

**SKRIPSI**

**ANALISIS PERAMALAN MASA PAKAI TRASFORMATOR  
BERDASARKAN BEBAN MENGGUNAKAN METODE  
REGRESI LINIER**



**M. YUSUF**

**105 82 1318 14**

**MUH. IRSYAD**

**105 82 1305 14**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2019**

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

**Skripsi**

Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana  
Program Studi Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro  
fakultas Teknik

Disusun dan diajukan oleh :

**MUHAMMAD IRSYAD**

**10582130514**

**M. YUSUF**

**10582131814**

**PADA**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**MAKASSAR**

**2019**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS PERAMALAN MASA PAKAI TRANSFORMATOR BEBAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR**

Nama : 1. Muhammad Irsyad  
2. M Yusuf

Stambuk : 1. 10582 1305 14  
2. 10582 1318 14


Makassar, 31 Agustus 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

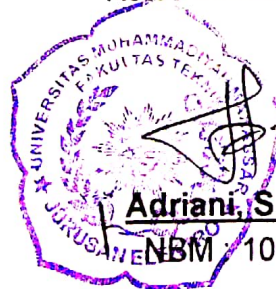
Pembimbing II

  
Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

  
Adriani, S.T., M.T

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro



Adriani, S.T., M.T.

NBM : 1044 202



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e\_mail: elektroft@unismuh.ac.id

Website: http://teknik.unismuh.makassar.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
PENGESAHAN

Skripsi atas nama Muhammad Irsyad dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1305 14 dan M Yusuf dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1318 14, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0010/SK-Y/20201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 24 Agustus 2019.

Panitia Ujian :

Makassar, 01 Muharram 1441 H
31 Agustus 2019 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Umar Katu, S.T.,M.T

b. Sekretaris : Rahmania, S.T.,M.T

3. Anggota

: 1. Rizal Ahdiyati Duyo, S.T.,M.T

2. Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

3. Ir. Abdul Hafid, M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Signature of Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Signature of Adriani, S.T.,M.T

Adriani, S.T.,M.T

Dekan



Signature of Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.,IPM

NBM : 855 500

**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.

1. Kepada kedua orang tua, kakak serta keluarga yang telah memberikan bantuan berupa moril maupun materiel.
2. Bapak. Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah makassar.
3. Ibu. Adriani, S.T.,M.T. Selaku ketua jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Bapak. Dr.Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. Selaku pembimbing I dan ibu Adriani, S.T.,M.T. Selaku pembimbing II yang telah memberikan waktu, arahan serta ilmunya selama membimbing penulis.
5. Para staf dan dosen yang telah membantu penulis selama melakukan studi jurusan teknik elektro universitas muhammadiyah makassar.
6. Saudara-saudara serta rekan-rekan Vektor 2014. Dan terkhususnya kelas teknik listrik A yang telah banyak membantu penulis selama menyelesaikan studi dan skripsi ini.

Akhir kata penulis sampaikan pula harapan semoga skripsi dapat dapat memberi manfaat yang cukup berarti khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga alah SWT. Senantiasa selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amin.

*Billahi Fi Sabilil haq Fastabiqul Khairat*  
*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Makassar, 04 juli 2019

Penulis.

**ANALISIS PERAMALAN MASA PAKAI TRASFORMATOR  
BERDASARKAN BEBAN MENGGUNAKAN METODE  
REGRESI LINIER**

Muhammad irsyad1, M yusuf 2

1,2 Jurusan teknik Elektro , Fakultas teknik, Universitas muhammadiyah  
makassar

E-Mail : [1.muhammadirsyadag48@gmail.com](mailto:1.muhammadirsyadag48@gmail.com), [my0130899@gmail.com](mailto:my0130899@gmail.com) ,

**ABSTRAK**

Abstrak ; Muhammad isyad, M. Yusuf ; (2019); PT. PLN (PERSERO) merupakan perusahaan milik Negara indonesia 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 mengetahui masa pakai transformator distribusi yang beroperasi selama 24 jam. Dengan menggunakan metode regresi linear dan dalam penelitian ini ada 2 jenis transformator distribusi yang diramalkan masa pakainya yaitu transformator distribusi 160 kVA dan transformator distrbusi 100 kVA. Pada masa pakai transformator area Pangkajene Sidenreng-Rappang dipengaruhi oleh beban dari tahun 2016 – 2018. Rata-rata beban puncak tiap transformator sebesar 59,84% untuk transformator 160 kVA, 59,96% untuk transformator 100 kVA dan masing-masing 16 tahun untuk transformator 160 kVA, 17 tahun untuk transformator 100 kVA.

Kata Kunci : Transformator distribusi, Masa pakai transformator, Pengaruh beban terhadap masa pakai Transformator

# ANALYSIS OF TRANSFORMATOR USE FORECAST BASED ON LOADS USING METHODS

## LINEAR REGRESSION

Muhammad irsyad1, M yusuf 2

1.2 Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,  
Muhammadiyah University of Makassar

E-Mail: [1.muhammadirsyadag48@gmail.com](mailto:1.muhammadirsyadag48@gmail.com), [my0130899@gmail.com](mailto:my0130899@gmail.com),

### ABSTRACT

Abstract; Muhammad isyad, M. Yusuf; (2019); PT. PLN (PERSERO) is an Indonesian state-owned company whose function is to regulate or manage the distribution of national electricity supply. One factor that affects the distribution system at PLN is the shrinkage or losses in the transformer. This shrinkage is influenced by the factor loading on the distribution network. This study aims to determine the lifetime of distribution transformers that operate for 24 hours. By using the linear regression method and in this study there are 2 types of distribution transformers which are predicted to be useful, namely the 160 kVA distribution transformer and the 100 kVA distribution transformer. The lifetime of the Pangkajene Sidenreng-Rappang area transformer is affected by the load from 2016 - 2018. The average peak load of each transformer is 59,84% for 160 kVA transformers, 59,96% for 100 kVA transformers and 16 years respectively for 160 kVA transformer, 17 years for a 100 kVA transformer.

Keywords: Distribution transformer, Transformer lifetime, Effect of load on Transformer life



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Batasan Masalah.....	2
E. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Transformator.....	4
1. Jenis – Jenis Transformator.....	5
2. Bagian – Bagian Transformator.....	9
3. Prinsip Kerja Transformator.....	12
4. Pengujian Transformator Distribusi.....	16
5. Tipe – Tipe Transformator Distribusi.....	20
B. Regresi Linear.....	26

C. Menentukan Variabel Penyebab dan Variabel Akibat.....	27
D. Masa Pakai Transformator Distribusi.....	27
E. <i>Software</i> Minitab.....	28

### BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu Dan Tempat .....	33
B. Alat Dan Bahan .....	33
C. Langkah Penelitian.....	34
D. Metode Penelitian.....	34

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Transformator 160 kVA, Tahun pemasangan 2008.....	39
B. Transformator 100 kVA, Tahun pemasangan 2006.....	47

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan .....	57
B. Saran.....	57

DAFTAR PUSTAKA .....	58
----------------------	----

DAFTAR LAMPIRAN .....	59
-----------------------	----



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
2.1	Contoh Transformator Distribusi 400 kVA	4
2.2	Transformator Tanpa Beban	13
2.3	Hubungan Antara $I_0$ $\phi$ dan E	14
2.4	Transformator Berbeban	15
2.5	Transformator Distribusi Untuk Instalasi Gardu Cantol	21
2.6	Transformator Distribusi Untuk Instalasi Gardu Portal	22
2.7	Transformator Untuk Instalasi Gardu Beton	24
2.8	Jendela Minitab	29
2.9	Minitab	30
3.1	Bagan Penyusunan Tugas Akhir	34
3.2	<i>flowchart</i> pengolahan data	36
4.1	Grafik Peramalan Masa Pakai Transformator 160 kVA	47
4.2	Grafik Peramalan Masa Pakai Transformator 100 kVA	56

## DAFTAR TABEL

4.1	Data Transformator 160 kVA Tahun Pemasangan 2008	39
4.2	Hasil Peramalan Beban Transformator 160 kVA	42
4.3	Data Transformator 100 kVA Tahun Pemasangan 2006	48
4.4	Hasil peramalan beban transformator 100 kVA	51



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. 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.

