

**PRAKIRAAN DAYA BEBAN LISTRIK YANG  
TERSAMBUNG PADA GARDU INDUK SENKALING  
TAHUN 2012- 2021 MENGGUNAKAN METODE *TIME  
SERIES* DENGAN MODEL DEKOMPOSISI**

**MAKALAH SEMINAR HASIL  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**



Disusun oleh:

**ANSHAR AFFANDY  
NIM. 0810630033-63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2012**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PRAKIRAAN DAYA BEBAN LISTRIK YANG  
TERSAMBUNG PADA GARDU INDUK SENGKALING  
TAHUN 2012- 2021 MENGGUNAKAN METODE *TIME  
SERIES* DENGAN MODEL DEKOMPOSISI**

**MAKALAH SEMINAR HASIL  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**



Disusun oleh:

**ANSHAR AFFANDY  
NIM. 0810630033-63**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh:**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Unggul Wibawa, MSc.  
NIP. 19630106 198802 1 001**

**Ir. Mahfudz Shidiq, MT.  
NIP. 19580609 197803 1 003**

# PRAKIRAAN DAYA BEBAN LISTRIK YANG TERSAMBUNG PADA GARDU INDUK SENKALING TAHUN 2012- 2021 MENGGUNAKAN METODE *TIME SERIES* DENGAN MODEL DEKOMPOSISI

Anshar Affandy<sup>1</sup>, Ir. Unggul Wibawa, MSc.<sup>2</sup>, Ir. Mahfudz Shidiq, MS.<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Elektro, <sup>2,3</sup>Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya  
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail: [mr.affandy1990@gmail.com](mailto:mr.affandy1990@gmail.com)

**Abstract** — Main Substation (MS) plays an important role in the continuity of electricity supply to consumers. If electrical load bear by MS is greater than its capacity, MS will become overload so that the electricity supply to consumers stopped. For areas that potentially have high electricity needs, it is required to upgrade MS's capacity or create a new MS. That would require a major investment and longer preparation time. Thus, it is required to have the forecast of load growth as the basis for determining the future capacity of MS. Method used in this thesis is time series with decomposition model, which is a forecasting method by using four approaching components: trend, cycle, seasonal, and random component. The forecasting result of peak load in Sengkaling MS's transformer in September 2021 is 46,67 MVA for 3<sup>rd</sup> transformer and in June 2021 is 39,18 MVA for 4<sup>th</sup> transformer. Thus the 3<sup>rd</sup> transformer's capacity must be increased to 60 MVA in January 2014 because 3<sup>rd</sup> transformer's loading in February 2014 has reached 91,42% from its capacity. While 4<sup>th</sup> transformer's capacity must be increased in January 2013 because in this month, 4<sup>th</sup> transformer's loading has reached 97,42% from its capacity.

**Index Terms** — Main Substation, Forecasting, Time Series, Decomposition, Transformer

**Abstrak**—Gardu Induk (GI) memegang peranan penting dalam kontinuitas suplai tenaga listrik kepada konsumen. Apabila beban listrik yang ditanggung GI lebih besar dari kapasitasnya dapat menyebabkan GI overload sehingga suplai listrik ke konsumen terhenti. Bagi area dengan potensi pertumbuhan listrik yang tinggi dibutuhkan peningkatan kapasitas GI ataupun membuat GI baru. Hal tersebut tentu membutuhkan investasi besar dan waktu persiapan yang lama. Maka dibutuhkan prakiraan atau peramalan pertumbuhan beban sebagai dasar menentukan kapasitas GI di masa depan. Skripsi ini menggunakan metode peramalan *time series* model dekomposisi yaitu menggunakan empat komponen pendekatan: *trend*, siklus, musiman dan komponen *random*. Hasil peramalan beban puncak pada trafo di GI Sengkaling di bulan September 2021 untuk trafo III sebesar 46,67 MVA dan bulan Juni untuk trafo IV sebesar 39,18 MVA. Sehingga kapasitas trafo III wajib ditingkatkan menjadi 60 MVA pada Januari 2014 karena pada bulan Februari 2014 pembebanan trafo III mencapai 91,42% dan trafo IV menjadi 50 MVA pada Januari 2013 karena pembebanan trafo IV pada Januari 2013 mencapai 97,42% dari kapasitas trafo.

