

**PERAMALAN BEBAN DENGAN METODE REGRESI EKSPONSIAL
UNTUK EVALUASI KAPASITAS DAYA TRANSFORMATOR DI
PERUMAHAN MUTIARA HATI GENUK SEMARANG**

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
Gelar S1 pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Disusun Oleh :

Herdiyanto

NIM. 30602000019

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2024**

FINAL PROJECT
LOAD FORECASTING USING EXPONENTIAL REGRESSION METHOD
TO EVALUATE TRANSFORMER POWER CAPACITY IN MUTIARA HATI
HATI GENUK SEMARANG HOUSING

Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree
(S1) at Department of Electrical Engineering
Faculty of Industrial Technology Sultan Agung Islamic University



Arranged by :

Herdiyanto

NIM. 30602000019

ELECTRICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY SEMARANG

2024

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul **“PERAMALAN BEBAN DENGAN METODE REGRESI EKSPONSIAL UNTUK EVALUASI KAPASITAS DAYA TRANSFORMATOR DI PERUMAHAN MUTIARA HATI GENUK SEMARANG**

ini disusun oleh :

Nama : Herdiyanto
NIM : 30602000019
Program Studi : Teknik Elektro
Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :
Hari :
Tanggal :



Pembimbing

[Signature]
Dr. Guhawan, ST., MT.
NIDN. 0607117101

Mengetahui,
Ketua Program Studi

[Signature]
Jenny Putri Hapsari, ST.
NIDN. 0607018501



LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul "PERAMALAN BEBAN DENGAN METODE REGRESI EKSPONSIAL UNTUK EVALUASI KAPASITAS DAYA TRANSFORMATOR DI PERUMAHAN MUTIARA HATI GENUK SEMARANG

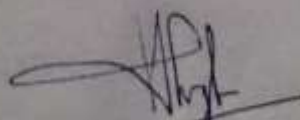
" ini telah dipertahankan didepan Dosen Penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 29 Mei 2024



Ketua Penguji


Dedi Nugroho, ST., MT.
NIDN. 0617126602

SURAT PERNYATAAN KEASLIAAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Herdiyanto
NIM : 30602000019
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro di Fakultas Teknologi UNISSULA Semarang dengan judul "PERAMALAN BEBAN DENGAN METODE REGRESI EKSPONSIAL UNTUK EVALUASI KAPASITAS DAYA TRANSFORMATOR DI PERUMAHAN MUTIARA HATI GENUK SEMARANG", adalah asli (orisinal) dan bukan menjiplak (plagiat) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dalam bentuk apapun baik sebagian atau keseluruhan, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab. Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Karya Tugas Akhir tersebut adalah hasil karya orang lain atau pihak lain, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis.

Semarang, 29 Mei 2024.

Yang Menyatakan


Herdiyanto

NIM. 30602000019

SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Herdiyanto

NIM : 306020000119

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Fakultas Teknologi industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan Judul :
**“PERAMALAN BEBAN DENGAN METODE REGRESI EKSPONSIAL
UNTUK EVALUASI KAPASITAS DAYA TRANSFORMATOR DI
PERUMAHAN MUTIARA HATI GENUK SEMARANG”** Menyetujui menjadi
hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti
Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan
dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap
menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat
dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak
Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang
timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam
Sultan agung.

Semarang, 24 Mei 2024

Yang Men

Herdiyanto



HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan Tugas Akhir ini yang saya persembahkan kepada :

Pertama,

Kepada diri saya sendiri yang telah berusaha dan berjuang hingga titik ini.

Kedua,

Kepada orang tua saya yang telah mendukung dari awal perkuliahan hingga sekarang.

Ketiga,

Kepada para mahasiswa teknik elektro Universitas Islam Sultan Agung yang sedang berjuang merajut masa depannya.



HALAMAN MOTTO

**“LIBATKAN ALLAH DI SETIAP PROSESMU, MAKA AKAN
DI PERMUDAH JALANYA”**

**“DUNIA AKAN BAIK BAIK SAJA, ASALKAN ADA DOA IBU,
DI SETIAP LANGKAHNYA”**

**“KETIKA URUSANMU DI PERMUDAH, SAAT ITULAH
DOA IBUMU DI KABULKAN”**

**“BUKAN AKU YANG LANCAR MENERJAKAN SEKRIPSI INI,
TAPI IBU YANG SELALU KASIH SEMANGAT,
DAN DOA IBU UU YANG KUAT”**



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahilalamin puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat dan Karunia-Nya serta kesehatan yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir berjudul ” **PERAMALAN BEBAN DENGAN METODE REGRESI EKSPONENSIAL UNTUK EVALUASI KAPASITAS DAYA TRANSFORMATOR DI PERUMAHAN MUTIARA HATI GENUK SEMARANG**”. Penyelesaian Laporan Tugas Akhir yang dimulai dari bulan Oktober s/d Februari 2024, tidak lepas dari dukungan dari banyak pihak. Oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Bapak dan Ibu yang telah banyak membantu dukungan dan doa, sembari memberi semangat serta kasih sayang kepada penulis.
2. Dr. Ir. Hj. Novi Marlyana., MT., ASEAN Eng. sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Jenny Putri Hapsari, ST., MT. selaku ketua jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Bapak Dr. Gunawan, ST., MT. sebagai Dosen Pembimbing, yang memberi banyak arahan dan ilmu yang bermanfaat, dan dengan sabar membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
5. Dosen-dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri UNISSULA yang dengan sabar memberi kuliah dari awal perkuliahan hingga penulis berada di titik ini.
6. Staf dan karyawan Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri UNISSULA.
7. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2020 yang telah berjuang bersama selama ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas segala dukungan, semangat, ilmu dan pengalaman yang diberikan.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang ada pada laporan Tugas Akhir ini. Oleh karenanya penulis menerima saran dan kritik dari semua pihak agar menjadi bahan perbaikan dalam penyusunan laporan kedepannya. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya..

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Semarang , 6 Juni 2024



Herdiyanto



DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori.....	9
2.3 Transformator.....	10
2.4 Komponen Yang Ada Pada Transformator.....	13
2.5 Pembebanan Transformator.....	15
2.6 Metode Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik.....	20
2.7 Peramalan Beban.....	21
2.8 Metode Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik.....	20
2.9 Peramalan Beban.....	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Objek Penelitian.....	22
3.2	Langkah Penleitian	24
3.3	Flowchart	25
3.4	Pengambilan Sempel Data.....	26
3.5	Data Arus Beban Trafo.....	26
3.6	AnalisiS Data.....	29
3.7	Hasil Pembahasan.....	30

BAB IV PEMBAHASAN

4.1	Analisis Data.....	31
4.2	Perhitungan Beban Puncak Pada Trafo 1 Siang Hari.....	33
4.3	Perhitungan Beban Puncak Pada Trafo 2 Malam Hari.....	34
4.4	Perhitungan Beban Puncak Pada Trafo 1 Siang Hari.....	34
4.5	Perhitungan Beban Puncak Pada Trafo 2 Malam Hari.....	34
4.6	Perhitungan Efisiensi Trafo 1 Pada Siang Dan Malam Hari.....	37
4.7	Perhitungan Efisiensi Trafo 2 Pada Siang Dan Malam Hari.....	37
4.8	Faktor Pertumbuhan Beban Pada Trafo 1.....	38
4.9	Faktor Pertumbuhan Beban Pada Trafo 2.....	40
4.10	Prediksi Kapasitas Trafo satu 10 tahun mendatang.....	41
4.11	Prediksi Kapasitas Trafo dua 10 tahun mendatang.....	44

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran.....	49

DAFTAR PUSTAKA	51
-----------------------------	----

DAFTAR PUSTAKA	54
-----------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 sistem jaringan distribusi.....	9
Gambar 2.2 trafo 3 fasa dan 1 fasa.....	10
Gambar 2.3 inti besi pada trafo	14
Gambar 2.4 belitan transformator	14
Gambar 2.5 bushing trafo.....	15
Gambar 3.1 lokasi PLN UP3 Semarang.....	22
Gambar 3.2 sitpelan sikumbang perumahan Mutiara hati kudu	23
Gambar 3.3 SLD TBL 06.....	23
Gambar 3.4 Flowchart.....	25
Gambar 3.5 Alat pengukur arus	27
Gambar 4.1 Perumahan Mutiara Hati Kudu Semarang	31

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 kapasitas trafo 3 fasa	16
Tabel 2.2 kapasitas trafo 1 fasa	16
Tabel 3.1 data arus dan tegangan trafo satu	27
Tabel 3.2 data arus dan tegangan trafo dua.....	28
Tabel 4.1 data arus dan tegangan trafo satu	32
Tabel 4.2 data arus dan tegangan trafo dua.....	33
Tabel 4.3 data beban puncak trafo PLN UP3 Semarang.....	36
Tabel 4.4 faktor pertumbuhan beban tahunan trafo satu.....	39
Tabel 4.5 faktor pertumbuhan beban tahunan trafo dua	40
Tabel 4.6 Hasil peramalan beban pada transformator satu	43
Tabel 4.7 Hasil peramalan beban pada transformator dua.....	46

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Peramalan beban pada transformator satu	44
Grafik 4.2 Peramalan beban pada transformator dua.....	47

ABSTRAK

Pertumbuhan beban pada perumahan Kudu Semarang dalam lima tahun terakhir 2019-2023 mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Kenaikan beban selalu diikuti dengan bertambahnya Panjang jaringan, jumlah penyulang dan potensi gangguan yang dapat menurunkan keandalan. PLN (persero) UP 3 Semarang mendistribusikan pasokan daya listrik di Karangroto, Genuk khususnya di perumahan Kudu (Mutiara Hati) menggunakan dua trafo 1 fasa dengan kapasitas daya sebesar 50kVA dari penyulang gardu TBL 06. Tercatat beban puncak pada tahun 2023 untuk siang hari 35,1 dan malam hari 37,kVA. Bertambahnya rumah baru setiap tahunnya maka beban pada trafo akan meningkat mencapai kapasitas maksimalnya. Sebagai antisipasi metode Regresi Eksponensial digunakan untuk menentukan kapasitas trafo yang akan memikul beban selanjutnya. kebutuhan beban untuk 10 tahun kedepan. Dari hasil pembahasan bahwa transformator mengalami pertumbuhan beban baik siang dan malam mengalami kenaikan yang signifikan rata rata kenaikan dari tahun 2024-2033 adalah 49% puncaknya pada tahun 2028 transformator sudah mendekati masa kritis dengan beban 48,2kV dengan kapasitas trafo 50kVA artinya trafo segera di ganti dengan kapasitas yang menjadi 70kVA untuk mencegah terjadinya overload sampai 10 tahun kedepan.

Kata Kunci; Pertumbuhan Beban, Trafo satu fasa, Kapasitas Trafo

ABSTRACT

The growth in burden on the Kudu Semarang housing complex in the last five years 2019-2023 has increased quite significantly. An increase in load is always accompanied by an increase in network length, number of feeders and potential disturbances which can reduce reliability. PLN (Persero) UP 3 Semarang distributes electrical power supplies in Karangroto, Genuk, especially in the Kudu (Mutiara Hati) housing complex using two single-phase transformers with a power capacity of 50kVA from the TBL 06 substation feeder. Peak load recorded in 2023 for 35 daylight hours, 1 and at night 37,kVA. With the addition of new houses every year, the load on the transformer will increase to reach its maximum capacity. As an anticipation, the Exponential Regression method is used to determine the capacity of the transformer that will carry the next load. load requirements for the next 10 years. From the results of the discussion, the transformer experienced a significant increase in load both day and night, the average increase from 2024-2033 was 49%, peaking in 2028, the transformer was approaching a critical period with a load of 48.2kV with a transformer capacity of 50kVA, meaning the transformer was immediately replaced. with a capacity of 70kVA to prevent overload for the next 10 years.

Key Words; Load growth, Single Pas Transformer, Transformer Capacity.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik terus bertumbuh dalam lima tahun terakhir, dari 2019 hingga 2023, mengalami kenaikan rata-rata 7,5% pada siang hari dan 10,75% pada malam hari. Kenaikan ini disebabkan oleh peningkatan kebutuhan dalam teknologi dan gaya hidup modern, di mana semakin banyak rumah menggunakan perangkat elektronik seperti AC, komputer, dan perangkat rumah tangga lainnya. Pertumbuhan populasi juga ikut berkontribusi pada peningkatan penggunaan listrik di perumahan. Saat kebutuhan akan jaringan terus meningkat, tekanan pada infrastruktur jaringan pun meningkat. Keandalan menjadi sangat penting saat jaringan menjadi kritis, sehingga ketersediaan yang tinggi dalam jaringan menjadi kunci untuk memastikan bahwa pengguna dapat mengakses layanan tanpa gangguan yang signifikan. Peningkatan kebutuhan yang terus bertambah menyebabkan jaringan sering mengalami gangguan seperti overload pada jaringan, penurunan tegangan, penurunan efisiensi, dan gangguan pada kualitas daya. Gangguan semacam ini dapat mengakibatkan kerugian bagi konsumen karena banyak aspek dalam kehidupan modern yang sangat tergantung pada listrik untuk kenyamanan sehari-hari, termasuk kesehatan, keamanan, kegiatan komersial, dan bisnis. Jika gangguan terjadi selama 24 jam, dampaknya menjadi lebih kompleks dan signifikan bagi masyarakat secara keseluruhan.[1] Dilihat dari aspek diatas berkembangnya kebutuhan energi listrik terus meningkat. Melihat kondisi kelistrikan saat ini yang masih sering terjadi pemadaman bergilir, baik yang diakibatkan oleh gangguan ataupun yang dilakukan secara terjadwal. Perlu dilakukan evaluasi tingkat keandalan dalam pendistribusian tenaga listrik khususnya di perumahan Mutiara hati kudu. Untuk meningkatkan kualitas daya yang baik serta dapat mencegah masalah yang dapat muncul. Dalam pendistribusian listrik ke konsumen.

