

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Gardu Induk Sengkaling

Gardu Induk (GI) Sengkaling adalah salah satu dari 16 (enam belas) GI yang ada di wilayah Unit Pelayanan Transmisi Malang. Lokasinya di pertigaan Jalan Sengkaling-Jalan raya Pendem - Jalan Dadaprejo, yang merupakan perbatasan Kabupaten Malang dengan Kota Batu. Alamat GI Sengkaling sendiri di Jalan Sengkaling, Kecamatan Junrejo, Batu, Jawa Timur. Peta lokasi GI Sengkaling dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Gardu Induk Sengkaling

Sumber: <http://wikimapia.org/>. 2012

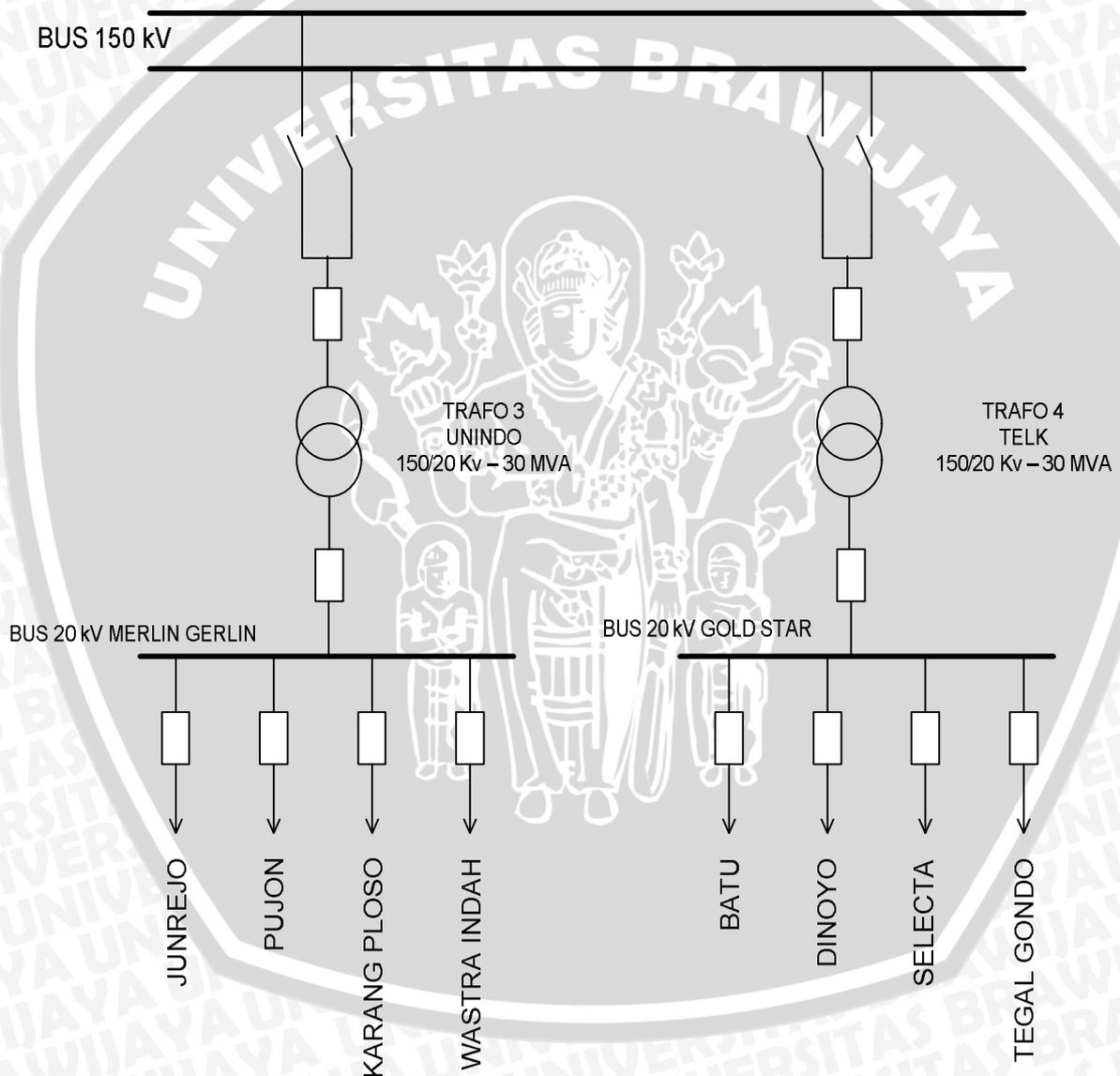
Gardu Induk Sengkaling memiliki 4 buah transformator yang menerima suplai tegangan 150 kV. Trafo I dan Trafo II berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 150 kV menjadi 70 kV, dan dua transformator lainnya yaitu trafo III dan trafo IV berfungsi untuk menurunkan tegangan 150 kV menjadi 20 kV. Dari trafo III dan IV disalurkan ke penyulang-penyulang, kemudian trafo daya yang ada di penyulang-penyulang tersebut

menurunkan tegangan dari 20 kV menjadi 380/220 V sesuai dengan kebutuhan dari konsumen.

Pengaturan beban dan energi G.I. Sengkaling adalah sebagai berikut:

- Trafo III dengan kapasitas 30 MVA menyalurkan energi ke penyulang Junrejo, Pujon, Karang Ploso dan Wastra Indah.
- Trafo IV dengan kapasitas 30 MVA menyalurkan energi ke penyulang Batu, Dinoyo, Selecta, dan Tegalgondo.

Diagram satu garis GI Sengkaling Malang dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Satu Garis G.I Sengkaling Malang

Sumber: PT PLN (Persero) APP Malang. 2012

4.1.1 Data Teknis Trafo Daya GI Sengkaling

Data teknis Trafo Daya III dan IV yang terpasang saat ini adalah sebagai berikut:

- TRAFO III:

No Trafo	: 3
Merk	: UNINDO
Tegangan Kerja	: 150/20 kV
Daya	: 30 MVA
Vektor Grup	: YN y0 (d1)

- TRAFO IV:

No Trafo	: 4
Merk	: TELK
Tegangan Kerja	: 150/20 kV
Daya	: 30 MVA
Vektor Grup	: YN y0 (d1)

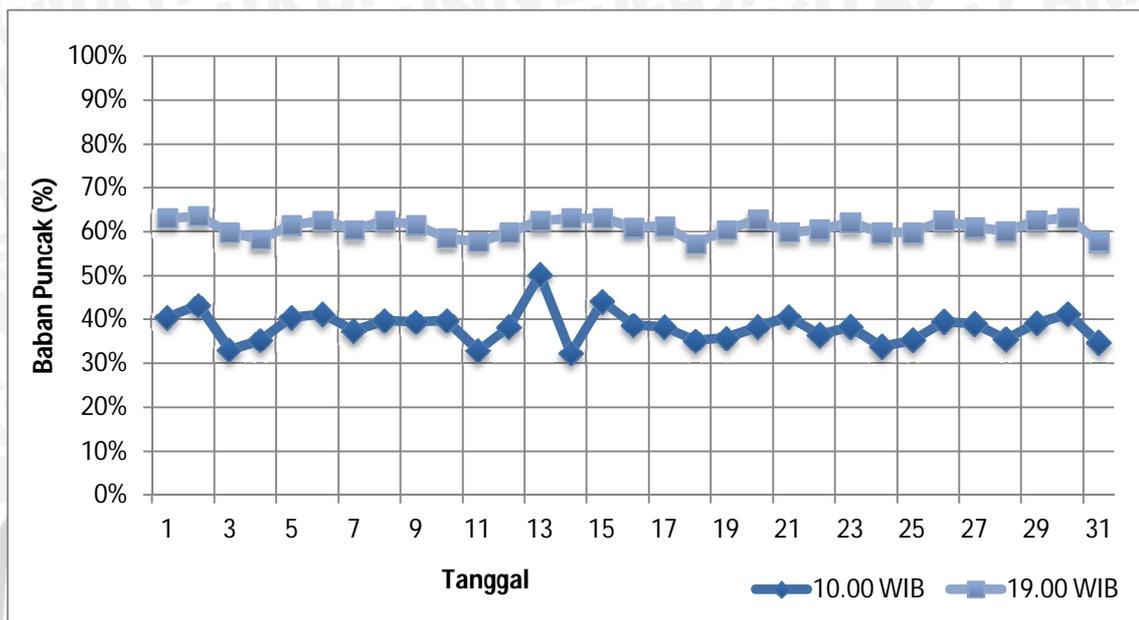
4.1.2 Pembebanan di GI Sengkaling

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, selain itu peramalan juga berkaitan erat dengan investasi dan biaya operasional.