**Kata Kunci** —Gardu Induk, Peramalan, *Time series*, Dekomposisi, Trafo.

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Malang raya tiap tahun terus meningkat. Kota Malang yang terkenal dengan sebutan Kota Pendidikan menuntut energi listrik yang besar dari operasional instansi pendidikan hingga faktor pendukung lainnya. Kota Batu sebagai Kota Pariwisata membutuhkan energi listrik bagi hotel dan taman bermain yang semakin menjamur. Kabupaten Malang yang semakin tumbuh tingkat perekonomiannya dengan banyaknya industri juga membutuhkan energi listrik yang tidak sedikit.

Gardu Induk (GI) 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 GI. Apabila beban listrik yang ditanggung oleh GI lebih besar dari kapasitasnya maka GI akan mengalami *overload* yang mengakibatkan suplai listrik ke konsumen terhenti.

Berdasarkan hal-hal di atas, dibutuhkanlah prakiraan atau peramalan pertumbuhan beban pada GI, sehingga kapasitas GI pada masa mendatang dapat diprediksi.

Dalam skripsi ini membahas pertumbuhan beban GI Sengkaling. Penelitian ini juga menganalisis kemampuan trafo distribusi dan perencanaan GI hingga 10 tahun mendatang.

Di dalam penelitian ini terdapat beberapa hal yang dijadikan sebagai batasan masalah, yaitu:

1. Metode yang dipakai pada peramalan kebutuhan beban yang tersambung di gardu induk adalah metode *time series* dengan model dekomposisi.
2. Data energi listrik yang digunakan adalah data perusahaan listrik di GI Sengkaling tahun 2008 - 2012.
3. Faktor penggunaan dari transformator daya (*utilization factor*) tidak lebih dari 0,8 ( $UF \leq 0,8$ ).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Gardu Induk

Tegangan yang dibangkitkan generator terbatas dalam belasan kilovolt, sedangkan transmisi membutuhkan tegangan dalam puluhan sampai ratusan kilovolt, sehingga di antara pembangkit dan transmisi dibutuhkan trafo daya step up. Tegangan transmisi dalam puluhan sampai ratusan kilovolt sedangkan konsumen membutuhkan tegangan ratusan volt sampai dua puluh kilovolt, sehingga di antara transmisi dan konsumen dibutuhkan trafo daya step down. Trafo-

trafo daya ini bersama perlengkapan-perengkapannya disebut gardu induk. [1]

### B. Capacity Balance Transformator

Capacity balance transformator adalah cara mengetahui batas kapasitas transformator gardu induk dalam mendukung beban, yang dikaitkan peningkatan kebutuhan tenaga listrik berdasarkan prakiraan. Dengan capacity balance, dapat ditentukan tahun persiapan ekstensifikasi transformator baru dan pengadaan GI baru. Syarat-syarat gardu induk adalah: [2]

- 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 di bawah 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.

### C. Beban Listrik

Daya listrik dalam bentuk kompleks dapat dinyatakan oleh persamaan: [3]

$$S = P + jQ \quad (1)$$

S = daya semu (VA)

P = daya nyata (watt)

Q = daya reaktif (VAR)

Untuk mencari nilai energi (W), digunakan persamaan: [3]

$$dw = p \times dt \quad (2)$$

dw = diferensial energi listrik (kWh)

p = daya yang digunakan (kW)

dt = diferensial waktu (jam)

### D. Karakteristik Beban

Beberapa istilah yang digunakan untuk mengukur karakteristik beban adalah sebagai berikut: [4]

- 1) Kebutuhan (*Demand*)

Kebutuhan sistem listrik adalah beban pada terminal terima secara rata-rata dalam suatu selang (interval) waktu tertentu.

- 2) Kebutuhan Maksimum (*Maximum Demand*)

Kebutuhan maksimum dari sistem listrik adalah kebutuhan tertinggi yang terjadi selama periode waktu tertentu.

- 3) Beban Terpasang (*Connected Load*)

Beban terpasang dimaksudkan adalah jumlah kapasitas dari semua beban dengan kapasitas yang tertera pada papan nama (*name plate*) dan peralatan-peralatan listrik.