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 sekunder. Kondisi pembebanan yang tidak stabil dapat mempengaruhi umur pemakaian transformator.

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”.

## **B. Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana cara meramalkan masa pakai transformator distribusi yang beroperasi selama 24 jam ?
2. Bagaimana cara menganalisa peramalan masa pakai transformator berdasarkan beban menggunakan metode regresi linear?

## **C. Tujuan Penelitian**

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

1. Mengetahui masa pakai transformator distribusi yang beroperasi selama 24 jam.
2. Mengetahui bagaimana cara menganalisa peramalan masa pakai transformator berdasarkan beban menggunakan metode regresi linear.

## **D. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini hanya pada pengumpulan data beban transformator pada gardu distribusi area sidenreng rapping selama 1 tahun. 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).

### **E. 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 II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. 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 gandingan 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.



**.Gambar 2.1 adalah contoh transformator distribusi 400 kVA.**

Tranformator distribusi serta metode yang digunakan bertujuan menentukan susut umur transformator dan menemukan langkah langkah untuk mencegah



terjadinya kerusakan pada transformator. Penelitian ini dilakukan oleh PT PLN. Area pangkajene. ULP pangsid

## **1. Jenis-Jenis Transformator**

Ada beberapa jenis Trafo yang digunakan dalam sistem kelistrikan untuk keperluan yang berbeda-beda. Keperluan-keperluan tersebut diantaranya seperti trafo yang digunakan untuk pembangkit tenaga listrik dan untuk keperluan distribusi dan transmisi tenaga listrik. Perangkat yang dalam bahasa Inggris disebut dengan transformer ini dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa jenis, diantaranya seperti pengklasifikasian berdasarkan level tegangan, berdasarkan media atau bahan inti (core) trafo yang digunakan, berdasarkan pengaturan lilitan, berdasarkan penggunaannya dan juga berdasarkan tempat penggunaannya.

Berikut ini adalah beberapa jenis trafo berdasarkan masing-masing pengklasifikasiannya.

### **a. Jenis-jenis transformator berdasarkan level tegangan**

Trafo yang diklasifikasikan berdasarkan level tegangan ini merupakan trafo yang paling umum dan sering kita gunakan. Pengklasifikasian ini pada dasarnya tergantung pada rasio jumlah gulungan di kumparan Primer dengan jumlah kumparan Sekundernya. Jenis Trafo berdasarkan level tegangan ini diantaranya adalah Trafo Step Up dan Trafo Step Down.

#### **1) Trafo Step Up**

Seperti namanya, Trafo Step Up adalah trafo yang berfungsi untuk menaikkan taraf atau level tegangan AC dari rendah ke taraf yang lebih tinggi. Tegangan sekunder sebagai tegangan output yang lebih tinggi dapat ditingkatkan

dengan cara memperbanyak jumlah lilitan di kumparan sekundernya daripada jumlah lilitan di kumparan primernya. Pada pembangkit listrik, trafo jenis ini digunakan sebagai penghubung trafo generator ke grid.

## **2) Trafo Step Down**

Trafo Step Down adalah trafo yang digunakan untuk menurunkan taraf level tegangan AC dari taraf yang tinggi ke taraf yang lebih rendah. Pada trafo Step Down ini, rasio jumlah lilitan pada kumparan primer lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah lilitan pada kumparan sekundernya. Di jaringan distribusi, transformator atau trafo step down ini biasanya digunakan untuk mengubah tegangan grid yang tinggi menjadi tegangan rendah yang bisa digunakan untuk peralatan rumah tangga. Sedangkan di rumah tangga, kita sering menggunakannya untuk menurunkan taraf tegangan listrik yang berasal dari PLN (220V) menjadi taraf tegangan yang sesuai dengan peralatan elektronik kita.

### **b. Jenis-jenis Transformator berdasarkan bahan Inti (core) yang digunakan.**

Berdasarkan media atau bahan Inti yang digunakan untuk lilitan primer dan lilitan sekunder, trafo dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu trafo berinti udara (Air Core) dan trafo berinti besi (Iron Core).

#### **1) Trafo berinti udara (*Air Core Transformer*)**

Pada trafo yang berinti udara, gulungan primer dan gulungan sekunder dililitkan pada inti berbahan non-magnetik yang biasanya berbentuk tabung yang berongga. Bahan non-magnetik yang dimaksud tersebut dapat berupa bahan kertas ataupun karton. Ini artinya, hubungan hubungan fluks antara gulungan primer dan gulungan sekunder adalah melalui udara. Tingkat kopling atau induktansi mutual

diantara lilitan-lilitan tersebut lebih kecil dibandingkan dengan trafo yang berinti besi. Kerugian histerisis dan kerugian arus eddy yang biasanya terjadi pada trafo inti besi dapat dikurangi atau bahkan dapat dihilangkan pada trafo yang berinti udara ini. Trafo inti udara ini biasanya digunakan pada rangkaian frekuensi tinggi.

## **2) Trafo berinti besi (*Iron Core Transformer*)**

Pada trafo berinti besi, gulungan primer dan gulungan sekunder dililitkan pada inti lempengan-lempengan besi tipis yang dilaminasi. Trafo inti besi memiliki efisiensi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan trafo yang berinti udara. Hal ini dikarenakan bahan besi mengandung sifat magnetik dan juga konduktif sehingga mempermudah jalannya fluks magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik kumparan serta untuk mengurangi suhu panas yang ditimbulkan. Trafo yang berinti besi biasanya digunakan pada aplikasi frekuensi rendah.

### **c. Jenis-jenis transformator berdasarkan pengaturan lilitannya**

#### **1) Trafo Otomatis (*Auto Transformer*)**

Auto Transformer atau trafo otomatis adalah trafo listrik yang hanya memiliki satu kumparan dimana kumparan primer dan kumparan sekundernya digabung dalam 1 rangkaian yang terhubung secara fisik dan magnetis. Pengaturan lilitan ini sangat berbeda dengan trafo standar pada umumnya yang terdiri dari dua kumparan atau gulungan yang ditempatkan pada dua sisi berbeda yaitu kumparan Primer dan kumparan sekunder.

Trafo otomatis ini sering digunakan sebagai trafo step up dan step down yang berfungsi untuk menaikkan tegangan maupun menurunkan tegangan pada kisaran

100V-110V-120V dan kisaran 220V-230V-240V bahkan pada kisaran 110V hingga 220V.

**d. Jenis-jenis transformator berdasarkan penggunaannya**

Trafo dapat digunakan untuk melakukan berbagai fungsi sesuai dengan kebutuhannya. Trafo jenis ini dapat diklasifikasikan menjadi trafo daya, trafo distribusi, trafo pengukuran dan trafo proteksi

**1) Trafo Daya (*Power Transformer*)**

Transformator Daya adalah jenis trafo yang berukuran besar dan digunakan untuk aplikasi transfer daya tinggi yang mencapai hingga 33 Kilo Volt. Trafo daya ini sering digunakan di stasiun pembangkit listrik dan gardu transmisi. Trafo daya biasanya memiliki tingkat insulasi yang tinggi.

**2) Trafo Distribusi (*Distribution Transformer*)**

Trafo Distribusi atau distribution transformer digunakan untuk mendistribusikan energi listrik dari pembangkit listrik ke daerah perumahan ataupun lokasi industri. Pada dasarnya, Trafo distribusi ini mendistribusikan energi listrik pada tegangan rendah yang kurang dari 33 kilo Volt untuk keperluan rumah tangga ataupun industri yang berada dalam kisaran tegangan 220V hingga 440V.

**3) Trafo Pengukuran (*Measurement Transformer*)**

Trafo pengukuran atau dalam bahasa inggris disebut dengan (measurement transformer) atau (instrument transformer) ini digunakan untuk mengukur kuantitas tegangan, arus listrik dan daya yang biasanya diklasifikasikan menjadi trafo tegangan dan trafo arus listrik dan lain-lainnya.

#### **4) Trafo Proteksi (*Protection Transformer*)**

Trafo Proteksi ini digunakan untuk melindungi komponen listrik. Perbedaan utama antara trafo proteksi dan trafo pengukuran adalah pada akurasi. Dimana trafo proteksi harus lebih akurat jika dibandingkan dengan trafo pengukuran.

