

ANALISIS PERAMALAN MASA PAKAI TRANSFORMATOR BERDASARKAN BEBAN MENGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai gelar strata (satu) S1



Disusun oleh:

Syamsir

11 524 048

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2018**

Lembar Pengesahan Pembimbing

**ANALISIS PERAMALAN MASA PAKAI TRANSFORMATOR BERDASARKAN
BEBAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR**

TUGAS AKHIR

Oleh:

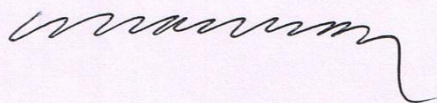
Nama : Syamsir

No.Mahasiswa : 11524048

Yogyakarta,

Pembimbing I

Pembimbing II



Wahyudi Budi Pramono, S.T.,M.Eng



Husein Mubarak S.T.,M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**ANALISIS PERAMALAN MASA PAKAI TRANSFORMATOR BERDASARKAN
BEBAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

SYAMSIR
11 524 048

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 20 Juli 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Husein Mubarak, ST, M.Eng,

Anggota Penguji 1: Setyawan Wahyu Pratomo, ST, MT,

Anggota Penguji 2: Almira Budiyanto, S.Si, M.Eng.



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 20 Juli 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T, M.T.

025200526

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Syamsir

No.Mahasiswa : 11524048

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan sepanjang sepengetahuan saya, tidak berisi materi yang ditulis oleh orang lain sebagai persyaratan penyelesaian studi di Universitas Islam Indonesia atau perguruan tinggi lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan dengan mengikuti tatacara dan etika penulisan karya ilmiah yang lazim. Jika ternyata terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta,



Syamsir

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuni-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Ini dan Semoga Tugas Akhir yang berjudul Analisis Peramalan Masa Pakai Transformator Berdasarkan Beban Menggunakan Regresi Linear. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, Beserta keluarga dan para sahabat, karena dengan syafa'atnya kita dapat hijrah dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang. Semoga kita menjadi umat-umatnya yang mendapat syafaat beliau di yaumin akhir nanti.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada segala pihak yang telah membantu memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

Terima kasih penulis haturkan kepada:

1. Bapak Wahyudi Budi Pramono,S.T.,M.Eng., dan Bapak Husein Mubarak,S.T.,M.Eng., Selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan wawasan dan masukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini dengan baik.
2. Teman-teman Teknik Elektro FTI UII 2011 yang telah memberikan semangat dan doanya dalam pengerjaan tugas akhir ini sampai selesai.
3. Keluarga besar WARNING yang telah banyak memberi semangat dan motivasi untuk mengerjakan laporan skripsi sampai selesai.
4. Seluruh keluarga besar Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang tidak mungkin disebut seluruhnya.
5. Banyak pihak yang tidak dapat penulis sebutkan seluruhnya yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam penulisan dan pembuatan Tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat inovatif dan konstruktif yang nantinya akan menjadi bahan perbaikan kedepannya. Akhir

kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembacanya. Semoga Allah senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat untuk kita semua.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 01 Juni 2018

Penulis

ABSTRAK

PT. PLN (PERSERO) merupakan perusahaan milik Negara yang berfungsi untuk mengatur atau mengelola pendistribusian pasokan energi listrik nasional. Salah satu faktor yang mempengaruhi system distribusi di PLN yaitu susut atau losses pada transformator. Susut ini dipengaruhi oleh faktor pembebanan pada jaringan distribusi. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan masa pakai transformator distribusi yang beroperasi selama 24 jam. Dalam penelitian ini ada 2 jenis transformator distribusi yang diramalkan masa pakainya yaitu transformator distribusi 400 kVA dan transformator distribusi 630 kVA. Pada transformator distribusi JGK6 400 kVA tahun 2006 memiliki masa pakai yang cukup lama sampai 2030 dengan persentasi beban pada siang hari 72,24% dan malam hari 77,87% , transformator distribusi tipe RG98P 400 kVA tahun 2007 memiliki masa pakai sampai 2024 dengan persentasi beban pada siang hari sebesar 76,15% dan pada malam hari sebesar 83,41%, transformator distribusi tipe RG72 630 kVA Tahun 2008 diperoleh rata-rata beban transformator pada siang hari sebesar 54.56% dan beban transformator pada malam hari sebesar 62.74% dari rating transformator sebesar 58.47%. Sehingga dapat diketahui bahwa masa pakai transformator sampai tahun 2026 dan transformator distribusi tipe RG168 630 kVA Tahun 2006 memiliki rating sebesar 54,26%. Sehingga dari hasil peramalan beban diperoleh bahwa hasil masa pakai transformator ini sampai tahun 2027.

Kata Kunci :

- Transformator distribusi
- Masa pakai transformator
- Pengaruh beban terhadap masa pakai

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	i
PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	1
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Studi Literatur	3
2.2 Transformator.....	4
2.3 Regresi Linear Sederhana.....	5
2.4 Menentukan Variabel Penyebab dan Variabel Akibat	5
2.5 Masa Pakai Transformator Distribusi	5
2.6 <i>Software</i> Minitab	7
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM	8
3.1 Mengumpulkan Data	8
3.2 Peramalan Beban.....	8
3.3 Uji Validasi	8

3.4 Masa Pakai Transformator	9
3.5 Analisa Data	9
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	10
4.1 JGK6 400 kVA Tahun Pemasangan 2006.....	10
4.2 RG72 630 kVA Tahun Pemasangan 2008	12
4.3 RG98P 400 kVA Tahun Pemasangan 2007	15
4.4 RG168 630 kVA Tahun Pemasangan 2006	17
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	20
5.1 Kesimpulan.....	20
5.2 Saran.....	20
DAFTAR PUSTAKA	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transformator Distribusi 400 kVA	4
Gambar 2.2 Jendela Minitab.....	7
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	8
Gambar 4.1 Grafik Peramalan Masa Pakai Transformator	12
Gambar 4.2 Grafik Peramalan Masa Pakai Transformator	14
Gambar 4.3 Grafik Peramalan Masa Pakai Transformator	17
Gambar 4.4 Grafik Peramalan Masa Pakai Transformator	19

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Transformator JGK6 400 kVA Tahun 2006.....	10
Tabel 4.2 Hasil Peramalan Beban Transformator JGK6 400 kVA	11
Tabel 4.3 Data Transformator RG72 630 kVA Tahun 2008.....	13
Tabel 4.4 Hasil Peramalan Beban Transformator RG72 630 kVA.....	14
Tabel 4.5 Data Transformator RG98P 400 kVA Tahun 2007	15
Tabel 4.6 Hasil Peramalan Beban Transformator RG98P 400 kVA.....	16
Tabel 4.7 Data Transformator RG168 630 kVA Tahun 2006.....	17
Tabel 4.8 Hasil Peramalan Beban Transformator RG168 630 kVA.....	18

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada operasi sistem tenaga listrik, kehandalan dan kestabilan pada gardu induk distribusi sangat penting guna menunjang kelancaran penyaluran tenaga listrik. Salah satu upaya untuk menjaga sistem dengan perawatan transformator. Perawatan transformator sangat penting untuk dijaga kelanjutannya demi menyalurkan ke sistem distribusi [1] [2].

