

PERENCANAAN PENGEMBANGAN GARDU INDUK UNTUK 10 TAHUN KE DEPAN

Dian Saefulloh - L2F 000 593

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Abstrak - Dengan semakin bertambahnya kebutuhan akan tenaga listrik maka penyediaan dan suplai tenaga listrik harus ditingkatkan. Untuk itu perlu adanya pembangunan atau perluasan pusat-pusat pembangkit, jaringan transmisi, gardu induk dan jaringan distribusi guna meningkatkan kontinuitas pelayanan tenaga listrik kepada konsumen.

Karena adanya peningkatan beban yang semakin bertambah, maka gardu induk sebagai salah satu komponen sistem tenaga listrik perlu dikembangkan kapasitasnya agar dapat melayani beban secara kontinyu.

Dalam pengembangan kapasitas suatu gardu induk perlu dilakukan optimasi dengan dasar data ramalan beban. Jika beban suatu gardu induk sudah melebihi batas optimum dari kapasitas terpasang, maka gardu induk tersebut perlu ditambah suatu transformator. Dan apabila kapasitas gardu induk sudah mencapai batas maksimum, sementara masih ada kelebihan beban maka untuk mengatasinya perlu dibangun gardu induk baru.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan bentuk energi yang sangat dibutuhkan bagi masyarakat modern. Hal ini dapat dilihat pada permintaan kebutuhan akan energi listrik pada masyarakat setiap tahun meningkat dengan pesat. Dari kenyataan tersebut maka perlu direncanakan pengembangan sistem tenaga listrik baik meliputi penyediaan sumber tenaga listrik, transmisi maupun sistem distribusinya. Salah satu sistem tenaga listrik yang perlu diadakan peningkatannya adalah gardu induk.

Gardu induk sebagai komponen sistem tenaga listrik memegang peranan penting pada kontinuitas suplai tenaga listrik kepada konsumen. Dengan semakin bertambahnya permintaan konsumen listrik maka semakin besar pula beban listrik yang ditanggung oleh gardu induk. Apabila beban listrik yang ditanggung oleh gardu induk lebih besar dari kapasitas gardu induk maka gardu induk akan mengalami overload yang berakibat suplai listrik ke konsumen terhenti. Untuk mengatasi hal ini maka perlu dilakukan perencanaan pengembangan kapasitas gardu induk

Pada perencanaan pengembangan kapasitas gardu induk ini dilakukan dengan memperkirakan pertumbuhan beban yang akan datang melalui suatu peramalan beban. Hal ini dimaksudkan agar pengembangan kapasitas gardu induk yang direncanakan harus menjangkau kemungkinan pertumbuhan beban untuk masa-masa yang akan datang. Dengan demikian diharapkan adanya keserasian dan kontinuitas dari perencanaan dan pertumbuhan beban.

1.2 Tujuan

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah menentukan dan merencanakan pengembangan kapasitas gardu induk-gardu induk yang berada pada Unit Pelayanan Transmisi Purwokerto selama 10 tahun ke depan sesuai dengan pertumbuhan

beban, sehingga dapat ditentukan kapan dan berapa besar kapasitas transformator yang perlu ditambahkan pada suatu gardu induk atau kapan dan berapa besar kapasitas gardu induk baru perlu dibangun

1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis membatasi permasalahan sebagai berikut :

1. Pengembangan kapasitas gardu induk disebabkan hanya karena adanya perkembangan beban.
2. Studi kasus pengembangan gardu induk ini dilakukan pada gardu induk-gardu induk yang berada pada Unit Pelayanan Transmisi Purwokerto.
3. Metode yang dipakai pada peramalan beban puncak gardu induk adalah metode *Time Series* dengan model dekomposisi.
4. Faktor penggunaan dari transformator daya (*utilization factor*) tidak lebih dari 0,8 ($UF \leq 0,8$).
5. Program bantu yang digunakan pada tugas akhir ini adalah Delphi 6 dan Matlab Release 12.

II. DASAR PENGEMBANGAN GARDU INDUK

2.1 Gardu Induk

Gardu induk sebagai salah satu komponen pada sistem distribusi tenaga listrik memegang peranan yang sangat penting, karena merupakan terminal terhadap pelayanan tenaga listrik ke konsumen. Peranan dari gardu induk itu sendiri adalah menerima dan menyalurkan tenaga listrik (KVA, MVA) sesuai dengan kebutuhan pada tegangan tertentu (TET, TT dan TM).

2.1.1 Klasifikasi Gardu Induk Menurut Tegangannya

1. Gardu Induk Transmisi

Yaitu adalah gardu induk yang tegangan keluarannya berupa tegangan ekstra tinggi atau

tegangan tinggi.

2. Gardu Induk Distribusi

Yaitu gardu induk yang menerima suplai tenaga dari gardu induk transmisi untuk diturunkan tegangannya melalui trafo tenaga menjadi tegangan menengah (20 KV).