#### **e. Jenis-jenis Transformator berdasarkan tempat penggunaannya**

Penggolongan Trafo berdasarkan tempat penggunaannya ini biasanya terdiri dari trafo (indoor) dalam ruangan trafo (outdoor) luar ruangan. Trafo indoor adalah trafo yang harus diletakan di dalam ruangan yang ditutupi dengan atap seperti trafo-trafo yang digunakan pada industri-industri sedangkan trafo outdoor adalah trafo yang dapat ditempatkan diluar ruangan seperti trafo distribusi yang ditempatkan di gardu induk dan lain-lainnya.

#### **2. Bagian – bagian transformator**

Bagian-bagian pada transformator terdiri dari :

##### **a. Inti besi**

Inti besi tersebut berfungsi untuk membangkitkan fluks yang timbul karena arus listrik dalam belitan atau kumparan trafo, sedang bahan ini terbuat dari lempengan-lempengan baja tipis, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi panas yang diakibatkan oleh arus eddy (*eddy current*).

##### **b. Kumparan primer dan kumparan sekunder**

Kawat email yang berisolasi terbentuk kumparan serta terisolasi baik antar kumparan maupun antara kumparan dan inti besi. Terdapat dua kumparan pada inti tersebut yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder, bila salah satu

kumparan tersebut diberikan tegangan maka pada kumparan akan membangkitkan fluks pada inti serta menginduksi kumparan lainnya sehingga pada kumparan sisi lain akan timbul tegangan

**c. Minyak trafo**

Belitan primer dan sekunder pada inti besi pada trafo terendam minyak trafo, hal ini dimaksudkan agar panas yang terjadi pada kedua kumparan dan inti trafo oleh minyak trafo dan selain itu minyak tersebut juga sebagai isolasi pada kumparan dan inti besi.

**d. Isolator bushing**

Pada ujung kedua kumparan trafo baik primer ataupun sekunder keluar menjadi terminal melalui isolator yang juga sebagai penyekat antar kumparan dengan body badan trafo.

**e. Tangki dan konservator**

Bagian-bagian trafo yang terendam minyak trafo berada dalam tangki, sedangkan untuk pemuaiian minyak tangki dilengkapi dengan konservator yang berfungsi untuk menampung pemuaiian minyak akibat perubahan temperatur.

**f. Katub pembuangan dan pengisian**

Katub pembuangan pada trafo berfungsi untuk menguras pada penggantian minyak trafo, hal ini terdapat pada trafo diatas 100 kVA, sedangkan katup pengisian berfungsi untuk menambahkan atau mengambil sample minyak pada trafo.

#### **g. Oil level**

Fungsi dari oil level tersebut adalah untuk mengetahui minyak pada tangki trafo, oil level ini pun hanya terdapat pada trafo diatas 100 kVA.

#### **h. Pernapasan trafo**

Karena naik turunnya beban trafo maupun suhu udara luar, maka suhu minyaknya akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut. Bila suhu minyak tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara diatas permukaan minyak keluar dari tangki, sebaliknya bila suhu turun, minyak akan menyusut maka udara luar akan masuk kedalam tangki. Kedua proses tersebut diatas disebut pernapasan trafo, akibatnya permukaan minyak akan bersinggungan dengan udara luar, udara luar tersebut lembab. Oleh sebab itu pada ujung pernapasan diberikan alat dengan bahan yang mampu menyerap kelembaban udara luar yang disebut kristal zat Hygrokopsis (Clilicagel).

#### **i. Pendingin trafo**

Perubahan temperatur akibat perubahan beban maka seluruh komponen trafo akan menjadi panas, guna mengurangi panas pada trafo dilakukan pendingin pada trafo. Sedangkan cara pendinginan trafo terdapat dua macam yaitu : alamiah/natural (Onan) dan paksa/tekanan (Onaf). Pada pendinginan alamiah (natural) melalui sirip-sirip radiator yang bersirkulasi dengan udara luar dan untuk trafo yang besar minyak pada trafo disirkulasikan dengan pompa. Sedangkan pada pendinginan paksa pada sirip-sirip trafo terdapat fan yang bekerjanya sesuai setting temperaturnya.

#### **j. Tap changer trafo (perubahan tap)**

Tap changer adalah alat perubah pembanding transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang sesuai dengan tegangan sekunder yang diinginkan dari tegangan primer yang berubah-ubah. Tap changer hanya dapat dioperasikan pada keadaan trafo tidak bertegangan atau disebut dengan “*Off Load Tap Changer*” serta dilakukan secara manual.

### **3. Prinsip kerja transformator**

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik kerangkaian listrik yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika, penggunaannya didalam sistem tenaga memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya; kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik ke konsumen dengan jarak jauh, transformator memberikan cara yang sederhana untuk mengubah tegangan bolak-balik dari satu harga ke harga lainnya. Jika transformator menerima energi pada tegangan rendah dan mengubahnya menjadi tegangan yang lebih tinggi, ia disebut transformator penaik (*step-up*). Jika transformator diberi energi pada tegangan tertentu dan mengubahnya menjadi tegangan yang lebih rendah, ia disebut transformator penurun (*step-down*). Setiap transformator dapat dioperasikan baik sebagai transformator penaik maupun penurun, tetapi transformator yang memang dirancang untuk suatu tegangan, harus digunakan untuk tegangan tersebut.



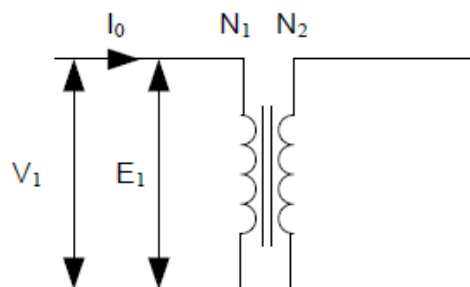
Untuk mentransmisikan sejumlah energi tertentu, diperlukan arus yang lebih kecil pada tegangan tinggi dibandingkan pada tegangan rendah. Hal ini berarti bahwa energi dapat ditransmisikan dengan  $I^2 R$  atau kerugian saluran yang lebih kecil bila digunakan tegangan transmisi yang lebih tinggi. Untuk mendapatkan tegangan transmisi tinggi, misalnya 345.000 atau 765.000 V, digunakan transformator penaik pada stasiun pembangkit, karena tidak mungkin membangkitkan tegangan setinggi ini, maka pada tempat di mana energi akan digunakan, transformator penurunan digunakan untuk menurunkan tegangan

Transmisi tinggi hingga menjadi harga tegangan yang aman dan dapat digunakan. Dengan demikian transformator distribusi memungkinkan pengiriman energi listrik jarak jauh secara ekonomis.

Karena transformator tidak mempunyai bagian yang bergerak, maka ia hanya memerlukan sedikit perhatian dan biaya pemeliharannya rendah. Efisiensi transformator cukup tinggi dan dapat mencapai 98% atau 99% pada beban penuh dalam ukuran yang lebih besar.