Saat ini permasalahan yang timbul pada transformator distribusi disebabkan meningkatnya pemakaian listrik oleh konsumen secara signifikan. Permasalahan ini mengakibatkan timbulnya pembebanan berlebih atau *overload* pada transformator selama beroperasi di sistem distribusi. Kategori pembebanan berlebih yaitu saat beban transformator melebihi *ratingnya*. Jika kondisi *overload* terus berlangsung dan tidak ada pencegahan atau perawatan, maka batas ketahanan isolasi pada komponen transformator akan menurun, penerunan kemampuan isolasi disebabkan naiknya suhu lilitan primer dan skunder. Kondisi pembebanan yang tidak stabil dapat mempengaruhi umur pemakaian transformator [2] [3] [7].

Oleh karena itu pentingnya untuk mengetahui susut umur transformator tiap harinya ketika mengalami kenaikan beban karena dapat membantu memprediksikan kapan transformator akan berhenti berfungsi atau berhenti menjadi handal dan stabil, maka dari penulis membuat judul skripsi ini “Analisis Peramalan Masa Pakai Transformator Berdasarkan Beban Menggunakan Metode Regresi Linear”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah pengaruh pembebanan terhadap masa pakai transformator.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui apakah pengaruh pembebanan terhadap masa pakai transformator.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah mengumpulkan data beban transformator pada gardu distribusi area Lenteng Agung selama 4 periode dalam 1 tahun, Jakarta Selatan. Data yang digunakan adalah data 4 transformator di daerah Lenteng Agung. Metode pengambilan data yang digunakan adalah data pembebanan transformator yang diambil setiap tiga bulan sekali dan waktu pengambilan data adalah siang dan malam dimana data siang merupakan waktu diluar beban puncak (lwbp) serta data malam adalah waktu beban puncak (wbp). Alat yang digunakan untuk mengumpulkan data adalah tang *ampere*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk dapat mengukur masa pakai transformator dan memprediksikan kapan transformator tersebut akan berhenti berfungsi dan harus digantikan dengan yang baru.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian pertama oleh Junedy Pandapotan dan Eddy Warman [1]. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti pengaruh pembebanan transformator tenaga terhadap susut umur, pengaruh suhu lingkungan terhadap susut umur transformator, dan menganalisis susut umur transformator daya di gardu induk pematangsiantar dengan mengacu pada standar IEC 354 Tahun 1972. Susut umur transformator daya di gardu pematangsiantar pada pembebanan 100% sebesar 3,6 p.u/hari, pada pembebanan 90% sebesar 0,96 p.u/hari, sedangkan pada pembebanan 80% sebesar 0,29 p.u/hari. Pengaruh suhu sekitar kota Pematangsiantar yang berubah dari 20 °C sampai 32 °C mengakibatkan susut umur pada pembebanan 100% berada pada cakupan 1 p.u/hari sampai 3,98 p.u/hari, pada pembebanan 90% berada pada cakupan 0,26 p.u/hari sampai 1,04 p.u/hari sedangkan pada pembebanan 80% berada pada cakupan 0,08 p.u/hari sampai 0,31 p.u/hari.

Penelitian berikutnya oleh Palindungan Gultom dkk [2]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui unit transformator yang beroperasi di kota Pontianak yang telah mengalami pembebanan berlebih dengan suhu rata-rata pada kota Pontianak sekitar 30°C. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa susut umur transformator normal pembebanan pada transformator harus disesuaikan, dimana pemberian beban dibawah 91% dari daya pada transformator. Apabila pemberian beban melebihi 91% maka umur transformator akan berkurang secara signifikan. Perbedaan antara penelitian yang dilakukan oleh Palindungan Gulton dkk dengan penelitian ini yaitu terdapat pada jenis transformator distribusi yang digunakan. Palindungan Gulton dkk melakukan penelitian pada transformator distribusi 20 kVA, sedangkan pada penelitian ini menggunakan transformator distribusi 400 kVA dan 630 kVA. Selain itu, penelitian ini menggunakan metode regresi linear untuk meramalkan kenaikan beban transformator.

Penelitian berikutnya oleh Krestovel Alvian Kodoati dkk [3]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui usia kinerja dari sebuah transformator. Faktor utama yang mempengaruhi kinerja transformator adalah panas yang disebabkan oleh pembebanan. Jika transformator dibebani 100% atau dibebani pada daya pengenalnya (*rated power*), suhu lilitan mencapai 98°C dengan kondisi suhu sekitar (*ambient temperature*) 20°C - 40°C maka umur transformator bisa mencapai 20 tahun atau 7300 hari dengan susut umur normal 0,0137% per-hari. Perbedaan antara penelitian yang dilakukan oleh Krestovel Alvian Kodoati dkk dengan penelitian yang akan dilakukan terdapat pada kapasitas transformator distribusi yang digunakan dan pada lokasi

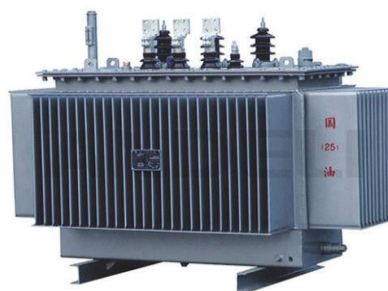
transformator distribusi serta metode yang digunakan. Penelitian Krestovel Alvian Kodoati dkk bertujuan untuk memperkirakan susut umur transformator dan menemukan langkah-langkah untuk mencegah terjadinya kerusakan transformator. Penelitian ini dilakukan di PLN area manado-rayon manado selatan. Data transformator distribusi diperoleh dari penyulang SL. 7. Transformator yang digunakan yaitu transformator 1 fasa dan transformator 3 fasa. sedangkan penelitian yang akan dilakukan terletak di PLN area Lenteng Agung dengan kapasitas transformator 400 kVA dan 630 kVA. Transformator yang digunakan yaitu transformator 3 fasa. Penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk memperkirakan masa pakai transformator dengan menggunakan metode regresi linear untuk meramalkan beban pada transformator.

2.2 Transformator

Transformator adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang digunakan untuk mengubah energi listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang berbeda berdasarkan cara kerja dari induksi elektromagnetik. Dengan frekuensi yang sama maka perbandingan transformasi tentu melalui gandengan magnet yang bekerja pada prinsip induksi elektromagnetis. Pada sisi primer dan sisi sekunder, tegangan transformator berbanding lurus sedangkan arusnya berbanding terbalik.

