

ANALISA TRANSFORMATOR BERDASARKAN PERTUMBUHAN BEBAN DI GARDU INDUK 150 KV KLATEN

Oleh:

Muhammad Aziz Sholeh, Ramadoni Syahputra, Anna Nur Nazilah Chamim
Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
email: ¹azizte50@gmail.com, ²doniteumy@gmail.com, ³anna_nnc@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pemakaian energi listrik oleh konsumen setiap tahunnya mengalami peningkatan sesuai dengan perkembangan ekonomi, penambahan jumlah penduduk, dan rencana pengembangan pada masa yang akan datang. Peningkatan kebutuhan beban yang terpakai pada tiap tahun pada gardu induk dapat berpengaruh pada kemampuan transformator mengenai kapasitasnya.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan transformator gardu induk 150 KV Klaten dalam penggunaan 20 tahun mendatang sehingga diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam operasional gardu induk tersebut. Metode yang digunakan untuk menganalisis kemampuan transformator adalah metode Regresi Linier Ganda.

Analisis kemampuan transformator pada penelitian ini menggunakan data beban puncak rata-rata mulai tahun 2012 hingga tahun 2016. Hasil dari analisis yang menunjukkan bahwa diperoleh angka perkiraan pembebanan Gardu Induk 150 KV Klaten pada trafo I 30 MVA pada tahun 2018 adalah sebesar 23.42 MVA (78%). Kemudian beban trafo mencapai batas beban berat di tahun 2025 dengan beban sebesar 24.33 MVA (81%) hingga tahun 2033. Kata kunci : Analisis kemampuan, Gardu Induk, Beban puncak, Transformator, Regresi linier ganda

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Gardu Induk merupakan komponen yang memegang peranan penting dalam suplay listrik ke konsumen. Permintaan listrik dari konsumen yang cukup tinggi maka semakin besar pula beban yang ditanggung oleh gardu induk. Apabila beban listrik yang ditanggung Gardu induk semakin tinggi dan melebihi dari kapasitas gardu induk maka gardu induk akan mengalami OVERLOAD. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan penelitian lebih lanjut tentang kemampuan Transformator dalam mensuplai beban.

Pada wilayah kabupaten Klaten peningkatan jumlah penduduk yang sangat signifikan dan diimbangi dengan peningkatan jumlah PDRB daerah klaten. Sehingga jumlah beban yang diterima gardu induk Klaten terus meningkat. Maka dari itu perlu dilakukan

penelitian lebih lanjut mengenai dampak pertumbuhan beban yang ada di gardu induk klaten. Karena hasil yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dapat memberikan rekomendasi mengenai kapasitas trafo berdasarkan peningkatan beban yang dari tahun ke tahun.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Meramal beban dengan beban puncak Gardu Induk Klaten 150KV dengan metode regresi linier.
2. Untuk mengetahui pengaruh perkembangan beban terhadap kemampuan transformator Gardu Induk Klaten 150KV.
3. Untuk mengetahui batas kemampuan transformator Gardu Induk Klaten 150KV berdasarkan peramalan beban.

1.3 Batasan Masalah

Penulisan tugas akhir ini tidak terlalu luas dan ruang lingkupnya menjadi jelas, maka pembahasan difokuskan pada masalah evaluasi kemampuan transformator dengan asumsi 20 tahun kedepan menggunakan metode regresi. Evaluasi ini untuk mengetahui apakah Gardu Induk Klaten masih mampu atau tidak dalam melayani beban dalam 20 tahun ke depan. Penelitian evaluasi kemampuan transformator Gardu Induk Klaten 150 KV dibatasi pada penggunaan data laporan beban puncak dari tahun 2012 sampai 2016 pada gardu induk Klaten 150 KV.