2.1.2 Klasifikasi Gardu Induk Menurut Penempatan Peralatannya

1. Gardu Induk Pasang Dalam (*Indoor Substation*)

Yaitu suatu gardu induk dimana ruang kontrol, peralatan gardu induk seperti pemisah, pemutus tenaga, trafo tenaga, arester, isolator dan sebagainya dipasang di dalam suatu ruangan atau bangunan yang tertutup.

2. Gardu Induk Pasang Luar (*Outdoor Substation*)

Yaitu gardu induk dimana semua peralatan gardu induk seperti pemisah, pemutus tenaga, trafo tenaga, arester, isolator dan sebagainya dipasang di luar (udara terbuka) kecuali ruang kontrol, peralatan pengukur dan alat-alat bantu biasanya diletakkan di dalam bangunan gedung.

3. Gardu Induk Pasang Bawah Tanah (*Underground Substation*)

Yaitu suatu gardu induk dimana hampir semua peralatannya terpasang dalam bangunan bawah tanah. Alat pendinginnya biasanya terletak di atas tanah dan kadang ruang kontrolnya berada di atas tanah.

4. Gardu Induk Pasang Sebagian Bawah Tanah (*Semi Underground Substation*)

Yaitu suatu gardu induk dimana sebagian peralatannya seperti trafo tenaga dipasang dalam bangunan bawah tanah sedangkan peralatan lainnya dipasang di atas tanah.

5. Gardu Induk Mobil (*Mobile Substation*)

Yaitu suatu gardu induk dimana peralatannya diletakkan di atas trailer atau semacam truk, sehingga bisa dipindahkan ke tempat yang membutuhkan.

2.1.3 Klasifikasi Gardu Induk Menurut Isolasi yang Dipakai

1. Gardu Induk Isolasi Udara

Yaitu gardu induk yang menggunakan udara untuk mengisolasi bagian-bagian bertegangan baik antara fasa-fasa maupun fasa dengan tanah.

2. Gardu Induk Isolasi Gas

Yaitu gardu induk yang menggunakan gas untuk mengisolasi bagian-bagian bertegangan baik antara fasa-fasa maupun fasa dengan tanah. Gas yang digunakan biasanya gas SF₆ tekanan rendah (5 kg/cm²).

2.2 Studi Pengembangan Gardu Induk

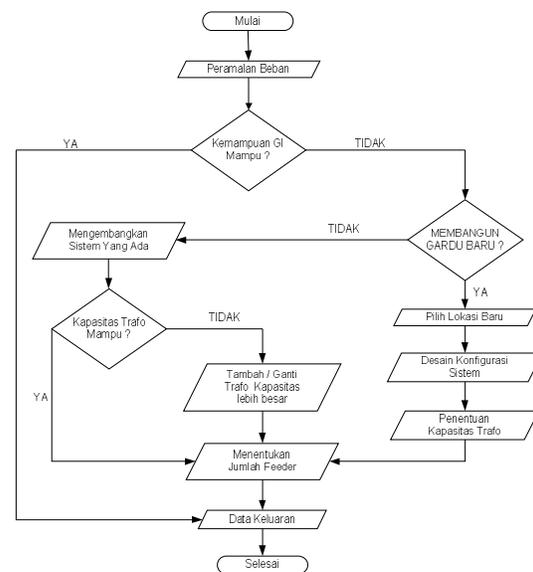
Pengembangan gardu induk secara fisik dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Penambahan kapasitas gardu induk lama
2. Pembangunan gardu induk baru

Penambahan kapasitas gardu induk ini dilakukan dengan menambah kapasitas transformator tenaga pada gardu induk atau mengganti transformator tenaga dengan kapasitas yang lebih besar. Pada penambahan kapasitas daya ini tidak diikuti penarikan jaringan transmisi baru. Hal ini disebabkan karena pembebanan tetap dibebankan pada jaringan transmisi yang telah ada.

Kemudian akan dilakukan pembangunan gardu induk baru jika gardu induk yang lama sudah tidak mampu lagi untuk memenuhi kebutuhan beban, selanjutnya untuk penambahan kapasitas daya sudah tidak mungkin karena arus yang mengalir pada konduktor penghantar jaringan transmisi telah melebihi batas kapasitas hantar arus yang diijinkan pada penghantar tersebut.

Dari beberapa faktor dasar dan pertimbangan-pertimbangan di atas terutama ramalan beban sebagai faktor yang terpenting dalam hal pengembangan kapasitas gardu induk, maka dapat disusun proses pengembangan gardu induk seperti diagram alir berikut :



Gambar 1 Diagram Alir Proses Pengembangan Gardu Induk

III. PERAMALAN BEBAN LISTRIK

3.1 Metode dan Model Peramalan Beban

3.1.1 Metode Peramalan Beban

Metode Peramalan Beban yang biasa digunakan oleh banyak perusahaan listrik dewasa ini secara umum dapat dibagi menjadi empat kelompok besar yaitu sebagai berikut :

1. Metode Analitis (*End Use*)

Metode analitis adalah metode yang disusun berdasarkan data analisis penggunaan akhir tenaga listrik pada setiap sektor pemakai.