Transformator daya terdiri dari sepasang gulungan yaitu gulungan primer dan gulungan sekunder yang dihubungkan oleh sirkuit magnetik atau inti[4].

. Gambar 2.1 adalah contoh transformator distribusi 400 kVA.



Gambar 2.1 Transformator Distribusi 400 kVA

2.3 Regresi Linear Sederhana

Regresi linear adalah hubungan yang didapat dan dinyatakan dalam bentuk persamaan matematika yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel-variabel. Persamaan 2.1 merupakan persamaan regresi linear sederhana yang digunakan untuk peramalan beban transformator.

$$Y = a + bX \quad (2.1)$$

Dimana :

Y = Data pembebanan

X = Periode pengambilan data per 3 bulan

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

Untuk mencari nilai a dan b menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3 berikut :

$$a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{(n)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} \quad (2.2)$$

$$b = \frac{(n)(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{(n)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} \quad (2.3)$$

Dimana :

ΣY = Jumlah *persentase* beban transformator

ΣX = Jumlah pengambilan data per 3 bulan

n = Banyaknya variabel X dan Y [2].

2.4 Menentukan Variabel Penyebab dan Variabel Akibat

Variabel penyebab (X) adalah periode pengambilan data selama 3 bulan sekali, sedangkan variabel akibat (Y) didapat dari data pembebanan R,S,T

2.5 Masa Pakai Transformator Distribusi

Susut umur transformator disebabkan adanya pembebanan berlebih yang mengakibatkan panas lilitan kumparan pada transformator. Berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN), transformator yang digunakan di Indonesia bekerja pada suhu maksimal 40°C. Hal ini disebabkan negara Indonesia memiliki tingkat suhu rata-rata perhari maupun pertahun sebesar

30°C. Menurut *International Electrotechnical Commission* (IEC) apabila transformator diberi beban maksimal (100%) dari kapasitas daya transformator maka transformator akan memiliki umur 20 tahun pada suhu berkisar 20°C. Apabila transformator yang diberi beban 100% dan bekerja pada suhu 20°C akan dapat diketahui penurunan umur transformator perhari sebesar 0,0137%. Penurunan umur transformator dipengaruhi oleh besarnya suhu. Persamaan 2.4 dan Persamaan 2.5 digunakan untuk mengetahui umur transformator yang digunakan [2] [3].

$$\theta_h = \text{beban transformator (\%)} \times T_{max} \quad (2.4)$$

$$V = 2^{\left(\frac{\theta_h - 98^\circ\text{C}}{6}\right)} \quad (2.5)$$

Dimana :

V = Kecepatan relative (V).

θ_h = Titik suhu panas (°C)

T_{max} = Suhu (98°C)

Persamaan 2.6 digunakan untuk mengetahui pengurangan umur transformator [2] [3].

$$\begin{aligned} \text{Susut umur (24 jam)} &= (t \cdot V_{siang} 1) + (t \cdot V_{malam} 2) \\ \text{Susut umur (\%)} &= \frac{s.u \text{ (jam)}}{t} \times 100 \end{aligned} \quad (2.6)$$

Dimana :

t = waktu (jam)

Karena pemberian beban selalu berubah-ubah setiap harinya dan tidak konstan maka perhitungan tersebut hanya menghitung umur transformator yang hanya dipengaruhi oleh panas kawat lilitan dan bukan yang lain, untuk menghitungnya menggunakan Persamaan 2.7 [2] [3].

$$\text{Perkiraan masa pakai pada tahun ke } - n = \frac{\text{umur dasar} - n}{\text{susut umur (\%)}} \quad (2.7)$$

Dimana :

n = Lama waktu Transformator beroperasi (Tahun)

2.6 Software Minitab

Minitab merupakan salah satu dari sekian banyak program komputer yang digunakan untuk mengerjakan pengolahan data statistik. Minitab menyediakan berbagai kemampuan untuk analisis data statistic baik dasar dan lanjutan. Minitab dirancang untuk mempermudah dalam menganalisa data, baik data sekunder maupun data primer. Minitab akan mempermudah dalam perhitungan matematis sehingga pengguna minitab lebih fokus pada analisis data dan intrepertasi hasil. Ada 3 jendela yang akan terlihat ketika menjalankan program di minitab. Ketiga jendela tersebut yaitu:

1. Jendela data.

Jendela data untuk menampilkan data.

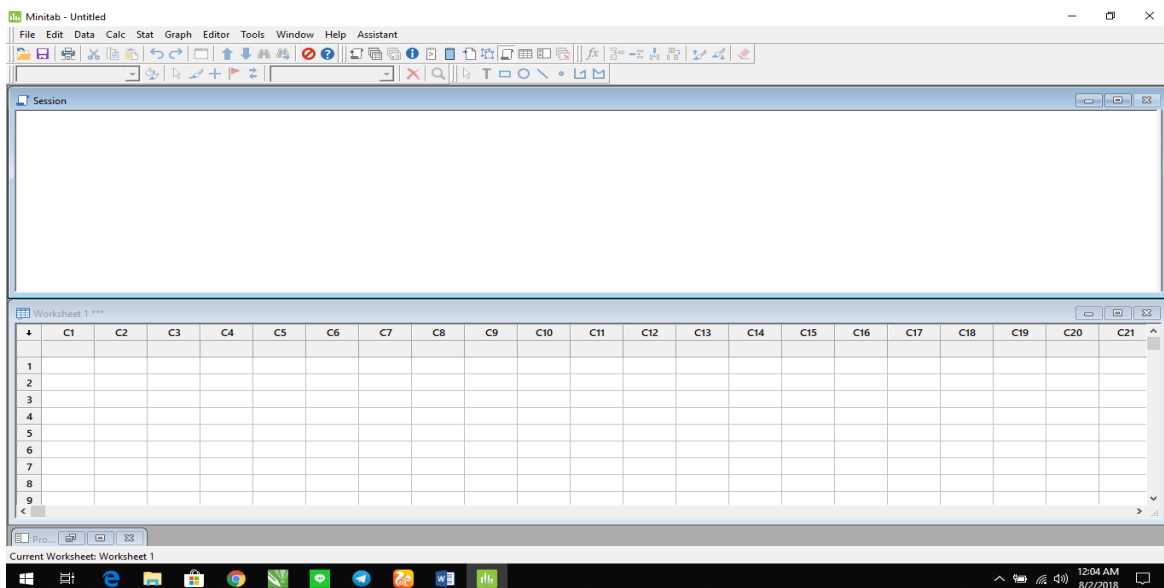
2. Jendela sesi.

Jendela sesi berfungsi untuk menampilkan hasil analisis.

3. Manajer proyek

File proyek berisi lembar kerja yang berisi data[5].