Seiring berjalannya waktu jumlah konsumen baik rumah tangga, industri, bisnis, dan sosial semakin bertambah sehingga menyebabkan peningkatan konsumsi listrik. Selain itu peningkatan taraf ekonomi masyarakat juga turut berpengaruh, karena semakin banyak alat listrik dan peralatan rumah tangga yang menggunakan energi listrik.

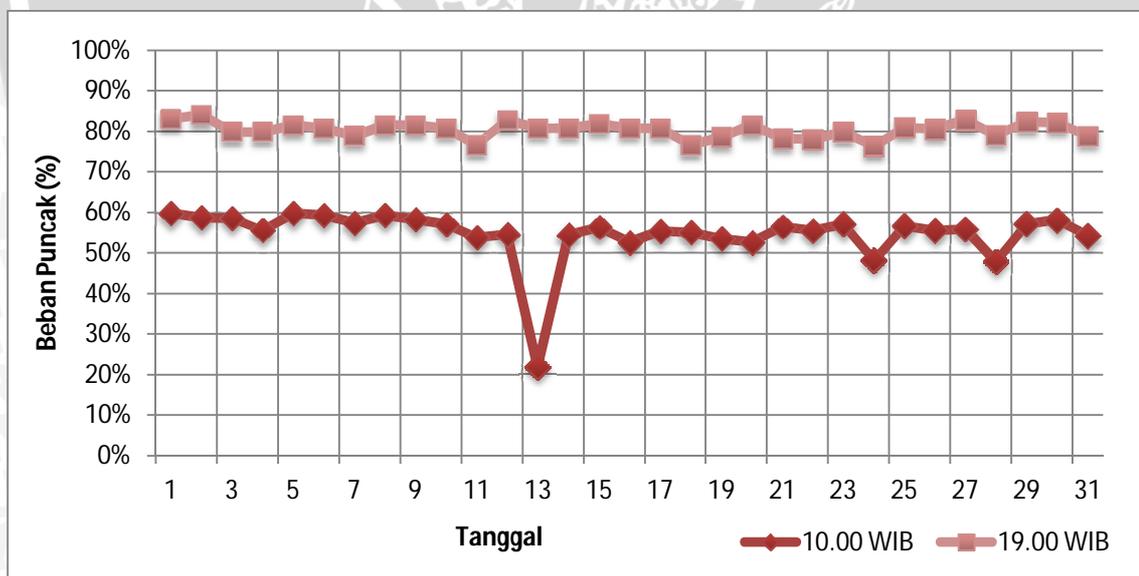
Demi melihat karakteristik pembebanan pada GI Sengkaling, maka penulis mengambil contoh pembebanan bulan Juli 2010 dan September 2010. Bulan Juli dipilih karena bulan tersebut hanya memiliki satu hari libur nasional pada hari Sabtu tanggal 10, maka bulan Juli mewakili bulan yang produktif. Sedangkan alasan dipilih bulan September karena terdapat Hari Raya Idul Fitri tanggal 10 & 11 ditambah cuti bersama diantara tanggal tersebut, karena terdapat libur cukup panjang maka bulan September mewakili bulan yang kurang produktif.

Data pembebanan bulanan trafo III dan IV pada bulan Juli 2010 di GI Sengkaling ditampilkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan 4.4 berikut ini:



Gambar 4.3 Grafik Pembebanan Trafo III 150/20 kV - 30 MVA Bulan Juli 2010

Sumber: PT PLN (Persero) APP Malang, 2012



Gambar 4.4 Grafik Pembebanan Trafo IV 150/20 kV - 30 MVA Bulan Juli 2010

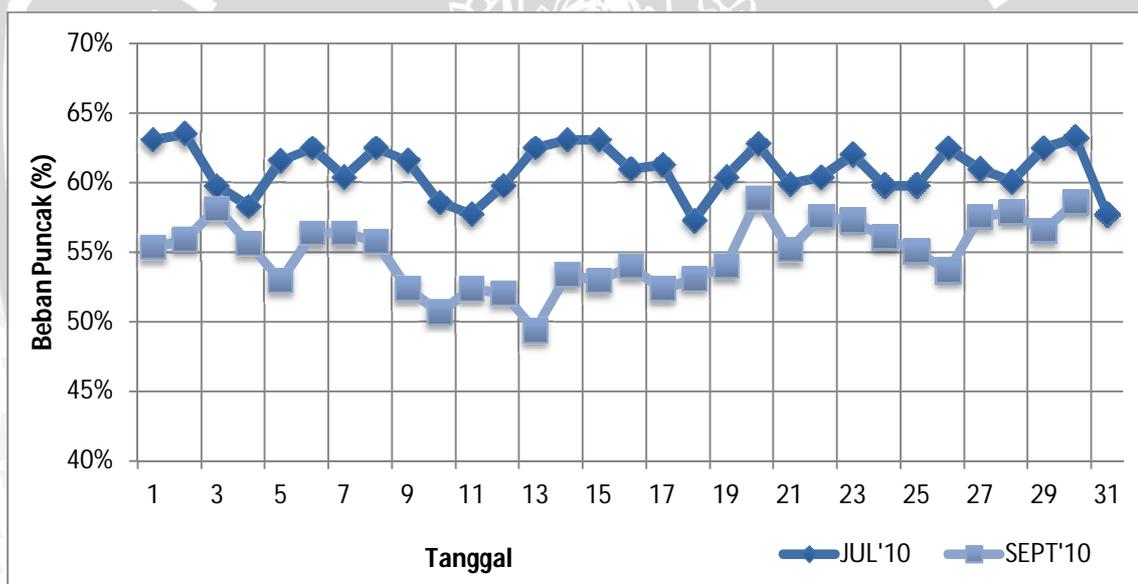
Sumber: PT PLN (Persero) APP Malang, 2012

Beban puncak dinotasikan dalam persen (%) didapatkan dari perbandingan antara beban puncak trafo (MVA) dibandingkan dengan kapasitas maksimal tranformator (masing-masing sebesar 30 MVA). Pada pukul 10.00 WIB, trafo III

menyuplai rata-rata beban puncak 38% , sedangkan trafo IV menyuplai rata-rata beban puncak sebesar 61% dari kapasitas maksimal trafo. Pada pukul 19.00 WIB, terjadi kenaikan rata-rata beban puncak pada trafo III dan trafo IV yaitu sebesar 55% dan 80%.

Pada tanggal 13 Juli 2010 pukul 10.00 WIB di trafo IV terjadi penurunan yang cukup signifikan dari rata-rata beban puncak 61% menjadi 22%. Karena pada tanggal tersebut bukan hari libur, kemungkinan dilakukan *maintenance* pada trafo tersebut dan sebagian penyulang dialihkan sementara ke trafo III yang bebannya terlihat naik menjadi 50%.

Untuk melihat karakteristik pembebanan, penulis membandingkan data beban puncak harian trafo III (pukul 19.00 WIB) pada bulan Juli yang merupakan bulan produktif dibandingkan dengan bulan September yang mewakili bukan kurang produktif. Hasilnya perbandingan pada trafo III ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.5.