- 4) Faktor Beban (*Load Factor*)

Rasio antara beban rata-rata dengan beban puncak yang diukur untuk suatu periode waktu tertentu. Persamaan dari faktor beban adalah sebagai berikut: [4]

$$F_{LD} = \frac{B_r(\text{beban rata-rata})}{B_p(\text{beban puncak})} \quad (3)$$

$B_r$  atau Beban rata-rata (kW) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut: [4]

$$Br = \frac{kWh \text{ yang terpakai setahun}}{365 \times 24} \quad (4)$$

- 5) Faktor Kebutuhan (*Demand Factor*)

Merupakan rasio dari kebutuhan maksimum sistem terhadap total beban yang terpasang pada sistem. Persamaan dari faktor kebutuhan adalah: [4]

$$F_d = \frac{B_p(\text{beban puncak})}{B_c(\text{beban terpasang})} \quad (5)$$

### E. Metode Peramalan

Ramalan adalah suatu kondisi yang diperkirakan akan terjadi pada masa yang akan datang. Sedangkan peramalan / prakiraan adalah kegiatan memperkirakan apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Metode peramalan adalah cara memperkirakan secara kuantitatif apa yang akan terjadi di masa depan, berdasarkan data yang relevan pada masa lalu, sehingga dapat dikatakan metode peramalan ini digunakan dalam peramalan yang objektif. [5]

Metode peramalan beban secara umum dapat dibagi menjadi empat kelompok yaitu sebagai berikut: [6]

- 1) Metode Analisis

Metode ini dibangun berdasarkan data dari analisis penggunaan akhir tenaga listrik pada setiap konsumen pemakai. perolehan data merupakan hasil survei ke lapangan.

- 2) Metode Ekonometri

Suatu metode yang dibangun dengan mengikuti indikator-indikator ekonomi. Prakiraan beban ini didasarkan adanya hubungan antara penjualan energi listrik dan beban puncak dengan beberapa variabel ekonomi.

- 3) 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).

- 4) Metode Gabungan

Metode yang merupakan gabungan dari beberapa metode (analitis, ekonometri dan kecenderungan).

### F. Model Peramalan Beban

Untuk keperluan penyusunan peramalan kebutuhan tenaga listrik, model yang digunakan adalah sebagai berikut: [6]

- 1) Model Sektoral

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. Langkah-langkah dalam perencanaan gardu induk dapat dilihat pada **Gambar 3**.

❖ Koefisien korelasi untuk regresi non linier eksponensial (re): [8]

$$re = \frac{n\sum t \ln Y_t - (\sum t)(\sum \ln Y_t)}{\sqrt{[n\sum t^2 - (\sum t)^2][n\sum \ln^2 Y_t - (\sum \ln Y_t)^2]}} \quad (8)$$

H. Metode Time Series

Model yang digunakan dalam metode time series adalah model dekomposisi yang mempunyai asumsi bahwa data tersusun sebagai berikut: [9]

$$Data = pola + kesalahan = f(trend, siklus, musiman) + kesalahan$$

Penulisan matematis umum dari pendekatan dekomposisi adalah sebagai berikut: [9]

$$Y_t = f(T_t, S_t, C_t, I_t) \quad (9)$$

$Y_t$  = 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 (7) tergantung pada model dekomposisi yang digunakan. Untuk peramalan ini pendekatannya dapat dituliskan sebagai berikut: [9]

$$Y_t = T_t \times S_t \times C_t \times I_t \quad (10)$$

Dalam peramalan menggunakan metode dekomposisi dilakukan dengan beberapa tahapan atau langkah-langkah sebagai berikut :

I. Memisahkan data

Tahap ini dilakukan dengan cara menghitung rata-rata bergerak ( $M_t$ ) yang panjangnya sama dengan panjang musiman. Kemudian merata-ratakan sejumlah periode yang sama dengan panjang pola musiman. Karena pola musiman yang digunakan 12 bulan maka rata-rata Bergeraknya adalah: [8]

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

$$= T_t \times C_t \quad (11)$$

$$Z_t = S_t \times I_t \quad (12)$$

Dari persamaan (2-11)

