

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan berkat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Prakiraan Beban Listrik yang Tersambung pada Gardu Induk Sengkaling tahun 2012-2021 Menggunakan Metode *Time Series* Model Dekomposisi". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Skripsi ini membahas tentang pertumbuhan beban di Gardu Induk (GI) Sengkaling. Dari proses pengolahan data dan analisis akan diketahui pembebanan pada transformator daya sehingga bisa menentukan langkah yang dapat dilakukan untuk perencanaan pengembangan GI Sengkaling di masa yang akan datang.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan serta dorongan dari semua pihak, penyelesaian skripsi ini tidak mungkin bisa terwujud. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Bapak Mochammad Rif'an, S.T., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Ibu Rini Nur Hasanah, S.T, M.Sc, Ph.D selaku KKDK Konsentrasi Teknik Energi Elektrik.
5. Bapak Unggul Wibawa, Ir., M.Sc. dan Bapak Mahfudz Shidiq, Ir., MT. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan pengarahannya dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun.
6. Pihak Gardu Induk Sengkaling, PT PLN (Persero) APP Malang, dan PT PLN (Persero) APJ Malang, terutama Bapak Agus Surono, Mas Joni dan Mas Roni yang telah bersedia menjadi sumber informasi penelitian dari skripsi saya ini, semoga dapat menjadi hal yang berguna bagi semuanya.
7. Keluarga penulis, Yusuf Ismail N. Ir., MT., Dra. Tri Tabiyaningsih, Fariz Yustriandy dan Nadia Savitri, orang tua, kakak, dan adik penulis yang sudah

berjuang memberi doa, dukungan moral dan finansial, dorongan semangat, serta kepercayaan yang besar kepada penulis.

8. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro angkatan 2008 (*Concordes*) dan konsentrasi Teknik Energi Elektrik, serta rekan-rekan di Himpunan Mahasiswa Elektro terutama teman-teman Departemen Pendidikan yang telah menemani dan berbagi semangat selama menjalani perkuliahan.
9. Amalia Eka Rakhmania yang telah memberikan semangat dan dukungan pada penulis selama menjalani perkuliahan dan pengerjaan skripsi.
10. Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik yang tidak dapat disebutkan satu persatu secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, saran dan kritik mengenai penelitian ini diharapkan oleh penulis agar penelitian ini dapat menjadi karya tulis yang lebih baik dan lebih berguna. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Malang, Januari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.4 Tujuan.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.6 Sistematika Penulisan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Sistem Penyaluran Energi Listrik	Error! Bookmark not defined.
2.2 Gardu Induk Distribusi	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Fungsi Gardu Induk	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Klasifikasi Gardu Induk	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 <i>Capacity Balance Transformator</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3 Beban Listrik.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Karakteristik Beban.....	Error! Bookmark not defined.
2.5 Metode Peramalan.....	Error! Bookmark not defined.
2.8.1 Jangka Waktu Prakiraan.....	Error! Bookmark not defined.
2.8.2 Macam-Macam Metode Peramalan	Error! Bookmark not defined.

2.6	Model Peramalan Beban.....	Error! Bookmark not defined.
2.7	Analisis Korelasi.....	Error! Bookmark not defined.
2.8	Metode Time Series	Error! Bookmark not defined.
2.8.1	Metode Regresi.....	Error! Bookmark not defined.
2.8.2	Metode Dekomposisi	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODE PENELITIAN		Error! Bookmark not defined.
3.1	Kerangka Umum.....	Error! Bookmark not defined.
3.2	Studi Literatur.....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Pengambilan Data.....	Error! Bookmark not defined.
3.4	Perhitungan dan Analisis	Error! Bookmark not defined.
3.5	Penarikan Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		Error! Bookmark not defined.
4.1	Gardu Induk Sengkaling.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.1	Data Teknis Trafo Daya GI Sengkaling.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.2	Pembebanan di GI Sengkaling	Error! Bookmark not defined.
4.2	Analisa Pertumbuhan Beban Trafo Daya GI Sengkaling Malang	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Peramalan Beban Puncak (MVA)	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Peramalan Energi Tersalur (kWh).....	Error! Bookmark not defined.
4.3	Penentuan Kapasitas Trafo Daya GI Sengkaling Malang	Error! Bookmark not defined.
4.4	Perencanaan Pengembangan GI Sengkaling Malang	Error! Bookmark not defined.
4.4.1	Perencanaan Pengembangan Trafo III.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.2	Perencanaan Pengembangan Trafo IV.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....		Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