2. Metode Ekonometri
Metode Ekonometri adalah metode yang disusun berdasarkan kaidah ekonomi dan statistik.
3. Metode *Time Series*
Metode *Time Series* adalah metode yang disusun berdasarkan hubungan data-data masa lalu tanpa memperhatikan faktor-faktor penyebab (pengaruh ekonomi, iklim, teknologi dan sebagainya).
Dalam tugas akhir ini metode time series yang digunakan yaitu model dekomposisi. Dekomposisi adalah model kecenderungan yang mempergunakan empat komponen pendekatan yaitu kecenderungan (merupakan tingkah laku jangka panjang), *cylical* (bentuk siklis), *seasonal* (bentuk musiman) dan komponen random.
4. Metode Gabungan (Metode Analitis dan Metode Ekonometri)
Metode yang merupakan gabungan dari beberapa metode (analitis dan ekonometri). Sehingga akan didapat suatu metode yang tanggap terhadap pengaruh aktivitas ekonomi, harga listrik, pergeseran pola penggunaan, kemajuan teknologi, kebijaksanaan pemerintah dan sosio demografi.

3.1.2 Model Peramalan beban

Tahapan akhir dari penyusunan peramalan beban adalah pembuatan model. Dari model tersebut akan dihitung kebutuhan tenaga listrik. Model yang dimaksud disini adalah suatu fungsi matematis untuk memformulasikan kebutuhan tenaga listrik sebagai fungsi variabel yang dipilih.

Untuk keperluan penyusunan peramalan kebutuhan tenaga listrik, model yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Model Sektoral
Pada model ini menggunakan pendekatan sektoral pemakai dan dengan menggunakan metode gabungan. Model ini digunakan untuk menyusun peramalan tingkat distribusi/wilayah.
2. Model Lokasi
Model ini serupa dengan model sektoral, dengan penyederhanaan pada beberapa variabel/asumsi. Metode ini digunakan untuk menyusun peramalan tingkat pusat beban (*Load Centre*).
3. Model Gardu Induk
Metode ini menggunakan metode time series (*moving average time series*), dengan input tunggal beban puncak bulanan gardu induk. Model ini digunakan untuk menyusun peramalan beban gardu induk.

3.2 Analisis Regresi dan Korelasi

3.2.1 Analisis regresi

Jika terdapat data yang terdiri atas dua atau lebih variabel, adalah sewajarnya untuk mencari suatu cara sebagaimana variabel-variabel itu berhubungan. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel. Studi yang menyangkut masalah ini dikenal dengan analisis regresi.

Analisis regresi akan diklasifikasikan menjadi dua yaitu regresi linier dan regresi nonlinier, dimana masing-masing masih dibedakan menjadi regresi sederhana dan regresi berganda.

Dalam tugas akhir ini, analisis regresi yang digunakan adalah regresi linier sederhana dan regresi non linier sederhana.

3.2.1.1 Regresi linier Sederhana

Pola hubungan antara dua variabel bebas (dinotasikan X) dan tak bebas (dinotasikan Y) dikatakan linier jika besar perubahan nilai Y yang diakibatkan oleh perubahan nilai-nilai X adalah konstan. Sedangkan jika pola hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk grafik maka hubungan linier antara variabel X dan variabel Y akan tampak sebagai garis lurus.

Pola hubungan antara variabel y dan x yang bersifat linier dan sederhana dapat dimodalkan dengan persamaan :

$$Y_i = a + bX_i + c_i \quad (1)$$

a dan b merupakan parameter regresi yang nilainya belum diketahui.

b merupakan koefisien arah (slope) atau koefisien regresi.

Sedangkan c merupakan galat (komponen sisa) yaitu penyebab variasi pada variabel tak bebas yang tidak dapat diterangkan oleh variabel penjelas.

3.2.1.2 Regresi Non Linier Sederhana

Hubungan fungsi diantara dua variabel X dan Y dikatakan tidak linier apabila laju perubahan dalam Y yang berhubungan dengan perubahan satu satuan X tidak konstan untuk suatu jangkauan nilai-nilai X tertentu.