BAB II

Dasar Teori

2.1 Penyaluran Tenaga Listrik

Sistem penyaluran tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik kekonsumen (beban), prosesnya melalui beberapa tahap, yaitu dari pembangkit tenaga listrik penghasil energi listrik, disalurkan ke jaringan transmisi (SUTET) langsung ke gardu induk. Dari gardu induk tenaga listrik disalurkan ke jaringan distribusi primer (SUTM), dan melalui gardu distribusi langsung ke jaringan distribusi sekunder (SUTR), tenaga listrik dialirkan kekonsumen.

2.2 Sistem Distribusi Daya Listrik

2.2.1 Pengertian umum

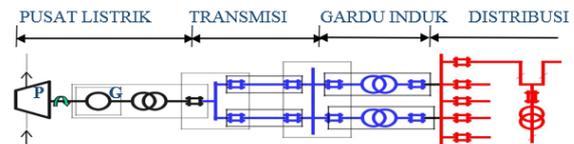
Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (Bulk Power Source) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah; 1). pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan 2). merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban

(pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

2.2.2 Bagian Sistem Distribusi

Adapun bagian-bagian dari sistem distribusi tenaga listrik adalah:

1. Gardu Induk Distribusi
2. Jaringan Primer (JTM)
3. Transformator Distribusi
4. Jaringan Sekunder (JTR)



Gambar 2.1 Jaringan Sistem Tenaga Listrik

2.3 Peramalan Beban Energi Listrik

Peramalan energi listrik sangat diperlukan untuk memperkirakan kebutuhan energi listrik beberapa tahun kedepan. Peramalan pada dasarnya merupakan suatu dugaan atau prakiraan mengenai terjadinya suatu kejadian atau peristiwa dimasa yang akan datang. Data yang mendasari adanya peramalan yakni :

1. Data Pengusahaan.
2. PDRB.
3. Jumlah Rumah Tangga & Penduduk.

2.4 Beban

Pengelompokan Beban menurut PT PLN

Persero pembagian pengelompokan beban berdasarkan kelompok pelanggan yang terdiri dari :

1. Sektor Rumah Tangga.
2. Sektor Komersial.
3. Sektor Industri.
4. Sektor Publik

2.5 Metode Peramalan

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

1. Metode Analitis (End Use)
2. Metode Ekonometri
3. Metode Time Series

4. Metode Gabungan (Metode Analitis dan Metode Ekonometri)
5. Metode regresi

2.6 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
2. Model Lokasi
3. Model Gardu Induk

2.7 Faktor Penting Untuk Peramalan

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan adalah faktor cuaca, kelompok konsumen dan waktu. Peramalan jangka menengah dan panjang menggunakan data historis beban dan cuaca, banyaknya pelanggan dalam kelompok yang berbeda dan banyaknya listrik dalam suatu area. Beban dalam minggu yang berbeda juga berbeda-beda sifat. Kondisi cuaca juga mempengaruhi beban listrik. Faktanya, parameter ramalan cuaca merupakan faktor yang paling penting pada peramalan beban jangka pendek.

2.7 Kebutuhan Beban

Kebutuhan sistem tenaga listrik adalah beban terminal terima secara rata-rata dalam suatu selang waktu tertentu. Kebutuhan listrik pada suatu daerah tergantung dari keadaan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan rencana pengembangan pada waktu mendatang.

2.8 Kebutuhan Beban

Kebutuhan sistem tenaga listrik adalah beban terminal terima secara rata-

rata dalam suatu selang waktu tertentu. Kebutuhan listrik pada suatu daerah tergantung dari keadaan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan rencana pengembangan pada waktu mendatang.

2.9 Beban Rata-Rata

Beban rata-rata (Br) didefinisikan sebagai perbandingan antara energi yang terpakai dengan waktu periode tertentu. Untuk periode satu tahun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Br = \frac{KWh \text{ Produksi Total 1 Tahun}}{8760 \text{ Jam}} \quad (6)$$

