- Saluran kabel udara, bila konduktornya terbungkus isolasi.

b. Saluran Bawah Tanah, dipasang di dalam tanah, dengan menggunakan kabel tanah (*ground cable*).

c. Saluran Bawah Laut, dipasang di dasar laut dengan menggunakan kabel laut (*submarine cable*).

4. Menurut susunan salurannya

- a. Saluran Konfigurasi Horisontal
- b. Saluran Konfigurasi Vertikal
- c. Saluran Konfigurasi Delta

5. Menurut susunan rangkaiannya

a. Jaringan Radial

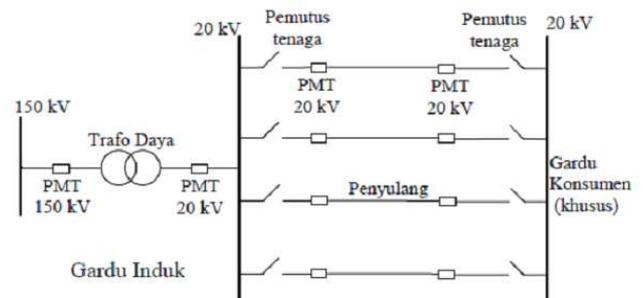
Sistem distribusi dengan pola Radial seperti Gambar 1 adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.

b. Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*)

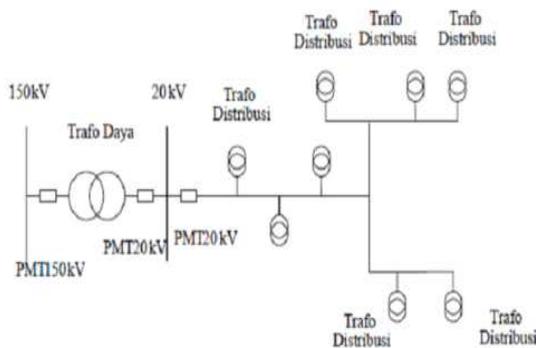
Sistem distribusi *Tie Line* seperti Gambar 2 digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, dan lain-lain).

c. Jaringan Lingkar (*Loop*)

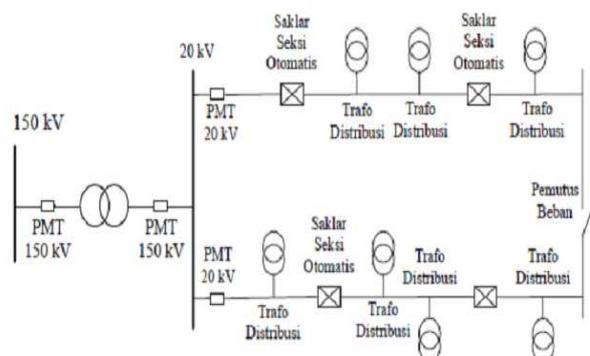
Pada Jaringan Tegangan Menengah Struktur Lingkaran (*Loop*) seperti Gambar 3 dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian tingkat keandalannya relatif lebih baik.



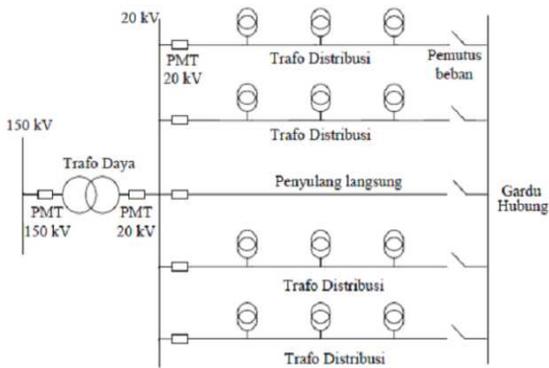
Gambar 2 Konfigurasi Jaringan Hantaran Penghubung



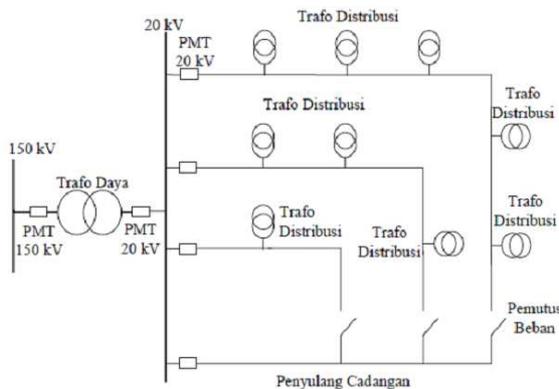
Gambar 1 Konfigurasi Jaringan Radial



Gambar 3 Konfigurasi Jaringan Loop



Gambar 4 Konfigurasi Jaringan Spindel



Gambar 5 Konfigurasi Sistem Kluster

d. Jaringan Spindel

Sistem Spindel seperti pada Gambar 4 adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola Radial dan Ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang (feeder) yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH).

e. Sistem Gugus atau Sistem Kluster

Konfigurasi Gugus seperti pada Gambar 5 banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat Saklar Pemutus Beban, dan penyulang cadangan.