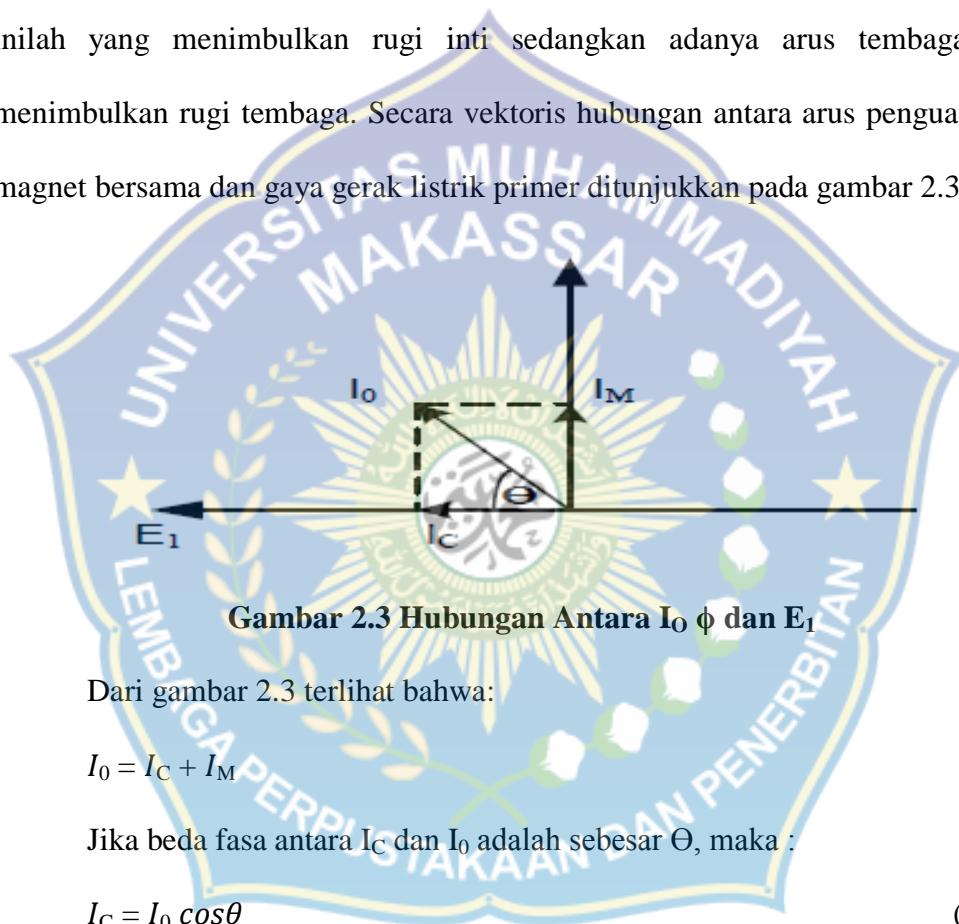
**a. Transformator tanpa beban**

Transformator disebut tanpa beban jika kumparan sekunder dalam keadaan terbuka (*open circuit*) perhatikan gambar 2.2.



**Gambar 2.2 Transformator Tanpa Beban**

Dalam keadaan ini, arus  $I_0$  yang mengalir pada kumparan primer adalah sangat kecil. Arus ini disebut arus primer tanpa beban atau arus penguat. Arus  $I_0$  adalah terdiri dari arus pemagnet ( $I_M$ ) arus tembaga ( $I_C$ ). Arus  $I_M$  inilah yang menimbulkan fluks magnet bersama yang dapat mengakibatkan timbulnya rugi histerisis dan rugi eddy curent (arus pusar). Rugi histerisis dan rugi eddy curent inilah yang menimbulkan rugi inti sedangkan adanya arus tembaga akan menimbulkan rugi tembaga. Secara vektoris hubungan antara arus penguat, fluks magnet bersama dan gaya gerak listrik primer ditunjukkan pada gambar 2.3



**Gambar 2.3 Hubungan Antara  $I_0$ ,  $\phi$  dan  $E_1$**

Dari gambar 2.3 terlihat bahwa:

$$I_0 = I_C + I_M \quad (2.1)$$

Jika beda fasa antara  $I_C$  dan  $I_0$  adalah sebesar  $\theta$ , maka :

$$I_C = I_0 \cos\theta \quad (2.2)$$

$$I_0 = \sqrt{I_C^2 + I_M^2} \quad (2.3)$$

Pada umumnya  $R_C \gg X_M$ , sehingga  $I_C \ll I_M$  dianggap  $I_C$ , maka besar  $\theta = 90^\circ$ . Dengan demikian pada trafo tersebut hanya ada rugi inti sebesar :

$$I_M^2 \cdot X_M = I_0^2 \cdot X_M \quad (2.4)$$

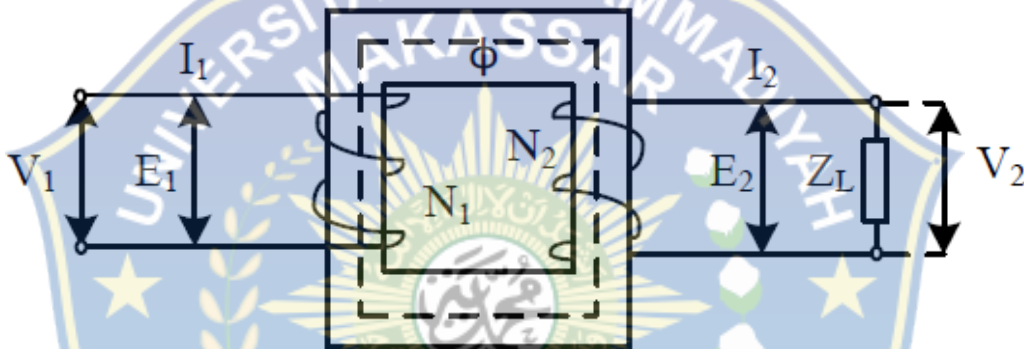
**b. Transformator berbeban**

Apabila kumparan sekunder dihubungkan dengan beban  $Z_L$ ,  $I_2$  mengalir pada kumparan sekunder, dimana :

$$I_2 = \frac{V_2}{Z_L} \tag{2.5}$$

dengan  $\Theta_2$  = faktor kerja beban.

Gambar 2.4 menunjukkan rangkaian transformator dengan keadaan berbeban.



**Gambar 2.4 Transformator Berbeban**

Arus beban  $I_2$  ini akan menimbulkan gaya gerak magnet (ggm)  $N_2 I_2$  yang cenderung menentang fluks ( $\phi$ ) bersama yang telah ada akibat arus pemagnetan  $I_M$ . Agar fluks bersama itu tidak berubah nilainya, pada kumparan primer harus mengalir  $I_2'$ , yang menentang fluks yang dibangkitkan oleh arus beban  $I_2$ , hingga keseluruhan arus yang mengalir pada kumparan primer menjadi :

$$I_1 = I_0 + I_2 \tag{2.6}$$

Bila rugi besi diabaikan ( $I_C$  diabaikan) maka  $I_0 = I_M$ .

$$I_1 = I_M + I_2 \tag{2.7}$$

Untuk menjaga agar fluks tetap tidak berubah sebesar ggm yang dihasilkan oleh arus pemagnetan  $I_M$  saja, berlaku hubungan:

$$N_1 \cdot I_M = N_1 \cdot I_1 - N_2 \cdot I_2 \quad (2.8)$$

$$N_1 \cdot I_M = N_1 (I_M + I_2') - N_2 \cdot I_2 \quad (2.9)$$

Sehingga

$$N_1 \cdot I_2' = N_2 \cdot I_2 \quad (2.10)$$

Karena nilai  $I_M$  dianggap kecil, maka  $I_2' = I_1$  Jadi,

$$N_1 \cdot I_1 = N_2 \cdot I_2 \text{ atau } \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (2.11)$$

Dimana :

$E_1$  = ggl induksi disisi primer (Volt)

$E_2$  = ggl induksi disisi sekunder (Volt)

$N_1$  = jumlah belitan sisi primer (turn)

$N_2$  = jumlah belitan sisi sekunder (turn)

$I_1$  = arus pada sisi primer (Ampere)

$I_2$  = arus pada sisi sekunder (Ampere)

$I_0$  = arus penguat (Ampere)

$I_m$  = arus pemagnetan (Ampere)

$I_c$  = arus rugi-rugi inti (Ampere)

#### 4. Pengujian transformator distribusi

Pengujian transformator dilaksanakan menurut SPLN'50-1982 melalui tiga macam pengujian, sebagaimana diuraikan juga dalam IEC 76 (1976), yaitu:

##### a. Pengujian rutin

Pengujian rutin adalah pengujian yang dilakukan terhadap setiap transformator. Pengujian rutin adalah pengujian yang dilakukan terhadap setiap transformator, meliputi:

- 1) Pengujian tahanan isolasi
- 2) Pengujian tahanan kumparan
- 3) Pengujian perbandingan belitan pengujian vector group
- 4) Pengujian rugi besi dan arus beban kosong
- 5) Pengujian rugi tembaga dan impedansi
- 6) Pengujian tegangan terapan (*Withstand Test*)
- 7) Pengujian tegangan induksi (*Induce Test*)

Hal diatas dapat dijelaskan dengan keterangan dibawah:

**b. Pengujian tahanan isolasi**

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan pada awal pengujian, bertujuan untuk mengetahui secara dini kondisi lokasi trafo, untuk menghindari kegagalan yang fatal pada pengujian selanjutnya, pengukuran dilakukan antara:

- 1) Sisi HV – LV
- 2) Sisi HV- Ground
- 3) Sm LV – Ground
- 4) X1/x2-x3/x4(trafo 1 fasa)

**c. Pengujian tahanan kumparan**

Pengukuran tahanan kumparan bertujuan untuk mengetahui berapa nilai tahanan listrik pada kumparan yang akan menimbulkan panas, bila kumparan tersebut dialiri arus.