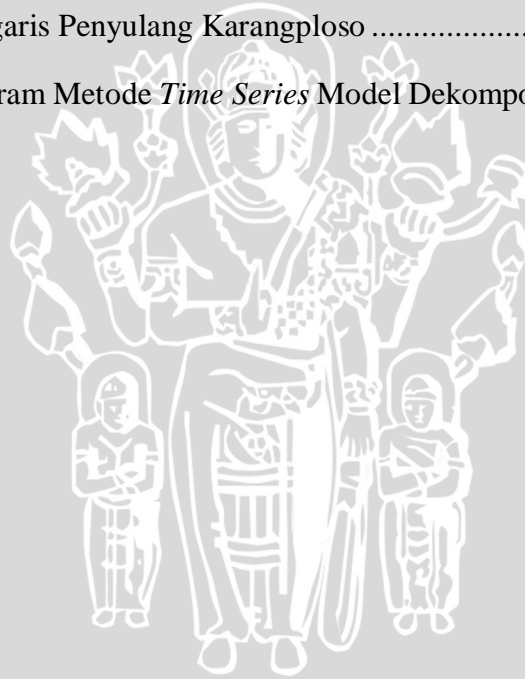
Tabel 4.1	Data Beban Puncak Trafo III GI Sengkaling Malang.....	31
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan Beban Puncak Trafo III (MVA).....	32
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Indeks Musiman (Z_t)	33
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Komponen Musiman Bulanan (S_t)	34
Tabel 4.5	Variabel Perhitungan rl dan re	34
Tabel 4.6	Hasil perhitungan rata C_t	36
Tabel 4.7	Hasil Peramalan Beban Puncak Trafo III (MVA)	37
Tabel 4.8	Hasil Peramalan Beban Puncak Trafo IV (MVA).....	38
Tabel 4.9	Data Energi Tersalur Trafo III GI Sengkaling Malang)	39
Tabel 4.10	Data Energi Tersalur Trafo IV GI Sengkaling Malang.....	40
Tabel 4.11	Peramalan Pembebanan Trafo III (tahun 2021)	42
Tabel 4.12	Peramalan Pembebanan Trafo IV (tahun 2021)	42
Tabel 4.13	Peramalan Energi Tersalur dan Beban Puncak Tahunan Trafo III.....	43
Tabel 4.14	Hasil Perhitungan Beban Rata-Rata dan Faktor Beban Trafo III.....	44
Tabel 4.15	Perhitungan pembebanan (%) Trafo III Tahun 2014-2015.....	45
Tabel 4.16	Peramalan Energi Tersalur dan Beban Puncak Tahunan Trafo IV.....	45
Tabel 4.17	Hasil Perhitungan Beban Rata-Rata dan Faktor Beban Trafo IV.....	46
Tabel 4.18	Perhitungan pembebanan (%) Trafo IV Tahun 2013-2014.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Penyaluran Energi Listrik	4
Gambar 2.2 Diagram Segaris Sistem Tenaga Listrik Interkoneksi.....	5
Gambar 2.3 Kurva Variasi Kebutuhan Harian.....	9
Gambar 2.4 Kurva Durasi Beban.....	9
Gambar 2.5 Diagram Alir Proses Perencanaan Sistem Distribusi.....	14
Gambar 2.6 Ilustrasi Nilai r	15
Gambar 3.1 Kerangka Umum Metode Pengerjaan Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Penghitungan Ramalan dengan Metode Time Series Model Dekomposisi (1).....	23
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Penghitungan Ramalan dengan Metode Time Series Model Dekomposisi (2).....	24
Gambar 4.1 Lokasi Gardu Induk Sengkaling	25
Gambar 4.2 Diagram Satu Garis G.I Sengkaling Malang	26
Gambar 4.3 Grafik Pembebanan Trafo III 150/20 kV - 30 MVA Bulan Juli 2010	28
Gambar 4.4 Grafik Pembebanan Trafo IV 150/20 kV - 30 MVA Bulan Juli 2010.....	28
Gambar 4.5 Grafik Pembebanan Trafo III (Pukul 19.00 WIB) Bulan Juli dan September 2010.....	29
Gambar 4.6 Grafik Pembebanan Trafo IV (Pukul 19.00 WIB) Bulan Juli dan September 2010.....	30
Gambar 4.7 Grafik Peramalan Pertumbuhan Beban Puncak (MVA) GI Sengkaling Malang Tahun 2012-2021	38
Gambar 4.8 Grafik Peramalan Pertumbuhan Energi yang Disalurkan (kWh) GI Sengkaling Malang Tahun 2012-2021	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Diagram Segaris GI Sengkaling	50
Lampiran 2: Pembebanan GI Sengkaling Bulan Juli 2010.....	51
Lampiran 3: Pembebanan GI Sengkaling Bulan September 2010.....	51
Lampiran 4: Data Beban Puncak Trafo IV (MVA)	52
Lampiran 5: Hasil Peramalan Energi Tersalur (kWh) Trafo III	52
Lampiran 6: Hasil Peramalan Energi Tersalur (kWh) Trafo IV	53
Lampiran 7: Diagram Segaris Penyulang Dinoyo	54
Lampiran 7: Diagram Segaris Penyulang Junrejo.....	55
Lampiran 8: Diagram Segaris Penyulang Karangploso	56
Lampiran 9: Listing Program Metode <i>Time Series</i> Model Dekomposisi.....	57