E. Gardu Trafo Distribusi

Gardu trafo distribusi berlokasi dekat dengan konsumen. Transformator dipasang pada tiang listrik dan menyatu dengan jaringan listrik. Untuk mengamankan transformator dan sistemnya, gardu dilengkapi dengan unit-unit pengaman. Karena tegangan yang masih tinggi belum dapat digunakan untuk mencatu beban secara langsung, kecuali pada beban yang didesain khusus, maka digunakan transformator penurun tegangan (*step down*) yang berfungsi untuk menurunkan tegangan menengah 20 KV ke tegangan rendah 400/230 Volt. Gardu trafo distribusi ini terdiri dari dua sisi, yaitu : sisi primer dan sisi sekunder. Sisi primer merupakan saluran yang akan mensuplai ke bagian sisi sekunder [3].

F. Transformator Distribusi

Tujuan dari penggunaan transformator distribusi adalah untuk mengurangi tegangan utama dari sistem distribusi listrik untuk tegangan pemanfaatan penggunaan konsumen. Transformator distribusi yang umum digunakan adalah transformator *step-down* 20 KV/400 V. Tegangan fasa ke fasa sistem jaringan tegangan rendah adalah 380 V. Karena terjadi drop tegangan, maka pada tegangan rendahnya dibuat diatas 380 V agar tegangan pada ujung penerima tidak lebih kecil dari 380 V. Sebuah transformator distribusi perangkat statis yang dibangun dengan dua atau lebih gulungan digunakan untuk mentransfer daya listrik arus bolak-balik oleh induksi elektromagnetik dari satu sirkuit ke yang lain pada frekuensi yang sama tetapi dengan nilai-nilai yang berbeda tegangan dan arusnya.

G. Tiang

Pada umumnya tiang listrik yang sekarang pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV terbuat dari beton bertulang dan tiang besi. Pemakaian tiang kayu sudah jarang digunakan karena daya tahannya (umurnya) relatif pendek dan memerlukan pemeliharaan khusus. Dilihat dari fungsinya, tiang listrik dibedakan menjadi dua yaitu tiang pemikul dan tiang tarik. Tiang pemikul berfungsi untuk memikul konduktor dan isolator, sedangkan tiang tarik berfungsi untuk menarik konduktor.

Pada SUTM 20 KV, jarak antar tiang ditetapkan sebesar 40 meter, tetapi jarak tersebut perlu disesuaikan dengan kondisi wilayah sehingga diberi standar yang jelas sejauh 30 - 50 meter. Untuk pemasangan tiang, sudah ada standar untuk kedalaman tiang yang harus ditanam dibawah permukaan tanah yaitu 1/6 dari panjang tiang.

H. Tipe-tipe beban

1. Beban Domestik (Domestic Load)

Beban domestik, meliputi bagian dari perumahan seperti peralatan listriknya yang terdiri dari lampu penerangan, kipas angin, setrika, alat-alat rumah tangga Pada beban ini kurva beban puncaknya terjadi dua kali yakni pada pagi dan malam hari.
2. Beban Komersil (Commercial Load)

Beban komersil, terdapat pada daerah perkotaan. Peralatan listriknya terdiri dari penerangan untuk toko-toko, reklame, kipas angin, pemanas, dan alat-alat listrik lainnya yang dipakai pada bangunan perdagangan seperti toko-toko, restoran, pasar-pasar dan sebagainya.
3. Beban Kota (Municipal Load)

Beban kota meliputi penerangan pada jalan-jalan umum yang selalu tetap sepanjang malam dan lampu lalu lintas tetapi dengan beban kecil. Beban kota juga untuk penyediaan air minum dan pengairan.
4. Beban Pertanian (Agriculture Load)

Beban pertanian untuk penyediaan air irigasi yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak.
5. Beban Industri (Industrial Load)

Beban industri untuk industri-industri baik industri rumah tangga, skala kecil, skala menengah, besar dan berat.

I. Perencanaan Sistem Distribusi

Perencanaan sistem distribusi diperlukan untuk menjamin bahwa pertumbuhan beban listrik dapat dipenuhi oleh penambahan sistem distribusi yang secara teknis dan ekonomis memenuhi syarat. Pertimbangan kerja yang dilakukan pada proses ini tidak dapat diabaikan begitu saja sebab akan berhubungan dengan keadaan sistem pada masa yang akan datang untuk menunjang keandalan pelayanan.

J. Peramalan Beban Listrik

Pada proses perencanaan pengembangan sistem tenaga listrik diperlukan suatu peramalan kebutuhan tenaga listrik yang dapat memberikan informasi kepada pembuat kebijakan, sehingga dengan peramalan yang baik akan dapat mengurangi resiko pembangunan yang tidak dibutuhkan. Kebutuhan tenaga listrik suatu daerah tergantung dari letak daerah, jumlah penduduk, standar kehidupan, rencana pembangunan atau pengembangan daerah di masa yang akan datang. Sehingga dalam peramalan diperlukan data yang mencakup perkembangan daerah, tingkat perekonomian daerah maka dapat digunakan jumlah *Produk Domestik Regional Bruto*, kemudian jumlah penduduk daerah tersebut, dan sebagainya. 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, bila peramalan terlalu besar dari permintaan maka akan mengalami kelebihan pembangkitan yang merupakan pemborosan.