Dalam pendistribusian tenaga listrik dari gardu induk ke konsumen, ataupun indsuttri, tranformator distribusi ialah salah satu perangkat yang penting dalam melakukan pendistribusian listrik tegangan rendah. Transformator distribusi

berfungsi untuk merubah tegangan listrik arus bolak balik dari tegangan menengah 20kv menjadi tegangan rendah 380/220v dengan frekuensi tetap. Transformator pada pemasangannya di luar ruangan ataupun di dalam, baik kebutuhan lokasi beban, sistem distribusi yang tepat dan kapasitas transformator distribusi yang sesuai dengan kebutuhan beban dapat mengurangi tegangan jatuh pada konsumen dan menaikkan efisiensi penggunaan transformator distribusi. Masing masing transformator distribusi mempunyai kapasitas yang berbeda-beda yaitu; 50kva, 100kVA, 160kVA, 200kVA, 250kVA, dan 400kVA. [2] Trafo sendiri merupakan salah satu asset yang paling riskan dan mahal harganya sering kali terjadinya pemadaman yang di sebabkan karena trafo terlalu mendapat beban tegangan yang sangat berlebihan, sedangkan kapasitas trafo itu sendiri mempunyai batas maksimal yang seharusnya masih ada ruang atau space. Beban trafo maksimal itu adalah 80% (perkapasitasnya) dari kapasitasnya, ketika trafo mengalami beban puncak yang melebihi beban maksimal maka trafo itu disebut mengalami overload.

PLN (persero) UP 3 Semarang mendistribusikan pasokan daya listrik di Karangroto, Genuk khususnya di perumahan Kudu (Mutiara Hati) total jumlah rumah 312 rumah dan setiap tahunnya akan bertambah 30 perumahan baru. Pendistribusian energi listrik menggunakan dua trafo berjenis trafo 1 fasa yang masing-masing memiliki daya sebesar 50kVA yang di salurkan dari penyulang TBL 06. Dilihat dari aspek pertumbuhan populasi penduduk dan peningkatan kebutuhan teknologi dan gaya hidup modern perlu dilakukan evaluasi tingkat keandalan dalam pendistribusian tenaga listrik khususnya di perumahan Mutiara Hati Kudu untuk meningkatkan kualitas daya yang baik pada prtoteksi terhadap gangguan, efisiensi dan keandalan jaringan, serta dapat mencegah masalah yang dapat muncul. Potensi masalah dalam mendistribusikan energi listrik meliputi kelebihan beban pada transformator. Sebuah transformator dianggap overload jika beban melebihi 80% dari kapasitasnya. Pembangunan rumah baru di perumahan Mutiara hati setiap tahunnya mengalami peningkatan, bersamaan dari itu maka kebutuhan listrik untuk menyuplai di perumahan Mutiara hati akan semakin bertambah mengikuti pertumbuhan atau perkembangan perumahan baru yang selesai dibangun.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi beban 10 tahun kedepan menggunakan metode regresi liner dan perhitungan manual untuk menentukan kapasitas transformator untuk mencegah terjadinya overload pada transformator dan kerusakan perangkat listrik lainnya. Pada penyulang TBL 06 di perumahan Mutiara Hati Kudu, Genuk. kapasitas dinyatakan overload jika beban melebihi 80% dari kapasitas itu sendiri.[3] Transformator Untuk menyuplai kebutuhan listrik di perumahan Mutiara hati kudu. PT.PLN (persero) UP3 semarang. Menempatkan dua trafo, yang semuanya trafo berjenis satu fasa, dengan kapasitas masing masing trafo sebesar 50 kV. Yang memiliki merek voltra. Dengan pertumbuhan pembanguna perumahan baru yang mengalami kenaikan setiap tahunnya, maka beban trafo tersebut otomatis mengalami kenaikan beban juga.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi beban 10 tahun kedepan menggunakan metode regresi liner dan perhitungan manual untuk menentukan kapasitas transformator untuk mencegah terjadinya overload pada transformator dan kerusakan perangkat listrik lainnya. Pada penyulang TBL 06 di perumahan Mutiara Hati Kudu, Genuk Semarang. Dan melakukan survei langsung ke tempat lokasi penelitian, data tersebut yang nantinya akan digunakan untuk mencari nilai arus dan tegangan, efisiensi trafo dan pertumbuhan beban trafo setiap tahunnya. Yang semua di lakukan dengan menggunakan perhitungan manual, pada transformator yang ada pada perumahan Mutiara hati kudu semarang, yang kemudian nantinya akan di presentasikan menggunakan sebuah tabel dan grafik.

Manfaat penelitian ini yaitu dapat menentukan kapasitas transformator, dengan mengetahui kebutuhan kapasitas trafo dapat menghindari situasi dimana trafo bekerja di luar batas kemampuannya. Dan memastikan transformator pada kapasitas optimalnya dapat menghindari pemborosan energi atau biaya yang berlebihan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Kapan transformator mengalami kelebihan beban untuk 10 tahun kedepan.di perumahan Mutiara Hati Kudu Genuk, Semarang.

2. Berpakah kapasitas transformator yang harus dinaikan kapasitasnya ketika mengalami kelebihan beban.

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk membatasi materi yang dibicarakan pada tugas akhir ini, maka dibuat batasan masalah yang akan diteliti. Hal ini bertujuan agar materi dan cakupan studi dari tugas akhir ini dapat mencapai hasil yang memuaskan. Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini :

1. Penentuan kapasitas trafo distribusi di wilayah perumahan kudu yang di sebabkan penambahan rumah baru dan kebutuhan dalam teknologi dan gaya hidup modern.
2. Transformator yang di gunakan untuk penelitian ini merupakan transformator satu fasa untuk menentukan kapasitas trafo
3. Penentuan kapasitas transformator di sebabkan hanya pertumbuhan beban pada transformator tersebut

1.4 Tujuan

Adapun Tujuan penelitian yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tahun keberpa kapasitas transformator harus di naikan kapasitasnya dalam priode 10 tahun ke depan
2. Mencari nilai pertumbuhan beban pada transformator distribusi pada masing masing trafo di wilayah perumahan kudu.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat kita inginkan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Dapat merencanakan energi yang efisien, termasuk dalam menentukan kapasitas transformator. Untuk memenuhi kebutuhan listrik dari berbagi pengguna maupun pelanggan

2. Dengan memantau beban trafo secara teratur, mempermudah untuk mengidentifikasi tren penggunaan energi dan memprediksi kebutuhan masa depan.
3. Dengan mengetahui kapasitas trafo, dapat menghindari situasi dimana trafo bekerja di luar batas kemampuannya, yang dapat membuat kegagalan atau gangguan dalam pasokan listrik
4. Dengan memastikan bahwa transformator pada kapasitas optimalnya, dapat menghindari pemborosan energi atau biaya yang berlebihan.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penyusunan penelitian ini menggunakan metode yang baik untuk mendapatkan pemahaman tentang materi yang digunakan sebagai proses dalam mewujudkan tugas akhir. Kerangka kerja ini disusun sebagai berikut

- BAB I :PENDAHULUAN**
 Bab ini berisikan tentang latar belakang permasalahan yang ada di lapangan, kemudian akan dilakukan perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan kemudian sistematika penulisan
- BAB II :TINJAUAN PUSTAKAN DAN MATERI**
 Bab ini menjelaskan tentang penelitian sebelumnya kemudian dasar teori yang nantinya menjadi dasar untuk penelitian ini
- BAB III :METODE PENELITIAN**
 Bab ini menguraikan tentang bagaimana penyelesaian permasalahan yang diambil dan tahapan untuk menyelesaikan permasalahannya
- BAB IV :HASIL DAN ANALISA**
 Bab ini berisi tentang pembahasan pada permasalahan menentukan Kapasitas transformator distribusi yang sesuai

BAB V :PENUTUP

Berisi tentang dari hasil penelitian dan analisis yang telah di lakukan, kemudian di buat kesimpulan dan saran, dan penutup pada tugas akhir ini.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Berikut adalah beberapa penelitian yang pernah dilakukan terkait dengan penentuan kapasitas transformator, adalah sebagai berikut:

- a. Analisis kebutuhan jaringan distribusi 20 kv untuk memenuhi pelanggan industri baru 15 mw kawasan randu garut yang di susun oleh Hasna Rahma Tazkia, Karnoto dan Ajub Ajulian Zahra penelitian ini bertujuan untuk mengetahui, penyambungan pelanggan baru berkapasitas 15 MW memerlukan penyediaan dua penyulang, yaitu RDT09 salah satu penyulang eksisting, dan pembangunan penyulang baru RDT16 sepanjang 2.419 meter. Penyulang RDT09 dan RDT16 ditenagai trafo Randu-Garut 2 GI. 15 MW dimuat ke trafo 2 dan kapasitas trafo 2 dan dapat berubah dari 55,5% menjadi 83,3%. Setelah penyambungan beban 15 MW terjadi penurunan tegangan sebesar 1,20% pada akhir feed-in RDT 09 dan 1,05% pada akhir feed-in RDT 16. Ke-14 cabang yang ada mengalami penurunan tegangan berkisar antara 0,20% hingga 5,38%. Nilai drop tegangan tersebut masih memenuhi standar SPLN 72 tahun 1987 yaitu kurang dari $+5 \pm 10\%$. Setelah dilakukan penambahan beban sebesar 15 MW, rugi daya GI Randu Garut sebesar 1.208,9 kW atau 1,56%.
- b. Analisis Kelayakan Kapasitas Transformator Berdasarkan Prediksi Beban Tahunan (Studi Kasus Pada PT. PLN (Persero) Rayon Majenang) yang disusun oleh Fitrizawati, Hartono, dan Dody Bastian Tumanggor. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui. Kesesuaian peralatan yang digunakan untuk menjamin mutu dan keandalan pelayanan energi listrik pada jaringan, seperti:
B. Trafo distribusi. Rata-rata kenaikan beban pada penyulang Majenang 01 PT. PLN (Persero) Magenan Rayon mengalami kenaikan sekitar 7,12% dari tahun 2011 ke tahun 2014. Dengan menggunakan perhitungan eksponensial, diperkirakan pada tahun 2019, 18 trafo distribusi dari total 29 trafo distribusi di penyulang Magenan 01 akan mengalami kelebihan kapasitas. [4]

- c. Penentuan Kapasitas Transformator Sisip Untuk Mengatasi Beban Lebih Pada ULP Merduati Kota yang di susun oleh Martunis, Muliadi, Syukri, Teuku Murisal Asyadi, dan Misswar penelitian ini bertujuan untuk mengetahui. Kapasitas trafo distribusi insertion dalam menangani beban lebih yang ditimbulkan oleh GH BAR009-00, GH BAR010-00, GH BAR 017-00, dan GH BAT083-00. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan perhitungan matematis. Hasilnya, GH BAR009-00 dan GH BAT083-00 memiliki kelebihan beban tertinggi masing-masing sebesar 12,54% dan 15,06%, sedangkan GH BAR010-00 dan GH BAR 017-00 masih memiliki persentase yang kecil, masing-masing 3,12%. Load factor tertinggi terjadi pada GH BAT083-00 yaitu sebesar 94,93% dibandingkan GH BAR009-00, GH BAR010-00, dan GH BAR 017-00. Kapasitas trafo yang ideal untuk mereduksi terjadinya beban lebih pada trafo khususnya GH BAT083-00 adalah 160 kVA dan 200 kVA. [5]
- d. Penentuan Kriteria Kapasitas Transformator Berdasarkan Proyeksi Kebutuhan Energi secara Mikrosasial yang disusun oleh adri seneng, hasna satya dini, dwi anggaini, dan perdana putera penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Perkiraan kepadatan muatan. Hasil cluster terdiri dari 100 kecamatan yang dikelompokkan menjadi 5 cluster dengan rata-rata peningkatan beban sebesar 8,4% per cluster. Perhitungan kapasitas trafo 10 tahun untuk wilayah Tangerang adalah 250 kVA, 630 kVA, 1000 kVA, dan 1250 kVA dengan asumsi utilisasi trafo maksimum sebesar 80%. Selain itu, perkiraan beban pada tingkat trafo distribusi meningkat sebesar 3.064 per stasiun distribusi. [6]
- e. Analisis kebutuhan kapasitas daya gardu induk wonogiri berdasarkan pertumbuhan beban 10 tahun mendatang yang di susun oleh, sekarmaji, diah suwarti widyastuti, dan dulhadi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas transformator untuk 10 tahun kedepan, yang pada trafo 1 mengalami pembebanan sebesar 94% pada tahun 2023. Kemudian pada trafo 2 mengalami pembebanan sebesar 96,2% pada tahun 2026[7]

beban terdapat dua macam macam bentuk rangkaian jaru=ingan distribusi primer seperti sistem radial, loop dan spindle

2. Sistem distribusi skunder

Adalah salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban beban yang ada di konsumen, sistem ini digunakan untuk menghubungkan gardu distribusi dengan konsumen, biasanya dengan tegangan rendah, sistem distribusi skunder dapat menggunakan kabel yang berisolasi atau konduktor tanpa isolasi, dan bentuk saluran yang paling banyak di gunakan dalam sistem radial.