Dalam regresi nonlinier sederhana hubungan antara variabel X dan Y pada umumnya dapat dilinierkan dengan jalan melakukan transformasi variabel, baik salah satu dari variabel yang terlibat maupun keduanya. Dalam tugas akhir ini bentuk regresi nonlinier yang digunakan adalah regresi eksponensial sederhana yang dinyatakan dengan persamaan :

$$Y = a e^{bx}$$

Bentuk ini dapat dilinierkan dengan transformasi ln (log dengan dasar bilangan alami).

$$\ln Y = \ln (a e^{bx})$$

$$\ln Y = \ln a + bX \ln e$$

$$\ln Y = \ln a + bX \text{ (karena } \ln e = 1)$$

$$Y' = a' + bX \quad (2)$$

Dengan $Y' = \ln Y$ dan $a' = \ln a$

3.3.2 Analisa Korelasi

Analisa korelasi adalah suatu studi yang membahas tentang derajat hubungan antar dua variabel atau lebih. Derajat hubungan disini adalah berapa kuat hubungan antar variabel-variabel tersebut. Ukuran yang dipakai untuk mengetahui hubungan tersebut disebut koefisien korelasi (r).

Koefisien korelasi hanya mencerminkan keeratan hubungan linier antara variabel bebas X dan variabel tak bebas Y, dan tidak berlaku untuk menerangkan hubungan yang tidak linier.

Untuk perhitungan koefisien korelasi r berdasarkan sekumpulan data berukuran n dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (3)$$

3.5 Tahapan Ramalan Beban Puncak Gardu Induk

Pada peramalan beban puncak gardu induk dengan metode time series menggunakan masukan tunggal beban puncak bulanan gardu induk selama beberapa tahun terakhir. Model yang digunakan dalam metode time series adalah model dekomposisi yang mempunyai asumsi bahwa data tersusun sebagai berikut :

$$\text{Data} = \text{pola} + \text{kesalahan}$$

$$= f(\text{trend, siklus, musiman}) + \text{kesalahan}$$

Penulisan matematis umum dari pendekatan dekomposisi adalah sebagai berikut :

$$Y_t = f(T_t, S_t, C_t, I_t) \quad (4)$$

Dimana:

Y_t = nilai deret berkala (data aktual) pada periode t,

T_t = komponen trend pada periode t,

S_t = komponen musiman pada periode t,

C_t = komponen siklus pada periode t, dan

I_t = komponen kesalahan / random pada periode t.

Bentuk fungsional yang pasti dari persamaan (4) tergantung pada model dekomposisi yang digunakan. Untuk peramalan beban puncak gardu induk persamaan pendekatannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Y_t = T_t \times S_t \times C_t \times I_t \quad (5)$$

Dalam peramalan beban puncak gardu induk dilakukan dengan beberapa tahapan atau langkah-langkah sebagai berikut :

1. Memisahkan data deret berkala yang sebenarnya (Y_t) dari pengaruh komponen musiman (S_t) dan komponen kesalahan (I_t) serta menghitung indeks musiman (Z_t).

Tahap ini dilakukan dengan cara menghitung rata-rata bergerak (M_t) yang panjangnya sama

dengan panjang musiman. Kemudian meratakan sejumlah periode yang sama dengan panjang pola musiman. Karena pola musiman yang digunakan 12 bulan maka rata-rata Bergeraknya adalah

$$M_t = \frac{1}{12} \{Y_{t-5} + Y_{t-4} + Y_{t-3} + \dots + Y_{t+5} + Y_{t+6}\}$$

$$= T_t \times C_t \quad (6)$$

$$Z_t = S_t \times I_t \quad (7)$$

Dari persamaan (5)

$$Y_t = T_t \times S_t \times C_t \times I_t$$

$$Y_t = (T_t \times C_t) \times (S_t \times I_t)$$

$$S_t \times I_t = \frac{Y_t}{T_t \times C_t}$$

$$Z_t = \frac{Y_t}{M_t} \quad (8)$$

2. Menghitung Komponen Musiman (S_t)

Tahap ini dilakukan dengan cara menghilangkan komponen kesalahan (I_t) dari nilai indeks musiman (Z_t) dengan menggunakan suatu bentuk rata-rata pada bulan yang sama.

Untuk menghitung rata-rata indeks musiman (Z_t) disusun menurut bulan untuk setiap tahun. Karena data sebenarnya adalah data bulanan maka nilai pada bulan yang sama dijumlahkan dan dibagi dengan banyaknya nilai pada kolom bulan tersebut untuk memperoleh rata-ratanya. Komponen musiman (S_t) dapat diperoleh dari rata-rata kolom ini dengan mengalikan setiap rata-ratanya dengan faktor penyesuaiannya, yaitu perbandingan antara pola musiman dengan total rata-rata kolom.

3. Menentukan Komponen Trend (T_t)

Komponen trend adalah suatu persamaan garis regresi atau garis kecenderungan. Pada peramalan beban puncak gardu induk, garis regresi yang digunakan berbentuk linier maupun non linier. Setelah bentuk garis regresi ditentukan, langkah selanjutnya menentukan koefisien-koefisien regresi itu sendiri.