Oleh karena itu kesalahan peramalan harus seminimum mungkin. Dalam peramalan jangka panjang terhadap konsumsi tenaga listrik dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

1. Faktor Ekonomi, yang ditentukan melalui data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB).
2. Jumlah Penduduk.
3. Jumlah Rumah Tangga.
4. Jumlah Pelanggan listrik per sektor.
5. Tarif Dasar Listrik.

K. Jangka Waktu Prakiraan

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

1. Prakiraan jangka panjang
Prakiraan jangka panjang adalah prakiraan untuk jangka waktu diatas satu tahun.
2. Prakiraan jangka menengah
Prakiraan jangka menengah adalah prakiraan untuk jangka waktu dari satu bulan sampai dengan satu tahun.
3. Prakiraan jangka pendek
Prakiraan jangka pendek adalah prakiraan untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu (168 jam).

L. Perangkat Lunak Model DKL 3.02

Model ini dibangun dengan menggabungkan beberapa model yaitu: *Trend*, *Ekonometri* dan *End Use* [12].

1. Model Trend

Pendekatan trend dilakukan dengan melakukan proyeksi berdasarkan data historis di masa lalu. Data tersebut kemudian diekstrapolasikan berdasarkan kecenderungan yang terjadi. Bisa dihubungkan dengan rata-rata dari data tersebut maupun

dengan memilih jenis kurva yang diinginkan. Keunggulannya adalah data yang diperlukan bersifat sederhana. Namun, ada juga kelemahannya terutama karena tidak dapat menggambarkan perubahan struktural yang terjadi dari masing-masing variabel yang berpengaruh baik untuk faktor teknologi maupun ekonomi. [11]

2. Model Ekonometri

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 ketenagalistrikan [8].

3. Model 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. [8]

Model DKL 3.02 ini juga menggunakan pendekatan sektoral yaitu dengan mengelompokkan pelanggan menjadi empat sektor yaitu: Rumah Tangga, Komersil, Industri dan Publik. Sektor publik pada model DKL 3.02 merupakan gabungan dua sektor yaitu sektor publik dan sektor sosial.

a. Jumlah Pelanggan/Number of customer ($NC_{(t)}$)

$$NC_{R(t)} = \left(\left(\frac{RE_{(t)}}{100} \right) \left(\frac{JP_{(t)}}{(P/Hh)_{(t)}} \right) \times 1000 \right) \quad (1)$$

Dimana:

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

$$NC_{B(t)} = \left(1 + \frac{(CF_{B(t)} \times GD_{B(t)})}{100} \right) NC_{B(t-1)} \quad (2)$$

Dimana:

$NC_{B(t)}$ = Jumlah pelanggan bisnis tahun t [jiwa]

$CF_{B(t)}$ = Faktor kapasitas pelanggan sektor bisnis tahun t

$GD_{B(t)}$ = Pertumbuhan pelanggan sektor bisnis tahun t [%]

$$NC_{P(t)} = \left(1 + \frac{(CF_{P(t)} \times GD_{P(t)})}{100} \right) NC_{P(t-1)} \quad (3)$$

Dimana:

$NC_{P(t)}$ = Jumlah pelanggan publik tahun t [jiwa]

$CF_{P(t)}$ = Faktor kapasitas pelanggan sektor publik tahun t

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

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

$$GD_{I(t)} > 0, NC_{I(t)} = \left(1 + \frac{(CF_{I(t)} \times GD_{I(t)})}{100} \right) \times NC_{I(t-1)} \quad (4)$$

Dimana:

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

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

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

Total jumlah pelanggan tahun t diperoleh dengan persamaan:

$$NC_{(t)} = NC_{R(t)} + NC_{B(t)} + NC_{P(t)} + NC_{I(t)} \quad (5)$$

b. Daya terpasang/*Power Contracted* ($PC_{(t)}$)

$$PC_{R(t)} = PC_{R(t-1)} + \frac{AC_{R(t)} \times \left(\frac{1}{n} \left(\frac{PC}{AC} \right)_{R(t-1)} + \left(\frac{PC}{AC} \right)_{R(t-2)} + \dots + \left(\frac{PC}{AC} \right)_{R(t-n)} \right)}{1000000} \quad (6)$$

Dimana:

$PC_{R(t)}$ = Daya terpasang sektor rumah tangga tahun t [MVA]

$AC_{R(t)}$ = Penambahan pelanggan sektor rumah tangga tahun t

n = Jumlah tahun yang masuk pada perhitungan

$$PC_{B(t)} = PC_{B(t-1)} + \frac{AC_{B(t)} \times \left(\frac{1}{n} \left(\frac{PC}{AC} \right)_{B(t-1)} + \left(\frac{PC}{AC} \right)_{B(t-2)} + \dots + \left(\frac{PC}{AC} \right)_{B(t-n)} \right)}{1000000} \quad (7)$$