2.3 Transformator



Gambar 2.2 trafo 3 fasa dan 1 fasa [10]

Transformator merupakan salah satu peralatan sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyuplai tegangan listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lianya dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya. Adapun pada inti ferromagnetik terdapat lilitan sekunder dan primer. Tipe inti dan cangkang merupakan dua jenis konstruksi dari transformator Terdapat dua jenis transformator berdasarkan sistem penyaluran tenaga listrik. Pertama yaitu transformator Step Up dimana transformator yang mempunyai lilitan sekunder lebih banyak dari primer yang berfungsi untuk menaikkan tegangan pada proses penyaluran daya. Selanjutnya transformator Step Down dimana transformator yang mempunyai lilitan sekunder lebih sedikit dari primer yang berfungsi untuk menurunkan tegangan pada proses penerimaan daya

1. Prinsip Kerja Transformator

Prinsip transformator menggunakan hukum Faraday dan Ampere, arus listrik dapat mengakibatkan medan magnet yang kemudian apabila medan magnet mengalami perubahan akan menimbulkan arus listrik. Medan magnet yang mengalami perubahan yang tidak stabil dapat muncul apabila salah satu kumparan transformator diberikan energi arus listrik, kemudian kumparan sekunder akan menerima gaya magnet dari kumparan primer yang besarnya dapat berubah-ubah. Kemudian pada kumparan sekunder muncul induksi yang didapatkan antara dua ujung kumparan memiliki beda tegangan, jumlah garis gaya (fluks) yang memasuki kumparan sekunder sama dengan garis gaya yang akan keluar dari kumparan primer. [10]

2. Umur Transformator

Dalam pengoperasian transformator terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi umur transformator diantaranya adalah kualitas minyak, suhu minyak, pola pembebanan, pengaruh suhu sekitar, kualitas bahan, kualitas minyak, cuaca, kadar oksigen dan kelembapan udara. Oleh karena itu, dilakukannya pemeliharaan transformator agar umur transformator berusia panjang. Pemeliharaannya seperti pengujian minyak secara berkala, melakukan manajemen secara rutin dan pemasangan transformator sesuai dengan standar konstruksinya. Kenaikan suhu terhadap pembebanan yang berlebih pada transformator akan menimbulkan efek panas. Setiap kenaikan suhu pada batas yang diizinkan sebesar 6°C mengakibatkan umur transformator mengalami penuaan. Di Indonesia berdasarkan SPLN diatur suatu transformator hanya bisa bekerja pada suhu sekitar tidak melebihi 40°C dengan suhu rata-rata harian dan tahunan sekitar 30°C . [11]

3. Jenis jenis transformator

Berdasarkan jenis level tegangan

- a. Trafo tegangan tinggi (500/150kV, 150/70kV.)
- b. Trafo tegangan menengah (150/30kV, 150/20kV.)
- c. Trafo tegangan rendah (20kV/380V, 6kV/380v.)

4. Transformator berdasarkan fungsi atau pemakaian

a. Transformator daya

Transformator yang digunakan untuk meningkatkan nilai tegangan listrik dari generator listrik, penempatannya berada di gardu induk. Ini adalah salah satu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, dalam operasi penyaluran tenaga listrik, transformator dapat dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi. Transformator daya adalah perangkat yang menggunakan induksi elektromagnetik untuk mengubah tegangan AC dan mengirimkan energi listrik

b. Transformator distribusi

Transformator yang digunakan untuk mengubah tegangan listrik dari tegangan tinggi ke rendah, begitu pula sebaliknya. Dalam sistem distribusi listrik. Digunakan untuk mengubah tegangan dari 20kV ke 400 volt, yang biasanya digunakan untuk mengirimkan daya listrik ke sistem distribusi dan kepada penguunak akhir.

c. Transformator tegangan

Digunakan untuk mengetahui besarnya tegangan listrik pada tegangan tinggi, bagian dalam transformator tegangan ini digunakan untuk mendapatkan level tegangan yang lebih mudah di temukan dan dapat di ukur. Transformator tegangan atau juga di kenal sebagai transformator tegangan induksi adalah trafo instrument yang di disain untuk mendapatkan level tegangan yang dibutuhkan. [12]

5. Permasalahan pada transformator distribusi

Permasalahan yang umum terjadi pada trafo distribusi sebagai berikut

- a. Pemeliharaan transformator distribusi yang tidak dilakukan secara rutin akan rentan terjadinya gangguan atau kerusakan, yang nantinya akan dapat mengalami gangguan padam yang akan mengakibatkan kerugian

- b. Penggunaan kapasitas transformator distribusi yang tidak sesuai dengan apa yang dibutuhkan beban, yang kemudian bias mengakibatkan tidak menjadi efisien
- c. Penempatan transformator distribusi yang penempatannya kurang baik, terlalu jauh dari konsumen yang bisa mengakibatkan tegangan jatuh yang besar sehingga tegangan konsumen menjadi rendah

6. Perencanaan transformator distribusi secara optimal

Kebutuhan akan energi listrik dari konsumen akan terus meningkat dari periode ke periode selanjutnya. Maka dari itu, untuk tetap bisa melayani kebutuhan listrik dari para konsumen. Maka sistem tenaga listrik harus bisa meningkat untuk memenuhi kebutuhan dari konsumen. Perencanaan transformator distribusi memiliki peranan penting dalam usaha untuk pembangunan sistem distribusi untuk memenuhi kebutuhan listrik yang terus bertambah. Untuk merencanakannya maka harus dilakukan secara baik dengan pendekatan pada peramalan beban untuk memperoleh suatu pola pelayanan yang optimal. Tujuannya untuk mendapatkan pelayanan ke pelanggan yang optimal yang dapat dengan cepat mencegah pertumbuhan kebutuhan energi listrik dan kerapatan beban yang harus dilayani. Ada beberapa faktor yang berpengaruh dan perlu diperhatikan dalam perencanaan transformator distribusi yang baik, diantaranya sebagai berikut;

- Faktor teknis
- Faktor ekonomi
- Faktor social budaya

7. Pemilihan kapasitas transformator

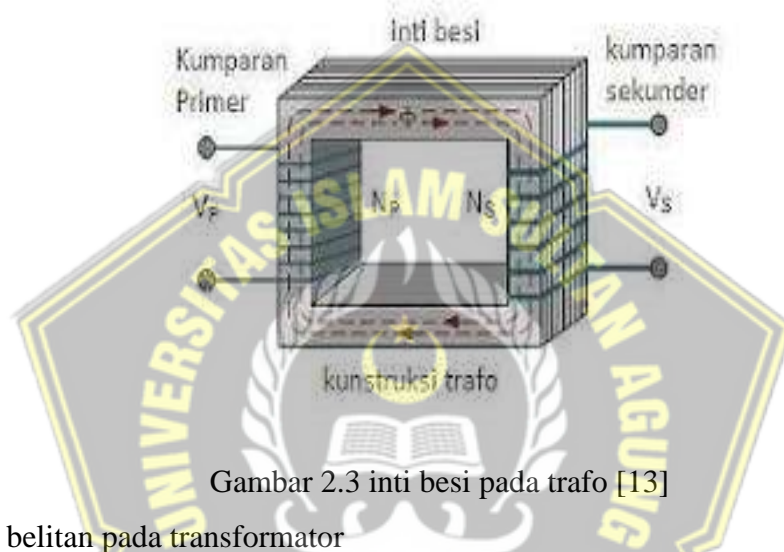
Pemilihan yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan atau konsumen akan meningkatkan tingkat ke efisienan pada transformator distribusi. Dan memperkecil tegangan jatuh pada konsumen.

2.4 Komponen yang ada pada transformator

Transformator merupakan salah satu perangkat listrik yang digunakan untuk mentransfer energi listrik ke sirkuit lain melalui elektromagnetik, komponen-komponen utama dari transformator meliputi;

1. inti besi (electromagnetic circuit)

bagian ini dipakai untuk bahan jalannya fluks yang akan timbul yang diakibatkan oleh induksi arus bolak balik pada kumparan yang mengitari inti besi, yang dapat menginduksi kembali ke kumparan yang lain, terbuat dari lempengan-lempengan besi tipis berisolasi yang bertujuan untuk mengurangi eddy current yang merupakan arus sirkulasi pada inti besi hasil dari induksi medan magnet dimana arus tersebut akan mengakibatkan rugi-rugi.



Gambar 2.3 inti besi pada trafo [13]

2. belitan pada transformator

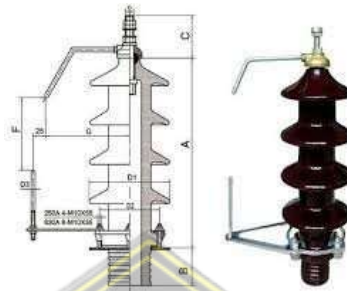
belitan pada transformator terdiri, dari batang tembaga berisolasi yang mengitari inti besi dimana arus bolak balik mengalir pada belitan tembaga dan inti besi yang menimbulkan fluks magnetik.[12]



Gambar 2.4 belitan transformator[13]

3. Bushing

Hubungan antara kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangkitrafo.



Gambar 2.5 bushing trafo[13]

4. Pendingin

Ketika trafo sedang beroperasi suhunya dipengaruhi oleh kualitas tegangan jaringan, rugi-rugi pada trafo itu sendiri dan suhu lingkungan. Suhu yang sangat tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada isolasi kertas pada trafo. Pendinginan yang efektif sangat di perlukan, minyak isolasi trafo selain digunakan sebagai isolasi berfungsi juga sebagai pendingin

5. Tap changer

Keseimbangan tegangan dalam sebuah jaringan adalah salah satu hal yang penting untuk kualitas sebuah tegangan. Transformator diwajibkan memiliki nilai output yang stabil sedangkan besarnya tegangan input tidak selalu sama dengan mengubahnya banyaknya belitan pada sisi primer, yang diharapkan didapatkan perubahan rasio antara belitan primer dan sekunder, maka tegangan ooutput sekunder dapat di sesuaikan dengan kebutuhan sistem.

2.5 Pembebanan Transformator

Menurut pada buku PT.PLN, 1997 yang tertulis dalam buku SPLN No. 50, mengenai transformator distribusi, transformator sebaiknya tidak di bebani lebih dari 80% atau di bawah 40%. Apabila melebihi atau bahkan kurang dari nilai

tersebut, maka transformator bias di bilang mengalami overload, sebaiknya untuk transformator dibebani antara range tersebut.

Table 2.1 kapasitas trafo 3 fasa[14]

No	Daya (kapasitas) trafo 3 fasa	Satuan
1	10	KVA
2	20	KVA
3	30	KVA
4	50	KVA
5	75	KVA
6	100	KVA
7	125	KVA
8	160	KVA
9	200	KVA
10	250	KVA

Table 2.2 kapasitas trafo 1 fasa[14]

No	Daya (Kapasitas) trafo 1 fasa	Satuan
1	1	KVA
2	2	KVA
3	3	KVA
4	5	KVA
5	7	KVA
6	13	KVA
7	20	KVA
8	35	KVA
9	50	KVA
10	70	KVA

A. Rugi rugi daya pada jaringan distribusi

Dalam penentuan tenaga listrik, di tentukan suatu level standar tertentu untuk menentukan kualitas tegangan pelayanan secara umum ada beberapa hal yang harus perlu di jaga, di antaranya[13]

1. Frekuensi 50Hz
2. Tegangan (+5% dan – 10%)
3. Keandalan suatu sistem jaringan.

Rugi rugi daya merupakan besarnya daya yang menghilang pada suatu sistem jaringan, yang besarnya sama dengan daya yang di sambungkan dari sumber dikurangi besarnya daya yang diterima pada perlengkapan hubung bagian utama.