Software Minitab digunakan untuk menghasilkan persamaan regresi yang menggambarkan hubungan antar variabel akibat (Y) dengan satu atau beberapa variabel penyebab (X). apabila variabel akibat dihubungkan dengan satu variabel penyebab saja, maka persamaan regresi yang dihasilkan adalah regresi linear sederhana. Nilai koefisien yang dihasilkan harus diuji apakah signifikan atau tidak secara statistik. jika semua koefisien signifikan, maka persamaan regresi yang dihasilkan dapat digunakan untuk memprediksi nilai variabel akibat.

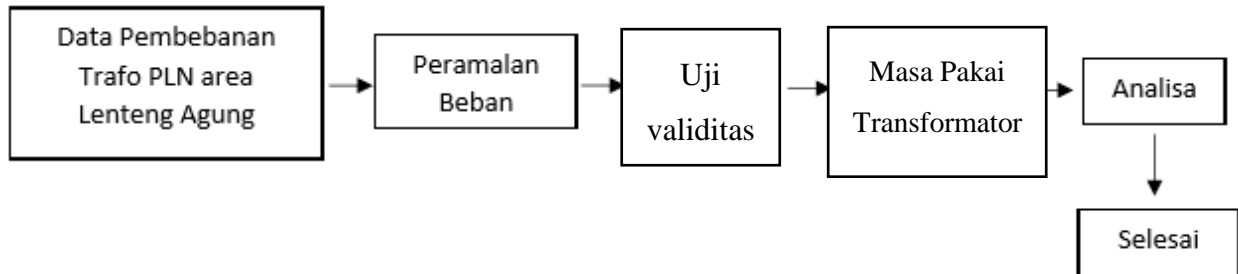


Gambar 2.2 Jendela MiniTab

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM

Gambar 3.1 merupakan diagram alir penelitian untuk mencari susut umur transformator berdasarkan beban.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Mengumpulkan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperoleh dari kantor PLN area Lenteng Agung, Jakarta Selatan. Data yang diperoleh merupakan data pengukuran transformator saat siang dan malam hari, tanggal pengukuran transformator, kapasitas transformator, dan merek transformator. Data pengukuran transformator di siang hari merupakan data di luar beban puncak dan data pengukuran transformator di malam hari adalah data beban puncak.

3.2 Peramalan Beban

Pada tahap ini dilakukan peramalan data transformator yang telah diperoleh menggunakan Persamaan 2.1. Setelah diperoleh hasil peramalan, maka dilakukan uji kebenaran hasil perhitungan manual menggunakan *software* Minitab. Setelah diperoleh hasil peramalan beban, langkah selanjutnya adalah mencari masa pakai transformator menggunakan Persamaan 2.4 – 2.7.

3.3 Uji Validasi

Pada tahap ini, dilakukan uji validasi menggunakan *software* Minitab. Dimana Minitab digunakan untuk menguji kebenaran dari hasil perhitungan secara manual menggunakan Persamaan 2.2 dan 2.3.

3.4 Masa Pakai Transformator

Setelah melakukan uji validasi, dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 2.4 – 2.7 untuk meramalkan masa pakai transformator pada gardu area Lenteng Agung, Jakarta Selatan.

3.5 Analisa Data

Pada tahap ini dilakukan analisa data yang telah diperoleh pada saat pengumpulan data dan uji validasi.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 JGK6 400 kVA Tahun Pemasangan 2006

Tabel 4.1 adalah data yang digunakan untuk peramalan beban transformator 3 phase di area Lenteng Agung, Jakarta Selatan menggunakan Persamaan 2.1.

Tabel 4.1 Data Transformator JGK6 400 kVA Tahun 2006

No	Tahun Operasi	Periode Pengambilan Data Per 3 Bulan (X)	% Beban Transformator Distribusi (Y) Siang	% Beban Transformator Distribusi (Y) Malam
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2014	1	47,80	59,24
2		2	49,50	51,54
3		3	44,28	65,12
4		4	42,41	59,68
5	2015	1	42,74	52,20
6		2	48,46	72,71
7		3	52,20	64,08
8		4	52,14	59,46
9	2016	1	50,16	74,36
10		2	53,68	69,08
11		3	55,11	69,96
12		4	57,97	66,72
13	2017	1	55,17	76,84
14		2	46,59	58,91
15		3	43,95	56,43
16		4	51,04	52,69

Kolom ke-4 pada Tabel 4.1 merupakan data beban transformator distribusi pada siang hari dan kolom ke-5 merupakan data beban transformator pada saat malam hari (beban puncak). Untuk mengetahui masa pakai transformator, dilakukan peramalan menggunakan Persamaan 2.1. Data pada Tabel 4.1 digunakan untuk melengkapi nilai *konstanta* dan *koefisiensi* pada Persamaan 2.1, kemudian diperoleh hasil dengan nilai $Y = 46,34 + 0,381X$ untuk peramalan beban transformator pada saat siang hari dan diperoleh nilai $Y = 60,95 + 0,249X$ untuk peramalan beban tranformator pada saat malam hari.

Setelah diperoleh nilai *konstanta* dan *koefisiensi* pada Persamaan 2.1 menggunakan perhitungan manual, dilakukan uji kebenaran hasil perhitungan manual menggunakan *software* Minitab. Tabel 4.2 adalah hasil peramalan beban transformator JGK6 400 kVA Tahun Pemasangan 2006 pada saat siang hari dan malam hari (beban puncak).