#### **d. Pengujian perbandingan belitan**

Pengukuran perbandingan belitan bertujuan untuk mengetahui perbandingan jumlah kumparan sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah pada setiap tapping, sehingga tegangan output yang dihasilkan oleh trafo sesuai dengan yang dikehendaki, toleransi yang di ijinakan adalah 0,5 dari rasio tegangan atau 1/10 dari persentase impedansi pada tapping.

#### **e. Pengujian tegangan terapan (*Withstand Test*)**

Pengujian ini bertujuan untuk menguji kekuatan isolasi antara kumparan dan body tangki. Pengujian dilakukan dengan memberi tegangan pengujian sesuai dengan standar uji yang dilakukan pada:

- 1) Sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah serta body yang ditanahkan
- 2) Selang waktu pengujian 60 detik.

#### **f. Pengujian tegangan induksi**

Pengujian tegangan induksi bertujuan untuk mengetahui kekuatan isolasi antar layer dan tiap-tiap belitan dan kekuatan isolasi antar belitan trafo. Pengujian dilakukan dengan memberi tegangan supply dua kali tegangan nominal pada salah satu sisi dan sisi lainnya di biarkan terbuka. Untuk mengatasi kejenuhan pada inti besi (*core*), maka frekwensi yang digunakan harus dinaikan sesuai kebutuhan. Lama pengujian tergantung pada besarnya frekwensi.

#### **g. Pengujian kenaikan suhu**

Pengujian kenaikan suhu dimaksudkan untuk mengetahui berapa kenaikan suhu dan kumparan trafo yang disebabkan rugi-rugi trafo apabila trafo dibebani,

pengujian ini juga bertujuan untuk melihat apakah penyebab panas trafo sudah cukup efisien atau belum.

Pengujian kenaikan suhu sama dengan pengujian beban penuh, pengujian dilakukan dengan memberikan arus trafo sedemikian hingga membangkitkan rugi-rugi trafo, yaitu rugi beban penuh dan rugi beban kosong, pengujian tegangan impulse ini untuk mengetahui kemampuan dielectric dari system isolasi trafo terhadap gangguan surja petir.

Pengujian impulse adalah pengujian dengan memberi tegangan lebih sesaat dalam bentuk gelombang tertentu. pengujian impulse ini untuk mengetahui kemampuan dielectric dan system isolasi trafo terhadap gangguan surja petir. Bila trafo mengalami tegangan lebih, maka tegangan tersebut akan di distribusikan melalui efek kapasitansi yang terjadi pada antar lilitan trafo, layer trafo coil dengan ground.

#### **h. Pengujian jenis**

Pengujian jenis adalah pengujian yang dilaksanakan terhadap sebuah trafo yang mewakili trafo lainnya yang sejenis, Pengujian jenis berguna untuk menunjukkan bahwa semua trafo jenis ini memenuhi persyaratan yang belum diliput oleh pengujian rutin. pengujian jenis ini meliputi:

- 1) Pengujian kenaikan suhu
- 2) Pengujian impedansi

#### **i. Pengujian khusus**

Pengujian khusus adalah pengujian yang lain dari pengujian rutin dan jenis, pengujian khusus meliputi;

- 1) Pengujian dielektrik
- 2) Pengujian impedansi urutan nol pada trafo tiga phasa
- 3) Pengujian harmonic pada arus beban kosong
- 4) Pengukuran daya yang diambil oleh motor-motor kipas dan pompa minyak

## 5. Type-type Transpormator Distribusi

Dalam mengklasifikasikan dan membedakan transformator distribusi, salah satunya adalah dengan metode pendingin dan isolasi yang dipakai. Klasifikasi yang terbesar adalah transformator distribusi type kering atau yang berisi cairan.

Pada transformator type kering, udara digunakan sebagai pendingin. Disamping itu udara juga digunakan sebagai medium isolasi. Transformator type ini umumnya dipakai untuk industri, daerah perdagangan dan tempat dimana minyak sulit diperoleh.

Transformator yang berisi cairan dapat diklasifikasikaisai oleh *oil filled* dan *inerteen filled type*. Askarel adalah semacam inerteen yang tahan api, jadi transformator yang menggunakan inerteen biasanya digunakan pada daerah yang kemungkinan menimbulkan api cukup besar. Type transformator distribusi yang berisi cairan umumnya digunakan pada instalasi diatas tiang, serta pada penggunaan gardu distribusi out door.

Pada saat sekarang gas sudah banyak digunakan sebagai medium pendingin, tetapi pemakaiannya belum begitu luas. Dari letak pemasangan instalasi (kontruksi), transformator distribusi dapat dibedakan atas;



**a. Transformator untuk instalasi gardu cantol**

Pengertian dari transformator untuk instalasi gardu cantol adalah transformator yang dipasangkan diatas satu tiang, dimana metode pemasanganya ada yang langsung dipasang pada tiang dengan bantuan besi sebagai sangkutan / cantolan, atau yang menggunakan satu palang melintang,



**Gambar 2.5 Transformator Distribusi untuk instalasi Gardu Cantol**

Untuk transformator distribusi yang berukuran cukup kecil, hanya dapat melayani beban yang relatif kecil, antara 5 s/d 20 KVA (daerah pinggiran kota dan Pedesaan).

**b. Transformator untuk instalasi gardu portal**

Konstruksi untuk instalasi gardu portal ini dipasang diatas, dengan menggunakan dua tiang. Transformator tipe ini biasanya digunakan untuk

melayani beban di daerah pusat perdagangan, pusat pertokoan, tempat hiburan dan rekreasi.



**Gambar 2.6 Transformator Distribusi untuk instalasi Gardu Portal**

Transformator dengan instalasi gardu portal ini dapat dibedakan dalam tiga type umum yaitu:

1) Konvensional

Transformator type ini tidak mempunyai relay pengaman terhadap sambaran petir, ataupun perlindungan terhadap kesalahan disebabkan beban lebih yang merupakan satu kesatuan dengan transformator itu sendiri. Pemasangan relay pengamannya terpisah dari pemasangan transformator.

2) Transformator yang dilengkapi dengan proteksi sendiri (CSP)

Transformator tipe ini mempunyai perlindungan sendiri terhadap gangguan petir, gelombang surja, beban lebih, dan hubung singkat, CSP (*Completely Self Protecting*) 1  $\emptyset$  digunakan untuk tegangan primer dengan range

antara 2,4- 24,9 kVA, dan range 5 kVA sampai 167 kVA. Tegangan sekunder adalah 120/240 Volt atau 240/480 Volt, Sedangkan untuk tegangan primer range antara 2,4 sampai 11 kVA dan range dari 9kVA sampai 150 kVA, pada umumnya Tegangan Primernya adalah 120/240 Volt, 240/480 Volt.

3) Transformator yang dilengkapi dengan proteksi sendiri untuk pelayanan kedua cadangan (CSPS)

Transformator type ini di desain untuk cadangan pelayanan kedua. Transformator ini dilengkapi dengan switch yang diparalel dengan transformator yang di suplay dari penyulang utama.

Hal ini dimaksud apabila terjadi beban lebih, maka beban dapat dilayani oleh tiga transformator atau lebih untuk mereduksi beban yang tiba-tiba berubah. Selain itu bertujuan agar pelayanan terhadap konsumen tidak terputus bila terjadi kesalahan pada transformator,

CSPB (*Completely Self Protecting Transformer For Banking*) 1 Ø didesain untuk menggunakan 1 Ø saja dan digunakan pada rating: 10,15,25, dan 37 kVA.

### **c. Transformator untuk instalasi gardu beton**

Transformator jenis ini dipasang dibawah yang alasnya disemen dengan beton, dibandingkan dengan transformator instalasi tiang, dilihat dari estetika (keindahan), transformator jenis ini lebih baik, sebab pemasangannya di dalam ruangan/ dibawah sehingga tidak mengganggu pemandangan, terutama untuk daerah pusat perdagangan, pusat pertokoan, tempat hiburan dan rekreasi.