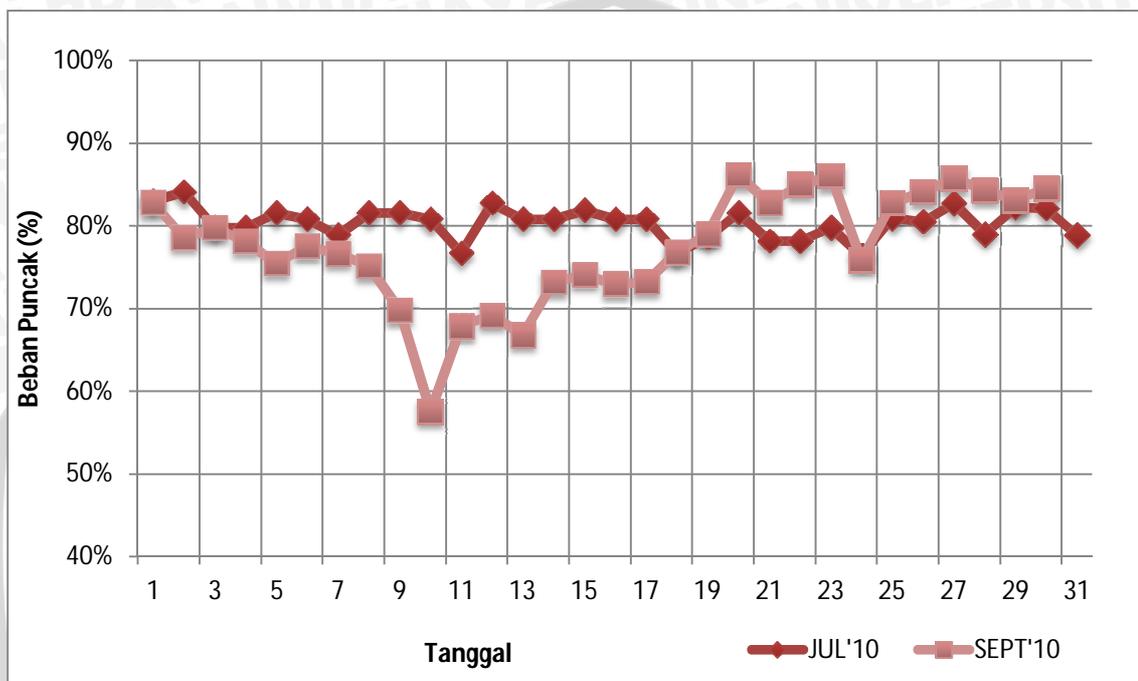
Gambar 4.5 Grafik Pembebanan Trafo III (pukul 19.00 WIB)
Bulan Juli & September 2010

Sumber: PT PLN (Persero) APP Malang. 2012

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat bulan Juli memiliki rata-rata beban puncak 61% sedangkan September 55%. Perbedaan rata-rata beban puncak antara bulan Juli dengan bulan September sebesar 6%. Pada bulan September waktu Hari Raya Idul Fitri (10 September 2010) sampai H+7 lebaran terdapat perbedaan yang cukup signifikan dibanding bulan Juli sekitar 20%. Hal itu dikarenakan di trafo III terdapat penyulang Karang Ploso yang merupakan daerah industri dan banyak industri yang tutup dalam

seminggu tersebut. Selain itu disebabkan pula banyaknya perantau yang pulang ke kampung halamannya seperti para mahasiswa yang banyak kos/kontrak di daerah Dinoyo yang menyebabkan konsumsi listrik pada daerah tersebut berkurang.

Setelah trafo III, ada trafo IV yang memiliki perbedaan antara bulan Juli dengan September seperti pada Gambar 4.6 berikut:



Gambar 4.6 Grafik Pembebanan Trafo IV (pukul 19.00 WIB)

Bulan Juli & September 2010

Sumber: PT PLN (Persero) APP Malang, 2012

Bulan Juli memiliki rata-rata beban puncak 80% dan bulan September 77%. Perbedaan rata-rata beban puncaknya 3%. Ketika bulan September memasuki Hari Raya Idul Fitri (10 september 2010) terjadi penurunan pembebanan sampai H+7 lebaran. Bahkan ketika hari-H lebaran terjadi penurunan yang sangat besar mencapai 23%, hal itu dikarenakan trafo IV memasok listrik ke penyulang Batu yang merupakan kota wisata, sehingga ketika hari lebaran banyak hotel dan tempat wisata yang libur. Selain itu ditambah dengan orang-orang pendatang di daerah Batu yang mudik ke kampung halamannya. Selepas H+7 lebaran, kondisi pembebanan pada trafo IV mulai kembali normal seperti hari-hari sebelumnya. Selain beban bisnis (hotel dan tempat wisata) sebagian besar beban trafo III merupakan beban rumah tangga.

Ketika trafo IV di-uprating (diganti dengan kapasitas yang lebih besar), maka sebagian beban pada trafo IV dialihkan ke trafo III jika kapasitasnya mencukupi.

Sebagai contoh, penyulang Dinoyo pada trafo IV dialihkan ke penyulang Junrejo pada trafo III. Langkah pertama yang dilakukan adalah melepas Pemutus Tegangan (PMT) penyulang Dinoyo, langkah selanjutnya melepas *Load Breaker Switch* (LBS) Hotel Sumbermanjing kemudian melepas Recloser Jetis. Langkah yang terakhir adalah menyambungkan beban penyulang Dinoyo ke penyulang Junrejo melalui LBS Semanding. Diagram segaris GI Sengkaling, penyulang Dinoyo dan penyulang Junrejo dapat dilihat pada lampiran 7 dan 8.

4.2 Analisis Pertumbuhan Beban Trafo Daya GI Sengkaling Malang

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.

4.2.1 Peramalan Beban Puncak (MVA)

Peramalan beban hingga tahun 2021 didasarkan pada data beban puncak (*peak load*) masing-masing trafo yang diperoleh dari rangkuman data perusahaan penyaluran tenaga listrik APJ Malang tahun 2008 sampai dengan 2012. Rangkuman beban puncak trafo III dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1 Data Beban Puncak Trafo III GI Sengkaling Malang

TRAFO III	Beban Puncak									
	2008		2009		2010		2011		2012	
	MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
Januari	-	-	12,9	7,2	12,6	6,6	14,9	8,1	19,2	9,8
Februari	-	-	14,1	7,4	12,6	6,6	22,8	12,2	16,1	8,4
Maret	-	-	14,9	7,8	12,6	6,6	16,0	8,2	16,1	8,4
April	-	-	13,2	6,8	12,6	6,6	14,7	7,6	17,5	8,5
Mei	-	-	16,7	8,9	12,6	6,6	16,7	8,6	17,5	8,5
Juni	-	-	16,7	8,9	21,3	11,1	16,0	8,4	17,4	7,8
Juli	-	-	14,9	7,8	16,6	8,7	15,8	8,2	-	-
Agustus	14,5	7,5	15,0	7,8	17,0	8,0	12,4	6,4	-	-
September	14,5	7,5	12,6	6,6	17,0	8,0	28,5	10,9	-	-
Oktober	14,5	7,5	12,6	6,6	19,0	10,1	19,2	9,8	-	-
November	13,0	6,8	12,6	6,6	15,3	7,9	19,2	9,8	-	-
Desember	12,9	7,2	12,6	6,6	17,8	9,7	19,2	9,8	-	-

Sumber: PT PLN (Persero) APP Malang. 2012

Data pada Tabel 4.1 adalah daya aktif (P) dan daya reaktif (Q), sehingga dicari terlebih dahulu daya semunya (S) dengan menggunakan persamaan:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (MVA)}$$

Pada bulan Januari 2009:

$$P = 12,9 \text{ MW}$$

$$Q = 7,2 \text{ MVAR}$$

Sehingga diperoleh:

$$S = \sqrt{(12,9)^2 + (7,2)^2} = 14,77 \text{ MVA}$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk bulan yang lain, maka didapatkan data seperti pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Beban Puncak Trafo III (MVA)

TRAFO III	Beban Puncak (MVA)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Januari	-	14,77	14,22	16,96	21,56
Februari	-	15,92	14,22	25,86	18,16
Maret	-	16,82	14,22	17,98	18,16
April	-	14,85	14,22	16,55	19,46
Mei	-	18,92	14,22	18,78	19,46
Juni	-	18,92	24,02	18,07	19,07
Juli	-	16,82	18,74	17,80	-
Agustus	16,32	16,91	18,79	13,95	-
September	16,32	14,22	18,79	30,51	-
Oktober	16,32	14,22	21,52	21,56	-
November	14,67	14,22	17,22	21,56	-
Desember	14,77	14,22	20,27	21,56	-

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil di atas kemudian dimasukkan ke dalam program perhitungan, yang dibuat menggunakan MATLAB 7.1. Program perhitungan ini dibuat berdasarkan gambar 3.2, yaitu diagram alir proses perhitungan ramalan dengan metode *time series* model dekomposisi.