Dimana:

$PC_{B(t)}$ = Daya terpasang sektor bisnis tahun t [MVA]

$AC_{B(t)}$ = Penambahan pelanggan sektor bisnis tahun t

$$PC_{P(t)} = PC_{P(t-1)} + \frac{AC_{P(t)} \times \left(\frac{1}{n} \left(\frac{PC}{AC} \right)_{P(t-1)} + \left(\frac{PC}{AC} \right)_{P(t-2)} + \dots + \left(\frac{PC}{AC} \right)_{P(t-n)} \right)}{1000000} \quad (8)$$

Dimana:

$PC_{P(t)}$ = Daya terpasang sektor publik tahun t [MVA]

$AC_{P(t)}$ = Penambahan pelanggan sektor publik tahun t

$$PC_{I(t)} = PC_{I(t-1)} + \frac{AC_{I(t)} \times \left(\frac{1}{n} \left(\frac{PC}{AC} \right)_{I(t-1)} + \left(\frac{PC}{AC} \right)_{I(t-2)} + \dots + \left(\frac{PC}{AC} \right)_{I(t-n)} \right)}{1000000} \quad (9)$$

Dimana:

$PC_{I(t)}$ = Daya terpasang sektor industri tahun t [MVA]

$AC_{I(t)}$ = Penambahan pelanggan sektor industri tahun t

Total daya terpasang tahun t diperoleh dengan persamaan:

$$PC_{(t)} = PC_{R(t)} + PC_{B(t)} + PC_{P(t)} + PC_{I(t)} \quad (10)$$

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

$$\text{If } GD_{Tot(t)} < 0, EC_{R(t)} = \left(\left(1 + \left(E_{R(t)} \times \frac{0}{100} \right) \right) EC_{R(t-1)} \right) \times \frac{NNC_{R(t)}}{10^6} \times (NC_{R(t)} - NCR(t-1)),$$

$$GD_{Tot(t)} > 0, EC_{R(t)} = \left(\left(1 + \left(E_{R(t)} \times \frac{GD_{Tot(t)}}{100} \right) \right) EC_{R(t-1)} \right) \times \frac{NNC_{R(t)}}{10^6} \times (NC_{R(t)} - NCR(t-1)) \quad (10)$$

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

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

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

Dimana:

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

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

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

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

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

Dimana:

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

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

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

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

$$GD_{I(t)} > 0, EC_{I(t)} = \left(\left(\left(1 + \left(E_{I(t)} \times \frac{GD_{I(t)}}{100} \right) \right) EC_{I(t-1)} \right) + (Rat. I_4 + I_5)_{(t)} \right) \quad (13)$$

Dimana:

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

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

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

$(Rat. I_4 + I_5)_{(t)}$ = Konsumsi energi sektor industri golongan 4 dan 5

Total daya terpasang tahun t diperoleh dengan persamaan:

$$EC_{(t)} = EC_{R(t)} + EC_{B(t)} + EC_{P(t)} + EC_{I(t)} \quad (14)$$

d. Beban Puncak/*Peak Load* [MW]

$$PL_{(t)} = TP_{(t)} / \left((365 \times 24 / 1000) \times (LF_{(t)} / 100) \right) \quad (15)$$

$$TP_{(t)} = PUR_{(t)} + PP_{(t)} \quad (16)$$

$$PP_{(t)} = \frac{SO_{(t)}}{1 - (SU_{(t)} / 100)} \quad (17)$$

$$SO_{(t)} = ER - PUR_{(t)} \quad (18)$$

$$ER_{(t)} = \frac{EC_{(t)}}{1 - (LOS / 100)} \quad (19)$$

Dengan,

TP = Total produksi [GWh]

PP = Produksi PLN [GWh]

SO = Energi yang disalurkan [GWh]

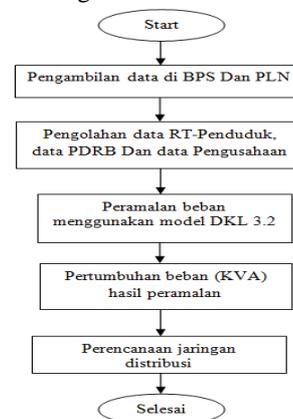
ER = Energi yang diterima [GWh]

LOS = *Losses* transmisi dan distribusi [GWh]

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Pelaksanaan pengumpulan data dilakukan pada bulan Juli-Agustus 2012. Pengambilan data ini meliputi, pengambilan data di BPS Kab.Kepl.Sitaro, BAPPEDA Kab.Kepl.Sitaro dan PT.PLN (Persero) Cabang Tahuna dan Ranting Khusus Siau.



Gambar 5 Flowchart (Diagram alur) Pelaksanaan Penelitian

B. Prosedur Penelitian

Pada tugas akhir ini, untuk peramalan beban listrik Siau yang merupakan salah satu tahap pada suatu proses perencanaan, digunakan perangkat lunak DKL 3.02, diagram alurnya dapat dilihat pada gambar 5.