Besarnya rugi rugi daya satu fasa dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut;

$$\Delta P = I^2 \times R \text{ (watt)} \quad (2.1)$$

Dimana;

ΔP = rugi rugi daya pada jaringan (watt)

I = Arus beban pada jaringan (ampere)

R = tahanan murni (ohm)

Besaran rugi daya pada suatu jaringan tergantung pada besaran tahanan arus beban pada jaringan tersebut. Maka dari itu untuk mencari besaran rugi daya pada jaringan tiga fasa dapat di tentukan menggunakan persamaan berikut;

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \text{ (watt)} \quad (2.2)$$

Dimana;

ΔP = rugi rugi daya pada jaringan (watt)

I = Arus beban pada jaringan (ampere)

R = tahanan murni (ohm)

B. Jatuh tegangan (voltage drop)

Terjadinya jatuh tegangan pada saluran disuatu lokasi merupakan akibat oleh bagian yang berbedadengan tegangan di dalam suatu sistem daya tersebut dan juga dipengaruhi oleh resistansi, reaktansi, dan impedansi. Pada saluran jatuh tegangan selisih antara tegangan pada ujung penerimaan tenaga listrik. Besarnya tegangan dapat dinyatakan sebagai berikut;

$$V = I.R.\cos \phi + I.X.\sin \phi \quad (2.3)$$

$$V = I \times Z$$

dimana :

V = Jatuh tegangan (Volt)

X = Reaktansi (Ohm)

ϕ = Sudut dari faktor daya beban

Z = R + jX (ohm)

C. gangguan hubung singkat

Gangguan hubungan singkat adalah kondisi dimana dua atau lebih konduktor listrik dengan potensial yang berbeda secara langsung terhubung, menciptakan jalur yang memiliki hambatan yang sangat rendah atau bahkan hampir nol. Ada beberapa jenis gangguan hubung singkat diantaranya sebagai berikut;

- a. gangguan hubung singkat tiga fasa.
- b. gangguan hubung singkat dua fasa.
- c. gangguan hubung singkat satu fasa.

Gangguan hubung singkat dapat ditentukan menggunakan perhitungan hukum ohm.[15]

$$I = \frac{V}{Z} \quad (2.4)$$

Dimana;

I = Arus yang mengalir pada hambatan Z (A)

V = Tegangan sumber (V)

Z = Impedansi jaringan, (ohm)

Yang membedakan antara gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa, dan satu fasa ketanah adalah impedansi yang dibentuk sesuai dengan macam gangguan itu sendiri dan tegangan yang memasok arus ke titik gangguan impedansi yang dibentuk dapat ditunjukkan pada berikut ini;

Z untuk gangguan tiga fasa, $Z = Z_1$

Z untuk gangguan dua fasa, $Z = Z_1 + Z_2$

Z untuk gangguan satu fasa, $Z = Z_1 + Z_2 + Z_0$

Dimana:

Z_1 = impedansi urutan positif (ohm)

Z_2 = impedansi urutan negative (ohm)

Z_0 = impedansi urutan nol (ohm)

D. Analisis beban puncak

Perhitungan beban puncak trafo dapat dihitung arus beban penuh trafo terlebih dahulu, memanfaatkan konduksi tersebut. Kemudian untuk menghitung arus beban puncak dengan persamaan berikut;

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} X V} \quad (2.5)$$

Dimana;

I_{FL} = arus beban penuh

I_{beban} = arus beban

S = daya

V = tegangan sekunder

Setelah arus rata rata beban puncak di ketahui, kemudian perbandingan arus rata-rata dan arus total dikali 100%. Untuk medapatkan beberapa persen pembebnana yang terdapat pada trafo distribusi

E. Efisiensi transformator

Rasio anantara daya kelaran yang berguna yang du hasilkan oleh transformator dengan daya masukan yang digunakan unruk mengoprasian transformator, daya keluaran yang berguna adalah daya yang dihasilkan pada sisi keluaran trnsformator yang digunaka untuk melakukan pekerjaan yang diinginkan, seperti memberikan daya ke beban atau perangkat listirik. Berikut persamaan untuk menghitung efisiensi tranformator

$$Efisiensi = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \quad (2.6)$$

Dimana;

P_{out} = daya output transformator

P_{in} = daya input transformator

2.6 Metode Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik

Prakiraan kebutuhan beban listrik menggunakan metode time series secara umum memiliki model kurva kecenderungan trend eksponensial. Metode time series adalah metode yang disusun berdasarkan hubungan data-data masa lalu tanpa memperhatikan faktor-faktor penyebab (pengaruh ekonomi, iklim, teknologi dan sebagainya). Kurva kecenderungan trend merupakan suatu gerakan kecenderungan naik atau turun dalam jangka panjang yang diperoleh dari rata-rata perubahan dari waktu ke waktu dan nilainya cukup rata (smooth). Dalam perhitungan nilai trend dengan metode trend eksponensial (exponential trend)

$$Y = a (+b)^x \quad (2.7)$$

Dimana;

- Y = data time series periode X
- X = waktu (hari, minggu, bulan, triwulan, tahun)
- a dan b = bilangan konstan

Analisis metode time series adalah cara mempelajari tata laku deret waktu atau merupakan suatu proses diwaktu yang lalu dengan model matematikanya sehingga tata laku yang akan datang dapat diketahui dari sekarang. Kecenderungan trend eksponensial data yang lalu digambar dengan grafik logaritmik untuk memberikan proyeksi perkiraan dalam bentuk garis lurus mengacu pada persamaan 2.5, maka untuk mempermudah mendapatkan nilai pertumbuhan beban tahunan sesuai dengan data beban dalam satuan KVA dibuat rumus persamaan 5 menjadi persamaan 6 dan untuk menghitung pertumbuhan beban tahun mendatang.

$$S_n = S_0 (1 + a)^t \quad (2.8)$$

$$A_n = \frac{KVA_n - KVA_{n-1}}{KVA_n} \times 100\%$$

Dimana;

S_n = kecepatan pertumbuhan rata-rata tahunan yang amati selama setahun

S_0 = Pemakaian beban pada perhitungan tahun pertama

t = Waktu tahun ke t : Rata – rata pertumbuhan beban dalam prosentase

a_n = Pertumbuhan beban tahun n dalam prosentase

KVA_n = Data beban tahun n

2.7 Peramalan Beban

Peramalan beban adalah perhitungan yang melibatkan prediksi nilai masa depan dengan memperhitungkan data pada masa lalu atau sekarang baik secara matematis maupun statistik. Metode peramalan beban yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuadrat terkecil karena metode ini dapat digunakan untuk memperkirakan beban puncak, yang akan terjadi dalam 10 tahun ke depan. Persamaan untuk menentukan parameter kuadrat terkecil metode adalah sebagai berikut: [16]

$$Y_n = a + bx \quad (2.9)$$

Dimana;

A dan b = koefisien

Y = diasumsikan jumlah beban

N = banyak tahun

X = waktu tertentu dalam bentuk

2.8 Beban Puncak Pada Transformator

Beban puncak pada trafo 1 fasa adalah kondisi di mana trafo beroperasi pada kapasitas maksimumnya dalam hal daya listrik yang harus disalurkan. Peningkatan arus ini menyebabkan peningkatan panas yang harus dikelola untuk mencegah kerusakan. Trafo yang sering beroperasi pada atau mendekati beban puncaknya akan mengalami penurunan efisiensi dan potensi kerusakan lebih cepat. Berikut persamaan untuk menghitung beban puncak transformator [17]

$$S_1 = V_1 \cdot I_1 \quad (2.10)$$

$$S_2 = V_2 \cdot I_2$$

$$S_T = 220 (I_1 + I_2)$$

Dimana:

S = Daya Semu $X_1 X_2$ (dalam ampere, A)

V = Tegangan

S_T = Total Daya Semu $X_1 X_2$

I = Arus (dalam ampere, A)

2.9 Efisiensi Dan Pertumbuhan Beban Pada Transformator

Efisiensi trafo merupakan ukuran seberapa baik trafo mengubah daya listrik dari sisi primer ke sisi sekunder dengan rugi-rugi minimal. Efisiensi sebuah transformator dihitung sebagai perbandingan antara daya keluaran yang digunakan oleh beban dan daya masukan yang diterima dari sumber. Secara matematis, efisiensi (η) dinyatakan sebagai:

$$\text{efisiensi} = \frac{\text{daya output}}{\text{daya input}} \times 100\% \quad (2.11)$$

Pembebanan trafo merujuk pada bagaimana trafo dioperasikan dengan berbagai tingkat beban. Pembebanan ini sangat mempengaruhi efisiensi dan kinerja trafo. Saat trafo beroperasi pada beban penuh, efisiensinya cenderung mendekati nilai optimalnya. Namun, pada beban yang sangat rendah atau sangat tinggi, efisiensinya bisa menurun.

$$\% \text{ Pertumbuhan beban} = \frac{\text{beban akhir} - \text{beban awal}}{\text{beban akhir}} \times 100\% \quad (2.11)$$

Pastikan juga trafo memiliki cadangan kapasitas yang cukup dan memenuhi spesifikasi teknis serta persyaratan lingkungan yang relevan, Menggunakan rumus Regresi Eksponensial sebagai berikut; [18]

$$S = (1 + a)^t = \text{beban puncak} (1 + \text{rata rata pertumbuhan beban trafo})^t \quad (2.12)$$

Dimana;

S = Tahun

a = Beban puncak

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Objek Pengkajian

Penulis mengambil lokasi penelitian pada PT.PLN (Persero) UP3 Semarang. Lokasi tersebut dipilih karena merujuk pada data primer yang ada. dikarenakan tidak semua data primer yang dibutuhkan untuk penelitian ada pada lokasi penelitian, oleh sebab itu pemilihan lokasi di pilih dengan menggunakan data yang terlengkap. Lokasi PT PLN (Persero) UP 3 SEMARANG yang berada di PT PLN (Persero) Area Semarang. Alamat lokasi: Jl. Pemuda No. 93, Semarang, Jawa Tengah 50139, Indonesia. Nomor telepon / kontak: (024) 3547651. dapat dilihat menggunakan maps dari foto satelit.



Gambar 3.1 lokasi PLN UP3 Semarang

Penelitian diawali dengan menentukan lokasi penelitian kemudian dilakukan pengumpulan data – data penelitian terlebih dahulu. Terdapat dua data yaitu data primer dan data skunder. Data primer merupakan data yang diperoleh melalui sumber penelitian secara langsung. Obyek penelitian yaitu. Yang berlokasi di Karangroto, Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah. Tepatnya pada perumahan Mutiara Hati Kudu. Kemudian diikuti data skunder atau pengumpulan data – data yang diperlukan dari buku, jurnal ataupun penelitian yang pernah dilakukan oleh orang lain yang berhubungan dengan penelitian saya. Berikut metode yang saya pakai untuk penelitian saya

Langkah penelitian

Berikut beberapa langkah dalam penelitian ini,

1. Memulai dengan survei langsung ke lapangan atau lokasi yaitu di PLN (PERSERO) UP3 SEMARANG
2. Melakukan perhitungan pertumbuhan beban, data beban pada tahun 2019 sampai dengan tahun 2023
3. Menghitung efisiensi dari transformator, setelah dilakukan perhitungan sebelumnya
4. Melakukan Analisa dan pembahasan dari hasil perhitungan pada tahun berapa trafo harus di ganti kapasitasnya
5. Kesimpulan dari penelitian ini

Peninjuan untuk melakukan informasi yang ada di PT PLN (PERSERO) UP 3 SEMARANG, tentang kapasitas trafo untuk memastikan bahwa trafo tersebut dapat memenuhi kebutuhan listrik yang di minta tanpa mengalami kelebihan beban yang berpotensi merusak trafo tersebut, penelitian ini mencakup analisis historis dan proyeksi beban untuk menentukan kapasitas yang di perlukan dalam situasi tertentu, sistem penentuan terhadap beban yang sebenarnya di jalankan pada trafo sangat penting. Trafo memiliki Batasan suhu yang aman untuk operasi yang stabil dan aman. Kapasitas trafo harus di uji pada batas maksimum untuk memastikan bahwa tidak ada kelebihan beban yang menyebabkan kerusakan atau kegagalan, penelitian ini juga dapat mencakup prediksi kebutuhan listrik masa depan untuk memastikan bahwa trafo yang di pilih dapat mengakomodasi pertumbuhan dan perubahan kebutuhan listrik.