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

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

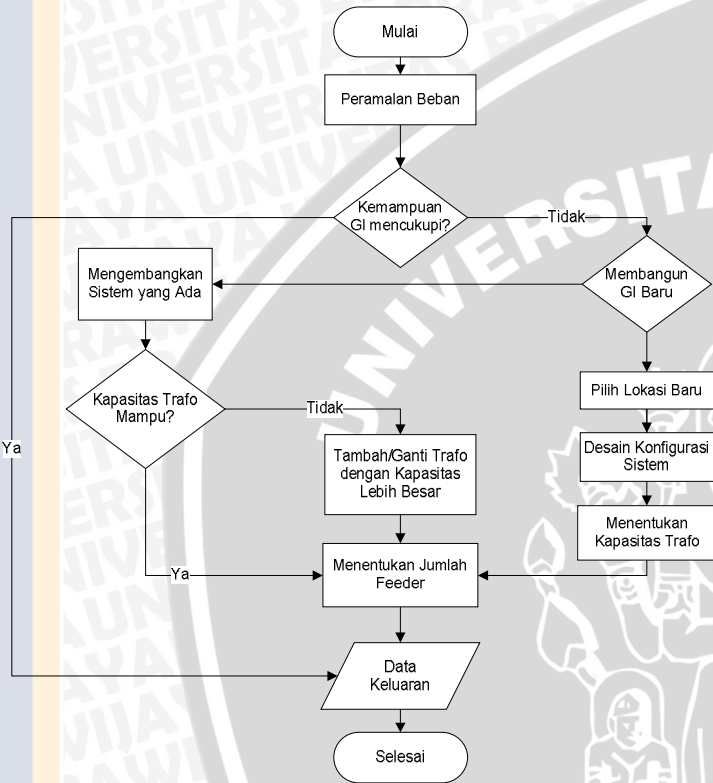
$$Z_t = \frac{Y_t}{M_t} \quad (13)$$

$M_t$  = rata-rata bergerak

$Z_t$  = indeks musiman

2. Menghitung Komponen Musiman ( $S_t$ )

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. [9]



**Gambar 1.** Diagram Alir Proses Perencanaan Sistem Distribusi [9]

G. Analisa Korelasi

Analisa korelasi adalah suatu studi yang membahas tentang derajat hubungan antar dua variabel atau lebih. Untuk perhitungan koefisien korelasi r berdasarkan sekumpulan data berukuran n dapat digunakan rumus sebagai berikut: [7]

$$r = \frac{n\sum ty - (\sum t)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum t^2 - (\sum t)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (6)$$

$$-1 \leq r \leq 1$$

r = koefisien korelasi

t = variabel bebas

y = variabel terikat

n = jumlah data

❖ Koefisien korelasi untuk regresi linier (rl): [8]

$$rl = \frac{n\sum t Y_t - (\sum t)(\sum Y_t)}{\sqrt{[n\sum t^2 - (\sum t)^2][n\sum Y_t^2 - (\sum Y_t)^2]}} \quad (7)$$

$$Rk_t = (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n)/n \quad (14)$$

$$FP = Rk_t/12 \quad (15)$$

$$S_t = Rk_t \times FP \quad (16)$$

Rk<sub>t</sub> = rata-rata indeks musiman

FP = faktor penyesuaian

S<sub>t</sub> = komponen musiman

### 3. Menentukan Komponen Trend (T<sub>t</sub>)

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.

Persamaan garis regresi atau komponen *trend* adalah sebagai berikut: [8]

❖ Untuk regresi linier:

$$Y = a + bt \text{ maka } T_t = a + bt \quad (17)$$

a dan b merupakan koefisien regresi, koefisien-koefisien regresinya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut: [8]

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum t^2) - (\sum t)(\sum tY)}{n\sum t^2 - (\sum t)^2} \quad (18)$$

$$b = \frac{n(\sum tY) - (\sum t)(\sum Y)}{n\sum t^2 - (\sum t)^2} \quad (19)$$

❖ Untuk regresi non linier eksponensial:

$$Y = a' e^{bt} \text{ maka } T_t = e^{(a' + bt)} \quad (20)$$

a' dan b merupakan koefisien regresi, koefisien-koefisien regresinya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut: [8]

$$a' = \frac{(\sum Y)(\sum t^2) - (\sum t)(\sum tY)}{n\sum t^2 - (\sum t)^2} \quad (21)$$

$$b = \frac{n(\sum tY) - (\sum t)(\sum Y)}{n\sum t^2 - (\sum t)^2} \quad (22)$$

### 4. Menghitung Komponen Siklus (C<sub>t</sub>)

Komponen siklus dapat dicari dengan cara membagi rata-rata bergerak (M<sub>t</sub>) dengan komponen trend yang sesuai, hasilnya adalah berikut: [8]