2.10 Faktor Beban

Didefinisikan sebagai perbandingan antara beban rata-rata dengan beban puncak yang diukur pada suatu periode tertentu. Beban puncak yang dimaksud adalah beban puncak sesaat dalam selang waktu tertentu. Persamaan faktor beban ditulis sebagai berikut:

$$L_f = \frac{Br \text{ (Beban rata-rata)}}{\text{Beban puncak}} \quad (7)$$

2.11 Peramalan Pembebanan Transformator

Peramalan beban adalah suatu cara memperkirakan atau menggambarkan beban dimana masa yang akan datang, model pendekatan peramalan:

$$S_t = S_o \frac{Y}{a} \quad (9)$$

Dimana,

S_t : pemakaian beban pada tahun t (yang diramalkan)

S_o : Pemakaian beban tenaga listrik (MVA) dasar pada tahun perhitungan tahun pertama

a : Pertumbuhan beban rata-rata yang diamati (faktor pengali)

Y : Hasil persamaan pendekatan

Untuk mencari nilai Pertumbuhan beban (a) menggunakan rumus :

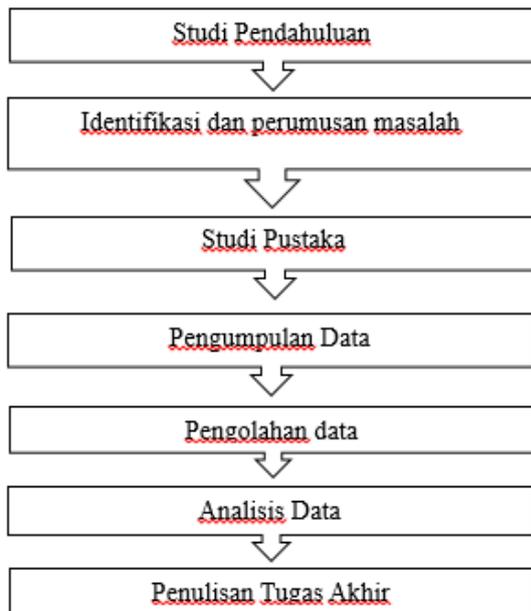
$$a = \frac{S_n - (S_{n-1})}{(S_{n-1})} \times 100\% \quad (10)$$

Dengan,

α : Pertumbuhan beban pertahun
 S_n : Rata-rata beban pertahun ke-n (MVA)
 (S_{n-1}) : Rata-rata beban tahun n-1 (MVA)

BAB III METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan ini memperkirakan kebutuhan energi listrik dimasa yang akan datang. Memperkirakan perkembangan beban listrik dilakukan secara deskriptif yaitu metode yang mengamati perkembangan beban listrik tiap-tiap beban pelanggan. Jika perkiraan beban listrik dilakukan secara tanpa melihat disetiap sektor maka kemungkinan penyimpangan yang terjadi sangat besar. Oleh karena itu metode ini memberikan perhitungan yang lebih baik dan teliti.



Gambar 3.1 *Flowchart kegiatan*

3.1 Lokasi Kajian

Lokasi kajian tugas akhir ini dilakukan pada PT. PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Tengah Area Pelaksana Pemeliharaan Salatiga Gardu Induk 150 KV Klaten

1. Adapun data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

2. Data pemakaian beban puncak mulai dari 2012 sampai 2016.
3. Kapasitas trafo.
4. Data BPS Klaten tentang pertumbuhan penduduk dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) mulai dari 2012-2016.

3.2 Metode Analisa

Data yang digunakan adalah data beban puncak GI Klaten dan data BPS Klaten tentang Jumlah Penduduk dan PDRB (Produk Domestik Regional Bruto). Dengan menggunakan metode regresi linier ganda untuk mencari pertumbuhan beban tiap tahunnya. Beban sebagai variabel tak bebas (Y) Jumlah penduduk dan PDRB sebagai variabel bebas (X1 dan X2), a sebagai konstanta dan b1,b2 sebagai koefisien regresi di peroleh melalui persamaan regresi. Rumus regresi linier ganda untuk peramalan beban yaitu:

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2$$

Keterangan:

Y = Variabel tak bebas

a = konstanta

b1, b2 = koefisien regresi

X1, X2 = variabel bebas

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 DATA PENELITIAN

Data yang digunakan untuk menganalisis kemampuan transformator Gardu Induk 150 KV Klaten dalam 20 tahun yang akan datang adalah data pemakaian energi listrik tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 pada transformator I yang memiliki kapasitas 30 MVA dan data pemakain energi listrik tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 pada transformator II dengan kapasitas 30 MVA. Kemudian data lain yang dibutuhkan adalah data kependudukan dan PDRB Kabupaten Klaten.