**Gambar 2.7 Transformator Untuk instalasi Gardu Beton**

Sesuai dengan keperluannya pada sistem distribusi, maka transformator distribusi dengan instalasi gardu beton dibagi dalam tiga type, yaitu:

1) Subway Transformator

Ada dua type subway transformator yaitu: konvensional dan current protected (cp) atau proteksi arus/ aliran. Tipe konvensional sistem proteksinya terpisah dari pemasangan transformatornya, sedangkan pada current protected dilengkapi dengan circuit breaker yang dipasang pada tegangan rendah dan dibagian tegangan tinggi dipasang proteksi untuk jaringan. Range untuk rating 15 kVA sampai 167 kVA untuk 1  $\emptyset$  dan 15 kVA sampai 150 kVA.

2) Transformator untuk Perumahan Murah (*Low cost residence transformer*)

Tipe transformator ini dipasang di dalam rumah atau kotak, transformator dapat berupa type konvensional atau rumah transformator yang setengah terkubur. Transformator untuk type ini, standard kVA untuk 1  $\emptyset$  adalah 25 kVA, 14,4 kV.

Sedangkan untuk 3 Ø adalah 112,5 kVA, 48 kVA. Rating Transformator harus dikurangi 10-15 % karena sirkulasi udara berkurang.

### 3) Transformator Jaringan (*network transformer*)

Transformator jaringan dibagi atas tiga tipe yang umumnya yaitu : liquid filled, ventilasi dry type dan sealed dry type umumnya diatas 1000 kVA dengan tegangan sekunder 480 Volt atau lebih.

Tipe liquid filled ini paling umum digunakan dan biasanya dipakai untuk pelayanan pada sistem jaringan sekunder di daerah pinggiran kota. Tipe ini biasanya menggunakan rumah transformator.

Ventilasi dry type digunakan dengan kemungkinan jika menggunakan minyak dapat menimbulkan api. Tipe ini biasanya digunakan untuk melayani daerah industri atau daerah perdagangan.

Sealed dry type digunakan pada daerah tepi laut/ pantai atau pada daerah dimana akan cepat menimbulkan korosi atau explosif atmosfer.

Transformator tiga fasa dengan kapasitas lebih dari 225 kVA sudah tidak cocok lagi bila dipasang pada instalasi tiang. Hal ini disebabkan karena transformator yang terlalu berat sebanding dengan kapasitas ratingnya.

Keadaan ini pada instalasi tiang selain konstruksi tiang yang bertambah mahal juga pemasangannya sukar dilakukan.

Transformator dengan instalasi gardu beton banyak digunakan pada daerah pusat pertokoan dan daerah pantai dimana ada pengaruh kontaminasi gardu, Disamping itu banyak dipakai pada daerah perumahan untuk menghindari kebakaran, gangguan suara dan keselarasan dengan lingkungan sekitarnya.

Pada instalasi gardu beton, transformator dipasang dalam suatu ruangan baik terbuat dari besi ataupun beton. Demikian pula dengan peralatan lainnya seperti peralatan penghubung. Peralatan tegangan tinggi dan sebagainya terpasang didalam ruangan tersebut Jenis transformator yang digunakan biasanya type transformator jaringan dan dapat juga dari type lainnya.

## **B. Regresi linear**

Regresi linear adalah hubungan yang didapat dan dinyatakan dalam bentuk persamaan matematika yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel-variabel. Persamaan 2.12 merupakan persamaan regresi linear sederhana yang digunakan untuk peramalan beban transformator.

Regresi merupakan alat ukur yg digunakan untuk mengetahui ada tidaknya korelasi antar variabel.

Analisis regresi lebih akurat dlm analisis korelasi karena tingkat perubahan suatu variabel terhadap variabel lainnya dapat ditentukan. Jadi pada regresi, peramalan atau perkiraan nilai variabel terikat pada nilai variabel bebas lebih akurat pula.

Regresi linier adalah regresi yang variabel bebasnya (variabel X) berpangkat paling tinggi satu untuk regresi sederhana, yaitu regresi linier yg hanya melibatkan dua variabel (variabel X dan Y). Persamaan regresi linear sederhana yang digunakan untuk peramalan beban transformator.

$$Y = a + bX \quad (2.12)$$

Dimana :

$Y$  = Data pembebanan

$X$  = Periode pengambilan data 3 bulan

$a$  = Konstanta

$b$  = Koesien regresi

Untuk mencari nilai  $a$  dan  $b$  menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum Y)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (2.13)$$

$$b = \frac{(n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (2.14)$$

### C. Menentukan variabel penyebab dan variabel akibat

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

### D. 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 2.15 dan 2.16 digunakan untuk mengetahui umur transformator yang digunakan

$$\theta_h = \text{beban transformator (\%)} \times T_{\max} \quad (2.15)$$

$$V = 2\left(\frac{\theta_h - 98^\circ\text{C}}{6}\right) \quad (2.16)$$

Dimana :

$V$  = Kecepatan relatif (V)

$\theta_h$  = Titik suhu panas ( $^\circ\text{C}$ )

$T_{\max}$  = suhu 98 ( $^\circ\text{C}$ )

Persamaan 2.17 digunakan untuk mengetahui pengurangan umur transformator

$$\text{Susut umur (24 jam)} = (t.V.\text{siang}1) + (t.V\text{malam}2) \quad (2.17)$$

$$\text{Susut umur (\%)} = \frac{s.u \text{ (jam)}}{t} \times 100$$

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 berikut.

$$\text{Perkiraan masa pakai pada tahun ke } - n = \frac{\text{umur dasar} - n}{\text{susut umur (\%)}} \quad (2.18)$$

Dimana :

$n$  = lama waktu Transformator beroperasi (tahun)

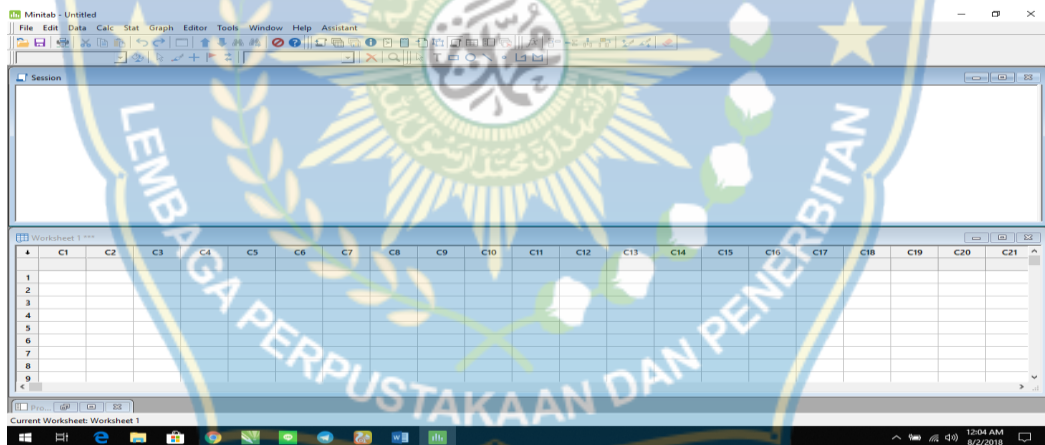
### E. Software Minitab

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.