$$\frac{M_t}{T_t} = \frac{T_t \times C_t}{T_t} = C_t \quad (23)$$

$$\text{rata } C_t = \frac{\sum C_t}{n} \quad (24)$$

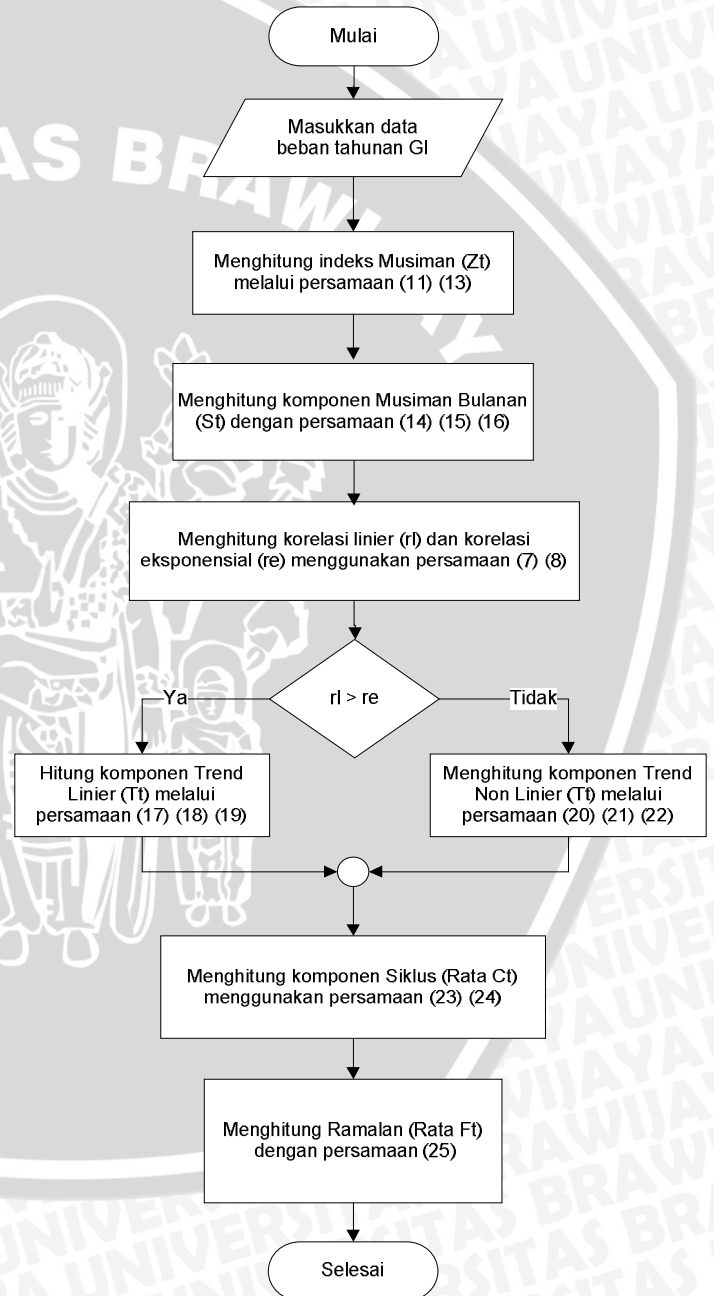
### 5. Menghitung Ramalan

Tahap terakhir dalam ramalan beban ini adalah menghitung nilai ramalan itu sendiri. Nilai ramalan dapat dihitung dengan rumus: [9]

$$F_t = T_t \times S_t \times \text{rata } C_t \quad (25)$$

Data yang digunakan dalam kajian ini merupakan data sekunder yang didapat dari PT PLN APJ Kota berupa data beban puncak (VA) dan data penyaluran energi (kWh). Setelah data terkumpul, maka dianalisis sesuai dengan rumus pada teori-teori dan literatur. Selanjutnya data-data tersebut akan digunakan sebagai bahan analisis pertumbuhan beban pada transformator distribusi, analisis pembebanan transformator distribusi, dan analisis waktu pengembangan gardu induk.

Langkah metode *time series* model dekomposisi ini digambarkan sesuai diagram alir pada **Gambar 2**



**Gambar 2.** Diagram alir metode time series model dekomposisi

Setelah dilakukan perhitungan, selanjutnya adalah pengambilan kesimpulan berdasarkan teori, dan hasil analisis.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Kajian yang digunakan dalam skripsi ini adalah kajian yang bersifat analisis, yaitu analisis terhadap prakiraan daya beban listrik yang tersambung pada Gardu Induk Sengkaling tahun 2012 -2021 menggunakan metode *time series* dengan model dekomposisi yang didasarkan pada studi literatur.