C. Data Teknis

Data yang dikumpulkan untuk penyusunan tugas akhir ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari BPS Kab.Kepl.Sitaro, PT. PLN Cabang Tahuna- Ranting Khusus Siau.

Adapun data-data yang dikumpulkan didalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Data penduduk siau, dimana data ini terdiri dari jumlah penduduk, jumlah rumah tangga dan penduduk/RT. Data-data ini dapat dilihat pada tabel I.
2. Data pertumbuhan ekonomi, dimana data ini merupakan pertumbuhan ekonomi kabupaten kepulauan Siau tagulandang Biaro yang ditunjukkan oleh PBRD atas dasar harga konstan. Data-data ini dapat dilihat pada tabel II.
3. Data kondisi eksisting kelistrikan Siau, dimana data ini terdiri dari data energi sales, beban terpasang, jumlah pelanggan, dan beban puncak dari tahun 2008 sampai 2011. Data-data dapat dilihat pada tabel III, tabel IV, tabel V dan tabel VI.
4. Data pembangkit, data-data ini dapat dilihat pada tabel VII.

Tabel I. Data Penduduk Siau

Tahun	Jumlah penduduk	Rumah Tangga (RT)	Penduduk/RT
2008	38,866	11,338	3.43
2009	38,955	11,419	3.41
2010	40,758	11,519	3.54
2011	40,835	11,491	3.41

Tabel II. PDRB Menurut Lapangan Usaha Siau

Lapangan Usaha	2006	2007	2008	2009	2010
Pertanian	82,515.19	85,796.30	89,042.88	92,327.08	96,553.78
Pertambangan dan Penggalian	6,142.30	6,591.92	7,251.57	7,926.69	8,510.10
Industri Pengolahan	2,656.30	2,697.74	2,726.20	2,781.54	2,818.26
Listrik, gas dan Air Bersih	1,760.13	1,907.98	2,060.71	2,255.40	2,374.88
Bangunan	22,490.37	24,179.40	26,764.20	30,299.75	33,441.83
Perdagangan, Hotel dan Restoran	34,061.32	35,763.58	39,341.05	43,225.62	47,569.68
Pengangkutan dan Komunikasi	33,759.00	35,944.94	38,799.66	42,093.54	46,118.72
Keuangan Persewaan dan jasa Perusahaan	8,874.89	9,631.81	10,380.30	11,076.63	11,714.27
Jasa-Jasa	43,790.34	47,054.35	49,686.87	52,975.40	56,940.58
PDRB dengan Migas	236,049.86	249,588.01	266,053.44	285,161.66	306,042.10
PDRB tanpa Migas	236,049.86	249,588.01	266,053.44	285,161.66	306,042.10
Pertumbuhan PDRB dengan Migas	4.12	5.74	6.60	7.18	7.32

Tabel III. Energy Sales Ranting Siau tahun 2008 – 2011

Golongan Tarif	Energi sales [GWh]			
	2008	2009	2010	2011
Rumah tangga (R)	5.615484	6.223746	7.365144	8.87589
Bisnis (B)	0.759506	1.144419	1.037199	1.43015
Publik (P)	0.316387	0.414582	0.505401	0.64126
Industri (I)	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377
Total	6.729077	7.820447	8.945444	10.985

Tabel IV. Jumlah Pelanggan PLN Siau tahun 2008 – 2011

Golongan Tarif	Jumlah pelanggan			
	2008	2009	2010	2011
Rumah Tangga (R)	7,227	7,324	7,382	7,913
Bisnis (B)	450	461	455	457
Publik (P)	279	283	305	317
Industri (I)	1	1	1	1
Total	8,007	8,069	8,143	8,688

Tabel V. Beban Terpasang Siau Tahun 2008 – 2011

Golongan Tarif	Beban terpasang [KVA]			
	2008	2009	2010	2011
Rumah tangga (R)	5117.55	5186.54	5425.3	6156.95
Bisnis (B)	612.15	625.65	616.1	698.15
Publik (P)	451.85	465.55	498.3	559.6
Industri (I)	41.5	41.5	41.5	41.5
Total	6223.05	6319.24	6581.2	7456.2

Tabel VI. Beban Puncak Siau tahun 2008 – 2011

Tahun	Beban puncak [MW]
2008	1,56
2009	1,95
2010	2,15
2011	2,76

Tabel VII. Data Pembangkit

NO	MERK MESIN/ TYPE NOMOR SERI	Tahun Operasi	Daya (KW)	
			Kapasitas	Mampu
1	DEUTZ BA 6M 816	1986	260	150
	NO : 6973568			
2	DEUTZ BA 6M 816	1986	260	170
	NO : 6973477			
3	MWM TBD 616 V16	1986	700	500
	NO : 2204165			
4	DEUTZ BA 12M 816	1986	560	0
	NO : 6985199			
5	DEUTZ MWM TBD 616 V12	1997	500	300
	NO : 616.12.001370			
6	DAIHATSU 6 PSTC - 22	1979	250	160
	NO : 6221096			
7	KOMATSU SAA 6D 125 P 400	1998	250	150
	NO : 72434			
8	DAF DKT 1160 A	1985	140	80
	NO : F 83001			
9	KOMATSU SAA12V 140 P800	1977	700	0
	NO : 11550			
10	DEUTZ BF8M 716	1975	220	0
	NO : 5382082			
11	KOMATSU SAA 12V 140 P800	2002	700	500
	NO : 13192			
12	M T U 18 V 2000 G63	2005	700	450
	NO : 539100918			
Total			5,240	2,460