RINGKASAN

ANSHAR AFFANDY, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Oktober 2012, *Prakiraan Daya Beban Listrik yang Tersambung pada Gardu Induk Sengkaling Tahun 2012-2021 Menggunakan Metode Time Series Model Dekomposisi*, Dosen Pembimbing : Ir. Unggul Wibawa, M.Sc. dan Ir. Mahfudz Shidiq, M.S.

Summary — 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 terganggu. Bagi area dengan potensi pertumbuhan listrik yang tinggi dibutuhkan peningkatan kapasitas GI ataupun membangun GI baru. Hal tersebut tentu membutuhkan investasi besar dan waktu persiapan yang lama. Maka dibutuhkan prakiraan pertumbuhan beban sebagai dasar menentukan kapasitas transformator daya GI di masa depan.

Skripsi ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan beban, menganalisis kemampuan trafo daya dan perencanaan GI hingga 10 tahun mendatang. Sistem yang ditinjau adalah sistem GI Sengkaling, metode peramalan kebutuhan beban yang dipakai adalah metode *time series* dengan model dekomposisi, data energi listrik yang digunakan adalah data perusahaan listrik di GI Sengkaling tahun 2008 – 2012, faktor penggunaan dari transformator daya tidak lebih dari 80%, serta tidak memperhitungkan rencana pengembangan kawasan dan kebijakan politik pemerintah. Manfaat bagi PT PLN (Persero) selaku penyedia listrik negara adalah sebagai pertimbangan dalam merencanakan kapasitas trafo daya GI berdasarkan pertumbuhan beban.

Metode *time series* model dekomposisi adalah metode kecenderungan yang mempergunakan empat komponen pendekatan yaitu *trend* (merupakan tingkah laku jangka panjang), siklus, musiman dan komponen acak. Setiap komponen diidentifikasi sehingga data *time series* dapat diproyeksikan dan dapat digunakan untuk peramalan jangka panjang.