Tabel 4.2 Hasil Peramalan Beban Transformator JGK6 400 kVA

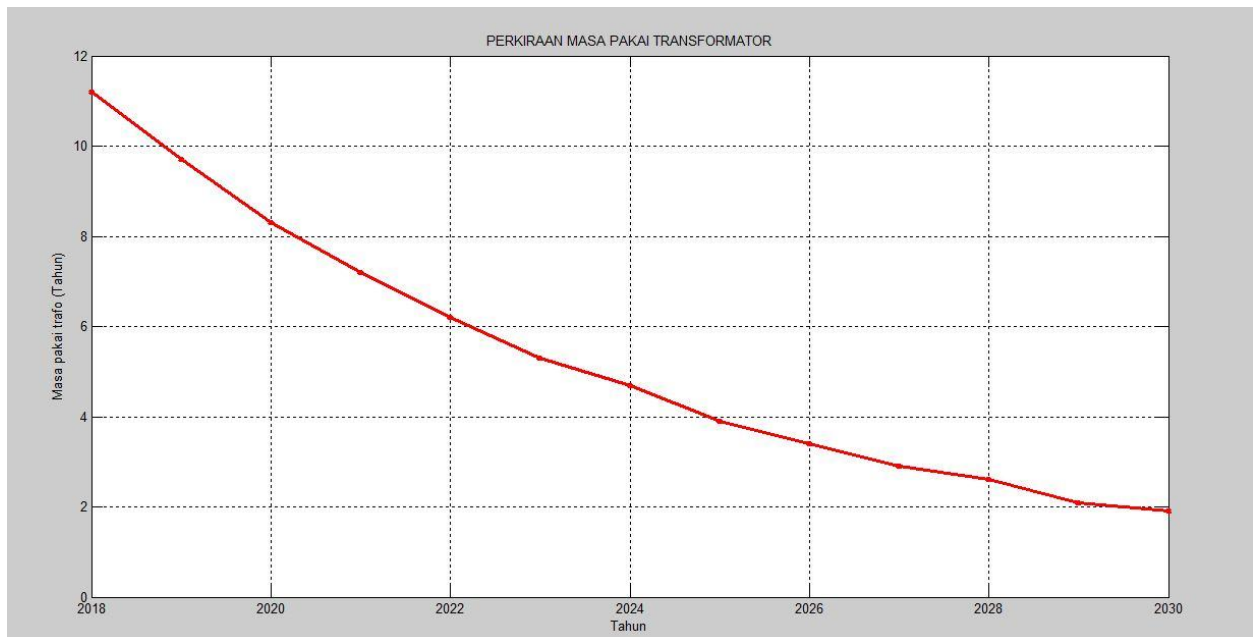
No	Tahun	% Beban		Periode Masa Pakai Transformator
		Siang (%)	Malam (%)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2018	53,96	65,93	11 Tahun 2 Bulan
2	2019	55,48	66,92	9 Tahun 6 Bulan
3	2020	57,00	67,92	8 Tahun 3 Bulan
4	2021	58,53	68,91	7 Tahun 2 Bulan
5	2022	60,05	69,91	6 Tahun 2 Bulan
6	2023	61,57	70,90	5 Tahun 3 Bulan
7	2024	63,10	71,90	4 Tahun 7 Bulan
8	2025	64,62	72,89	3 Tahun 10 Bulan
9	2026	66,14	73,89	3 Tahun 4 Bulan
10	2027	67,67	74,89	2 Tahun 10 Bulan
11	2028	69,19	75,88	2 Tahun 6 Bulan
12	2029	70,72	76,88	2 Tahun 1 Bulan
13	2030	72,24	77,87	1 Tahun 9 Bulan

Data yang ditampilkan pada Tabel 4.2 merupakan hasil dari peramalan beban transformator JGK6 400 kVA Tahun Pemasangan 2006, kolom ke-3 adalah beban saat siang hari dan kolom ke-4 adalah beban malam hari (beban puncak).

Setelah mendapatkan hasil peramalan beban transformator maka Persamaan 2.4 – 2.7 digunakan untuk mendapatkan waktu masa pakai transformator pada area Lenteng Agung, Jakarta Selatan. Hasil dari perhitungan periode masa pakai transformator JGK6 400 kVA Tahun Pemasangan 2006 pada area Lenteng Agung, Jakarta Selatan ditampilkan pada kolom ke-5 Tabel 4.2. Periode masa pakai transformator ini didapat dari hasil peramalan beban menggunakan Persamaan 2.1 – 2.7 dan uji validasi menggunakan *software* Minitab.

Dari hasil peramalan beban transformator, dapat diketahui bahwa masa pakai transformator JGK6 400 kVA Tahun Pemasangan 2006 pada area Lenteng Agung, Jakarta Selatan memiliki masa pakai yang berbanding lurus dengan data beban. Dapat dilihat pada peramalan tahun 2018, transformator memiliki periode masa pakai selama 11 tahun 2 bulan. Masa pakai transformator dipengaruhi oleh beban, dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2 bahwa setiap tahun jumlah beban

semakin meningkat sehingga menyebabkan masa pakai transformator menurun. Untuk transformator JGK6 400 kVA Tahun Pemasangan 2006 pada area Lenteng Agung, Jakarta Selatan memiliki masa pakai yang lama hingga tahun 2030 dengan periode 1 tahun 9 bulan pemakaian. Hal ini disebabkan oleh beban pada wilayah ini memiliki kenaikan beban yang stabil atau tidak signifikan. Gambar 4.1 adalah grafik peramalan masa pakai transformator JGK6 400 kVA Tahun Pemasangan 2006 pada area Lenteng Agung, Jakarta Selatan.



Gambar 4.1 Grafik Peramalan Masa Pakai Transformator

Dari gambar 4.1, terlihat bahwa masa pakai transformator setiap tahun akan menurun dan sebagai acuan untuk penggunaan maupun mengganti transformator dengan yang baru.

4.2 RG72 630 kVA Tahun Pemasangan 2008

Tabel 4.3 adalah data yang digunakan untuk peramalan beban transformator 3 phase di area Lenteng Agung, Jakarta Selatan menggunakan Persamaan 2.1. Pada saat peramalan beban ditahun 2018 – 2020 masa pakai transformator sangat tinggi. Hal ini diakibatkan pada saat perhitungan menggunakan Persamaan 2.4 – 2.7, di tahun 2018 - 2020 memiliki beban yang rendah. Persamaan 2.4 – 2.7 akan bekerja saat beban transformator tinggi.

Tabel 4.3 Data Transformator RG72 630 kVA Tahun 2008

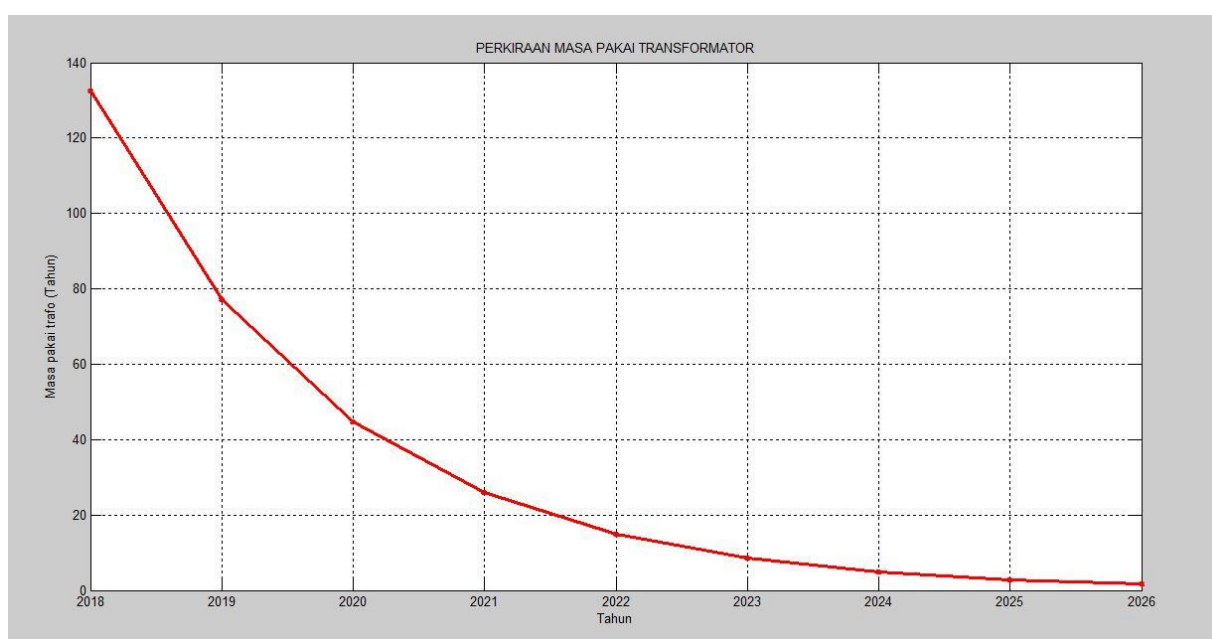
No	Tahun	Periode Pengambilan Data Per 3 Bulan (X)	% Beban Transformator Distribusi (Y) Siang	% Beban Transformator Distribusi (Y) Malam
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2014	1	13,76	13,34
2		2	16,31	17,53
3		3	14,95	18,26
4		4	16,97	23,19
5	2015	1	15,92	16,94
6		2	14,91	16,41
7		3	25,81	29,54
8		4	26,23	31,88
9	2016	1	26,26	31,53
10		2	27,27	35,37
11		3	26,33	31,71
12		4	28,15	30,77
13	2017	1	28,11	32,51
14		2	27,87	29,58
15		3	27,17	32,23
16		4	30,56	33,70