Program ini pertama kali memproses data untuk dicari nilai indeks musimannya (Z_t). Langkah yang dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung rata-rata bergerak (M_t) sesuai dengan persamaan 2-18:

$$\begin{aligned} M_t &= (16,32+16,32+16,32+14,67+14,77+14,77+15,92+16,82+16,91+14,22+ \\ &\quad 14,22+14,22) / 12 \\ &= 16,29 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai Z_t dengan menggunakan persamaan 2-20:

$$\begin{aligned} Z_t &= \frac{14,77}{16,29} \\ &= 0,9070 \end{aligned}$$

Dengan mengulangi perhitungan di atas maka diperoleh hasil perhitungan pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Indeks Musiman (Z_t)

Bulan\Tahun	2009			2010			2011		
	Y_t	M_t	Z_t	Y_t	M_t	Z_t	Y_t	M_t	Z_t
Januari	14,77	16,29	0,9070	14,22	15,64	0,9094	16,96	19,05	0,8903
Februari	15,92	16,33	0,9746	14,22	15,79	0,9003	25,86	18,65	1,3869
Maret	16,82	16,16	1,0409	14,22	16,18	0,8791	17,98	19,62	0,9163
April	14,85	15,98	0,9290	14,22	16,78	0,8473	16,55	19,63	0,8433
Mei	18,92	15,95	1,1865	14,22	17,03	0,8348	18,78	19,99	0,9396
Juni	18,92	15,90	1,1899	24,02	17,54	1,3696	18,07	20,10	0,8992
Juli	16,82	15,85	1,0609	18,74	17,77	1,0548	17,80	20,48	0,8692
Agustus	16,91	15,71	1,0762	18,79	18,74	1,0029	13,95	19,84	0,7032
September	14,22	15,50	0,9176	18,79	19,05	0,9864	30,51	19,85	1,5369
Oktober	14,22	15,44	0,9207	21,52	19,24	1,1183	21,56	20,09	1,0729
November	14,22	15,05	0,9447	17,22	19,62	0,8775	21,56	20,15	1,0699
Desember	14,22	15,48	0,9188	20,27	19,13	1,0597	21,56	20,23	1,0655

Sumber: Hasil Perhitungan

Langkah selanjutnya adalah menghitung komponen musiman bulanan (S_t). Yang harus dilakukan pertama kali adalah menghitung rata-rata indeks musiman (RK_t) kemudian mencari faktor penyesuaian (FP), setelah itu baru didapatkan nilai S_t . RK_t adalah rata-rata tiap baris yang diperoleh berdasarkan persamaan 2-21:

$$\begin{aligned} RK_t &= \frac{(0,9070 + 0,9094 + 0,8903)}{3} \\ &= 0,9022 \end{aligned}$$

Faktor penyesuaian (FP) merupakan rata-rata dari RK_t , sesuai dengan persamaan 2-22 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} FP &= (0,9022 + 1,0873 + 0,9454 + 0,8732 + 0,9870 + 1,1529 + 0,9950 + 0,9274 + \\ &\quad 1,1470 + 1,0373 + 0,9641 + 1,0147) / 12 \\ &= 1,0028 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan S_t sesuai persamaan 2-23:

$$\begin{aligned} S_t &= 0,9022 \times 1,0028 \\ &= 0,9047 \end{aligned}$$

Dengan mengulangi perhitungan di atas maka diperoleh hasil perhitungan pada tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Komponen Musiman Bulanan (S_t)

Bulan\Tahun	Z_t			RK_t	FP	S_t
	2009	2010	2011			
Januari	0,9070	0,9094	0,8903	0,9022	1,0028	0,9047
Februari	0,9746	0,9003	1,3869	1,0873		1,0903
Maret	1,0409	0,8791	0,9163	0,9454		0,9481
April	0,9290	0,8473	0,8433	0,8732		0,8756
Mei	1,1865	0,8348	0,9396	0,9870		0,9897
Juni	1,1899	1,3696	0,8992	1,1529		1,1561
Juli	1,0609	1,0548	0,8692	0,9950		0,9977
Agustus	1,0762	1,0029	0,7032	0,9274		0,9300
September	0,9176	0,9864	1,5369	1,1470		1,1502
Oktober	0,9207	1,1183	1,0729	1,0373		1,0402
November	0,9447	0,8775	1,0699	0,9641		0,9667
Desember	0,9188	1,0597	1,0655	1,0147		1,0175

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah itu program akan membandingkan nilai koefisien korelasi linier (r_l) dengan nilai koefisien korelasi eksponensial (r_e). Koefisien korelasi merupakan ukuran yang dipakai untuk mengetahui hubungan antar variabel yang akan menentukan jenis trend yang digunakan, apakah trend linier ataupun trend eksponensial. Variabel yang digunakan dalam perhitungan nilai r_l dan r_e dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Variabel Perhitungan r_l dan r_e

t	t^2	Y_t	Y_t^2	$t \cdot Y_t$	$\ln Y_t$	$\ln Y_t^2$	$t \cdot \ln Y_t$
1	1	16,3	266,5000	16,3248	2,7927	7,7991	2,7927
2	4	16,3	266,5000	32,6497	2,7927	7,7991	5,5854
3	9	16,3	266,5000	48,9745	2,7927	7,7991	8,3781
4	16	14,7	215,2400	58,6842	2,6859	7,2139	10,7435
5	25	14,8	218,2500	73,8664	2,6928	7,2513	13,4641
6	36	14,8	218,2500	88,6397	2,6928	7,2513	16,1569
7	49	15,9	253,5700	111,4672	2,7678	7,6608	19,3747
8	64	16,8	282,8500	134,5452	2,8225	7,9663	22,5797
9	81	14,8	220,4800	133,6371	2,6979	7,2787	24,2811
10	100	18,9	358,1000	189,2353	2,9404	8,6460	29,4041
11	121	18,9	358,1000	208,1588	2,9404	8,6460	32,3445
12	144	16,8	282,8500	201,8177	2,8225	7,9663	33,8695
13	169	16,9	285,8400	219,7884	2,8277	7,9960	36,7603
14	196	14,2	202,3200	199,1349	2,6549	7,0486	37,1690