4.1.1 Data Transformator I Gardu Induk 150 KV Klaten

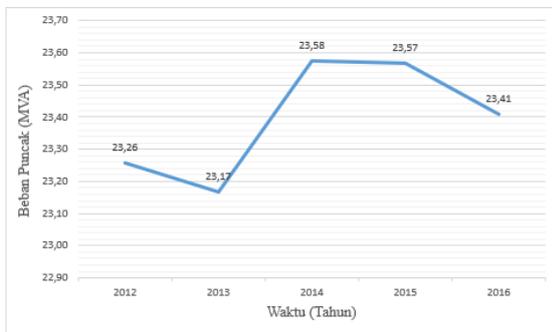
Spesifikasi Transformator I Gardu Induk 150 KV Klaten adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Spesifikasi Trafo I

Peralatan	Trafo I 30 MVA
Terpasang	GI Klaten
Merk	ABB
Type	SDOR 30000/170
No Seri	12135225
Tegangan primer/sekunder (KV)	150/20 kV
Kapasitas (A)	115/866 A
Tahun Buat	1994
Tahun Operasi	1995

Tabel 4.2 Data Beban Trafo I

BULAN	2012	2013	2014	2015	2016
JANUARI	23.4	23.6	23	22.9	22.3
FEBUARI	23.6	23.3	21.7	22.9	22.7
MARET	23.2	23.5	22.1	23.8	24.5
APRIL	24.4	22.6	24.3	23.9	23.9
MEI	23.3	23.3	24.3	23.2	24
JUNI	23.6	22.3	22.9	23.4	23.7
JULI	23.2	22.6	22.3	23.2	23.8
AGUSTUS	22.2	22.4	24.1	23.2	23.4
SEPTEMBER	22.9	23	24.4	24.1	23.6
OKTOBER	22.3	24	24.9	24	23.5
NOVEMBER	23.5	23.5	24.9	25.4	23.2
DESEMBER	23.5	23.9	24	22.8	22.3
TOTAL	279.1	278	282.9	282.8	280.9
RATA-RATA	23.26	23.17	23.58	23.57	23.41



Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan Beban Trafo I 2012 – 2016

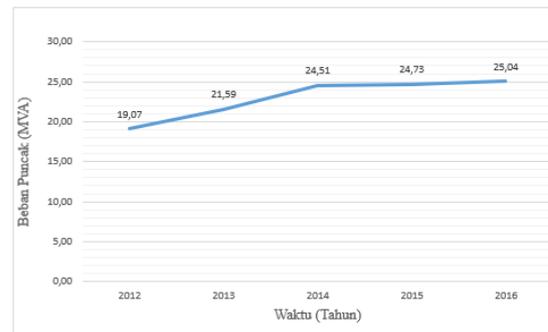
4.1.2 Data Transformator II Gardu Induk 150 KV Klaten

Tabel 4.3 Spesifikasi Trafo II

Peralatan	Trafo II 30 MVA
Terpasang	GI Klaten
Merk	PAUWELS
Type	ORF
No Seri	99P0050
Tegangan primer/sekunder (KV)	150/20 kV
Kapasitas (A)	115/866 A
Tahun Buat	2000
Tahun Operasi	2002