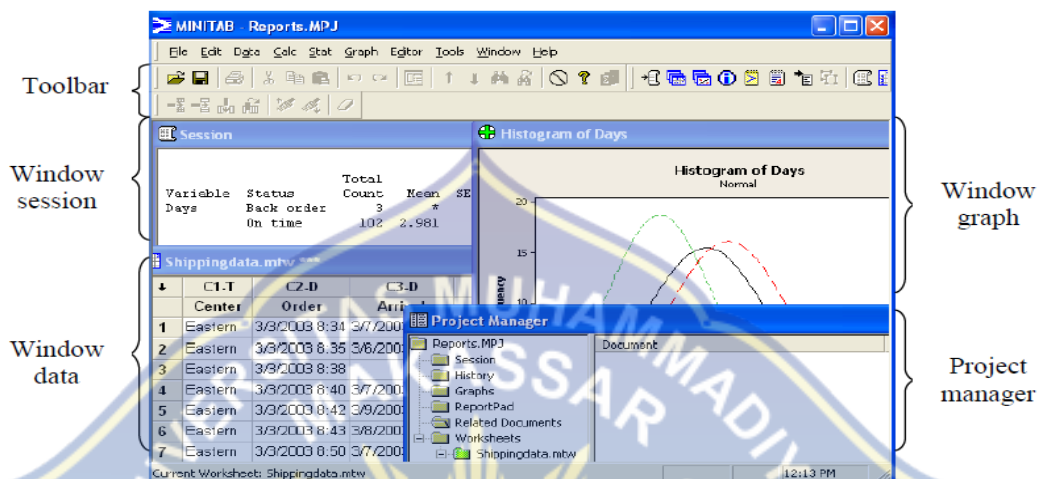
*Software* Minitab digunakan untuk menghasilkan persamaan regresi yang menggambarkan hubungan antar variabel akibat ( $Y$ ) dengan satu atau beberapa variabel penyebab ( $X$ ). apabila variabel akibat dihubungkan dengan satu variabel penyebab saja, maka persamaan regresi yang dihasilkan adalah regresi 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. 2.8** Jendela minitab

## 1. Bagian bagian pada minitab

Minitab terdiri atas beberapa bagian. Gambar 1.2 menunjukkan bagian dari minitab.



Gambar. 2.9 minitab.

## 2. Tulbar.

Toolbar merupakan alat untuk mempermudah dan mempercepat pada minitab. Toolbar Minitab berbentuk tombol-tombol dalam window Minitab. Pengoperasiannya pun mudah, yaitu hanya dengan menekan (klik) toolbar tertentu untuk menjalankan suatu perintah.

## 3. Window data.

Window data pada minitab dinamakan dengan worksheet. Worksheet pada window data terdiri dari kolom-kolom dan baris, dimana 1 kolom berisi kolom variable tertentu dan 1 baris berisi suatu observasi. Sel paling atas suatu kolom berisi nama kolom yang disediakan oleh Minitab secara otomatis. Namanya adalah C1, C2, C3 dan seterusnya. Kita bisa pula memberi nama kolom

yang disediakan dibaris kedua suatu kolom. Kolom dalam Minitab bisadiberi nama yang panjang.

#### **4. Window Session.**

Window session menampilkan hasil analisis data yang telah dilakukan. Kita bisa mengedit dan memformat teks, menambahkan komentar, melakukan perintah menyalin, mengubah huruf atau mencari dan mengganti angka serta huruf. Pekerjaan yang telah dilakukan atau hasil analisis dalam window bisadisimpan dan dicetak. Kita dapat pula menggunakan window session untuk memerintah minitab dalam tipe text dan menjalankan program macro. Menjalankan perintah melalui window session membutuhkan bahasa perintahtertentu. Gambar berikut ini menampilkan bentuk window session.

#### **5. Window Graph.**

Window graph menampilkan grafik data statistik. Pada program minitab kita dapat membuat grafik beresolusi sebanyak 100 gambar secara bersamaan. Ada 4 jenis grafik yang bisa dibuat dalam minitab, yaitu:

##### **a. Grafik dasar**

Ada beberapa grafik yang dikategorikan grafik dasar seperti scatterplot, plot times series, histogram, boxplot, plot draftsman, plot contour, dan lain-lain.

##### **b. Grafik 3D.**

Grafik yang bisa dibuat dalam 3 dimensi dalam minitab adalah scatterplot, plot surface dan plot wireframe.

c. Grafik-grafik khusus statistika

Grafik-grafik tersebut adalah dotplot, diagram lingkaran (pie chart), plotmarginal dan plot probabilitas.

d. Character Graph

Grafik ditampilkan window session dalam tipe tex



## BAB III

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan aplikasi Minitab.

#### A. Waktu Dan Tempat Penelitian

Waktu : April 2019 sampai Mei 2019.

Tempat : Jln. Bau Massepe No 5, PT. PLN (persero) Wilayah SULSELRABAR  
Area Pare Pare ULP PANGSID, Kabupaten Sidenreng Rappang,  
Propinsi Sulawesi Selatan

#### B. Alat dan bahan

##### 1. Alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

##### a. Laptop Acer One 14 Z1401 dengan spesifikasi:

Prosesor : Intel Celeron Processor N2840.

Prosesor Grafis : Intel HD Graphics.

Memori RAM : 2GB DDR3.

Memori Harddisk : 500GB.

Sistem Operasi : Windows 10 Pro 64-bit.

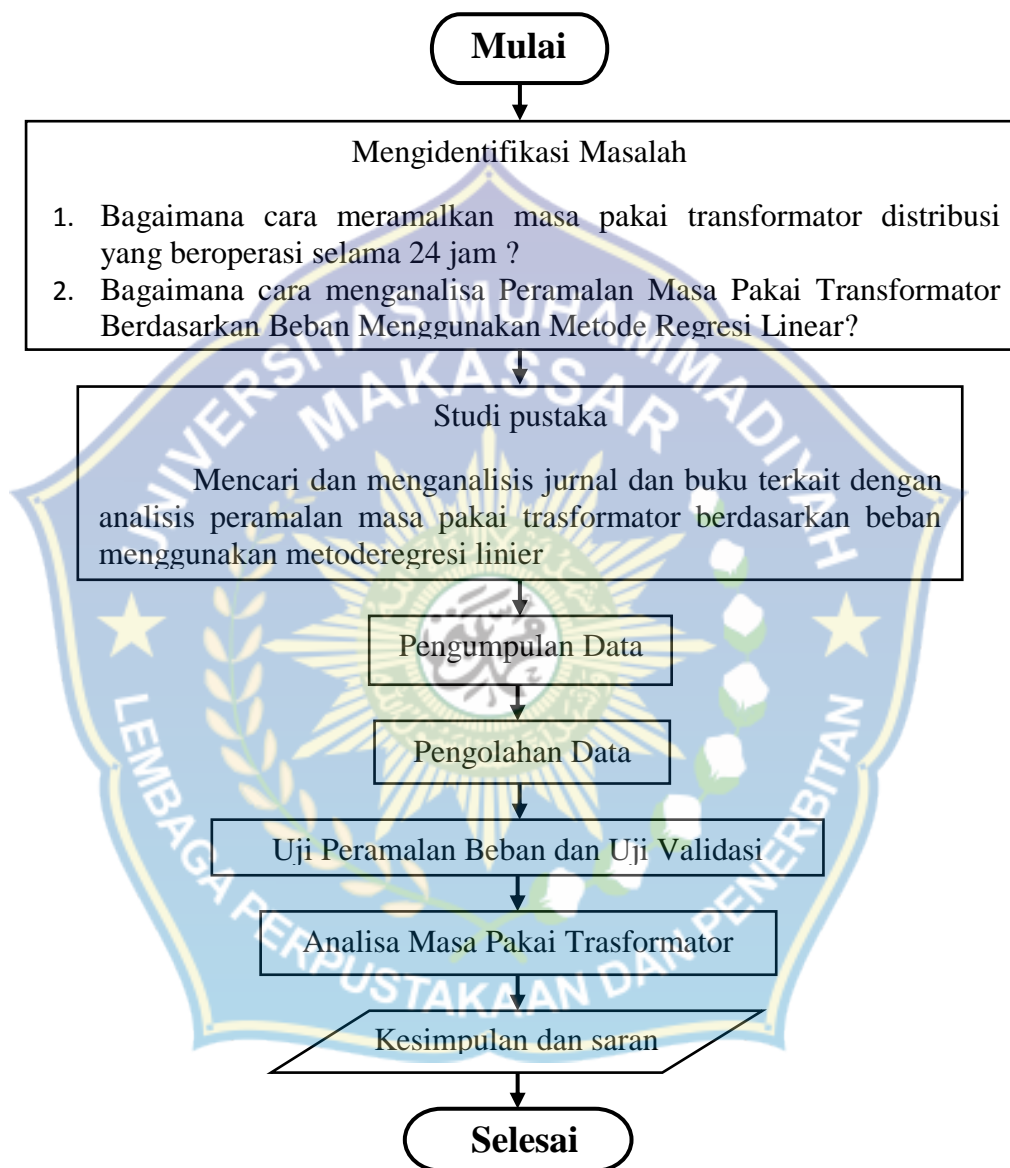
##### b. Aplikasi Minitab.