Secara umum tahapan kegiatan penelitian adalah pengambilan data data beban puncak dan energi yang disalurkan trafo daya GI. Selanjutnya data-data tersebut akan digunakan sebagai bahan analisis pertumbuhan beban, analisis pembebanan transformator dan analisis waktu pengembangan GI guna mengetahui waktu yang tepat dan efisien untuk menambah kapasitas trafo. Sebagai akhir dari kegiatan penelitian ini disusunlah suatu kesimpulan dari semua proses analisis, serta saran agar kedepannya hasil yang diperoleh dalam peramalan beban gardu induk ini dapat lebih baik lagi.

GI Sengkaling memiliki 2 buah transformator daya berkapasitas 30 MVA, yaitu trafo III dan IV yang berfungsi untuk menurunkan tegangan 150 kV menjadi 20 kV. Trafo III menyalurkan energi ke penyulang Junrejo, Pujon, Karang Ploso dan Wastra Indah. Sedangkan trafo IV menyalurkan energi ke penyulang Batu, Dinoyo, Selecta, dan Tegalondo. Adapun hasil peramalan beban puncak pada trafo di GI Sengkaling di bulan September 2021 untuk trafo III adalah 46,67 MVA dan bulan Juni untuk trafo IV ialah 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.

SUMMARY

ANSHAR AFFANDY, Electrical Engineering Department, Engineering Faculty, Brawijaya University, October 2012, Forecasting of Electrical Load Power Connected to Sengkaling Main Substation Year 2012-2021 Using Time Series Method with Decomposition Model, Advisor : Ir. Unggul Wibawa, M.Sc. and Ir. Mahfudz Shidiq, M.S.

Summary — Substation plays an important role in the continuity of electricity supply to consumers. If electrical load bear by substation is greater than its capacity, substation will become overload so that the electricity supply to consumers stopped. For areas that potentially have high electricity needs, it is required to upgrade substation's capacity or create a new substation. 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 Substation.

The aims of this thesis are to determine the load growth, analyze the ability of distribution transformers and plan Sengkaling Substation for the next ten years. The reviewed system is Sengkaling Substation system, load demand forecasting method used is time series method with decomposition model, electrical energy data used is electricity utilization data in Sengkaling MS from 2008 to 2012, the used factor of power transformers is less than 80% , and does not consider the regional development plan and government policy. The advantage of this thesis for PT PLN (Persero) as the country electricity provider is asa consideration in planning the expansion of substation based on load growth.

Time series method with decomposition model is a forecasting method that uses four approaching components, which are trend (a long-term behavior), cylical (cycle forms), seasonal, and random component. Each component is identified so that the time series data can be projected and can be used for long-term forecasting.

In general, the first stage of research is the data collection of peak loads and distributed energy by substation. Next, those data will be used to analyze the load growth, transformer loading, and substation development time in order to know the exact and efficient time to increase the transformer's capacity. In the end of this research drawn the conclusions of the analysis process, as well as suggestions so that the results obtained in the next forecasting of substation's load can be better.

Sengkaling Substation has two distribution transformer capacity of 30 MVA, that transformer III and IV which serves to lower the voltage of 150 kV to 20 kV. Transformer III transfer energy into Junrejo, Pujon, Karang Ploso and Wastra Indah feeders. While transformer IV transfer energy into Batu, Dinoyo, Selecta, and Tegalgondo feeders. The forecasting result of peak load in Sengkaling Substation's transformer in September 2021 is 46.67 MVA for 3rd transformer and in June 2021 is 39.18 MVA for 4th transformer. Thus the 3rd transformer's capacity must be increased to 60 MVA in January 2014 because 3rd transformer's loading in February 2014 has reached 91.42% from its capacity. While 4th transformer's capacity must be increased to 50 MVA in January 2013 because in this month, 4th transformer's loading has reached 97.42% from its capacity.

Index Terms — Substation, Forecasting, Time series, Decomposition, Transformer