Tabel 4.4 Data Beban Trafo II

BULAN	2012	2013	2014	2015	2016
JANUARI	20.9	16.7	23.6	23.4	25.3
FEBUARI	21.1	20.6	23.5	23.7	24.7
MARET	19.4	22.2	25.3	25.2	24.5
APRIL	21.4	21.5	24	24.5	25.2
MEI	19.9	21.6	24.6	24.7	24.2
JUNI	16.5	21	25.2	24.2	24.1
JULI	20.9	21.5	24.4	25.4	23.8
AGUSTUS	16.6	21.8	23.8	24.9	24.2
SEPTEMBER	16.5	22.2	26.8	25	24.8
OKTOBER	19.6	23.3	24.5	24.8	35
NOVEMBER	18	22.9	24.5	25.6	25.5
DESEMBER	18	23.8	23.9	25.3	19.2
TOTAL	228.8	259.1	294.1	296.7	300.5
RATA-RATA	19.07	21.59	24.51	24.73	25.04



Gambar 4.2 Grafik pertumbuhan beban trafo II 2012-2016

4.2.5 Data Penduduk dan PDRB Kabupaten Klaten

Tabel 4.5 Jumlah Penduduk dan PDRB Kab. Klaten

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa) DALAM RIBU	PDRB DALAM JUTA
2012	1106	21351
2013	1148	23608
2014	1154	26103
2015	1197	28863
2016	1241	31913

Untuk melakukan peramalan beban trafo di Gardu Induk 150 KV Klaten 20 tahun yang akan datang, dibutuhkan data jumlah penduduk dan pertumbuhan PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) yang bersumber dari data Badan Pusat Statistik kabupaten Klaten yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.6 Prediksi Jumlah Penduduk dan PDRB Kab. Klaten

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa) DALAM RIBU	PDRB DALAM JUTA
2012	1106	21351
2013	1148	23608
2014	1154	26103
2015	1197	28863
2016	1241	31913
2017	1287	35287
2018	1334	39016
2019	1383	43140
2020	1434	47700
2021	1487	52742
2022	1542	58317
2023	1599	64481

2024	1658	71297
2025	1719	78833
2026	1783	87166
2027	1848	96379
2028	1917	106567
2029	1987	117831
2030	2061	130285
2031	2137	144056
2032	2215	159283
2033	2297	176119
2034	2382	194735
2035	2470	215319
2036	2561	238078

Tabel 4.7 Beban dan Faktor yang Mempengaruhi Trafo I

Tahun	Beban (MVA) Y	Jumlah penduduk (dalam ribuan) X ₁	PDRB (dalam juta) X ₂
2012	23.26	1106	21351
2013	23.17	1148	23608
2014	23.58	1154	26103
2015	23.57	1197	28862
2016	23.41	1241	31913

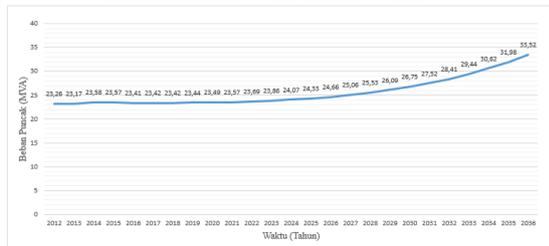
Tabel 4.8 Data Perhitungan untuk Persamaan Regresi pada Trafo I

Tahun	(MVA)Y	X ₁	X ₂	X ₁ ²	X ₂ ²	Y ²	X ₁ *X ₂	X ₁ *Y	X ₂ *Y
2012	23.26	1106	21351.24	1306449	455875449.5	541.03	24404467.32	26586.18	496629.84
2013	23.17	1148	23608.07	1317904	543630260.2	536.85	26766630.24	26599.16	540228.94
2014	23.58	1154	26103.48	1331716	681391668.1	556.02	30123415.92	27211.32	615520.06
2015	23.57	1197	28862.62	1431809.9	833050708.3	555.54	34536506.29	28203.45	680291.90
2016	23.41	1241	31913.40	1539427.1	1018464879	548.03	39596115.86	29045.64	747092.61
Σ	116.99	5882.32	131546.61	6927305.98	3532412964.97	2737.47	155427135.63	137645.75	3079763.36