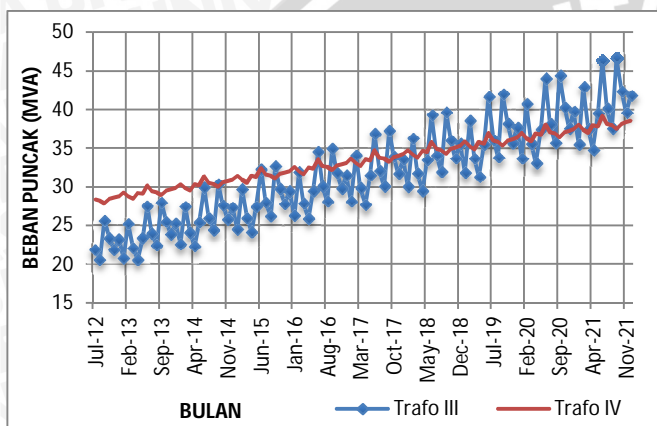
#### IV. HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Dalam menyusun perencanaan pengembangan gardu induk dibutuhkan acuan yaitu hasil peramalan beban. Peramalan atau prakiraan ini penting karena merupakan patokan dalam mengambil tindakan strategis demi kemajuan sebuah perusahaan.

##### A. Pertumbuhan Beban Trafo Daya GI Sengkaling

Gardu Induk Sengkaling memiliki 2 buah trafo daya yang masing-masing memiliki pertumbuhan beban yang berbeda. Berdasarkan data pembebanan, trafo III menyuplai beban yang lebih sedikit daripada trafo IV. Hal ini tentu berpengaruh terhadap hasil peramalan beban, karena data yang dipakai pada peramalan adalah *history* data pembebanan trafo pada masa lalu.

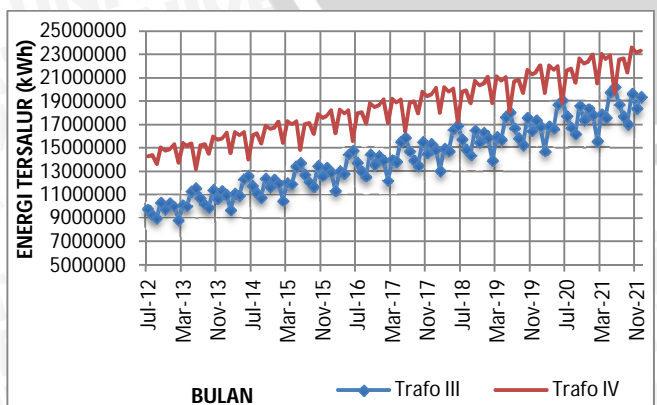
Nilai peramalan beban puncak diperoleh dengan mengikuti langkah-langkah pada **Gambar 2** sehingga didapatkan hasil sebagaimana ditunjukkan **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Grafik Peramalan Pertumbuhan Beban di GI Sengkaling Malang

Berdasarkan **Gambar 3**, antara trafo III dengan IV memiliki perbedaan karakteristik pertumbuhan beban puncak. Pertumbuhan beban puncak trafo III lebih fluktuatif dibanding trafo IV. Trafo III menyuplai penyulang Karang Ploso, Junrejo, Wastra Indah dan Pujon yang notabene merupakan daerah berkembang pesat akhir-akhir ini. Seiring dengan perkembangan tersebut, tentu diikuti dengan kebutuhan energi listrik yang meningkat.

Hasil peramalan energi tersalur (kWh) diperoleh melalui langkah yang sama pada **Gambar 2** sehingga didapatkan hasil sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4**



**Gambar 3.** Grafik Peramalan Energi Tersalur (kWh) di GI Sengkaling Malang

Pada Gambar 4.8, pertumbuhan energi yang disalurkan GI Sengkaling cenderung meningkat setiap tahunnya, baik trafo III maupun trafo IV. Trafo III yang memasok penyulang Karang Ploso yang merupakan daerah industri, penyulang Junrejo yang merupakan daerah wisata, penyulang Wastra Indah dengan pemukiman yang berkembang sehingga kebutuhan pemakaian energi juga meningkat. Sedangkan trafo IV yang menyuplai penyulang Tegal Gondo dengan daerah pemukiman yang terus bertambah dan penyulang Batu sebagai kota wisata mempunyai banyak potensi wisata juga sedang gencar melakukan penambahan infrastruktur (contoh: hotel, taman bermain, ruang terbuka publik dan sebagainya) sehingga berdampak dengan peningkatan pemakaian energi.