Untuk regresi linier : $Y_t = a + bt$, koefisien-koefisien regresinya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$a = \frac{(\sum Y_t)(\sum t^2) - (\sum t)(\sum Y_t Y_t)}{n\sum t^2 - (\sum t)^2} \quad (9)$$

$$b = \frac{n(\sum t Y_t) - (\sum t)(\sum Y_t)}{n\sum t^2 - (\sum t)^2} \quad (10)$$

dimana : a, b = koefisien regresi

t = periode ke t

n = banyaknya pasangan dari populasi.

Sedangkan untuk regresi non linier bentuk eksponensial : $Y_t = ae^{bt}$

maka bentuk eksponensial dilinierkan dengan cara melakukan transformasi ln.

Dari hasil pelinieran diperoleh hubungan :

$$Y_t' = a' + bt$$

dengan $Y_t' = \ln Y_t$ dan $a' = \ln a$.

Selanjutnya regresi diambil antara $\ln Y_t$ dengan t , sehingga koefisien-koefisien regresi a' dan b dapat dihitung dengan rumus :

$$a' = \frac{(\sum Y_t)(\sum t^2) - (\sum t)(\sum Y_t)}{n\sum t^2 - (\sum t)^2} \quad (11)$$

$$b = \frac{n(\sum t Y_t) - (\sum t)(\sum Y_t)}{n\sum t^2 - (\sum t)^2} \quad (12)$$

Sehingga persamaan garis regresi atau komponen trendnya adalah sebagai berikut:

Untuk regresi linier :

$$Y_t = a + bt \text{ maka } T_t = a + bt \quad (13)$$

Untuk regresi non linier eksponensial :

$$Y_t = a' e^{bt} \text{ maka } T_t = e^{(a' + bt)} \quad (14)$$

4. Menghitung Komponen Siklus (Ct)

Komponen siklus dapat dicari dengan cara membagi rata-rata bergerak (Mt) dengan komponen trend yang sesuai, hasilnya adalah

$$\frac{M_t}{T_t} = \frac{T_t C_t}{T_t} = C_t \quad (15)$$

5. Menghitung Ramalan (Ft)

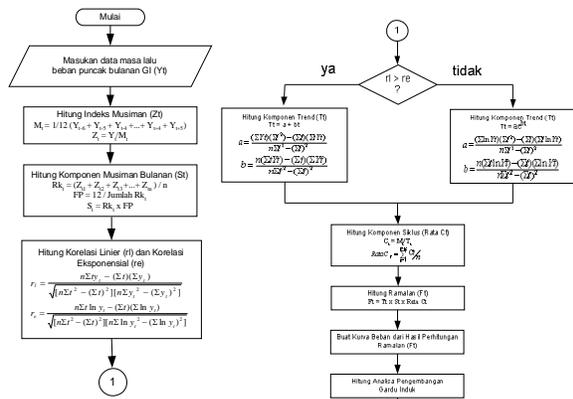
Tahap terakhir dalam ramalan beban ini adalah menghitung nilai ramalan itu sendiri. Nilai ramalan dapat dihitung dengan rumus :

$$F_t = T_t \times S_t \times C_t \quad (16)$$

IV. PERANCANGAN DAN PENGUJIAN

4.1 Perancangan program

Pada perancangan perangkat lunak peramalan, diagram alir dari peramalan beban puncak gardu induk adalah sebagai berikut :



Gambar 2 Diagram alir peramalan beban puncak GI

4.2 Pengujian

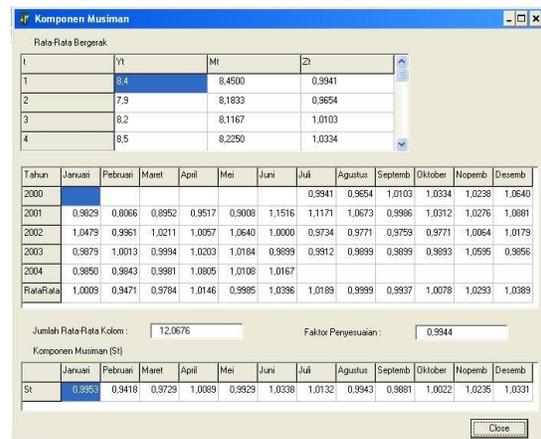
Pengujian program dilakukan dengan memasukkan data salah satu gardu induk yang ada di wilayah UPT Purwokerto yaitu gardu induk Rawalo pada transformator 1, kemudian dihitung dengan

menggunakan program dan diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 1 Data beban puncak bulanan gardu induk Rawalo