Tabel 4.9 Hasil Peramalan dengan Metode Regresi pada Trafo I

Tahun	Beban (Y) (MVA)	Penduduk (X ₁) (Dalam Ribuan)	PDRB (X ₂) (Dalam Juta)	Pembebanan	Evaluasi Toleransi
2012	23.26	1106	21351	78%	Beban Optimal
2013	23.17	1148	23608	77%	Beban Optimal
2014	23.58	1154	26103	79%	Beban Optimal
2015	23.57	1197	28863	79%	Beban Optimal
2016	23.41	1241	31913	78%	Beban Optimal
2017	23.42	1287	35287	78%	Beban Optimal
2018	23.42	1334	39016	78%	Beban Optimal
2019	23.44	1383	43140	78%	Beban Optimal
2020	23.49	1434	47700	78%	Beban Optimal
2021	23.57	1487	52742	79%	Beban Optimal
2022	23.69	1542	58317	79%	Beban Optimal
2023	23.86	1599	64481	80%	Beban Optimal
2024	24.07	1658	71297	80%	Beban Optimal
2025	24.33	1719	78833	81%	Beban Berat
2026	24.66	1783	87166	82%	Beban Berat
2027	25.06	1848	96379	84%	Beban Berat
2028	25.53	1917	106567	85%	Beban Berat
2029	26.09	1987	117831	87%	Beban Berat
2030	26.75	2061	130285	89%	Beban Berat
2031	27.52	2137	144056	92%	Beban Berat
2032	28.41	2215	159283	95%	Beban Berat
2033	29.44	2297	176119	98%	Beban Berat
2034	30.62	2382	194735	102%	Overload
2035	31.98	2470	215319	107%	Overload
2036	33.52	2561	238078	112%	Overload

Grafik Peramalan Pertumbuhan Beban Trafo I Gardu Induk 150 KV Klaten



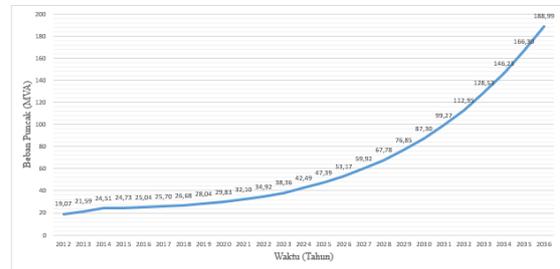
Tabel 4.11 Data Perhitungan untuk Persamaan Regresi pada Trafo II

Tahun	(MVA)Y	X ₁	X ₂	X ₁ ²	X ₂ ²	Y ²	X ₁ *X ₂	X ₁ *Y	X ₂ *Y
2012	19.07	1106	21351	1306449	455875449.5	363.66	24404467.32	21797.01	407168.15
2013	21.59	1148	23608	1317904	543630260.2	466.13	26766630.24	24785.32	503389.85
2014	24.51	1154	26103	1331716	681391668.1	600.74	30123415.92	28284.54	639796.29
2015	24.73	1197	28863	1431809.9	833050708.3	611.57	34536506.29	29591.49	715772.54
2016	25.04	1241	31913	1539427.1	1018464879	627.00	39596115.86	31068.04	799111.45
Σ	114.94	5882.319	131546.61	6927305.976	3532412964.97	2669.11	155427135.63	135526.40	3063238.28