t	t^2	Y_t	Y_t^2	$t.Y_t$	$\ln Y_t$	$\ln Y_t^2$	$t.\ln Y_t$	
15	225	14,2	202,3200	213,3589	2,6549	7,0486	39,8239	
16	256	14,2	202,3200	227,5828	2,6549	7,0486	42,4788	
17	289	14,2	202,3200	241,8067	2,6549	7,0486	45,1337	
18	324	14,2	202,3200	256,0306	2,6549	7,0486	47,7887	
19	361	14,2	202,3200	270,2545	2,6549	7,0486	50,4436	
20	400	14,2	202,3200	284,4785	2,6549	7,0486	53,0985	
21	441	14,2	202,3200	298,7024	2,6549	7,0486	55,7534	
22	484	14,2	202,3200	312,9263	2,6549	7,0486	58,4084	
23	529	24,0	576,9000	552,4311	3,1788	10,1050	73,1132	
24	576	18,7	351,2500	449,8000	2,9307	8,5893	70,3380	
25	625	18,8	353,0000	469,7074	2,9332	8,6039	73,3309	
26	676	18,8	353,0000	488,4956	2,9332	8,6039	76,2641	
27	729	21,5	463,0100	580,9770	3,0689	9,4180	82,8596	
28	784	17,2	296,5000	482,1369	2,8460	8,0999	79,6887	
29	841	20,3	410,9300	587,8708	3,0092	9,0554	87,2671	
30	900	17,0	287,6200	508,7809	2,8308	8,0135	84,9246	
31	961	25,9	668,6800	801,6243	3,2527	10,5798	100,8322	
32	1.024	18,0	323,2400	575,3240	2,8892	8,3475	92,4543	
33	1.089	16,5	273,8500	546,0977	2,8063	7,8753	92,6076	
34	1.156	18,8	352,8500	638,6663	2,9330	8,6026	99,7227	
35	1.225	18,1	326,5600	632,4840	2,8943	8,3770	101,3007	
36	1.296	17,8	316,8800	640,8404	2,8793	8,2901	103,6534	
37	1.369	14,0	194,7200	516,3058	2,6358	6,9473	97,5239	
38	1.444	30,5	931,0600	1.159,5045	3,4182	11,6838	129,8902	
39	1.521	21,6	464,6800	840,7011	3,0707	9,4290	119,7563	
40	1.600	21,6	464,6800	862,2575	3,0707	9,4290	122,8270	
41	1.681	21,6	464,6800	883,8139	3,0707	9,4290	125,8977	
42	1.764	21,6	464,6800	905,3704	3,0707	9,4290	128,9683	
43	1.849	18,2	329,7700	780,8615	2,8992	8,4053	124,6655	
44	1.936	18,2	329,7700	799,0211	2,8992	8,4053	127,5647	
45	2.025	19,5	378,5000	875,4784	2,9681	8,8097	133,5649	
46	2.116	19,5	378,5000	894,9335	2,9681	8,8097	136,5330	
47	2.209	19,1	363,6000	896,2100	2,9480	8,6909	138,5573	
TOTAL	1.128	35.720	836,7	15.432,8200	21.191,7589	134,5681	386,7407	3.289,9382

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari variabel-variabel diatas maka dapat dihitung nilai koefisien korelasinya:

- Koefisien korelasi linier (rl)

$$rl = \frac{n\sum t.Y_t - (\sum t)(\sum Y_t)}{[n\sum t^2 - (\sum t)^2] \times [n\sum Y_t^2 - (\sum Y_t)^2]}$$

$$rl = \frac{(48 \times 21.191,7589) - (1.128 \times 836,7)}{[(48 \times 35.720) - (1.128)^2] \times [(48 \times 15.432,8200) - (836,7)^2]} = 0,5474$$

- Koefisien korelasi eksponensial (re)

$$re = \frac{n\sum t.\ln Y_t - (\sum t)(\sum \ln Y_t)}{[n\sum t^2 - (\sum t)^2] \times [n\sum \ln Y_t^2 - (\sum \ln Y_t)^2]}$$

$$re = \frac{(48 \times 3.289,9382) - (1.128 \times 134,5681)}{[(48 \times 35.720) - (1.128)^2] \times [(48 \times 386,7407) - (134,5681)^2]} = 0,4319$$

Karena nilai $rl > re$, maka digunakan persamaan *trend* linier. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$T_t = a + bt$$

Untuk mendapatkan persamaan diatas maka dicari dulu nilai komponen a dan b berdasarkan persamaan 2-10 dan 2-11, sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} a &= \frac{(\sum Yt)(\sum t^2) - (\sum t)(\sum Yt)}{n\sum t^2 - (\sum t)^2} \\ &= \frac{(836,7)(35.720) - (1.128)(21.191,7589)}{(48)(35.720) - (1.128)^2} \\ &= \frac{13,5270}{n\sum t^2 - (\sum t)^2} \\ b &= \frac{n(\sum t.Yt) - (\sum t)(\sum Yt)}{n\sum t^2 - (\sum t)^2} \\ &= \frac{(48)(21.191,7589) - (1.128)(836,7)}{(48)(35.720) - (1.128)^2} \\ &= 0,1661 \end{aligned}$$

Maka persamaan *trend*-nya adalah:

$$T_t = 13,5270 + 0,1661t$$

Setelah memperoleh persamaan T_t , langkah selanjutnya adalah mencari C_t kemudian dirata-rata sesuai dengan Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Hasil perhitungan rata C_t

t	Y_t	M_t	T_t	C_t	t	Y_t	M_t	T_t	C_t
6	14,8	16,2850	14,5237	1,1213	24	18,7	17,7658	17,5137	1,0144
7	15,9	16,3342	14,6898	1,1119	25	18,8	18,7358	17,6798	1,0597
8	16,8	16,1592	14,8559	1,0877	26	18,8	19,0492	17,8459	1,0674
9	14,8	15,9842	15,0220	1,0640	27	21,5	19,2433	18,0120	1,0684
10	18,9	15,9467	15,1881	1,0499	28	17,2	19,6233	18,1781	1,0795
11	18,9	15,9008	15,3543	1,0356	29	20,3	19,1275	18,3442	1,0427
12	16,8	15,8550	15,5204	1,0216	30	17,0	19,0492	18,5103	1,0291
13	16,9	15,7133	15,6865	1,0017	31	25,9	18,6458	18,6764	0,9984
14	14,2	15,4967	15,8526	0,9775	32	18,0	19,6225	18,8426	1,0414
15	14,2	15,4442	16,0187	0,9641	33	16,5	19,6258	19,0087	1,0325
16	14,2	15,0525	16,1848	0,9300	34	18,8	19,9875	19,1748	1,0424
17	14,2	15,4775	16,3509	0,9466	35	18,1	20,0950	19,3409	1,0390
18	14,2	15,6375	16,5170	0,9468	36	17,8	20,4783	19,5070	1,0498
19	14,2	15,7942	16,6831	0,9467	37	14,0	19,8367	19,6731	1,0083
20	14,2	16,1750	16,8492	0,9600	38	30,5	19,8517	19,8392	1,0006
21	14,2	16,7833	17,0154	0,9864	39	21,6	20,0942	20,0053	1,0044
22	14,2	17,0333	17,1815	0,9914	40	21,6	20,1508	20,1714	0,9990
23	24,0	17,5375	17,3476	1,0109	41	21,6	20,2342	20,3375	0,9949

Sumber: Hasil Perhitungan

Persamaan untuk menghitung C_t sesuai dengan persamaan 2-26 yaitu:

$$\begin{aligned} C_t &= \frac{M_t}{T_t} \\ &= \frac{16,2850}{14,5237} \\ &= 1,1213 \end{aligned}$$

Nilai C_t dicari hingga $t = 41$ sesuai dengan tabel Kemudian mencari rata C_t , cara mendapatkannya dengan merata-rata nilai C_t :

$$\text{rata } C_t = \frac{\sum C_t}{n}$$

Karena n adalah jumlah C_t , maka jumlahnya adalah 36:

$$\begin{aligned} \text{rata } C_t &= \frac{\sum C_t}{36} \\ &= 1,0202 \end{aligned}$$

Setelah nilai S_t , T_t , dan rata C_t didapatkan maka dapat dihitung hasil peramalan (F_t) sesuai persamaan 2-27:

$$F_t = T_t \times S_t \times C_t$$

Kemudian dari persamaan di atas, maka diperoleh hasil peramalan beban puncak trafo III pada Tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil Peramalan Beban Puncak Trafo III (MVA)

Ft	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Januari	-	20,76	22,60	24,44	26,28	28,12	29,96	31,80	33,64	35,48
Februari	-	25,21	27,43	29,64	31,86	34,08	36,29	38,51	40,73	42,95
Maret	-	22,08	24,01	25,94	27,86	29,79	31,72	33,65	35,58	37,50
April	-	20,54	22,32	24,10	25,88	27,66	29,44	31,23	33,01	34,79
Mei	-	23,39	25,40	27,41	29,42	31,44	33,45	35,46	37,47	39,49
Juni	-	27,51	29,86	32,22	34,57	36,92	39,27	41,62	43,97	46,32
Juli	21,88	23,91	25,94	27,97	30,00	32,03	34,06	36,09	38,12	40,14
Agustus	20,56	22,45	24,34	26,23	28,12	30,01	31,90	33,79	35,69	37,58
September	25,62	27,96	30,30	32,63	34,97	37,31	39,65	41,99	44,33	46,67
Oktober	23,35	25,46	27,58	29,69	31,81	33,92	36,04	38,15	40,27	42,38
November	21,86	23,83	25,79	27,76	29,72	31,69	33,66	35,62	37,59	39,55
Desember	23,18	25,25	27,32	29,39	31,46	33,53	35,59	37,66	39,73	41,80