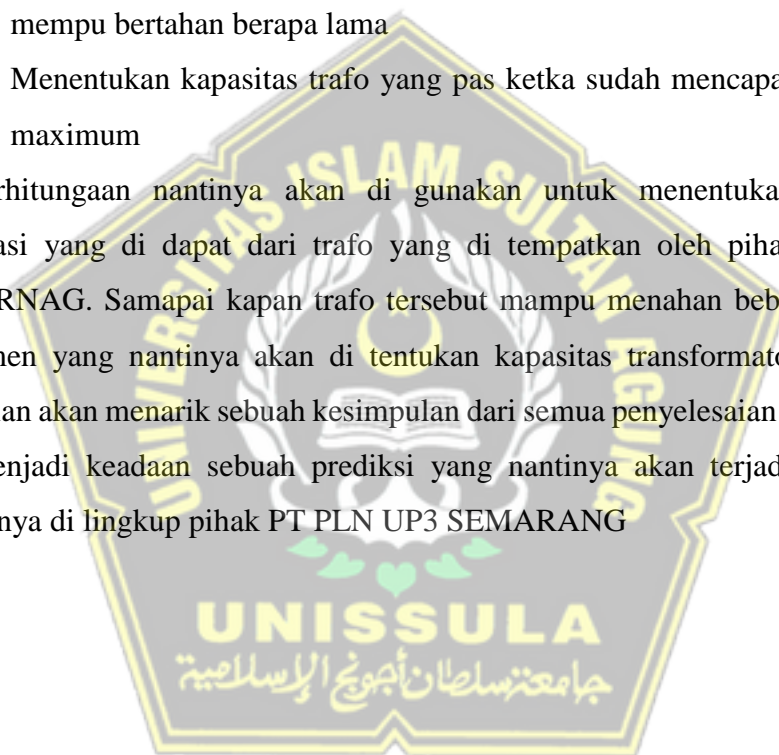
Dalam perancangan penelitian ini tentang menentukan kapasitas transformator distribusi, memerlukan pemahaman tentang trafo, untuk dapat mempelajari secara mendalam tentang transformator, termasuk jenis dan prinsip kerjanya maupun komponennya, kemudian lakukanlah riset literatur untuk memahami penelitian penelitian terdahulu tentang penentuan kapasitas trafo,

Kemudian untuk melakukan analisis perhitungan dari data yang di peroleh dari PLN, untuk melakukan perhitungan dan analisis perlu di lakukan dengan hati-hati dalam perhitungannya karena nanti akan menentukan hasilnya dan kesimpulannya,

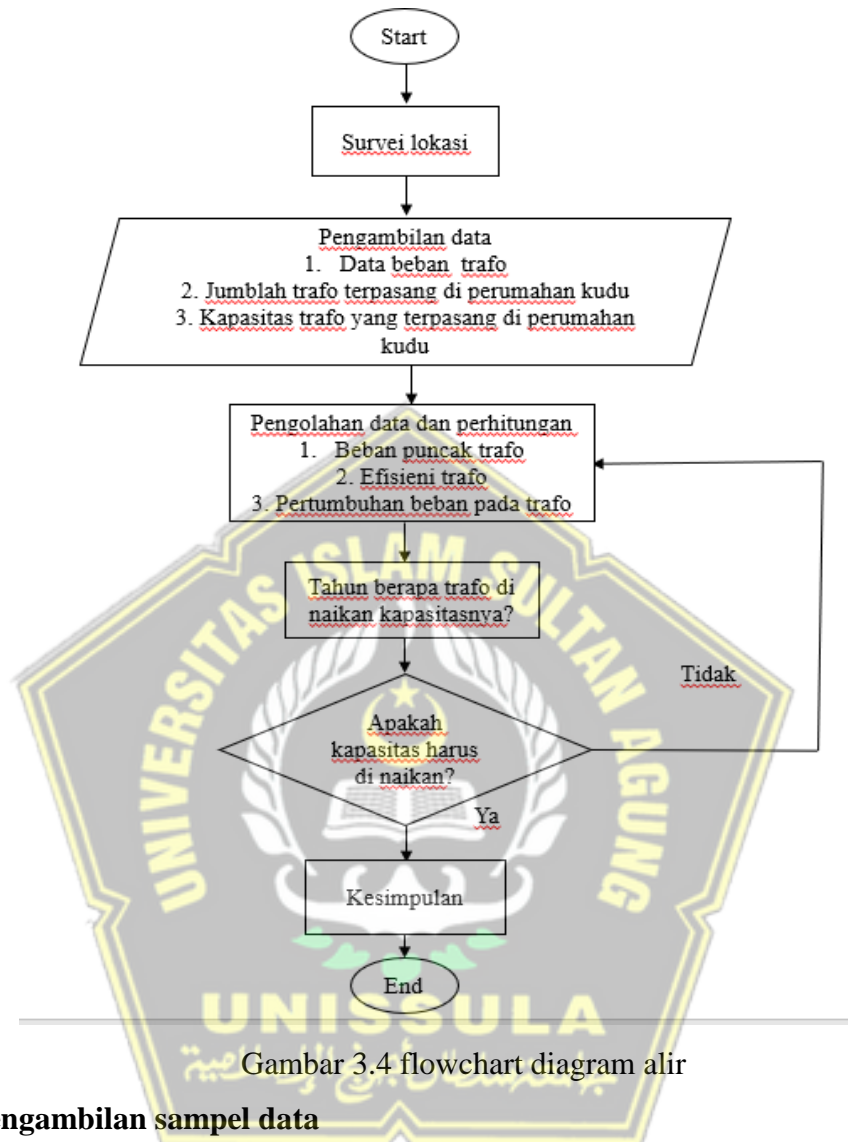
maka dari itu untuk menentukan perhitungan dan Analisa akan di lakukan pengkajian, sebagai berikut;

1. Melakukan perhitungan beban pada trafo
2. Menentukan klasifikasi mengenai pembebanan transformator dalam kondisi normal atau overload, apakah sudah sesuai dengan standar SPLN No. 17 tahun 2014 bahwa pembebnana pada trafo distribusi maksimal 80% dan minimal 40 %
3. Perhitungan penggunaan beban kapasitas trafo, trafo yang terpasang mampu bertahan berapa lama
4. Menentukan kapasitas trafo yang pas ketika sudah mencapai leverl beban maximum

Perhitungan nantinya akan di gunakan untuk menentukan kesimpulan informasi yang di dapat dari trafo yang di tempatkan oleh pihak PLN UP 3 SEMARNAG. Samapai kapan trafo tersebut mampu menahan beban listrik oleh konsumen yang nantinya akan di tentukan kapasitas transformator yang tepat, kemudian akan menarik sebuah kesimpulan dari semua penyelesaian tugas akhir ini dan menjadi keadaan sebuah prediksi yang nantinya akan terjadi di lapangan khususnya di lingkup pihak PT PLN UP3 SEMARANG



3.2 flowchart



Gambar 3.4 flowchart diagram alir

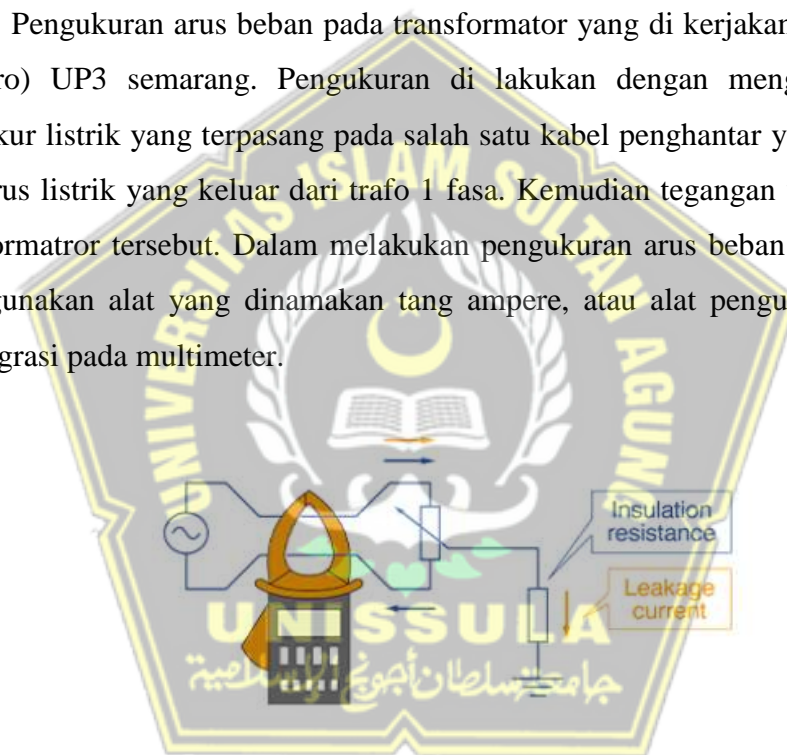
3.3 Pengambilan sampel data

Penentuan kapasitas trafo perlu untuk dilakukan karena trafo merupakan komponen yang penting dalam sistem distribusi listrik, kapasitas trafo menentukan seberapa banyak listrik yang dapat didistribusikan ke konsumen dengan mengetahui kapasitas trafo yang tepat, penyediaan layanan listrik dapat memastikan bahwa daya yang dibutuhkan oleh pelanggan dapat terpenuhi tanpa kelebihan beban maupun beban yang berlebihan. Kapasitas trafo yang tidak cukup besar dapat menyebabkan beban yang berlebih pada trafo yang pada gilirannya dapat mengurangi umur pakai dan meningkatkan biaya operasional.

Data di ambil untuk memahami pola dan karakteristik beban listrik yang akan di tangani oleh trafo meliputi beban harian trafo yang di peroleh dari PT PLN UP3 SEMARANG. Data yang di kumpulkan dapat membantu dan mengestimasi jumlah daya yang di butuhkan oleh konsumen, dengan memahami beban puncak atau maximum yang mungkin terjadi, penentuan kapasitas trafo dapat di sesuaikan untuk menangani beban tersebut yang overloading.

3.5 Data arus beban trafo

Pengukuran arus beban pada transformator yang di kerjakan oleh PT.PLN (persero) UP3 semarang. Pengukuran di lakukan dengan menggunakan alat pengukur listrik yang terpasang pada salah satu kabel penghantar yang di telah di aliri arus listrik yang keluar dari trafo 1 fasa. Kemudian tegangan yang ada pada transformator tersebut. Dalam melakukan pengukuran arus beban petugas PLN, menggunakan alat yang dinamakan tang ampere, atau alat pengukur arus yang terintegrasi pada multimeter.



Gambar 3.5 alat pengukur Arus

Tabel 3.1 data arus dan tegangan trafo satu

tahun	Waktu ukur	Tanggal & jam	X_1 (A)	X^2 (A)	N (A)	V_{LN} (V)
2019	Siang (10:12:34)	21 feb 2019	53,5	49,2	-	220
	Malam (17:37:12)	23 feb 2020	55,2	51,9	-	220
2020	Siang (09:15:22)	5 feb 2020	60,7	49,3	-	220
	Malam (17:18:47)	5 feb 2020	47,5	65,2	-	220
2021	Siang (09:46:12)	8 feb 2020	76,5	58,2	-	220
	Malam (17:18:55)	11 feb 2020	76,8	60,9	-	220
2022	Siang (11:28:32)	12 okto 2021	78,9	73,6	67,3	220
	Malam (17:32:47)	13 okto 2021	82,5	72,1	34,4	220
2023	Siang (09:58:00)	22 okto 2023	95,2	64,5	36,5	220
	Malam (17:43:42)	22 okto 2023	88,2	83,9	47,3	220

Tabel 3.2 data arus dan tegangan trafo dua

tahun	Waktu ukur	Tanggal & jam	X_1 (A)	X^2 (A)	N (A)	V_{LN} (V)
2019	Siang (11:17:22)	21 feb 2019	49,2	45,3	-	220
	Malam (18:12:00)	23 feb 2019	53,8	43,4	-	220
2020	Siang (10:23:50)	5 feb 2020	51,8	45,2	-	220
	Malam (18:12:32)	5 feb 2020	65,2	42,9	-	220
2021	Siang (10:21:00)	8 feb 2021	57,3	53,7	27,6	220
	Malam (17:39:23)	11 feb 2021	64,1	55,2	7,2	220
2022	Siang (12:45:00)	12 okto 2022	65,2	58,6	3,3	220
	Malam (18:42:06)	13 okto 2022	68,2	61,5	15,2	220
2023	Siang (10:37:00)	22 okto 2023	75,8	64,9	23,6	220
	Malam (19:12:32)	22 okto 2023	82,8	69,4	12,5	220

3.6 Analisis data

Untuk menganalisis perlu untuk mengidentifikasi waktu periode dimana listrik mencapai beban puncaknya, pada pengambilan data di ambil lima priode yaitu dari tahun 2019 sampai tahun 2023. Hal ini penting untuk mengetahui kapan kapasitas trafo harus di ganti, untuk menangani beban puncak tanpa overloading. Pada penelitian ini berfokus pada trafo 1 phasa, untuk data yang di peroleh setiap fasa.

Kemudian setelah melakukan perhitungan beban puncak pada setiap trafo, selanjutnya mencari nilai efisiensi dari tarfo. Transformator yang lebih efisien akan menghasilkan sedikit kerugin daya dalam bentuk panas selama proses transformasi listrik, efisiensi yang tinggi berarti lebih sedikit energi yang terbuang dalam bentuk panas dan lebih banyak energi yang dikonversi menjadi daya yang berguna, trafo yang lebih efisien cenderung memiliki oprasi yang stabil dan dapat di andalkan, untuk mencari nilai efisiensi

Setelah mengetahui efisiensi trafo kita perlu melakukan perhitungan pertumbuhan beban pada transformator distribusi. Pentingnya mengetahui pertumbuhan beban trafo memungkinkan perencanaan yang lebih baik untuk memastikan bahwa kapasitas tarfo mencukupi untuk memenuhi kebutuhan listrik yang terus berkembang, dengan mengetahui tren pertumbuhan beban listrik, dapat merencanakan kapasitas transformator yang memadai untuk memenuhi kebutuhan listrik. Dengan merencanakan kapasitas trafo sesuai dengan pertumbuhan beban dapat diantisipasi, dan dapat memastikan ketersediaan daya yang memadai untuk memenuhi permintaan listrik di masa depan.