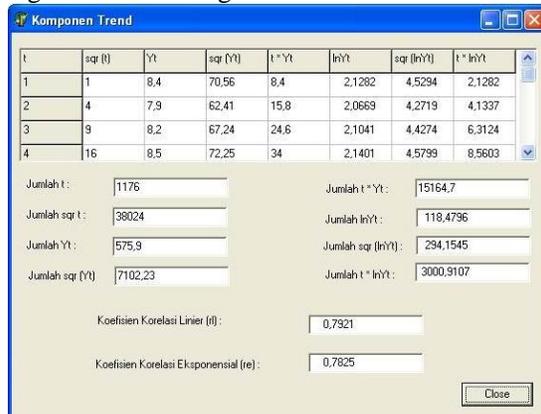
Bulan	Tahun				
	2000	2001	2002	2003	2004
Jan	11,8	8,6	13,5	12,9	13,1
Peb	8,1	7,3	12,9	13,1	13,1
Mar	7,1	8,4	13,3	13,1	13,2
Apr	7,1	9,2	13,2	13,4	14,2
Mei	8,3	9	14	13,4	13,2
Jun	8,4	11,9	13,2	13,1	13,2
Jul	8,4	12	12,8	13,1	13,2
Ags	7,9	11,9	12,8	13,1	12,1
Sep	8,2	11,6	12,8	13,1	12,1
Okt	8,5	12,4	12,8	13,1	12,1
Nop	8,6	12,7	13,2	14,1	13,2
Des	9	13,9	13,3	13,1	12,1

Dari data diatas kemudian dimasukan ke dalam program perhitungan Hasil perhitungan komponen musiman yang dilakukan program adalah sebagai berikut :



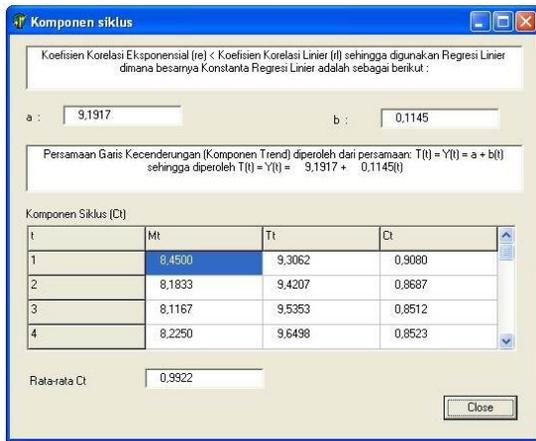
Gambar 3 Hasil perhitungan komponen musiman

Hasil perhitungan komponen trend yang dilakukan program adalah sebagai berikut :



Gambar 4 Hasil perhitungan komponen trend

Hasil perhitungan komponen siklus yang dilakukan program adalah sebagai berikut :



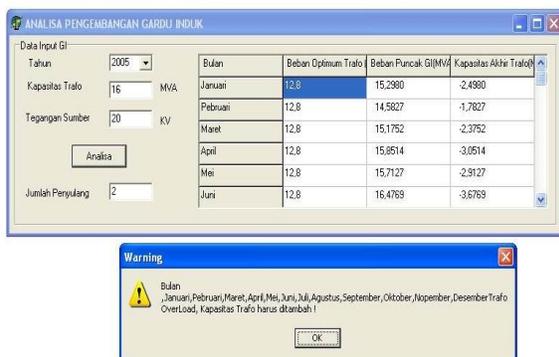
Gambar 5 Hasil perhitungan komponen siklus

Hasil perhitungan nilai ramalan beban yang dilakukan program adalah sebagai berikut :

BLN/THN	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	15.2980	16.6553	18.0127	19.3700	20.7273	22.0846	23.4420	24.7993	26.1566	27.5140
Februari	14.5627	15.8671	17.1615	18.4359	19.7202	21.0046	22.2890	23.5733	24.8577	26.1421
Maret	15.1752	16.5021	17.8289	19.1557	20.4825	21.8093	23.1361	24.4630	25.7898	27.1166
April	15.8514	17.2273	18.6032	19.9791	21.3550	22.7309	24.1068	25.4827	26.8586	28.2345
Mei	15.7127	17.0668	18.4208	19.7749	21.1290	22.4830	23.8371	25.1912	26.5453	27.8993
Juni	16.4789	17.8867	19.2965	20.7064	22.1162	23.5260	24.9358	26.3456	27.7554	29.1652
Juli	16.2640	17.6457	19.0275	20.4092	21.7909	23.1727	24.5544	25.9362	27.3179	28.6996
Agustus	16.0737	17.4297	18.7856	20.1416	21.4976	22.8536	24.2095	25.5655	26.9215	28.2775
September	16.0863	17.4339	18.7815	20.1290	21.4766	22.8242	24.1717	25.5193	26.8689	28.2144
Oktober	16.4285	17.7952	19.1618	20.5285	21.8952	23.2619	24.6286	25.9953	27.3620	28.7287
November	16.8953	18.2911	19.6870	21.0828	22.4786	23.8745	25.2703	26.6662	28.0620	29.4579
Desember	17.1703	18.5791	19.9880	21.3969	22.8057	24.2146	25.6234	27.0323	28.4411	29.8500