Tabel 4.12 Hasil Peramalan dengan Metode Regresi pada Trafo II

Tahun	Beban (Y) (MVA)	Penduduk (X ₁) (Dalam Ribuan)	PDRB (X ₂) (Dalam Juta)	Pembebanan	Evaluasi Toleransi
2012	19.07	1106	21351	64%	Beban Optimal
2013	21.59	1148	23608	72%	Beban Optimal
2014	24.51	1154	26103	82%	Beban Berat
2015	24.73	1197	28863	82%	Beban Berat
2016	25.04	1241	31913	83%	Beban Berat
2017	25.70	1287	35287	86%	Beban Berat
2018	26.68	1334	39016	89%	Beban Berat
2019	28.04	1383	43140	93%	Beban Berat
2020	29.83	1434	47700	99%	Beban Berat
2021	32.10	1487	52742	107%	Overload
2022	34.92	1542	58317	116%	Overload
2023	38.36	1599	64481	128%	Overload
2024	42.49	1658	71297	142%	Overload
2025	47.39	1719	78833	158%	Overload
2026	53.17	1783	87166	177%	Overload
2027	59.92	1848	96379	200%	Overload
2028	67.78	1917	106567	226%	Overload
2029	76.85	1987	117831	256%	Overload
2030	87.30	2061	130285	291%	Overload
2031	99.27	2137	144056	331%	Overload
2032	112.95	2215	159283	376%	Overload
2033	128.53	2297	176119	428%	Overload
2034	146.23	2382	194735	487%	Overload
2035	166.30	2470	215319	554%	Overload
2036	188.99	2561	238078	630%	Overload

Grafik Peramalan Pertumbuhan Beban Trafo II Gardu Induk 150 KV Klaten



BAB V KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perhitungan dan pembahasan pada bab IV, penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Peramalan beban untuk 20 tahun yang akan datang pada Gardu Induk 150 KV Klaten trafo I 30 MVA pada tahun 2017 hingga 2024 beban trafo sudah dalam kategori beban optimal dalam melayani beban dengan beban di tahun 2024 sebesar 24,07 MVA (80%). Kemudian beban trafo mencapai batas beban berat

di tahun 2033 dengan beban sebesar 29,44 MVA (98%) sehingga pada tahun 2034 sampai 2036 sudah mencapai overload yaitu 33,52 MVA (112%). Jadi pada trafo I Gardu Induk 150 KV Klaten sudah tidak sanggup dalam melayani beban hingga 12 tahun yang akan di muali pada tahun 2024.

2. Peramalan beban untuk 20 tahun yang akan datang pada Gardu Induk 150 KV Klaten trafo II 30 MVA pada tahun 2017 hingga 2020 beban trafo sudah dalam kategori berat dalam melayani beban dengan batas beban berat ditahun 2020 sebesar 29,83 MVA (99%). Kondisi trafo II sudah tidak mampu lagi untuk melayani beban yang tinggi karena kapasitas trafo yang terpasang sebesar 30 MVA. Perlu adanya penambahan trafo untuk melayani beban yang tinggi.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang saya lakukan dan perhitungan analisis mengenai pertumbuhan beban trafo yang ada di Gardu Induk 150 KV Klaten, maka penulis dapat menyampaikan beberapa saran, antara lain :

1. Berdasarkan hasil penelitian maka diperlukan pergantian atau penambahan kapasitas transformator yang sesuai dengan besarnya kebutuhan beban tenaga listrik di kabupaten Klaten yang di pasok dari Gardu Induk 150 Kv Klaten.
2. Solusi lain yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan interkoneksi dari Gardu Induk lain, dimana pada saat terjadi beban puncak maka feeder-feeder pada Gardu Induk Klaten akan mendapatkan suplai dari Gardu Induk lain yang pembebanan transformatornya relatif masih sedikit

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2015. "Proyeksi Penduduk Klaten, Jawa Tengah". Badan Pusat Statistik. Klaten.
- Bawan Elias K. 2013. "Estimasi Pembebanan Trafo Gardu Induk 150 KV". Universitas Negeri Papua. Papua. Sumber <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/FORISTEK/article/view/1618>
- Djiteng Marsudi. 2006. "Operasi Sisten Tenaga Listrik". Graha Ilmu. Jakarta.
- Djiteng Marsudi. 2005. "Pembangkitan Energi Listrik". Erlangga. Jakarta.
- Jamal, A., Syahputra, R. (2016). Heat Exchanger Control Based on Artificial Intelligence Approach. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), 11(16), pp. 9063-9069.
- Nugroho Fazha A. 2016. "Evaluasi Kemampuan Transformator Gardu Induk Cilegon Lama 150 KV" Skripsi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Pabla Hadi A.S. 1994. "Sistem Distribusi Daya Listrik". Erlangga. Jakarta.
- Romadhoni Puji. 2015. "Evaluasi Gardu Induk Serang 150 KV" Skripsi. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Jurusan Teknik Elektro Yogyakarta.
- Saefullah Dian. 2000. "Perencanaan Pengembangan Gardu Induk 10 Tahun ke Depan". Universitas Diponegoro. Semarang. http://eprints.undip.ac.id/2581/1/M_L2F000593