3.7 Hasil Pembahasan

Hasil dari analisis dan perhitungan dalam penelitian ini nantinya dapat memprediksi kapasitas trafo yang tepat di masa depan. Agar tidak terjadinya lagi overload khususnya di PLN PERSERO UP 3 SEMARANG

BAB IV ANALISIS DAN HASIL

4.1 Analisis Data

Dalam proses analisis ini ada dua trafo yang akan di analisis, ke dua trafo tersebut memiliki kapasitas masing masing 50 Kv , trafo,nya sendiri jenisnya satu fasa. Kemudian ada pengambilan data beban tahunan yang di peroleh dari PLN (PERSERO) UP 3 SEMARANG menggunakan perhitungan secara manual karena kondisi numerik yang di gunakan hanyalah kondisi data standar yang dapat d selesakan menggunakan secara fisika tanoa perhitungan strategi tertentu. Dari perhitungan manual tersebut nantinya akan di lakukan dari perhitungan beban puncak trafo, mencari nilai efisiensi trafo, pertumbuhan beban trafo dan kemudian penentuan kapasitas trafo, yang tepat sesuai kebutuhan konsumen atau pelanggan.

Selama jangka waktu dari tahun 2019 hingga tahun 2020, data yang mencatat tingkat beban puncak yang di tangani trafo I dan trafo II, yang merupakan komponen utama dari jaringan distribusi energi listrik di perumahan Kudu Semarang, telah dikumpulkan dengan secara sistematis, informasi ini merupakan hasil dari pemantauan yang berkelanjutan terhadap konsumsi energi masyarakat selama periode tersebut, mencakup tren penggunaan listrik pada berbagai jam, hari, minggu, bulan dan musim.



4.1 Perumahan Mutiara Hati Kudu Semarang

Tabel 4.2 data arus dan tegangan trafo satu

tahun	Waktu & ukur	Tanggal & jam	X_1 (A)	X^2 (A)	N (A)	V_{LN} (V)
2019	Siang	21/2/19 (10:12)	53,5	49,2	-	220
	Malam	23/2/20 (17:37)	55,2	51,9	-	220
2020	Siang	5/2/20 (09:15)	60,7	49,3	-	220
	Malam	5/2/20 (17:18)	47,5	65,2	-	220
2021	Siang	8/2/20 (09:46)	76,5	58,2	-	220
	Malam	11/2/20 (17:18)	76,8	60,9	-	220
2022	Siang	12/10/21 (11:28)	78,9	73,6	67,3	220
	Malam	13/10/21 (17:32)	82,5	72,1	34,4	220
2023	Siang	22/10/23 (09:58)	95,2	64,5	36,5	220
	Malam	22/10/23 (17:42)	88,2	83,9	47,3	220

Tabel 4.3 data arus dan tegangan trafo dua

tahun	Waktu ukur	Tanggal & jam	X ₁ (A)	X ² (A)	N (A)	V _{LN} (V)
2019	Siang	21/2/19 (11:17)	49,2	45,3	-	220
	Malam	23/2/19 (18:12)	53,8	43,4	-	220
2020	Siang	5/2/20 (10:23)	51,8	45,2	-	220
	Malam	5/2/20 (18:12)	65,2	42,9	-	220
2021	Siang	8/2/21 (10:21)	57,3	53,7	27,6	220
	Malam	11/2/21 (17:39)	64,1	55,2	7,2	220
2022	Siang	12/10/22 (12:45)	65,2	58,6	3,3	220
	Malam	13/10/22 (18:42)	68,2	61,5	15,2	220
2023	Siang	22/10/23 (10:37)	75,8	64,9	23,6	220
	Malam	22/10/23 (19:12)	82,8	69,4	12,5	220

4.2 Perhitungan beban puncak pada trafo 1 siang hari

$$S_1 = V_1 \cdot I_1$$

$$S_1 = V_1 \cdot I_1$$

$$S_2 = V_2 \cdot I_2$$

$$S_2 = V_2 \cdot I_2$$

$$S_T = 220 (I_1 + I_2)$$

$$S_T = 220 (I_1 + I_2)$$

$$S_T = 220 (53,5+49,2) = 22,5 \text{ KVA}$$

$$S_T = 220 (60,7+49,3) = 24,2 \text{ KVA}$$

$$\begin{aligned}
 S_1 &= V_1 \cdot I_1 & S_1 &= V_1 \cdot I_1 \\
 S_2 &= V_2 \cdot I_2 & S_2 &= V_2 \cdot I_2 \\
 S_T &= 220 (I_1 + I_2) & S_T &= 220 (I_1 + I_2) \\
 S_T &= 220 (76,5+58,2) = 29,6 \text{ KVA} & S_T &= 220 (78,9+73,6) = 33,5 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_1 &= V_1 \cdot I_1 \\
 S_2 &= V_2 \cdot I_2 \\
 S_T &= 220 (I_1 + I_2) \\
 S_T &= 220 (95,2+64,5) = 35,1 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan beban puncak pada trafo 1 malam hari

$$\begin{aligned}
 S_1 &= V_1 \cdot I_1 & S_1 &= V_1 \cdot I_1 \\
 S_2 &= V_2 \cdot I_2 & S_2 &= V_2 \cdot I_2 \\
 S_T &= 220 (I_1 + I_2) & S_T &= 220 (I_1 + I_2) \\
 S_T &= 220 (55,2+51,9) = 23,5 \text{ KVA} & S_T &= 220 (76,8+60,9) = 30,2 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_1 &= V_1 \cdot I_1 & S_1 &= V_1 \cdot I_1 \\
 S_2 &= V_2 \cdot I_2 & S_2 &= V_2 \cdot I_2 \\
 S_T &= 220 (I_1 + I_2) & S_T &= 220 (I_1 + I_2) \\
 S_T &= 220 (47,5+65,2) = 24,7 \text{ KVA} & S_T &= 220 (82,5+72,1) = 34 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_1 &= V_1 \cdot I_1 \\
 S_2 &= V_2 \cdot I_2 \\
 S_T &= 220 (I_1 + I_2) \\
 S_T &= 220 (88,2+83,9) = 37,8 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

4.4 Perhitungan beban puncak pada trafo 2 siang hari

$$\begin{aligned}
 S_1 &= V_1 \cdot I_1 & S_1 &= V_1 \cdot I_1 \\
 S_2 &= V_2 \cdot I_2 & S_2 &= V_2 \cdot I_2 \\
 S_T &= 220 (I_1 + I_2) & S_T &= 220 (I_1 + I_2) \\
 S_T &= 220 (49,2+45,3) = 20,7 \text{ KVA} & S_T &= 220 (51,8+45,2) = 21,3 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

$$S_1 = V_1 \cdot I_1$$

$$S_2 = V_2 \cdot I_2$$

$$S_T = 220 (I_1 + I_2)$$

$$S_T = 220 (57,3+53,7) = 24,4 \text{ KVA}$$

$$S_1 = V_1 \cdot I_1$$

$$S_2 = V_2 \cdot I_2$$

$$S_T = 220 (I_1 + I_2)$$

$$S_T = 220 (65,2+58,6) = 27,2 \text{ KVA}$$

$$S_1 = V_1 \cdot I_1$$

$$S_2 = V_2 \cdot I_2$$

$$S_T = 220 (I_1 + I_2)$$

$$S_T = 220 (75,8+64,9) = 30,9 \text{ KVA}$$

4.6 Perhitungan beban puncak pada trafo 2 malam hari

$$S_1 = V_1 \cdot I_1$$

$$S_2 = V_2 \cdot I_2$$

$$S_T = 220 (I_1 + I_2)$$

$$S_T = 220 (53,8+43,4) = 21,3 \text{ KVA}$$

$$S_1 = V_1 \cdot I_1$$

$$S_2 = V_2 \cdot I_2$$

$$S_T = 220 (I_1 + I_2)$$

$$S_T = 220 (65,2+42,9) = 23,7 \text{ KVA}$$

$$S_1 = V_1 \cdot I_1$$

$$S_2 = V_2 \cdot I_2$$

$$S_T = 220 (I_1 + I_2)$$

$$S_T = 220 (64,1+55,2) = 26,2 \text{ KVA}$$

$$S_1 = V_1 \cdot I_1$$

$$S_2 = V_2 \cdot I_2$$

$$S_T = 220 (I_1 + I_2)$$

$$S_T = 220 (68,2+61,5) = 28,5 \text{ KVA}$$

$$S_1 = V_1 \cdot I_1$$

$$S_2 = V_2 \cdot I_2$$

$$S_T = 220 (I_1 + I_2)$$

$$S_T = 220 (82,8+69,4) = 33,4 \text{ KVA}$$

Tabel 4.3 data beban puncak trafo PLN persero UP3 Semarang

Tahun	Trafo I		Trafo II	
	Beban (KVA)		Beban (KVA)	
	Siang hari	Malam hari	Siang hari	Malam hari
2019	22,5	23,5	20,7	21,3
2020	24,2	24,7	21,3	23,7
2021	29,6	30,2	24,4	26,2
2022	33,5	34	27,2	28,5
2023	35,1	37,8	30,9	33,4

Terdapat dua tabel yang memuat data beban puncak untuk dua trafo yang berbeda, yakni trafo 1 dan trafo 2. Data tersebut terbagi menjadi dua bagian, beban pada siang hari dan beban pada malam hari, untuk setiap tahun dari 2019 hingga 2023. Untuk kedua trafo, terlihat adanya tren kenaikan beban dari tahun 2019 hingga 2023, baik pada siang hari maupun malam hari. Pada umumnya, beban trafo 1 lebih tinggi dari pada trafo 2, baik pada siang hari maupun malam hari. Data ini penting untuk perencanaan dan pengelolaan kapasitas trafo dengan mengikuti beban tren kenaikan beban.

Data pertumbuhan beban tahunan trafo 1 menunjukkan pola dari tahun 2019 hingga 2023. Peningkatan yang paling mencolok terjadi pada tahun 2020, di mana beban melonjak sebesar 18% dari tahun sebelumnya. Ini menandakan adanya perubahan signifikan dalam permintaan daya listrik, yang dipicu oleh pertumbuhan pertumbuhan perumahan, penggunaan perangkat elektronik yang meningkat, atau perubahan perilaku konsumen. Rata-rata faktor pertumbuhan selama periode tersebut adalah 10,75%, yang menunjukkan bahwa tren pertumbuhan ini dapat diprediksi secara relatif stabil dalam jangka waktu yang cukup signifikan. Dengan pemahaman yang mendalam tentang tren pertumbuhan ini, PLN dapat merespons dengan tepat waktu melalui peningkatan kapasitas infrastruktur dan investasi dalam teknologi yang lebih efisien. Ini penting untuk menjaga kelangsungan pasokan listrik yang andal dan efisien dalam jangka panjang.

4.6 Perhitungan efisiensi trafo 1 pada siang dan malam hari

A. Trafo 1 beban siang hari

$$\text{Tahun 2019 } n \frac{22,5}{50} \times 100\% = 45 \%$$

$$\text{Tahun 2020 } n \frac{24,2}{50} \times 100\% = 48,4 \%$$

$$\text{Tahun 2021 } n \frac{29,6}{50} \times 100\% = 59,2 \%$$

$$\text{Tahun 2022 } n \frac{33,5}{50} \times 100\% = 67 \%$$

$$\text{Tahun 2023 } n \frac{35,1}{50} \times 100\% = 70,2 \%$$

B. Trafo 1 beban malam hari

$$\text{Tahun 2019 } n \frac{23,5}{50} \times 100\% = 47 \%$$

$$\text{Tahun 2020 } n \frac{24,7}{50} \times 100\% = 49,4 \%$$

$$\text{Tahun 2021 } n \frac{30,2}{50} \times 100\% = 60,4 \%$$

$$\text{Tahun 2022 } n \frac{34}{50} \times 100\% = 68 \%$$

$$\text{Tahun 2023 } n \frac{37,8}{50} \times 100\% = 75,6 \%$$

4.7 Perhitungan efisiensi trafo 2 pada siang dan malam hari

A. Trafo 1 beban siang hari

$$\text{Tahun 2019 } n \frac{20,7}{50} \times 100\% = 41,4\%$$

$$\text{Tahun 2020 } n \frac{24,7}{50} \times 100\% = 49,4 \%$$

$$\text{Tahun 2021 } n \frac{29,6}{50} \times 100\% = 59,2 \%$$

$$\text{Tahun 2022 } n \frac{30,2}{50} \times 100\% = 60,4 \%$$

$$\text{Tahun 2023 } n \frac{37,8}{50} \times 100\% = 75,6 \%$$

B. Trafo 2 beban malam hari

$$\text{Tahun 2019 } n \frac{21,3}{50} \times 100\% = 42,6 \%$$

$$\text{Tahun 2020 } n \frac{23,7}{50} \times 100\% = 47,4 \%$$

$$\text{Tahun 2021 } n \frac{26,2}{50} \times 100\% = 52,4 \%$$

$$\text{Tahun 2022 } n \frac{28,5}{50} \times 100\% = 57 \%$$

$$\text{Tahun 2023 } n \frac{33,4}{50} \times 100\% = 66,8 \%$$

4.8 Faktor pertumbuhan beban pada trafo 1**A. Trafo 1 pada siang hari**

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{24,2-22,5}{24,2} \times 100 \% = 7,024\%$$