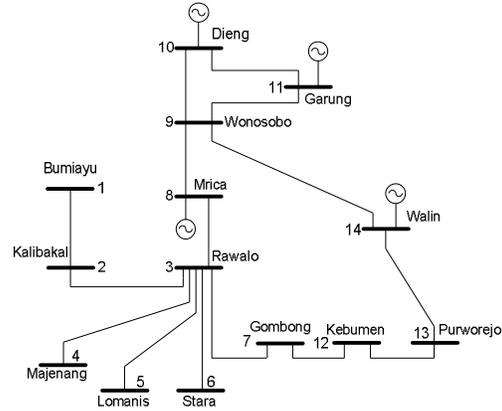
Gambar 6 Hasil perhitungan peramalan beban

Setelah nilai ramalan beban selama 10 tahun ke depan diketahui, maka dilakukan perencanaan pengembangan gardu induk. Pada perencanaan pengembangan gardu induk ini, kapasitas transformator yang terpasang dibandingkan dengan besarnya beban dari hasil peramalan. Apabila kapasitas transformator terpasang lebih kecil dari beban maka akan kelebihan beban akan dialihkan ke transformator lain, namun apabila tidak ada transformator lain yang mampu mensuplai kelebihan beban tersebut maka perlu dilakukan penambahan kapasitas transformator terpasang. Berikut adalah hasil pengembangan gardu induk yang dilakukan program adalah sebagai berikut :



Gambar 8 Hasil pengembangan gardu induk

Untuk pengembangan gardu induk di seluruh wilayah UPT Purwokerto, perlu dilakukan perhitungan aliran daya pada saluran transmisi untuk mengetahui besarnya daya yang mengalir pada konduktor saluran transmisi tersebut. Apabila daya yang mengalir pada konduktor saluran transmisi melebihi batas kapasitas daya yang diijinkan pada konduktor saluran transmisi maka perlu dilakukan pembangunan gardu induk baru atau penggantian konduktor saluran transmisi dengan kapasitas yang lebih besar. Berikut adalah diagram segaris sistem transmisi 150 KV pada UPT Purwokerto,



Gambar 9 Diagram segaris sistem transmisi 150 KV pada UPT Purwokerto

Tabel 2 Data saluran transmisi 150 KV UPT Purwokerto

Saluran	No. sal	Jenis penghantar	Kap (A)	Kap (MVA)
Bumiayu-Kalibakal	1-2	HAWK 1x281.1mm	580	150,7
Kalibakal-Rawalo	2-3	HAWK 1x281.1mm	580	150,7
Rawalo-Majenang	3-4	HAWK 1x281.1mm	580	150,7
Rawalo-Lomanis	3-5	HAWK 1x281.1mm	580	150,7
Rawalo-Stara	3-6	HAWK 1x281.1mm	580	150,7
Rawalo-Gombang	3-7	HAWK 1x281.1mm	580	150,7
Rawalo-Mrica	3-8	HAWK 2x281.1mm	1160	301,4
Gombang-Kebumen	7-12	HAWK 1x281.1mm	580	150,7
Mrica-Wonosobo	8-9	HAWK 2x281.1mm	1160	301,4
Wonosobo-Dieng	9-10	HAWK 1x281.1mm	580	150,7
Wonosobo-Garung	9-11	HAWK 1x281.1mm	580	150,7
Wonosobo-Walin	9-14	HAWK 1x281.1mm	580	150,7
Dieng-Garung	10-11	HAWK 1x281.1mm	580	150,7
Kebumen-Purworejo	12-13	HAWK 1x281.1mm	580	150,7
Purworejo-Walin	13-14	HAWK 1x281.1mm	580	150,7

Hasil perhitungan aliran daya pada saluran transmisi pada tahun 2013 adalah sebagai berikut :

Tabel 3 Hasil perhitungan aliran daya pada saluran transmisi UPT Purwokerto

Saluran	Aliran Daya		
	MW	MVAR	MVA
Bayu-Klbkl	-38,1	0,6	38,105
Klbkl-Rwalo	-140,909	-48,445	149,004
Rwalo-Mjng	45,689	21,811	50,628
Rwalo-Lmns	42,526	20,26	47,106
Rwalo-Stara	35,3	-24,355	42,886
Rwalo-Gmbg	-1,708	9,119	9,277
Saluran	Aliran Daya		
	MW	MVAR	MVA
Klbkl-Bayu	38,509	-1,155	38,526
Rwalo-Klbkl	143,708	55,662	154,111
Mjng-Rwalo	-44,7	-21,6	49,645
Lmns-Rwalo	-42,1	-20,4	46,782
Stara-Rwalo	-35,0	24,0	42,438
Gmbg-Rwalo	1,742	-11,3	11,434

Dari tabel di atas diketahui bahwa pada tahun 2013 besarnya daya yang mengalir pada konduktor saluran transmisi Rawalo-kalibakal telah melebihi batas kapasitas daya yang diijinkan pada konduktor tersebut sehingga pada saluran transmisi Rawalo-Kalibakal perlu dilakukan penggantian konduktor dengan kapasitas yang lebih besar.