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Peramalan Kebutuhan Listrik Siau Tahun 2020

1. Peramalan jumlah pelanggan tenaga listrik Siau tahun 2020.

Peramalan beban terpasang Siau menggunakan DKL 3.02, dengan metode perhitungan seperti pada persamaan 1 sampai 5.

- Beban terpasang sektor rumah tangga :

$$PC_{R(2020)} = 7452 + \frac{293 \times \left(\frac{1}{11}(8,436,862.3)\right)}{1000000}$$

$$PC_{R(2020)} = 7452 + \frac{(293) \times (766,987.4818)}{1000000}$$

$$PC_{R(2020)} = 7452 + 224.7$$

$$PC_{R(2020)} = 7676.7 \text{ MVA}$$

- Beban terpasang sektor bisnis :

$$PC_{B(2020)} = 785.19 + \frac{9 \times \left(\frac{1}{11}(16,421,795.4)\right)}{1000000}$$

$$PC_{B(2020)} = 785.19 + \frac{9 \times (1,492,890.491)}{1000000}$$

$$PC_{B(2020)} = 785.19 + 13.436$$

$$PC_{B(2020)} = 798.6 \text{ MVA}$$

- Beban terpasang sektor publik :

$$PC_{P(2020)} = 862.8 + \frac{30 \times \left(\frac{1}{11}(19,072,277)\right)}{1000000}$$

$$PC_{P(2020)} = 862.8 + \frac{30 \times (1,733,843.364)}{1000000}$$

$$PC_{P(2020)} = 862.8 + 52.02$$

$$PC_{P(2012)} = 914.82 \text{ MVA}$$

- Beban terpasang sektor industri :

$$PC_{R(2020)} = 41.5 + 0$$

$$PC_{R(2020)} = 41.5 \text{ MVA}$$

- Total beban terpasang Siau tahun 2020

$$PC_{TOT(2020)} = 7676.7 + 798.6 + 914.82 + 41.5$$

$$PC_{TOT(2020)} = 9431.62 \text{ MVA}$$

2. Peramalan Beban Terpasang Siau Sampai Tahun 2020.

Peramalan beban terpasang Siau menggunakan DKL 3.02, dengan metode perhitungan seperti pada persamaan 6 sampai 10.

- Beban terpasang sektor rumah tangga :

$$PC_{R(2020)} = 7452 + \frac{293 \times \left(\frac{1}{11}(8,436,862.3)\right)}{1000000}$$

$$PC_{R(2020)} = 7452 + \frac{(293) \times (766,987.4818)}{1000000}$$

$$PC_{R(2020)} = 7452 + 224.7$$

$$PC_{R(2020)} = 7676.7 \text{ MVA}$$

- Beban terpasang sektor bisnis :

$$PC_{B(2020)} = 785.19 + \frac{9 \times \left(\frac{1}{11}(16,421,795.4)\right)}{1000000}$$

$$PC_{B(2020)} = 785.19 + \frac{9 \times (1,492,890.491)}{1000000}$$

$$PC_{B(2020)} = 785.19 + 13.436$$

$$PC_{B(2020)} = 798.6 \text{ MVA}$$

- Beban terpasang sektor publik :

$$PC_{P(2020)} = 862.8 + \frac{30 \times \left(\frac{1}{11}(19,072,277)\right)}{1000000}$$

$$PC_{P(2020)} = 862.8 + \frac{30 \times (1,733,843.364)}{1000000}$$

$$PC_{P(2020)} = 862.8 + 52.02$$

$$PC_{P(2012)} = 914.82 \text{ MVA}$$

- Beban terpasang sektor industri :

$$PC_{R(2020)} = 41.5 + 0$$

$$PC_{R(2020)} = 41.5 \text{ MVA}$$

- Total beban terpasang Siau tahun 2020

$$PC_{TOT(2020)} = 7676.7 + 798.6 + 914.82 + 41.5$$

$$PC_{TOT(2020)} = 9431.62 \text{ MVA}$$

3. Peramalan Konsumsi Energi Siau Sampai Tahun 2020.

Konsumsi energi listrik masyarakat Siau diramalkan dengan DKL 3.02, yang didasari oleh persamaan 10 sampai 14. Berikut model perhitungan konsumsi energi listrik:

- Konsumsi energi listrik sektor rumah tangga:

$GD_{Tot}(t) > 0$, maka:

$$EC_{B(2020)} = \left((1 + (0.2424)) \times 50.6 \right) + 0.33$$

$$EC_{B(2020)} = 63.2 \text{ GWh}$$

- Konsumsi energi listrik sektor bisnis:

$GD_{Tot}(t) > 0$, maka:

$$EC_{B(2020)} = \left(\left(1 + \left(5.52 \times \frac{7.6}{100} \right) \right) \times 21.6 \right)$$

$$EC_{B(2020)} = \left((1 + (0.41952)) \times 21.6 \right)$$

$$EC_{B(2020)} = 30.7 \text{ GWh}$$

- Konsumsi energi listrik sektor publik:

$GD_{Tot}(t) > 0$, maka:

$$EC_{P(2020)} = \left(\left(1 + \left(3.97 \times \frac{8.0}{100} \right) \right) \times 5.4 \right)$$

$$EC_{P(2020)} = \left((1 + (0.3176)) \times 5.4 \right)$$

$$EC_{P(2020)} = 7.12 \text{ GWh}$$

- Konsumsi energi listrik sektor industri:

$GD_{Tot}(t) > 0$, maka:

$$EC_{I(2020)} = \left(\left(\left(1 + \left(0 \times \frac{10}{100} \right) \right) \times 0.0377 \right) + 0 \right)$$

$$EC_{I(2020)} = 0.0377 \text{ GWh}$$

- Total konsumsi energi listrik tahun 2020 diperoleh:

$$EC_{(2020)} = 63.2 + 30.7 + 7.12 + 0.0377$$

$$EC_{(2020)} = 101.06 \text{ GWh}$$

4. Peramalan Beban Puncak Siau Sampai Tahun 2020.

Peramalan beban puncak menggunakan DKL 3.02, didasarkan pada persamaan 15 sampai 19:

$$ER_{(2020)} = \frac{101}{1 - (58.2/100)} = \frac{101}{0.418} = 241.63 \text{ GWh}$$

$$SO_{(2020)} = 242 - 0 = 242 \text{ GWh}$$

$$PP_{(2020)} = \frac{242}{1 - (1.0/100)} = 244.4 \text{ GWh}$$

$$TP_{(2020)} = 244.4 + 0 = 244.4 \text{ GWh}$$

Dengan diketahuinya nilai $TP_{(2020)}$, maka dapat dihitung beban puncak tahun 2020:

$$PL_{(2020)} = 244.4 / ((365 \times 24/1000) \times (59/100))$$

$$PL_{(2020)} = 244.4 / (8.76 \times 0.59)$$

$$PL_{(2020)} = 47.3 \text{ GWh}$$

B. Perencanaan Sistem Distribusi 20 KV

Para pelanggan listrik PLN di wilayah Siau terdiri dari empat kategori, yaitu rumah tangga, bisnis, industri, sosial dan pemerintah. Menurut posisi tahun 2012, pelanggan terbanyak berasal dari rumah tangga 7,747 (91 %), diikuti pelanggan bisnis 464 (5 persen), lalu pelanggan publik 335 (4 %) dan pelanggan 1 (0 %).

Jumlah pelanggan Siau pada sektor rumah tangga rata-rata meningkat sebesar 3.1125% dari tahun 2012 sampai 2020. Pada sektor bisnis meningkat 1.525%, sektor publik

meningkat 5.7357%, sedangkan untuk sektor industri tidak mengalami kenaikan.

Persentase beban terpasang Siau, pada sektor rumah tangga rata-rata meningkat 2.825% dari tahun 2012 sampai 2020. Pada sektor bisnis meningkat 1.5125%, sektor publik meningkat 5.65% sedangkan untuk sektor industri tidak mengalami kenaikan.

Persentase konsumsi energi listrik Siau pada sektor rumah tangga rata-rata meningkat 24.975% dari tahun 2012 sampai 2020. Pada sektor bisnis meningkat 40.75%, sektor publik meningkat 31.425% sedangkan untuk sektor industri tidak mengalami kenaikan.

Perencanaan pengembangan sistem distribusi hendaknya dilakukan selaras dengan keseimbangan antara kebutuhan dan kapasitas, berdasarkan pada kriteria perencanaan yang digunakan. Dalam perencanaan distribusi, metode yang dapat digunakan adalah menggunakan faktor elastisitas antara panjang Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan penjualan energi listrik, dan elastisitas antara penambahan pelanggan dengan trafo distribusi.

Pendistribusian tenaga listrik pada wilayah Siau menggunakan saluran distribusi primer 20 KV dengan jenis konduktor yang digunakan adalah saluran kabel udara. Konfigurasi jaringan yang dipasang adalah model Jaringan Radial yang memiliki panjang jaringan tegangan menengah (JTM) adalah 76.000 kms dan panjang jaringan tegangan rendah (JTR) adalah 97.279 kms. Terdapat 76 buah gardu distribusi yang memiliki kapasitas terpasang sebesar 3.695 kVA.