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{29,6-24,2}{29,6} \times 100 \% = 18,243 \%$$

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{33,5-29,6}{33,5} \times 100 \% = 11,641 \%$$

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{35,1-33,5}{35,1} \times 100 \% = 4,558 \%$$

B. Trafo 1 pada malam hari

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{24,7-23,5}{24,7} \times 100 \% = 4,858 \%$$

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{30,2-24,7}{30,2} \times 100 \% = 18,211 \%$$

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{34-30,2}{34} \times 100 \% = 11,176 \%$$

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{37,8-34}{37,8} \times 100 \% = 10,052 \%$$

Tabel 4.4 faktor pertumbuhan beban tahunan trafo satu

Tahun	Beban siang hari					Beban malam hari				
	Daya (KVA)	a_{1920}	a_{2021}	a_{2122}	a_{2322}	Daya (KVA)	a_{1920}	a_{2021}	a_{2122}	a_{2322}
		%					%			
2019	22,5	7				23,5	4			
2020	24,2		18			24,7		18		
2021	29,6			11		30,2			11	
2022	33,5				4	34				10
2023	35,1					37,8				
Jumlah		30					43			
Rata – rata		7,5% (0,075)					10,75% (0,1075)			

Data pertumbuhan beban tahunan trafo 1 menunjukkan pola dari tahun 2019 hingga 2023. Peningkatan yang paling mencolok terjadi pada tahun 2020, di mana beban melonjak sebesar 18% dari tahun sebelumnya. Ini menandakan adanya perubahan signifikan dalam permintaan daya listrik, yang dipicu oleh pertumbuhan pertumbuhan perumahan, penggunaan perangkat elektronik yang meningkat, atau perubahan perilaku konsumen. Rata-rata faktor pertumbuhan selama periode tersebut adalah 10,75%, yang menunjukkan bahwa tren pertumbuhan ini dapat diprediksi secara relatif stabil dalam jangka waktu yang cukup signifikan. Dengan pemahaman yang mendalam tentang tren pertumbuhan ini, PLN dapat merespons dengan tepat waktu melalui peningkatan kapasitas infrastruktur dan investasi dalam teknologi yang lebih efisien. Ini penting untuk menjaga kelangsungan pasokan listrik yang andal dan efisien dalam jangka panjang, pertumbuhan beban listrik memainkan peran penting dalam memastikan infrastruktur listrik yang adaptif, berkelanjutan, dan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dan industri yang terus berkembang.

4.9 Faktor pertumbuhan beban pada trafo 2

A. Trafo 2 pada siang hari

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{21,3-20,7}{21,3} \times 100 \% = 2,816 \%$$

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{24,4-21,3}{24,4} \times 100 \% = 12,704 \%$$

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{27,2-24,4}{27,2} \times 100 \% = 10,294 \%$$

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{30,9-27,2}{30,9} \times 100 \% = 11,974 \%$$

B. Trafo 2 pada malam hari

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{23,7-21,3}{23,7} \times 100 \% = 10,126 \%$$

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{26,2-23,7}{26,2} \times 100 \% = 9,541 \%$$

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{28,5-26,2}{28,5} \times 100 \% = 8,070 \%$$

$$\% \text{ Pertumbuhan beban } \frac{33,4-28,5}{33,4} \times 100 \% = 14,670 \%$$

Tabel 4.5 faktor pertumbuhan beban tahunan trafo dua

Tahun	Beban siang hari				Beban malam hari					
	Daya (KVA)	a_{1920}	a_{2021}	a_{2122}	a_{2322}	Daya (KVA)	a_{1920}	a_{2021}	a_{2122}	a_{2322}
		%					%			
2019	20,7	2				21,3	10			
2020	21,3		12			23,7		9		
2021	24,4			10		26,2			8	
2022	27,2				11	28,5				14
2023	30,9					33,4				
Jumlah		35				41				
Rata – rata		8,75% (0,0875)				10,25% (0,1025)				

Pertumbuhan beban tahunan untuk trafo 2, dengan fokus pada beban malam hari, dari tahun 2019 hingga 2023. Data ini memberikan gambaran yang sistematis tentang perkembangan beban selama periode lima tahun tersebut. Tabel ini

menunjukkan peningkatan yang konsisten dalam beban malam hari dari tahun ke tahun. Peningkatan persentase tersebut, mulai dari 10% pada tahun 2019 hingga mencapai 14% pada tahun 2022, mencerminkan adanya pertumbuhan yang signifikan dalam permintaan listrik di malam hari selama periode tersebut. Namun, pada tahun 2022, di mana terjadi lonjakan drastis dalam faktor pertumbuhan, mencapai 14%. Ini menandakan adanya peningkatan yang luar biasa dalam permintaan listrik pada malam hari selama tahun tersebut. Dengan memperhatikan rata-rata pertumbuhan sebesar 10,25% selama periode lima tahun, dapat disimpulkan bahwa beban malam hari pada trafo 2 telah mengalami pertumbuhan yang signifikan dan konsisten.

4.10 Prediksi kapasitas trafo satu 10 tahun mendatang

➤ Trafo 1 siang hari

Beban kapasitas trafo pada taun ke 1

$$S_{2024} = S_{2023} (1 + a)^1 = 35,1 (1 + 0,075)^1 = 37,7325 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 2

$$S_{2025} = S_{2023} (1 + a)^2 = 35,1 (1 + 0,075)^2 = 40,365 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 3

$$S_{2026} = S_{2023} (1 + a)^3 = 35,1 (1 + 0,075)^3 = 42,9975 \text{ KVA}$$

Beban kapaitas trafo pada taun ke 4

$$S_{2027} = S_{2023} (1 + a)^4 = 35,1 (1 + 0,075)^4 = 45,63 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 5

$$S_{2028} = S_{2023} (1 + a)^5 = 35,1 (1 + 0,075)^5 = 48,2625 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 6

$$S_{2029} = S_{2023} (1 + a)^6 = 35,1 (1 + 0,075)^6 = 50,895 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 7

$$S_{2030} = S_{2023} (1 + a)^7 = 35,1 (1 + 0,075)^7 = 53,5275 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 8

$$S_{2031} = S_{2023} (1 + a)^8 = 35,1 (1 + 0,075)^8 = 56,16 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 9

$$S_{2032} = S_{2023} (1 + a)^9 = 35,1 (1 + 0,075)^9 = 58,7925 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 10

$$S_{2033} = S_{2023} (1 + a)^{10} = 35,1 (1 + 0,075)^{10} = 61,425 \text{ KVA}$$

➤ **Trafo 1 Malam hari**

Beban kapasitas trafo pada taun ke 1

$$S_{2024} = S_{2023} (1 + a)^1 = 37,8 (1 + 0,1075)^1 = 41,8635 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 2

$$S_{2025} = S_{2023} (1 + a)^2 = 37,8 (1 + 0,1075)^2 = 45,927 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 3

$$S_{2026} = S_{2023} (1 + a)^3 = 37,8 (1 + 0,1075)^3 = 49,9905 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 4

$$S_{2027} = S_{2023} (1 + a)^4 = 37,8 (1 + 0,1075)^4 = 54,054 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 5

$$S_{2028} = S_{2023} (1 + a)^5 = 37,8 (1 + 0,1075)^5 = 58,1175 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 6

$$S_{2029} = S_{2023} (1 + a)^6 = 37,8 (1 + 0,1075)^6 = 62,181 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 7

$$S_{2030} = S_{2023} (1 + a)^7 = 37,8 (1 + 0,1075)^7 = 66,2445 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 8

$$S_{2031} = S_{2023} (1 + a)^8 = 37,8 (1 + 0,1075)^8 = 70,308 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 9

$$S_{2032} = S_{2023} (1 + a)^9 = 37,8 (1 + 0,1075)^9 = 74,3715 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 10

$$S_{2033} = S_{2023} (1 + a)^{10} = 37,8 (1 + 0,1075)^{10} = 78,435 \text{ KVA}$$

Tabel 4.6 Hasil peramalan beban pada transformator satu

Beban siang hari		Persen pembebanan	Beban malam hari		Persen pembebanan
Tahun	Daya (KVA)	%	Tahun	Daya (KVA)	%
2024	37,7	75,4	2024	41,8	83,6
2025	40,3	80,6	2025	45,9	91,8
2026	42,9	85,8	2026*	49,9	99,8
2027	45,6	91,2	2027	54,0	108
2028*	48,2	96,4	2028	58,1	116,2
2029	50,8	101,6	2029	62,1	124,2
2030	53,5	107	2030	66,2	132,4
2031	56,1	112,2	2031	70,3	140,6
2032	58,7	117,4	2032	74,3	148,6
2033	61,4	122,8	2033	78,4	156,8

Terlihat tersebut merupakan hasil perhitungan kapasitas trafo yang harus di ganti untuk trafo 1 berdasarkan beban siang dan malam hari dalam satuan kVA. Serta presentase pembebanan. Dari table tersebut beberapa analisis yang dapat di lakukan antara lain

1. Terlihat bahwa dari tahun 2024 hingga 2033, baik beban siang maupu malam hari mengalami peningkatan secara konsisten setiap tahunnya, hal ini menunjukkan adanya peningkatan kebutuhan daya dari tahun ke tahun.
2. Secara umum beban pada malam hari cenderung lebih tinggi di bandingkan dengan beban pada siang hari, presentase pembebananya lebih tinggi dari malam hari untuk setiap tahunnya
3. Presentase pembebanan juga meningkat dar tahun ke tahun, menunjukan bahwa trafo semakin mendekati kapasitas maksimalnya.
4. Kemudian dari data tersebut dapat di simpulkan bahwa untuk mengakomodasi peningkatan beban yang terjadi dari tahun ke tahun. Di perlukan perluasan kapasitas trafo pada interval waktu tertentu.

Grafik 4.1 Peramalan beban pada transformator satu



Terlihat pada grafik, trafo 1 fasa dengan kapasitas 50 kV dengan keseluruhan pertumbuhan bebanya baik siang maupun malam mengalami kenaikan yang signifikan, hal ini apabila diabaikan maka akan dapat menimbulkan kerusakan pada trafo, maka sebelum trafo mengalami overload atau kelebihan beban maka harus di ganti dengan kapasitas yang lebih besar sesuai dengan kebutuhan trafo yang di layani. Terlihat pada beban siang hari pada tahun 2028 transformator sudah mendekati titik kritis yaitu dengan beban 48,2 kV dengan kapasitas trafo yang artinya trafo segera harus di ganti, kemudian pada beban malam hari trafo mengalami beban yang kritis dengan beban 49,9 kV.

4.11 Prediksi Kapasitas Trafo dua 10 tahun mendatang

➤ Trafo 2 siang hari

Beban kapasitas trafo pada taun ke 1

$$S_{2024} = S_{2023} (1 + a)^1 = 30,9 (1 + 0,0875)^1 = 33,60375 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 2

$$S_{2025} = S_{2023} (1 + a)^2 = 30,9 (1 + 0,0875)^2 = 36,3075 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 3

$$S_{2026} = S_{2023} (1 + a)^3 = 30,9 (1 + 0,0875)^3 = 39,01125 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 4

$$S_{2027} = S_{2023} (1 + a)^4 = 30,9 (1 + 0,0875)^4 = 41,715 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 5

$$S_{2028} = S_{2023} (1 + a)^5 = 30,9 (1 + 0,0875)^5 = 44,41875 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 6

$$S_{2029} = S_{2023} (1 + a)^6 = 30,9 (1 + 0,0875)^6 = 47,1225 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 7

$$S_{2030} = S_{2023} (1 + a)^7 = 30,9 (1 + 0,0875)^7 = 49,82625 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 8

$$S_{2031} = S_{2023} (1 + a)^8 = 30,9 (1 + 0,0875)^8 = 52,53 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 9

$$S_{2032} = S_{2023} (1 + a)^9 = 30,9 (1 + 0,0875)^9 = 55,23375 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 10

$$S_{2033} = S_{2023} (1 + a)^{10} = 30,9 (1 + 0,0875)^{10} = 57,9375 \text{ KVA}$$

➤ **Trafo 2 malam hari**

Beban kapasitas trafo pada taun ke 1

$$S_{2024} = S_{2023} (1 + a)^1 = 33,4 (1 + 0,1025)^1 = 36,8235 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 2

$$S_{2025} = S_{2023} (1 + a)^2 = 33,4 (1 + 0,1025)^2 = 40,247 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 3

$$S_{2026} = S_{2023} (1 + a)^3 = 33,4 (1 + 0,1025)^3 = 43,6705 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 4

$$S_{2027} = S_{2023} (1 + a)^4 = 33,4 (1 + 0,1025)^4 = 47,094 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 5

$$S_{2028} = S_{2023} (1 + a)^5 = 33,4 (1 + 0,1025)^5 = 50,5175 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 6

$$S_{2029} = S_{2023} (1 + a)^6 = 33,4 (1 + 0,1025)^6 = 53,941 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 7

$$S_{2030} = S_{2023} (1 + a)^7 = 33,4 (1 + 0,1025)^7 = 57,3645 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 8

$$S_{2031} = S_{2023} (1 + a)^8 = 33,4 (1 + 0,1025)^8 = 60,788 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 9

$$S_{2032} = S_{2023} (1 + a)^9 = 33,4 (1 + 0,1025)^9 = 64,2115 \text{ KVA}$$

Beban kapasitas trafo pada taun ke 10

$$S_{2033} = S_{2023} (1 + a)^{10} = 33,4 (1 + 0,1025)^{10} = 67,635 \text{ KVA}$$