Kolom ke-4 pada Tabel 4.3 merupakan data beban transformator distribusi pada siang hari. Pada kolom ke-5 Tabel 4.3 merupakan data beban transformator pada saat malam hari, dimana data pada saat malam hari adalah data beban puncak. Untuk mengetahui masa pakai transformator, dilakukan peramalan menggunakan Persamaan 2.1. Data pada Tabel 4.3 digunakan untuk melengkapi nilai *konstanta* dan *koefisiensi* pada Persamaan 2.1, sehingga hasil yang diperoleh adalah $Y = 13,13 + 1,51X$ untuk peramalan beban transformator pada saat siang hari dan $Y = 15,34 + 1,317X$ untuk peramalan beban transformator pada saat malam hari. Setelah diperoleh nilai *konstanta* dan *koefisiensi* pada Persamaan 2.1 menggunakan perhitungan manual, dilakukan uji validasi hasil perhitungan manual menggunakan *software* Minitab. Tabel 4.4 adalah hasil peramalan beban transformator RG72 630 kVA Tahun Pemasangan 2008 pada saat siang hari dan malam hari (beban puncak).

Tabel 4.4 Hasil Peramalan Beban Transformator RG72 630 kVA

No	Tahun	% Beban		Periode Masa Pakai Transformator
		Siang (%)	Malam (%)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2018	36,15	41,67	132 Tahun 5 Bulan
2	2019	40,75	46,94	77 Tahun
3	2020	45,36	52,21	44 Tahun 8 Bulan
4	2021	49,96	57,47	26 Tahun
5	2022	54,56	62,74	15 Tahun
6	2023	59,17	68,01	8 Tahun 8 Bulan
7	2024	63,77	73,27	5 Tahun
8	2025	68,38	78,54	2 Tahun 10 Bulan
9	2026	72,98	83,81	1 Tahun 8 Bulan

Data yang ditampilkan pada Tabel 4.4 merupakan hasil dari peramalan beban transformator RG72 630 kVA Tahun Pemasangan 2008, kolom ke-3 adalah beban saat siang hari, kolom ke-4 adalah beban malam hari dan kolom ke-5 adalah periode masa pakai transformator. Setelah mendapatkan hasil peramalan beban transformator maka diperoleh rata-rata beban transformator pada siang hari sebesar 54,56% dan beban transformator pada malam hari sebesar 62,74% dari rating transformator sebesar 58.47%. Dapat diketahui bahwa masa pakai transformator RG72 630 kVA Tahun Pemasangan 2008 pada area Lenteng Agung, Jakarta Selatan hingga tahun 2026 hanya selama 1 tahun 8 bulan. Gambar 4.2 adalah grafik peramalan masa pakai transformator.



Gambar 4.2 Grafik Peramalan Masa Pakai Transformator

4.3 RG98P 400 kVA Tahun Pemasangan 2007

Tabel 4.5 adalah data yang digunakan untuk peramalan beban transformator 3 phase di area Lenteng Agung, Jakarta Selatan menggunakan Persamaan 2.1. Kolom ke-4 pada Tabel 4.5 merupakan data beban transformator distribusi pada siang hari. Pada kolom ke-5 Tabel 4.5 merupakan data beban transformator pada saat malam hari (beban puncak).

Tabel 4.5 Data Transformator RG98P 400 kVA Tahun 2007

No	Tahun	Periode Pengambilan Data Per 3 Bulan (X)	% Beban Transformator Distribusi (Y) Siang	% Beban Transformator Distribusi (Y) Malam
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2014	1	24,92	40,70
2		2	26,84	39,71
3		3	27,39	42,30
4		4	29,54	44,28
5	2015	1	30,58	35,86
6		2	31,96	34,60
7		3	33,11	42,24
8		4	29,81	32,78
9	2016	1	29,04	42,24
10		2	32,89	50,82
11		3	35,48	49,06
12		4	43,67	52,97
13	2017	1	33,72	50,60
14		2	42,79	51,98
15		3	44,33	53,74
16		4	44,83	55,28