##### B. Penentuan Kapasitas Trafo Daya GI Sengkaling

Berdasarkan peramalan beban puncak pada masing-masing transformator GI Sengkaling dapat dievaluasi kelayakan kapasitas transformator tersebut dalam melayani kebutuhan beban listrik. Hasil peramalan menunjukkan pertumbuhan beban puncak mengalami kenaikan setiap tahunnya baik pada trafo III maupun trafo IV.

Sebagaimana ditunjukkan **Tabel 1**, pada bulan September 2021 beban puncak trafo III mencapai 46,67 MVA atau 155,56% dari kapasitas trafo yang ada.

**Tabel 1.** Peramalan Pembebanan Trafo III ( tahun 2021)

Bulan-tahun	Beban (MVA)	Trafo 30 MVA	Trafo 60 MVA
Jan-21	35,48	118,28%	59,14%
Feb-21	42,95	143,15%	71,58%
Mar-21	37,50	125,01%	62,51%
Apr-21	34,79	115,95%	57,98%
May-21	39,49	131,62%	65,81%
Jun-21	46,32	154,41%	77,20%
Jul-21	40,14	133,82%	66,91%
Aug-21	37,58	125,26%	62,63%
Sep-21	46,67	155,56%	77,78%
Oct-21	42,38	141,28%	70,64%
Nov-21	39,55	131,84%	65,92%
Dec-21	41,80	139,34%	69,67%

Dari hasil peramalan maka diketahui apabila besar trafo III tidak mencukupi untuk menanggung beban pada tahun 2021. Sebaiknya transformator diganti dengan trafo berkapasitas 60 MVA yang dapat menanggung beban bulan September 2021 hingga 77,78% dari kapasitas trafonya. Nilai tersebut masih di bawah standar PLN yaitu 80% dari kapasitas trafo.

Sebagaimana ditunjukkan **Tabel 2**, pada bulan Juni 2021 beban puncak trafo IV mencapai 39,18 MVA atau 130,60% dari kapasitas trafo yang ada.

**Tabel 2.** Peramalan Pembebanan Trafo IV ( tahun 2021)

Bulan-tahun	Beban (MVA)	Trafo 30 MVA	Trafo 50 MVA
Jan-21	38,06	126,86%	76,12%
Feb-21	37,38	124,59%	74,75%
Mar-21	36,94	123,13%	73,88%
Apr-21	37,96	126,54%	75,92%
May-21	37,76	125,87%	75,52%
Jun-21	39,18	130,60%	78,36%
Jul-21	38,13	127,09%	76,25%
Aug-21	37,95	126,49%	75,90%
Sep-21	37,47	124,91%	74,94%
Oct-21	38,15	127,18%	76,31%
Nov-21	38,34	127,79%	76,67%
Dec-21	38,56	128,53%	77,12%

Dari hasil peramalan maka diketahui apabila besar trafo IV pada tahun 2021 sudah melebihi standar yang ditetapkan PLN yaitu 80% dari kapasitas yang ada. Sebaiknya transformator diganti dengan trafo berkapasitas 50 MVA yang dapat menanggung beban bulan Juni 2021 hingga 78,36% dari kapasitas trafonya. Nilai tersebut masih di bawah standar PLN sehingga aman dalam pengoperasiannya.

C. Perencanaan Pengembangan GI Sengkaling

Perencanaan pengembangan gardu induk berguna untuk menentukan waktu yang tepat untuk mengganti trafo dengan daya yang lebih besar, sesuai dengan hasil peramalan.

Perhitungan pembebanan Trafo III diperlihatkan seperti pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Perhitungan pembebanan (%) Trafo III Tahun 2014-2015

Bulan-tahun	Beban (MVA)	Beban (%)	Bulan-tahun	Beban (MVA)	Beban (%)
Jan-14	22,60	75,35%	Oct-14	27,58	91,92%
Feb-14	27,43	91,42%	Nov-14	25,79	85,97%
Mar-14	24,01	80,03%	Dec-14	27,32	91,06%
Apr-14	22,32	74,41%	Jan-15	24,44	81,48%
May-14	25,40	84,66%	Feb-15	29,64	98,81%
Jun-14	29,86	99,55%	Mar-15	25,94	86,45%
Jul-14	25,94	86,47%	Apr-15	24,10	80,34%
Aug-14	24,34	81,13%	May-15	27,41	91,37%
Sep-14	30,30	100,98%			