Tabel 4.7 Hasil peramalan beban pada transformator dua

Beban siang hari		Persen pembebanan	Beban malam hari		Persen pembebanan
Tahun	Daya (KVA)	%	Tahun	Daya (KVA)	%
2024	33,6	67,2	2024	36,8	73,6
2025	36,3	72,6	2025	40,2	80,4
2026	39,0	78	2026	43,6	87,2
2027	41,7	83,4	2027*	47,0	94
2028	44,4	88,8	2028	50,5	101
2029	47,1	94,2	2029	53,9	107,8
2030*	49,8	99,6	2030	57,3	114,6
2031	52,5	105	2031	60,7	121,4
2032	55,2	110,4	2032	64,2	128,4
2033	57,9	115,8	2033	67,6	135,2

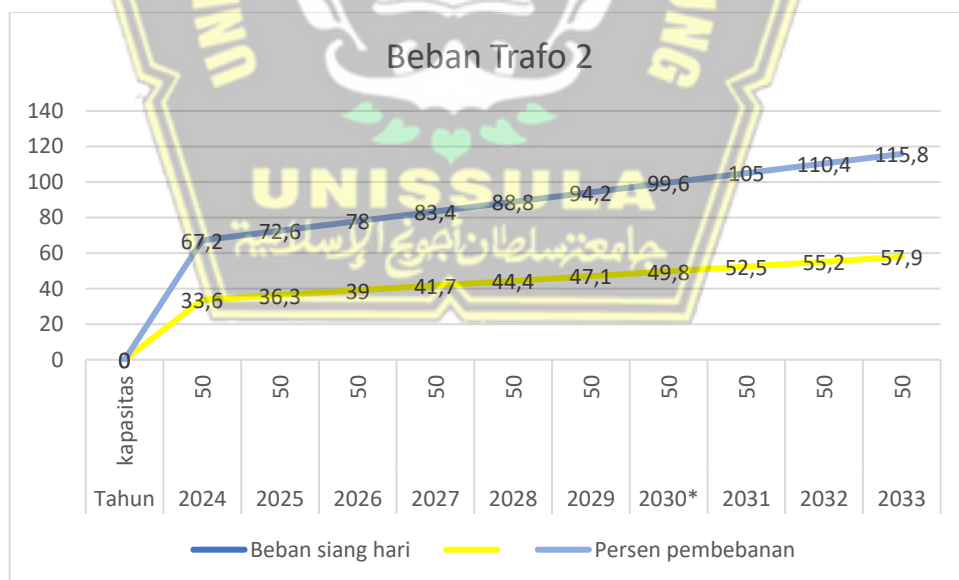
Dari hasil tabel di atas, terdapat data mengenai beban siang dan malam hari pada trafo ke dua. Seperti pada tabel sebelumnya berikut beberapa analisis yang di lakukan.

1. Seperti pada tabel sebelumnya, terlihat bahwa beban trafo siang dan malam hari mengalami peningkatan dari tahun ke tahun

2. Pada trafo ke dua beban pada malam hari sama halnya dengan trafo pertama yaitu lebih besar di bandingkan beban trafo pada siang hari
3. Presentasi pembebanan juga meningkat setiap tahunnya, bahwa trafo tersebut mendekati kapasitas maksimalnya yaitu 50 kv sama halnya dengan trafo ke 1 yaitu 50 kv
4. Perlu di persiapkn untuk menentukan kapasitas yang tepat ketika mencapai pada titik maksimal atau overload pada trafo, untuk menghindari kerusakan pada trafo atau penambahan biaya atau lainnya.

Dengan melakukan analisis yang di indikasikan oada tabel yang di blok dengan warna merah maka pada ke dua trafo tersebut sudah kelebihan beban yang seharusnya, maka dairi itu, baik beban pada siang hari maupun malam hari, dapat di ambil keputusan yang tepat terkait dengan pengelola infrastruktur listrik, seperti penggantian atau penggantian atau penentuan kapasitas yang tepat sesuai dengan kebutuhan konsumen yang di layaninya, yang dapat berkembang dari waktu ke waktu.

Grafik 4.2 Peramalan beban pada transformator dua



Kemudian pada grafik ke dua atau pertumbuhan beban pada trafo keddua baik di siang hari maupun malam hari, hamper sama dengan grafi trafo ke satu. Yaitu beban di siang hari dan malam hari mengalami trend kenaikan yang signifikan kemudian beban trafo pada siang hari yang mendekati masa kritis pada taun 2030 dengan beban 49,8 dengan kapasitas trafo 50 kV sedangkan pada beban di malam hari masa kritisnya pada taun 2027 dengan beban 47 dari kapasitas 50 kV.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah menganalisis data beban trafo pada waktu siang dan malam hari dari tahun 2024 hingga 2033, terlihat bahwa kedua trafo mencapai titik kritis di beberapa titik waktu tertentu. Pada tahun 2028, trafo 1 mencapai persentase pembebanan 96,4% pada siang hari dan 99,8% pada malam hari tahun 2026. Sementara itu, trafo 2 mencapai persentase pembebanan 99,6% pada siang hari tahun 2030 dan 94% pada malam hari tahun 2027.

Hasil analisis ini mengindikasikan bahwa kedua trafo tersebut mendekati batas kapasitas maksimumnya dan berpotensi mengalami kelebihan beban yang dapat menyebabkan gangguan atau kerusakan pada peralatan listrik. Untuk mengatasi masalah ini secara proaktif, direkomendasikan untuk meningkatkan kapasitas kedua trafo. Trafo 1 disarankan untuk ditingkatkan kapasitasnya menjadi 70 kVA pada tahun 2026, sementara Trafo 2 dianjurkan untuk ditingkatkan menjadi 70 kVA pada tahun 2027.

Dengan melakukan peningkatan kapasitas ini, diharapkan sistem distribusi listrik di Perumahan Mutiara Hati dapat mengakomodasi pertumbuhan beban yang terus meningkat dan memastikan ketersediaan daya listrik yang memadai bagi penghuninya. Tindakan ini juga akan mengurangi risiko kelebihan beban serta memperpanjang umur operasional dan kinerja sistem trafo secara keseluruhan.

5.2 saran

Berikut beberapa saran yang di peroleh pada penelitian tugas akhir ini, sebagai berikut;

1. Teliti pengaruh faktor-faktor lingkungan (seperti suhu, kelembaban) dan faktor sosial-ekonomi (seperti pertumbuhan populasi, perubahan kebiasaan konsumsi energi) terhadap beban trafo. Integrasi data ini ke dalam model peramalan dapat meningkatkan akurasi prediksi.
2. Buat simulasi berbagai skenario pertumbuhan beban untuk jangka pendek, menengah, dan panjang. Skenario ini harus mempertimbangkan perubahan

dalam pola konsumsi energi, adopsi teknologi baru (seperti kendaraan listrik), dan kebijakan energi yang mungkin berlaku di masa depan.

3. Implementasikan teknologi Internet of Things (IoT) untuk memantau beban trafo secara real-time. Data yang dikumpulkan oleh sensor IoT dapat digunakan untuk memperbarui model peramalan secara dinamis dan memberikan respons cepat terhadap perubahan beban.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. T. Koitoli, L. S. Patras, and G. M. C. Mangindaan, “Studi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Di Wilaya Tobelo Berdasarkan Ketersediaan Daya Pada Tahun 2019-2020,” *Univ. Sam Ratulangi Repos.*, pp. 1–8, 2021.
- [2] I. M. A. Nugraha and I. G. M. N. Desnanjaya, “Penempatan Dan Pemilihan Kapasitas Transformator Distribusi Secara Optimal Pada Penyulang Perumnas,” *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 4, no. 1, pp. 33–44, 2021, doi: 10.31598/jurnalresistor.v4i1.722.
- [3] A. T. Pebrisasvian and S. Karim, “Analisa Sisip Transformator Distribusi Terhadap Perbaikan Overload Dan Tegangan Ujung Gardu BNS-0126 Di PT Pln (Persero) Up3 Barabai,” *J. EEICT (Electric Electron. Instrum. Control Telecommun.)*, vol. 4, no. 2, 2021, doi: 10.31602/eeict.v4i2.6585.
- [4] H. R. Tazkia, “Analisis Kebutuhan Jaringan Distribusi 20 Kv Untuk Memenuhi Pelanggan Industri Baru 15 Mw Kawasan Randu Garut,” *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 45–50, 2022, doi: 10.14710/transient.v11i2.45-50.
- [5] Martunis, Muliadi, Syukri, T. M. Asyadi, and Misswar ABD, “Penentuan Kapasitas Transformator Sisip Untuk Mengatasi Beban Lebih Pada ULP Merduati Kota,” *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 5, no. 2, pp. 196–203, 2023.
- [6] A. SENEN, H. S. DINI, D. ANGGAINI, and P. PUTERA, “Penentuan Kriteria Kapasitas Transformator Berdasarkan Proyeksi Kebutuhan Energi secara Mikrospasial,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 10, no. 1, p. 200, 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i1.200.
- [7] S. Marjan and D. S. Widyastuti, “INDUK WONOGIRI BERDASARKAN PERTUMBUHAN POWER CAPACITY REQUIREMENT ANALYSIS OF WONOGIRI SUBSTANCE BASED ON LOAD GROWTH IN THE NEXT 10 YEARS,” 2023.
- [8] C. A. Lestari, Zulfahri, and U. Situmeang, “Analisis Keandalan Sistem

- Distribusi 20 Kv Dengan Metode FMEA Pada Penyulang Akasia dan Lele PT PLN (Persero) ULP Kota Barat,” *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.31849/sainetin.v6i1.7408.
- [9] R. Duyo and A. Sulkifli, “Analisis Jaringan Dan Pemeliharaan Pada Jaringan Distribusi Di Pt.Pln Wilayah Cabang Pinrang,” *Vertex Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 1–11, 2019, doi: 10.26618/jte.v1i2.2379.
- [10] P. Tambak, L. Milik, and P. T. Pln, “Analisis pembebanan trafo distribusi 200 kva 20 kv/400v wilayah ronggowarsito dari penyulang 5 tambak lorok milik pt. pln (persero) up 3 semarang,” 2024.
- [11] M. Aidil and M. Syukri, “Analisis Pengaruh Suhu Akibat Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Daya Di Gardu Induk Lambaro,” *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2018.
- [12] A. Siswanto, A. Rohman, S. Suprijadi, M. Baehaqi, and A. Arifudin, “Analisis Karakteristik Minyak Transformator Menggunakan Pengujian Dissolved Gas Analysis (Dga) Pada Ibt 1 Gardu Induk,” *Foristek*, vol. 12, no. 1, pp. 30–42, 2022, doi: 10.54757/fs.v12i1.142.
- [13] E. Zondra, A. Atmam, and H. Yuvendius, “Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Satu Fasa Akibat Perubahan Besaran Kapasitor Perhitungan Potensi Energi Listrik Pada Sekam Padi Melalui Metode Gasifikasi,” vol. 4, no. 2, 2020, [Online]. Available: [https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/issue/view/324\[17/10/2021](https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/issue/view/324[17/10/2021) [https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/issue/view/324\[17/10/2021](https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/issue/view/324[17/10/2021) 17.58.52].
- [14] A. Fatoni, “Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis),” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 462–467, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16150.
- [15] A. Multi and T. Addaus, “Analisa Proteksi Over Current Relay (Ocr) Dan Ground Fault Relay (Gfr) Pada Transformator Daya Gardu Induk,” *Sainstech J. Penelit. Dan Pengkaj. Sains Dan Teknol.*, vol. 32, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.37277/stch.v32i1.1215.

- [16] Sukamdi, Harrij Mukti K., Muhammad Hadyan Farizan, and Muhammad Rafid Faiz Firmansyah, “Analisis Rencana Pemasangan Transformator Sisipan Untuk Mengatasi Overload dan Drop Voltage pada Penyulang Selogabus PT. PLN (Persero) ULP Bojonegoro Kota,” *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 9, no. 3, pp. 127–133, 2023, doi: 10.33795/elposys.v9i3.646.
- [17] A. A. KHOIRUNISA, “PT . PLN (PERSERO) ULP WELERI Written By DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING,” 2023.
- [18] S. Marjan and D. S. Widyastuti, “Induk Wonogiri Berdasarkan Pertumbuhan Power Capacity Requirement Analysis of Wonogiri Substance Based on Load Growth in the Next 10 Years,” 2023.