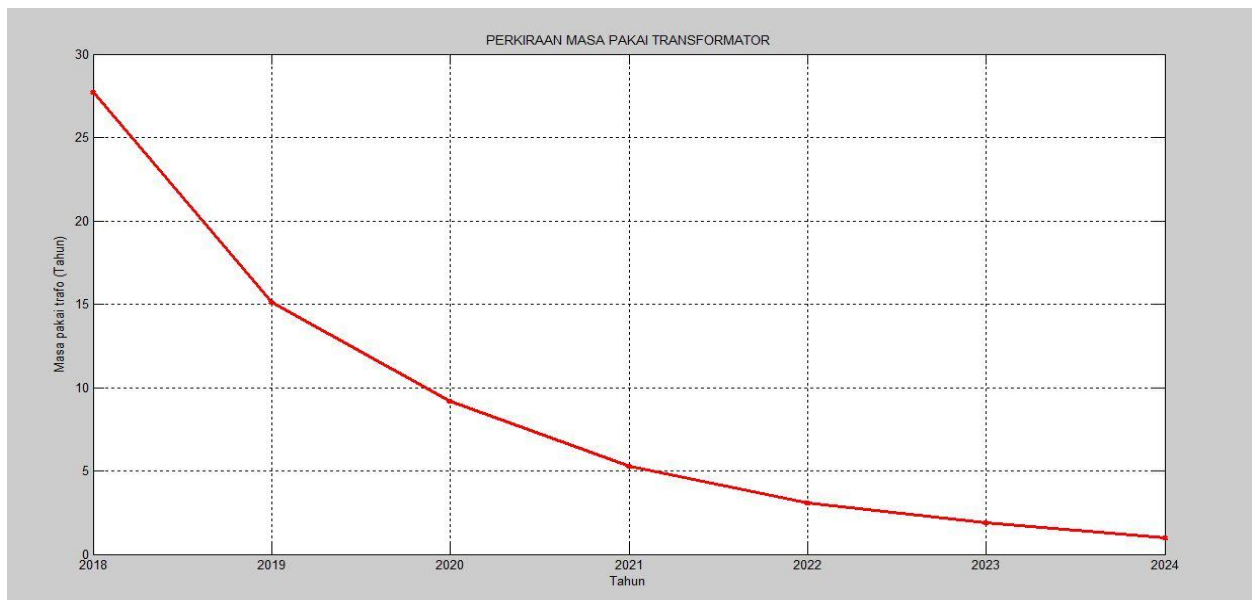
Untuk mengetahui masa pakai transformator, dilakukan peramalan menggunakan Persamaan 2.1. Data pada Tabel 4.5 digunakan untuk melengkapi nilai *konstanta* dan *koefisiensi* pada Persamaan 2.1 sehingga diperoleh hasil dengan nilai $Y = 23,30 + 1,237X$ untuk peramalan beban transformator pada siang hari dan $Y = 35,05 + 1,164X$ untuk peramalan beban transformator malam hari. Setelah diperoleh nilai *konstanta* dan *koefisiensi* pada Persamaan 2.1 menggunakan perhitungan manual, dilakukan uji kebenaran hasil perhitungan manual menggunakan *software* Minitab. Tabel 4.4 adalah hasil peramalan beban transformator RG98P 400 kVA Tahun Pemasangan 2007 pada saat siang hari dan malam hari (beban puncak).

Tabel 4.6 Hasil Peramalan Beban Transformator RG98P 400 kVA

No	Tahun	% Beban		Periode Masa Pakai Transformator
		Siang (%)	Malam (%)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2018	47,07	56,03	27 Tahun 7 Bulan
2	2019	51,91	60,59	15 Tahun 10 Bulan
3	2020	56,76	65,16	9 Tahun 2 Bulan
4	2021	61,61	69,72	5 Tahun 3 Bulan
5	2022	66,45	74,29	3 Tahun 1 Bulan
6	2023	71,30	78,85	1 Tahun 9 Bulan
7	2024	76,15	83,41	1 Tahun

Data yang ditampilkan pada Tabel 4.6 merupakan hasil dari peramalan beban transformator RG98P 400 kVA Tahun Pemasangan 2007, kolom ke-3 adalah beban saat siang hari, kolom ke-4 adalah beban malam hari (beban puncak) dan kolom ke-5 adalah periode masa pakai transformator. Periode masa pakai transformator ini didapat dari hasil peramalan beban menggunakan Persamaan 2.4 – 2.7. Untuk transformator jenis ini memiliki *rating* sebesar 58,02%. Sehingga dari pemakaian di tahun 2018 memiliki masa pakai hingga 28 tahun kedepan. Masa pakai ini masih terbilang sesuai dengan *standard* karena pada tahun 2018, nilai beban masih dibawah dari *rating* transformator yakni sebesar 56,03%.

Perkiraan masa pakai transformator RG98P 400 kVA Tahun Pemasangan 2007 selama 17 tahun yakni hingga tahun 2024. Pada saat mencapai tahun 2024, transformator ini hanya beroperasi selama 1 tahun. Hal ini disebabkan oleh kenaikan beban transformator yang cukup signifikan pada saat peramalan beban. Diperoleh hasil 83,41% ditahun 2024, hasil ini menunjukkan bahwa *persentase* beban jauh lebih besar dari *rating* tafo RG98P 400 kVA. Gambar 4.3 adalah grafik masa pakai transformator RG98P 400 kVA Tahun Pemasangan 2007 yang disesuaikan dengan peramalan beban.



Gambar 4.3 Grafik Peramalan Masa Pakai Transformator

4.4 RG168 630 kVA Tahun Pemasangan 2006

Tabel 4.7 adalah data yang digunakan untuk peramalan beban transformator 3 phase di area Lenteng Agung, Jakarta Selatan menggunakan Persamaan 2.1.

Tabel 4.7 Data Transformator RG168 630 kVA Tahun 2006

No	Tahun	Periode Pengambilan Data Per 3 Bulan (X)	% Beban Transformator Distribusi (Y) Siang	% Beban Transformator Distribusi (Y) Malam
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2014	1	7,89	10,76
2		2	10,62	11,42
3		3	10,34	17,32
4		4	11,03	19,03
5	2015	1	11,21	16,34
6		2	11,82	19,07
7		3	12,29	19,31
8		4	12,92	19,28
9	2016	1	13,83	17,15
10		2	13,34	19,31
11		3	15,68	19,77
12		4	16,41	21,13
13	2017	1	22,30	27,76
14		2	26,92	31,78
15		3	28,77	32,65
16		4	28,95	32,83