Kapasitas trafo III adalah 30 MVA, jika ditinjau dari standar PLN sebesar 80% dari kapasitas trafo maka beban maksimal yang semestinya ditanggung adalah 24 MVA. Sedangkan bulan Februari 2014, pembebanan trafo sudah melebihi standar yaitu 91,42% dan pada bulan September 2014 bahkan sudah lewat dari kapasitas trafo yaitu 100,98%. Dari hasil peramalan tersebut, maka trafo sebaiknya diganti pada bulan Januari 2014 demi pertimbangan keamanan dan keandalan trafo kedepannya.

Perhitungan pembebanan Trafo IV diperlihatkan seperti pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Perhitungan pembebanan (%) Trafo III Tahun 2013-2014

Bulan-tahun	Beban (MVA)	Beban (%)	Bulan-tahun	Beban (MVA)	Beban (%)
Jan-13	29,23	97,42%	Oct-13	29,49	98,29%
Feb-13	28,72	95,75%	Nov-13	29,65	98,83%
Mar-13	28,41	94,70%	Dec-13	29,84	99,48%
Apr-13	29,22	97,38%	Jan-14	30,33	101,10%
May-13	29,08	96,94%	Feb-14	29,81	99,35%
Jun-13	30,20	100,65%	Mar-14	29,48	98,25%
Jul-13	29,41	98,02%	Apr-14	30,31	101,03%
Aug-13	29,29	97,63%	May-14	30,17	100,56%
Sep-13	28,94	96,47%			

Kapasitas trafo IV adalah 30 MVA, jika meninjau dari standar PLN sebesar 80% dari kapasitas trafo maka beban maksimal yang semestinya ditanggung adalah 24 MVA. Pada bulan Januari 2013, pembebanan trafo sudah melebihi standar yaitu 97,42% dan pada bulan Juni 2013 bahkan sudah lewat dari kapasitas trafo yaitu 100,65%. Dari hasil peramalan tersebut, maka trafo secepatnya diganti pada bulan Januari 2013 demi pertimbangan keamanan dan keandalan trafo karena

dalam 5 bulan ke depan kemungkinan beban *overload* sangat besar.

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis terhadap peramalan pembebanan pada trafo daya Gardu Induk Sengkaling didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pertumbuhan beban masing-masing di trafo GI Sengkaling selama 10 ke depan adalah 46,67 MVA pada trafo III dan 39,18 MVA pada trafo IV.
2. Berdasarkan hasil peramalan, kapasitas trafo III yang memadai selama 10 tahun mendatang adalah menjadi 60 MVA dan trafo IV menjadi 50 MVA.
3. Waktu pengembangan masing-masing trafo adalah:
  - a. Pada Trafo III penggantian trafo sebaiknya dilakukan pada bulan Januari 2014 karena satu bulan setelahnya pembebanan pada trafo melebihi dari standar yaitu 91,42%
  - b. Trafo IV penggantian trafo secepatnya diganti pada bulan Januari 2013 karena pembebanan sudah hampir mencapai batas dari kapasitas trafo yaitu 97,42%.

REFERENCES

- [1] L. Tobing, Bonggas, 2010. *Peralatan Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka.
- [2] Nugroho, Agung. 2009. *Sistem Informasi Prakiraan Kebutuhan Tenaga Listrik Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Semarang: Teknik Elektro Fakultas Teknik UNDIP.
- [3] Zuhail. 2004. *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Bandung: Bina Cipta.
- [4] Gonen, Turan. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- [5] Supranto, J. 1981. *Metode Peramalan Kuantitatif untuk Perencanaan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka.
- [6] Fitrianto, Kurniawan. 2006. *Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2006-2015 Pada PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Jaringan (UPJ) di Wilayah Kota Semarang*. Makalah Seminar Tugas Akhir. Semarang: Teknik Elektro Fakultas Teknik UNDIP.
- [7] Assauri, Sofjan. 1984. *Teknik dan Metoda Peramalan – Penerapannya dalam Ekonomi dan Dunia Usaha*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- [8] Saefulloh, Dian. 2005. *Perencanaan Pengembangan Gardu Induk untuk 10 Tahun ke Depan*. Makalah Seminar Tugas Akhir. Semarang: Teknik Elektro Fakultas Teknik UNDIP.
- [9] Makridakis, Spyros. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Erlangga.