Sumber: Hasil Perhitungan

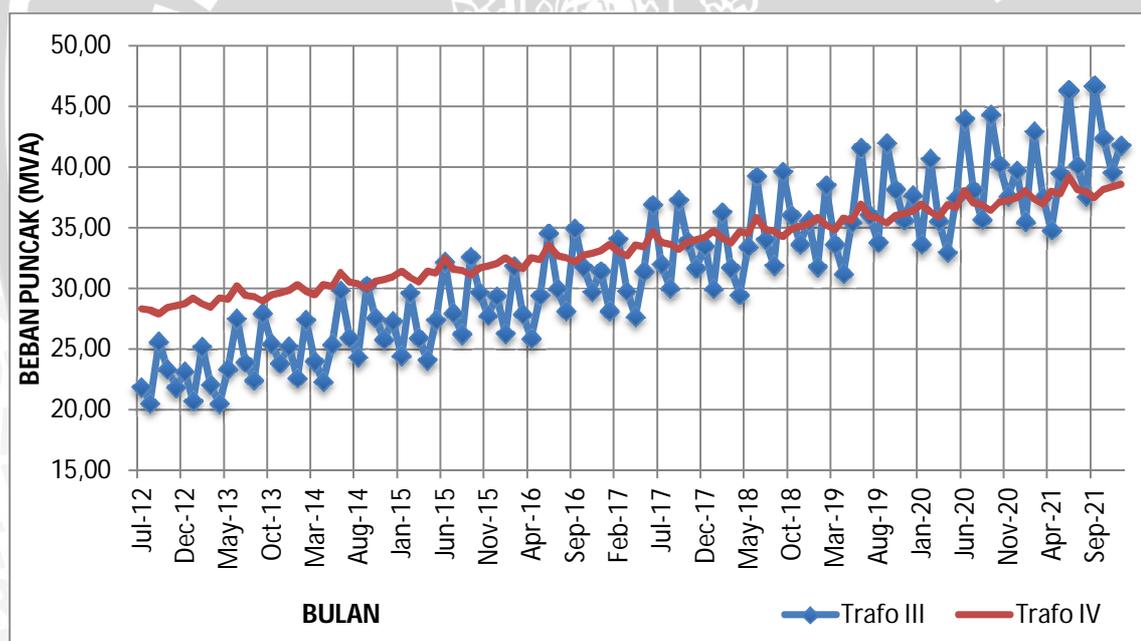
Dengan menggunakan metode perhitungan yang sama dengan yang diatas, maka dapat diperoleh juga hasil peramalan beban puncak trafo IV pada Tabel 4.8 berikut ini:

Tabel 4.8 Hasil Peramalan Beban Puncak Trafo IV (MVA)

Ft	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Januari	-	29,23	30,33	31,43	32,54	33,64	34,75	35,85	36,95	38,06
Februari	-	28,72	29,81	30,89	31,97	33,05	34,13	35,21	36,30	37,38
Maret	-	28,41	29,48	30,54	31,61	32,67	33,74	34,81	35,87	36,94
April	-	29,22	30,31	31,40	32,50	33,59	34,68	35,77	36,87	37,96
Mei	-	29,08	30,17	31,25	32,34	33,42	34,51	35,59	36,68	37,76
Juni	-	30,20	31,32	32,44	33,56	34,69	35,81	36,93	38,06	39,18
Juli	28,32	29,41	30,50	31,59	32,68	33,77	34,86	35,95	37,04	38,13
Agustus	28,21	29,29	30,37	31,45	32,54	33,62	34,70	35,78	36,87	37,95
September	27,87	28,94	30,01	31,07	32,14	33,21	34,27	35,34	36,41	37,47
Oktober	28,40	29,49	30,57	31,65	32,74	33,82	34,90	35,99	37,07	38,15
November	28,56	29,65	30,74	31,82	32,91	33,99	35,08	36,16	37,25	38,34
Desember	28,75	29,84	30,93	32,02	33,11	34,20	35,29	36,38	37,47	38,56

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan di tabel 4.7 dan 4. 8 dapat diperlihatkan dengan jelas seperti pada Gambar 4.7 yang menunjukkan grafik peramalan pertumbuhan beban pada GI Sengkaling Malang tahun 2012-2021 seperti berikut:



Gambar 4.7 Grafik Peramalan Pertumbuhan Beban Puncak (MVA)
GI Sengkaling Malang Tahun 2012-2021

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Gambar 4.7, antara trafo III dengan IV memiliki perbedaan karakteristik pertumbuhan beban puncak. Pertumbuhan beban puncak trafo III lebih fluktuatif dibanding trafo IV. Jika pada trafo IV pertumbuhan tiap bulannya cenderung stabil, maka berbeda dengan trafo III yang lebih fluktuatif. Hal tersebut terlihat dari data tahun 2008-2012 pada tabel 4.2 besar beban puncak trafo III cenderung bervariasi

tiap bulannya. Trafo III menyuplai penyulang Karang Ploso, Junrejo, Wastra Indah dan Pujon yang notabene merupakan daerah berkembang pesat akhir-akhir ini.

Patut diketahui apabila penyulang Junrejo menyuplai kompleks wisata Jatim Park. Kenaikan beban puncak terjadi pada bulan Juni dan September, dimana terdapat libur sekolah dan libur lebaran. Musim libur tersebut berpengaruh terhadap peningkatan pengunjung yang datang ke tempat wisata sehingga konsumsi energi listrik meningkat pada bulan-bulan tersebut.

Jika terjadi kenaikan beban di luar bulan Juli dan September, berdasarkan informasi dari UP Batu, dan UP Singosari maka beban penyulang GI Kebon Agung atau GI Blimbing dialihkan ke GI Sengkaling dikarenakan ada *maintenance* atau gangguan. Penyulang Sitirejo pada GI Kebon Agung terhubung dengan trafo III GI Sengkaling melalui penyulang Junrejo sedangkan Penyulang Mojolangu pada GI Belimbing terhubung dengan trafo III GI Sengkaling melalui penyulang Karang Ploso.

Sedangkan pada trafo IV dengan pertumbuhan beban relatif stabil disebabkan beban di penyulang Dinoyo sebagai penyumbang beban terbesar merupakan daerah padat penduduk sehingga perkembangan pengguna listrik tidak drastis.