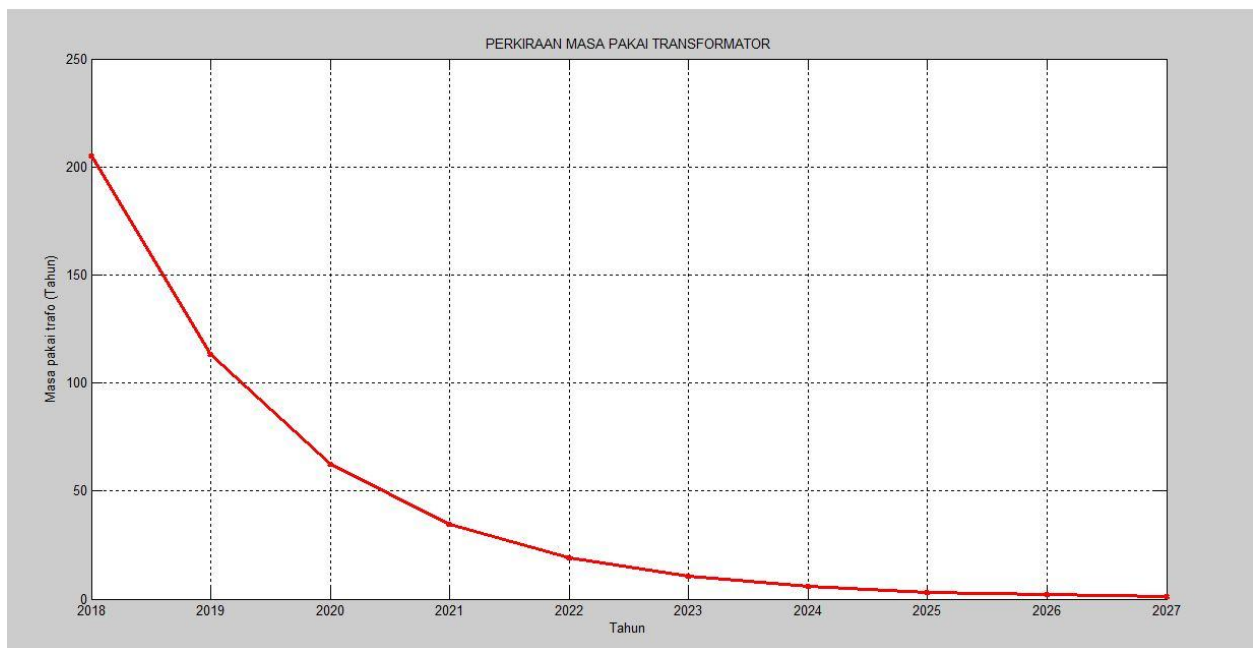
Kolom ke-4 pada Tabel 4.5 merupakan data beban transformator distribusi pada siang hari. Pada kolom ke-5 Tabel 4.5 merupakan data beban transformator pada saat malam hari (beban puncak). Untuk mengetahui masa pakai transformator, dilakukan peramalan menggunakan Persamaan 2.1. Data pada Tabel 4.5 digunakan untuk melengkapi nilai *konstanta* dan *koefisiensi* pada Persamaan 2.1 sehingga diperoleh hasil dengan nilai $Y = 4.70 + 1,317X$ untuk peramalan beban transformator pada siang hari dan $Y = 9.94 + 1,293X$ untuk peramalan beban transformator pada malam hari.

Setelah diperoleh nilai *konstanta* dan *koefisiensi* pada Persamaan 2.1 menggunakan perhitungan manual, dilakukan uji kebenaran hasil perhitungan manual menggunakan *software* Minitab. Tabel 4.4 adalah hasil peramalan beban transformator RG168 630 kVA Tahun Pemasangan 2006 pada saat siang hari dan malam hari (beban puncak).

Tabel 4.8 Hasil Peramalan Beban Transformator RG168 630 kVA

No	Tahun	% Beban		Periode Masa Pakai Transformator
		Siang (%)	Malam (%)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2018	31,04	34,51	204 Tahun 9 Bulan
2	2019	36,31	39,69	113 Tahun 1 Bulan
3	2020	41,57	44,86	62 Tahun 6 Bulan
4	2021	46,84	50,04	34 Tahun 6 Bulan
5	2022	52,11	55,21	19 Tahun
6	2023	57,37	60,38	10 Tahun 6 Bulan
7	2024	62,64	65,56	5 Tahun 9 Bulan
8	2025	67,91	70,73	3 Tahun 2 Bulan
9	2026	73,18	75,91	1 Tahun 9 Bulan
10	2027	78,44	81,08	1 Tahun

Gambar 4.4 adalah grafik masa pakai transformator RG168 630 kVA Tahun Pemasangan 2006 yang disesuaikan dengan peramalan beban.



Gambar 4.4 Grafik Peramalan Masa Pakai Transformator

Data yang ditampilkan pada Tabel 4.8 merupakan hasil dari peramalan beban transformator RG168 630kVA Tahun Pemasangan 2006, kolom ke-3 adalah beban saat siang hari, kolom ke-4 adalah beban malam hari (beban puncak) dan kolom ke-5 adalah periode masa pakai transformator. Periode masa pakai transformator ini didapat dari hasil peramalan beban menggunakan Persamaan 2.4 – 2.7. Untuk transformator jenis ini memiliki *rating* sebesar 54,26%. Sehingga dari hasil peramalan beban yang mempengaruhi masa pakai pada transformator ini diperoleh hasil bahwa masa pakai transformator ini sampai tahun 2027. Pada saat peramalan beban ditahun 2018 – 2021 masa pakai transformator sangat tinggi. Hal ini diakibatkan pada saat perhitungan menggunakan Persamaan 2.4 – 2.7, di tahun 2018 – 2021 memiliki beban yang rendah. Persamaan 2.4 – 2.7 akan bekerja saat beban transformator tinggi. Sesuai dengan peramalan, transformator RG168 630 kVA Tahun Pemasangan 2006 dapat beropersai hingga tahun 2027 selama 1 tahun.

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa masa pakai transformator mengalami penurunan sangat drastis. Pada saat awal pemasangan transformator RG168 630 kVA ditahun 2006, memiliki beban dengan nilai yang kecil hingga periode tahun 2016. Namun terjadi lonjakan beban yang signifikan pada tahun 2017. Hal ini yang mempengaruhi peramalan beban hingga tahun 2027.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil peramalan masa pakai transformator area Lenteng Agung dipengaruhi oleh beban dari tahun 2014 – 2017. Rata-rata beban puncak tiap transformator area Lenteng Agung sebesar 63.06% untuk transformator JGK6, 26.53% untuk transformator RG72, 33.80% untuk transformator RG98P dan 20.93% untuk transformator RG168.
2. Transformator area Lenteng Agung memiliki hasil peramalan masa pakai masing-masing 24 tahun untuk transformator JGK6, 18 tahun untuk transformator RG72, 17 tahun untuk transformator RG98P dan 20 tahun untuk transformator RG168.

5.2 Saran

1. PLN area Lenteng Agung, Jakarta Selatan untuk melakukan maintenance secara rutin agar memaksimalkan masa pakai transformator.
2. Mempertimbangkan pergantian transformator sesuai prediksi masa pakai transformator 1,2,3, dan 4 dalam penelitian ini.
3. Mempertimbangkan penambahan unit transformator untuk mengimbangi nilai beban yang terus bertambah ditiap tahunnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Junedy Pandapotan dan Eddy Warman, “Studi Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Daya”, Jurnal Singuda Ensikom, Vol.3 No.1, Medan, Juli 2013.
- [2] Parlindungan Gultom dkk, “Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20 kVA Akibat Pembebanan Lebih Di PT.PLN (PERSERO) Kota Pontianak”, Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Vol. 2 No 1, Pontianak, 2017.
- [3] Krestovel Alvian Kodoati dkk, “Analisa Perkiraan Umur Transformator”, Ejournal Teknik Elektro dan Komputer, ISSN : 2301-8402, Manado, 2015.
- [4] Martin J. Heathcote, “The J & P Transformer Book”, Twelfth Edition, A Practical Technology Of The Power Transformer, 16 Maret 1998.
- [5] B. Ryan, B. Joiner, J. Cryer, “Minitab Handbook”, *Update For Release 16*, USA, Juni 2012.
- [6] Heathcote, Martin. j. 1998. The J & P Transformer Book (Twelfth Edition). London: Newnes Imprint.