- Syafrudin M. 2012. “Metode Regresi Linier Untuk Prediksi Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang”. Universitas Bandar Lampung. Lampung.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 10(2). pp. 293-304.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Reconfiguration of Distribution Network with DER Integration Using PSO Algorithm. *TELKOMNIKA*, 13(3). pp. 759-766.
- Syahputra, R., (2012), “Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2012.
- Syahputra, R., (2016), “Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Syahputra, R., (2015), “Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). Optimization of Distribution Network Configuration with Integration of Distributed Energy Resources Using Extended Fuzzy Multi-objective Method. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 9(3), pp. 629-639.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). Performance Analysis of Wind Turbine as a Distributed Generation Unit in Distribution System. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 6, No. 3, pp. 39-56.
- Syahputra, R., (2013), “A Neuro-Fuzzy Approach For the Fault Location Estimation of Unsynchronized Two-Terminal Transmission Lines”, *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 5, No. 1, pp. 23-37.
- Syahputra, R., (2012), “Fuzzy Multi-Objective Approach for the Improvement of Distribution Network Efficiency by Considering DG”, *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 4, No. 2, pp. 57-68.
- Syahputra, R., Soesanti, I. (2015). “Control of Synchronous Generator in Wind Power Systems Using Neuro-Fuzzy Approach”, *Proceeding of International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE) 2015*, UNESA Surabaya, pp. 187-193.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). “Optimal Distribution Network Reconfiguration with Penetration of Distributed Energy Resources”, *Proceeding of 2014 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2014*, UNDIP Semarang, pp. 388 - 393.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2013), “Distribution Network Efficiency Improvement Based on

Fuzzy Multi-objective Method”. International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS). 2013; pp. 224-229.

- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2012), “Reconfiguration of Distribution Network with DG Using Fuzzy Multi-objective Method”, International Conference on Innovation, Management and Technology Research (ICIMTR), May 21-22, 2012, Melacca, Malaysia.
- Syahputra, R. (2010). Fault Distance Estimation of Two-Terminal Transmission Lines. Proceedings of International Seminar on Applied Technology, Science, and Arts (2nd APTECS), Surabaya, 21-22 Dec. 2010, pp. 419-423.
- Syahputra, R., Soesanti, I. (2015). Power System Stabilizer model based on Fuzzy-PSO for improving power system stability. 2015 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA), Surabaya, 15-17 Oct. 2015 pp. 121 - 126.
- Syahputra, R., Soesanti, I. (2016). Power System Stabilizer Model Using Artificial Immune System for Power System Controlling. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), 11(18), pp. 9269-9278.
- Wibowo A, 2012. “Analisis Dampak Pertumbuhan Beban Terhadap Keandalan Gardu Induk Klaten PT. PLN (Persero) APJ. Klaten” Skripsi. Sekolah Tinggi

Teknologi Nasional Jurusan Teknik Elektro Yogyakarta. Yogyakarta

- Zuhul, 2000. “Dasar teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya”. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

BIODATA



Penulis yang lahir di Klaten, 20 januari 1994 mempunyai riwayat pendidikan di SDN 02 Klaten, SMP Muhammadiyah 01 Klaten, SMAN 01 Jogonalan Klaten dan saat ini sedang menjalankan studi strata 1 di

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah konsentrasi teknik ketenaga listrik arus kuat.

Mengetahui / Mengesahkan :

Dosen Pembimbing I

Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T..
NIK. 197410102010123056

Dosen Pembimbing II

Anna Nur Nazilah Chamim, S.T., M.Eng
NIK. 197608062005012001