Dalam merencanakan perencanaan jaringan distribusi, pada intinya yang harus diperhatikan adalah kondisi gardu distribusi dan trafo. Untuk jaringan distribusi yang melayani kebutuhan kelistrikan di Siau, menurut pengamatan dan hasil survey di lapangan, masih dalam kondisi baik dan aman. Dimana sejak tahun 2004 PLN Ranting Siau yang berada dalam pimpinan PT.PLN wilayah Suluttenggo telah mengadakan peningkatan rating yang berupa menaikkan tegangan JTM dari 6 KV menjadi 20KV.

Seiring dengan bertambahnya waktu, jumlah penduduk di Siau diperkirakan akan terus bertambah. Oleh karena itu walaupun saat sekarang kondisi peralatan sistem distribusi adalah peralatan-peralatan yang masih baru dan baik namun perlu diperhatikan kemampuan penyaluran beban listrik. Dimana kemungkinan besar perlu ditambahkannya beberapa gardu distribusi maupun trafo seiring bertambahnya jumlah pelanggan PLN di Siau. Karena semakin panjang saluran distribusi maka semakin banyak pula rugi-rugi tegangan yang terjadi di jaringan.

Sebelum diadakan penambahan peralatan atau sistem distribusi baru di Siau, tentu saja harus diketahui terlebih dahulu wilayah mana yang akan menjadi sasaran lokasi perencanaan. Karena Siau merupakan letak ibukota kabupaten yang baru mekar, kemungkinan besar pembangunan diberbagai sektor akan terus dilakukan, misalnya pembangunan kantor, lapangan udara, pusat perdagangan, dan sebagainya. Banyak juga perkampungan yang jumlah penduduknya sudah lumayan banyak tapi belum bisa menikmati listrik. Dalam hal ini PLN sudah merencanakan

akan terus berusaha agar seluruh wilayah di Siau sudah bisa dilayani listrik.

V.PENUTUP

A. Kesimpulan:

Berdasarkan dari hasil analisa dan pembahasan diperoleh kesimpulan adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan data yang diambil, dapat dilihat bahwa pertumbuhan diberbagai sektor rata-rata meningkat. Setelah dilakukan peramalan ternyata hasilnya juga meningkat setiap tahun yakni dari tahun 2012-2020.
2. Sektor yang paling besar adalah sektor Rumah tangga sedangkan paling sedikit adalah sektor industri.
3. Pada tahun 2020 Total Jumlah pelanggan PLN di Siau mencapai 10,951, Total beban terpasang sebesar 9,429.3 KVA, Total konsumsi energi sebesar 101.1 GWh Dan Beban puncak sebesar 47.3 MW.
4. Karena semakin meningkatnya kebutuhan energi listrik, maka untuk tahun 2020 perlu dilakukan perencanaan pengembangan jaringan distribusi berdasarkan pembangunan yang direncanakan pemerintah SITARO.
5. Setelah pemerintah menentukan perencanaan pembangunan, maka PLN dapat melakukan pengembangan jaringan distribusi.

B. Saran

Perlu adanya kerjasama dan sikap saling mendukung antara PLN Dan Pemerintah Kabupaten kepulauan SITARO dalam memenuhi kebutuhan masyarakat terhadap tenaga listrik. Pemerintah bisa mendukung pengembangan tersebut dengan menanam investasi ke PLN. Untuk timbal baliknya PLN terus menjaga kualitas *supply* tenaga listrik atau pemotongan biaya beban tagihan listrik di Wilayah pemerintah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Saefulloh ,” Perencanaan Pengembangan Gardu Induk untuk 10 Tahun ke Depan”, *Jurusan Teknik Elektro* Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2001.
- [2] Dokumen RPJPD 2008-2020, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah. Pemerintah Daerah Kabupaten Kepulauan Siau Tagulandang Biaro.
- [3] Gardu Trafo Distribusi, tersedia di : <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/28720/3/Chapter%20II.pdf>, 12 Maret 2012
- [4] Indikator Sosial Ekonomi SITARO 2011
- [5] Jaringan Distribusi, tersedia di : <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/19216/5/Chapter%20II.pdf>, 12 Maret 2012
- [6] Dj. Marsudi, , Ir. “*Operasi Sistem Tenaga Listrik*” , Balai Penerbit & HUMAS ISTN, Jakarta, 1990.
- [7] M.E. Wijaya and B. Limmeechokchai. *Thammasat Int. J. Sc.Tech, Vol. 14, No. 4, October-December: 1-14, 2009.*
- [8] A, S. Pabla., “*Sistem Distribusi Daya Listrik*”, Erlangga, Jakarta. 1994.
- [9] Sistem Distribusi Tenaga Listrik, tersedia di : <http://dekop.files.wordpress.com/2010/09/sistem-distribusi-tenaga-listrik.pdf>, tanggal akses 12 Maret 2012.
- [10] SITARO dalam Angka. *Badan Pusat Statistik* Kab.Kepl.SITARO, 2009
- [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
- [12] W. Tresnawati. J., Sesyllia. “Perhitungan Biaya Pokok Penyediaan Tenaga Listrik Wilayah Suluttenggo Tahun 2009-2014”. *Laporan Kerja Praktek* Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado 2009