4.2.2 Peramalan Energi Tersalur (kWh)

Peramalan energi tersalur (kWh) hingga tahun 2021 didasarkan pada data energi tersalur masing-masing trafo yang diperoleh dari rangkuman data perusahaan penyaluran tenaga listrik APJ Malang tahun 2008 sampai dengan 2012. Rangkuman energi tersalur trafo III dan Trafo IV dapat dilihat pada tabel 4.9 dan 4.10 berikut ini:

Tabel 4.9 Data Energi Tersalur Trafo III GI Sengkaling Malang

TRAFO III	Penyaluran Energi Trafo III (kWh)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Januari	-	6,337,711	7,639,882	7,914,935	8,811,326
Februari	-	5,957,711	6,339,000	6,784,670	8,416,094
Maret	-	6,357,711	7,195,961	8,432,042	9,182,338
April	-	6,285,711	7,480,352	8,003,218	9,603,054
Mei	-	6,902,923	9,519,768	8,207,118	9,603,054
Juni	-	8,402,150	9,003,752	7,597,214	9,686,305
Juli	-	6,998,411	8,865,127	7,585,791	-
Agustus	5,822,000	7,119,004	8,265,184	6,785,470	-
September	5,868,779	6,186,680	7,876,566	7,566,005	-
Oktober	6,209,015	7,697,397	8,474,642	8,811,326	-
November	6,218,668	6,882,934	7,862,606	8,811,326	-
Desember	6,596,529	6,894,948	9,163,679	8,811,326	-

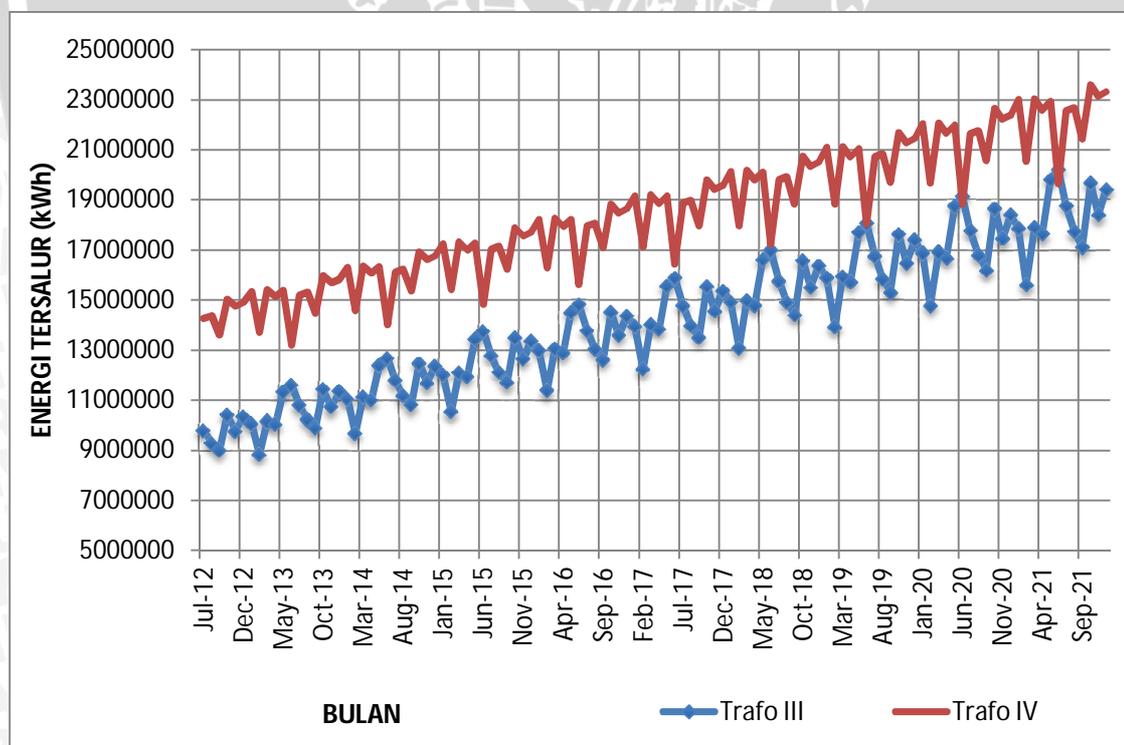
Sumber: PT PLN (Persero) APP Malang. 2012

Tabel 4.10 Data Energi Tersalur Trafo IV GI Sengkaling Malang

TRAFO IV	Penyaluran Energi Trafo IV (kWh)				
	2008	2009	2010	2011	2012
Januari	-	11,991,010	12,358,630	13,642,410	12,608,510
Februari	-	10,409,550	11,543,280	11,989,110	12,903,460
Maret	-	12,251,390	13,139,280	12,504,560	14,031,130
April	-	12,062,560	12,542,640	12,582,920	13,125,160
Mei	-	12,681,060	12,171,720	12,884,700	13,125,160
Juni	-	7,717,380	12,401,860	12,520,050	13,068,900
Juli	-	11,383,430	12,598,030	13,204,760	-
Agustus	11,354,630	11,374,990	13,108,980	13,013,170	-
September	11,349,910	11,497,020	12,054,920	11,838,850	-
Oktober	11,114,650	13,005,570	13,294,380	12,608,510	-
November	10,936,520	12,193,570	13,293,100	12,608,510	-
Desember	10,751,010	13,344,190	12,732,820	12,608,510	-

Sumber: PT PLN (Persero) APP Malang, 2012

Dengan menggunakan metode perhitungan yang sama dengan peramalan beban puncak, maka dapat diperoleh juga hasil peramalan energi tersalur trafo III dan IV. Hasilnya diperlihatkan dengan jelas seperti pada Gambar 4.8 yang menunjukkan grafik peramalan energi tersalur (kWh) pada GI Sengkaling Malang.



Gambar 4.8 Grafik Peramalan Pertumbuhan Energi yang Disalurkan (kWh)

GI Sengkaling Malang Tahun 2012-2021

Sumber: Hasil Perhitungan

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 yang semakin bertambah daerah perumahannya 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.

4.3 Penentuan Kapasitas Trafo Daya GI Sengkaling Malang

Perencanaan pengembangan transformator GI didasarkan pada pertumbuhan beban yang diimbangi dengan ketersediaan daya yang selalu dipertahankan sehingga terjadi keseimbangan beban yang ditanggung oleh GI.

Berdasarkan standar IEC 76-1/1976 dan SPLN 17: 1979, transformator didesain dengan dengan suhu media-pendingin sekitar 20° C. Tetapi jika trafo tersebut beroperasi di Indonesia maka trafo tersebut harus disesuaikan kemampuannya, karena pada kondisi ini suhu panas sekitar lebih tinggi dari standar atau dengan kata lain trafo tersebut mengalami penurunan kapasitas. Semakin tinggi panas sekitar semakin pendek operasional dari transformator daya tersebut.

Maka demi memperlama umur trafo daya, sebaiknya pembebanan dibatasi maksimal 80% dari kapasitasnya. Selain memperlama umur trafo, langkah tersebut juga sebagai antisipasi apabila terjadi gangguan pada trafo yang membutuhkan pengalihan beban. Dengan demikian keandalan sistem distribusi dapat terjaga.

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. Untuk menentukan kapasitas trafo yang memadai di masa yang akan datang maka dilihat besar pembebanan trafo III pada tahun 2021 seperti pada Tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11 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%

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.11, pada bulan September 2021 beban puncak trafo III mencapai 46,67 MVA atau 155,56% dari kapasitas trafo yang ada. Dari hasil peramalan 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 yaitu 80% dari kapasitas trafo. Dengan trafo berkapasitas 60 MVA maka kenaikan beban puncak dapat diantisipasi minimal hingga 10 tahun mendatang.

Setelah menentukan kapasitas trafo III, selanjutnya trafo IV dengan pembebanan pada tahun 2021 yang ditampilkan pada Tabel 4.12 berikut:

Tabel 4.12 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%

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.12, pada bulan Juni 2021 beban puncak trafo IV mencapai 39,18 MVA atau 130,60% dari kapasitas trafo yang ada. Dari hasil peramalan diketahui apabila besar pembebanan trafo IV pada tahun 2021 sudah melebihi 80% dari kapasitas trafo. Sebaiknya transformator diganti dengan trafo berkapasitas 50 MVA yang dapat menanggung beban bulan Juni hingga 78,36% dari kapasitas trafo. Dengan demikian dapat memperlama umur trafo daya dan dapat menjaga keandalan sistem distribusi.

4.4 Perencanaan Pengembangan GI Sengkaling Malang

Perencanaan pengembangan gardu induk berguna untuk menentukan waktu yang tepat untuk mengganti trafo dengan daya yang lebih besar sesuai dengan hasil peramalan. Dengan melakukan perencanaan, maka resiko terjadi beban melebihi kapasitas trafo bisa dihindari lebih awal. Dalam melakukan perencanaan digunakan hasil peramalan energi tersalur dan beban puncak sebagai dasar analisis.