V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah diberikan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Pada perencanaan pengembangan gardu induk perlu memperhatikan perkembangan beban yang akan datang melalui suatu peramalan beban, Hal ini dimaksudkan agar pengembangan gardu induk yang direncanakan harus menjangkau kemungkinan pertumbuhan beban untuk masa-masa yang akan datang,
2. Pengembangan gardu induk dilakukan dengan menambah kapasitas gardu induk yang sudah ada atau membangun gardu induk yang baru,
3. Pada perencanaan pengembangan gardu induk ini, penambahan kapasitas transformator terjadi pada beberapa gardu induk antara lain gardu induk Bumiayu, Kalibakal, Rawalo, Majenang dan Lomanis,
4. Pada tahun 2013 daya yang mengalir pada konduktor saluran transmisi Kalibakal-Rawalo telah melampaui batas maksimum yang diijinkan sehingga perlu dilakukan penggantian konduktor dengan kapasitas yang lebih besar

5.2 Saran

1. Untuk wilayah pengembangan gardu induk ini dapat diperluas tidak hanya pada satu Unit Pelayanan Transmisi (UPT) saja, tetapi juga

untuk satu Sub Sistem (Region) yang terdiri dari beberapa Unit Pelayanan Transmisi (UPT),

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, A, Teknik Tenaga Listrik jilid II Saluran Transmisi, Pradnya Paramitha, Jakarta, 1984,
- [2] Arismunandar, A, Teknik Tenaga Listrik jilid III Gardu Induk, Pradnya Paramitha, Jakarta, 1984,
- [3] Cekmas Cekdin, Teori Dan Contoh Soal Teknik Elektro Menggunakan Bahasa Pemrograman Matlab, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2005,
- [4] Dergibson, S, Sugiarto, Metode Statistik Untuk Bisnis dan Ekonomi, Gramedia, jakarta, 2002,
- [5] Dwi Sulistiyono, Perbandingan Metode Gauss Seidel, Metode Newton Raphson dan Metode Fast Decouple Dalam Solusi Aliran Daya, Tugas akhir Jurusan Elektro Universitas Diponegoro, 2003,
- [6] Gasperz, Vincent,Ir, Analisis Kuantitatif Untuk Perencanaan, Tarsito, Bandung 1990,
- [7] Gonen, Turan, *Electric Power Distribution System Engineering*, McGraw-Hill Book Company, Columbia,
- [8]Hutauruk, T, S, Transmisi Daya Listrik,Erlangga, Jakarta, 1996
- [9] Hutauruk, T, S, Analisa Sistem Tenaga Listrik Jilid I, Diktat Kuliah, Fakultas Teknik Industri, ITB Bandung, 1985,
- [10]Joko S, Optimasi Teknik Pengembangan Kapasitas Gardu Induk di Semarang Sampai Dengan Tahun 2001, Tugas Akhir, Jurusan Elektro Universitas Diponegoro, 1996,
- [11] Kadir, Abdul, Dasar Pemrograman Delphi 5,0 Jilid I, Andi, Yogyakarta, 2001,
- [12] Kadir, Abdul, Dasar Pemrograman Delphi 5,0 Jilid II, Andi, Yogyakarta, 2001,
- [13] Marsudi Djiteng,Ir, Operasi Sistem Tenaga Listrik, Balai Penerbit & Humas ISTN, Jakarta, 1980,
- [14] Pabla, AS., Abdul Hadi,Ir, Sistem Distribusi Daya Listrik, Erlangga, Jakarta, 1991,
- [15] PLN Divisi Perencanaan Sistem, Penyusunan Prakiraan Kebutuhan Listrik, Dinas Penyusunan Kebutuhan Listrik, 1990,
- [16] PLN Divisi Perencanaan Sistem, Term of Reference Master Plant Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20 KV,
- [17] PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan, Kursus Operasi Gardu Induk, 1997,
- [18] PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan, Kursus Operasi dan Pemeliharaan Distribusi TM, 1997,
- [19] PLN (Persero) P3B Tim Penyusunan Materi Pelatihan O&M Trafo Tenaga, Panduan Pemeliharaan Transformator Tenaga, 2003,
- [20] Saadat,Hadi, *Power System Analysis*, McGraw-Hill Book Company, Columbia,1999,
- [21] Sudjana, Dr,M,A.,M,SC., Metoda Statistik, Tarsito, Bandung, 1982,
- [22] Sulasno,Ir, Analisis Sistem Tenaga Listrik, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang,1996,
- [23] Sulasno,Ir, Tenik Distribusi Daya Listrik, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang,1996,



Dian Saefulloh Lahir di Tegal tanggal 10 September 1982, Saat ini sedang menyelesaikan studi strata 1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro dengan mengambil konsentrasi Tenaga Listrik.

Mengetahui dan menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Agung Warsito, DHET
NIP. 131 668 485

Karnoto, ST
NIP. 132 162 547