4.4.1 Perencanaan Pengembangan Trafo III

Dari hasil peramalan sebelumnya kemudian dicari energi tersalur dari hasil peramalan tiap tahunnya kemudian ditotal sehingga didapatkan energi tersalur tahunan (kWh). Kemudian mencari beban puncak tertinggi dalam satu tahun, sehingga didapatkan beban puncak tahunan (MVA). Karena beban puncak tahunan masih dalam bentuk MVA jadi perlu dikali faktor daya ($\cos \phi = 0,9$). Sehingga didapatkan energi tersalur dan beban puncak tahunan trafo III pada Tabel 4.13 berikut:

Tabel 4.13 Peramalan Energi Tersalur dan Beban Puncak Tahunan Trafo III

Tahun	Energi Tersalur (MWh)	Beban Puncak (MVA)	Beban Puncak (MW)
2013	126.515,818	27,96	25,16
2014	138.215,956	30,30	27,27
2015	149.916,093	32,63	29,37
2016	161.616,230	34,97	31,48
2017	173.316,367	37,31	33,58
2018	185.016,504	39,65	35,69
2019	196.716,642	41,99	37,79
2020	208.416,779	44,33	39,90
2021	220.116,916	46,67	42,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari data diatas dapat dicari beban rata-rata tahunan (B_r) dengan menggunakan penurunan persamaan 2-4 & 2-6. Contoh mencari B_r tahun 2013 adalah sebagai berikut:

$$Br = \frac{\text{Total energi dalam setahun}}{8760}$$

$$= \frac{126.515,818}{8760} = 14,44 \text{ MW}$$

Setelah itu dapat dicari juga faktor beban (F_{LD}) sesuai dengan persamaan 2-3, yaitu:

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

$$= \frac{14,44}{25,16} = 0,5740$$

Langkah mencari beban rata-rata (Br) dan faktor beban (F_{LD}) diulang hingga tahun 2021 sehingga didapatkan Tabel 4.14:

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Beban Rata-Rata dan Faktor Beban Trafo III

Tahun	Energi Tersalur (MWh)	Beban Puncak (MW)	Beban rata-rata (MW)	Faktor Beban
2013	126.515,818	25,16	14,44	0,5740
2014	138.215,956	27,27	15,78	0,5787
2015	149.916,093	29,37	17,11	0,5827
2016	161.616,230	31,48	18,45	0,5861
2017	173.316,367	33,58	19,79	0,5892
2018	185.016,504	35,69	21,12	0,5918
2019	196.716,642	37,79	22,46	0,5942
2020	208.416,779	39,90	23,79	0,5963
2021	220.116,916	42,00	25,13	0,5983

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.14, energi tersalur tahunan terus meningkat tiap tahunnya karena potensi wilayah yang dilalui penyulang trafo III seperti Pujon, Junrejo, Karangploso dan Wastra Indah yang terus berkembang. Dari energi tersalur bisa diperoleh beban rata-rata. Beban rata-rata nilainya selalu lebih kecil daripada beban puncak namun terus meningkat tiap tahunnya. Hal ini karena sebagian besar beban adalah beban rumah tangga, karena rumah tangga rata-rata penggunaan listrik pada pagi hingga sore hari cenderung rendah namun menjadi tinggi ketika memasuki malam hari. Sehingga kalau dirata-rata maka beban rata-rata tidak mungkin lebih dari beban puncak. Demikian juga dengan faktor beban tidak mungkin lebih dari 1.

Hasil peramalan yang menunjukkan pembebanan trafo dapat dilihat pada tabel 4.15 di bawah ini:

Tabel 4.15 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%			

Sumber: Hasil Perhitungan

Kapasitas trafo III adalah 30 MVA, jika ditinjau dari standar sebesar 80% dari kapasitas trafo maka beban maksimal yang semestinya ditanggung adalah 24 MVA. Sedangkan berdasarkan peramalan, seperti pada Tabel 4.15 saat 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%. Selain itu mengacu pada Gambar 4.7 karakteristik pembebanan pada trafo III cenderung fluktuatif tiap bulannya, maka demi pertimbangan umur trafo dan keandalan sistem distribusi sebaiknya trafo diganti pada bulan Januari 2014.

4.4.2 Perencanaan Pengembangan Trafo IV

Dari hasil peramalan sebelumnya kemudian dicari energi tersalur dari hasil peramalan tiap tahunnya kemudian ditotal sehingga didapatkan energi tersalur tahunan (kWh). Kemudian mencari beban puncak tertinggi dalam satu tahun, sehingga didapatkan beban puncak tahunan (MVA). Karena beban puncak tahunan masih dalam bentuk MVA jadi perlu dikali faktor daya ($\cos \phi = 0,9$). Sehingga didapatkan energi tersalur dan beban puncak tahunan trafo IV pada tabel 4.16 berikut:

Tabel 4.16 Peramalan Energi Tersalur dan Beban Puncak Tahunan Trafo IV

Tahun	Energi Tersalur (kWh)	Beban Puncak (MVA)	Beban Puncak (MW)
2013	180.688,672	30,20	27,18
2014	191.665,848	31,32	28,19
2015	202.643,024	32,44	29,20
2016	213.620,200	33,56	30,21
2017	224.597,376	34,69	31,22
2018	235.574,552	35,81	32,23
2019	246.551,728	36,93	33,24
2020	257.528,903	38,06	34,25
2021	268.506,079	39,18	35,26

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil peramalan pada tabel 4.16 dapat dicari beban rata-rata tahunan (B_r) dengan menggunakan penurunan persamaan 2-4 & 2-6. Contoh B_r tahun 2013 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} B_r &= \frac{\text{Total energi dalam setahun}}{8760} \\ &= \frac{180.688,672}{8760} = 20,63 \text{ MW} \end{aligned}$$

Setelah itu dapat dicari juga faktor beban (F_{LD}) sesuai dengan persamaan 2-3, yaitu:

$$\begin{aligned} F_{LD} &= \frac{B_r(\text{beban rata - rata})}{B_p(\text{beban puncak})} \\ &= \frac{20,63}{27,18} = 0,7590 \end{aligned}$$

Langkah mencari beban rata-rata (B_r) dan faktor beban (F_{LD}) diulang hingga tahun 2021 sehingga didapatkan Tabel 4.17:

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Beban Rata-Rata dan Faktor Beban Trafo IV

Tahun	Energi Tersalur (kWh)	Beban Puncak (MW)	Beban rata-rata (MW)	Faktor Beban
2013	180.688,672	27,18	20,63	0,7590
2014	191.665,848	28,19	21,88	0,7762
2015	202.643,024	29,20	23,13	0,7923
2016	213.620,200	30,21	24,39	0,8073
2017	224.597,376	31,22	25,64	0,8213
2018	235.574,552	32,23	26,89	0,8344
2019	246.551,728	33,24	28,15	0,8467
2020	257.528,903	34,25	29,40	0,8583
2021	268.506,079	35,26	30,65	0,8693

Sumber: Hasil Perhitungan

Serupa dengan trafo III energi tersalur tahunan pada Tabel 4.17 cenderung meningkat setiap tahun. Namun berbeda dengan trafo III yang menyuplai lebih banyak daerah pedesaan, trafo IV menyuplai penyulang di daerah perkotaan seperti Dinoyo dan Batu. Dari energi tersalur bisa diperoleh beban rata-rata. Beban rata-rata nilainya selalu lebih kecil daripada beban puncak namun terus meningkat tiap tahunnya. Hal ini menandakan sebagian besar adalah beban rumah tangga, Sehingga dalam setahun kalau dirata-rata maka beban rata-rata tidak mungkin lebih dari beban puncak. Demikian juga dengan faktor beban tidak mungkin lebih dari 1.

Hasil peramalan yang menunjukkan pembebanan trafo dapat dilihat pada tabel 4.18 di bawah ini:

Tabel 4.18 Perhitungan pembebanan (%) Trafo IV 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%			

Sumber: Hasil Perhitungan

Kapasitas trafo IV adalah 30 MVA, jika meninjau dari standar sebesar 80% dari kapasitas trafo maka beban maksimal yang semestinya ditanggung adalah 24 MVA. Bisa dilihat pada Tabel 4.18, pembebanan trafo bulan Januari 2013 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.