##### 2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buku serta jurnal yang terlampir pada daftar pustaka.

### C. Langkah Penelitian

Secara garis besar ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yang ditunjukkan pada *Bagan 3.1* berikut:



Gambar3.1 Bagan PenyusunanTugasAkhir

### D. Metode Penelitian

#### 1. Mengidentifikasi Masalah

Adapun masalah yang didefenisikan yaitu:

- a. Bagaimana cara meramalkan masa pakai transformator distribusi yang beroperasi selama 24 jam ?
- b. Bagaimana cara menganalisa Peramalan Masa Pakai Transformator Berdasarkan Beban Menggunakan Metode Regresi Linear?

## 2. Tinjauan Pustaka

Dalam studipustaka ini kami mengumpulkan data dengancara, mencaribuku, jurnal, dan modul yang berkaitan dengan judul penelitian sebagai referensi.

## 3. Metode pengumpulan data

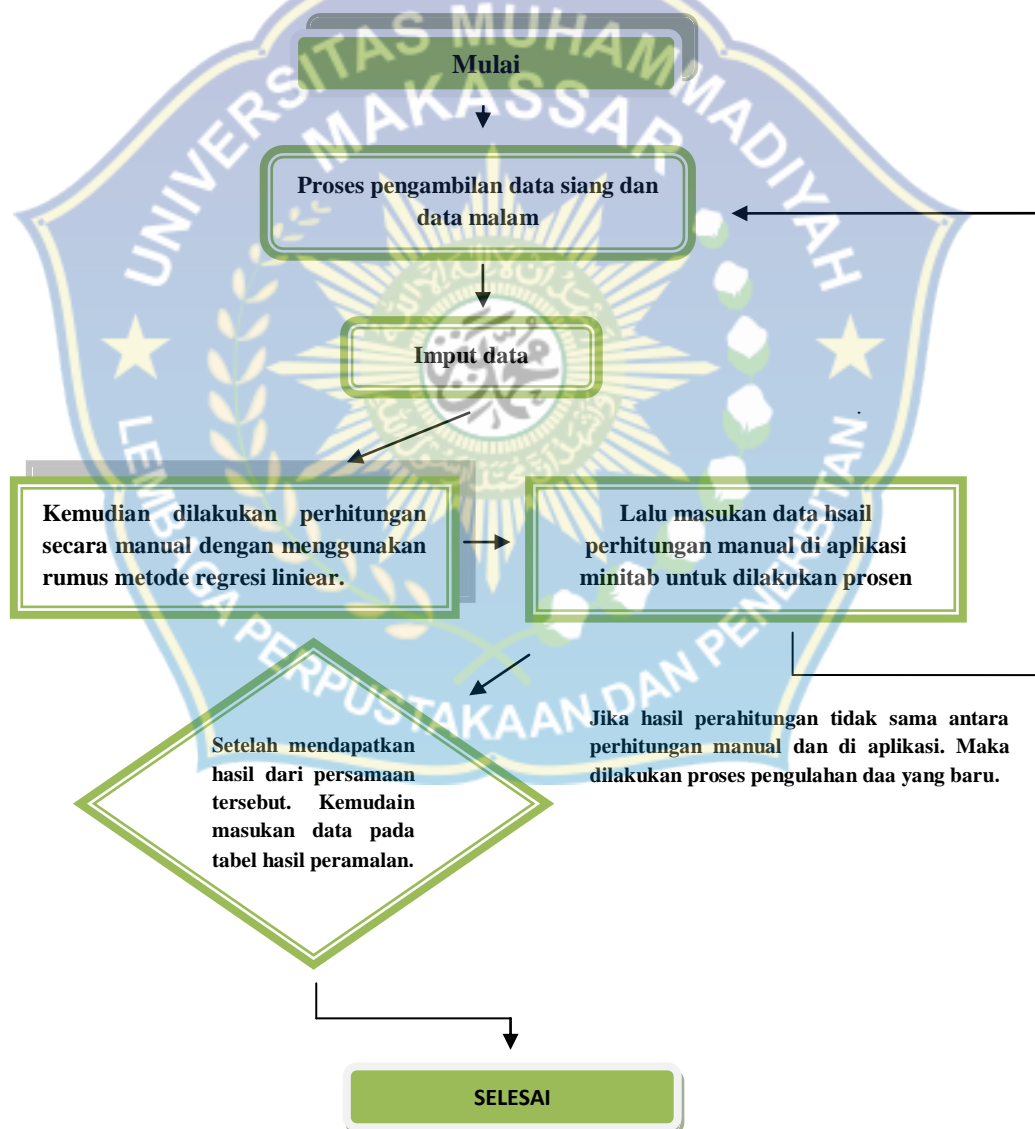
Untuk mendapatkan data dan informasi yang diperlukan dalam penelitian ini, maka penelitian menggunakan dua metode:

- a. Penelitian pustaka (*Library Research*), adalah penelitian yang dilakukan dengan cara mengadakan peninjauan pada berbagai pustaka dengan membaca atau mempelajari buku-buku literature lainnya yang erat hubungannya dengan judul yang diajukan dengan masalah yang diteliti.
- b. Penelitian Lapang (*Field Research*), adalah pengamatan langsung terhadap objek yang diteliti dengan menempuh cara sebagai berikut :
  - 1) Observasi, dilakukan dalam bentuk pengamatan secara langsung pada penelitian ini ,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.

- 2) Wawancara, dilakukan dalam bentuk Tanya jawab langsung dengan pimpinan dan karyawan perusahaan untuk mendapatkan data yang diperlukan.

#### 4. Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan dilakukan pada aplikasi *Minitab* untuk peramalan Masa Pakai Transformator Berdasarkan Beban Menggunakan Metode Regresi Linear bagi PT. PLN (Persero).



Gambar 3.2 *flowchart* pengolahan data



## **5. Uji peramalan beban dan uji validasi**

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

## **6. Analisa Masa Pakai Trasformator**

Pada tahap ini dilakukan analisa untuk meramalkan masa pakai transformator pada gardu area Pare Pare ULP PANGSID, Kabupaten Sidenreng Rappang. Data yang telah diperoleh pada saat pengumpulan data uji peramalan dan uji validasi

## **7. Kesimpulan dan Saran**

Dari data hasil penelitian yang didapatkan kita dapat menarik kesimpulan sekaligus memberi saran yang bersifat membangun pada hasil penelitian.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dilakukan pembahasan mengenai peramalan masa pakai transformator berdasarkan beban pada ULP PANGSID Pangkajene Sidenreng-Rappang dengan menggunakan metode regresi linear. PT. PLN ULP PANGSID merupakan perusahaan BUMN yang bergerak dibidang tenaga listrik dengan dibawah naungan unit kerja PT. PLN (PERSERO) Area pare-pare.

ULP Pangsid ini berfungsi untuk melayani kelistrikan hampir sebagian wilayah kabupaten sidenreng-rappang khususnya pangkajene sidenreng dan sekitarnya dan ULP Pangsid juga memiliki tiga kantor sub unit/kantor jaga pelayanan yang berlokasi di Lawowi, Amparita, dan Bilokka. Di kabupaten sidrap ada 7 penyulang salah satunya area tempat penelitian kami dipenyulangan nene mallomo, diarea penyulangan nene mallomo terdapat puluhan transformator sekitar 50 unit dengan beroperasi dalam kondisi berbeban normal diantaranya transformator pelanggan umum dan transformator pelanggan khusus. Adapun data yang kami butuhkan untuk melakukan peramalan masa pakai transformator adalah data beban siang hari dan data beban malam hari.

#### **A. Tranformator 160 kvA. Tahun pemasangan 2008.**

Pada transformator 160 KVA tahun pemasangan 2008. Memiliki kapasitas persentase pemakaian Tabel 4.1 adalah data yang digunakan untuk peramalan beban transformator 3 phase diarea Nene mallomo Pangkajene sidenreng –

rappang menggunakan Persamaan. 2.12. Dan kapasitas transformator pada saat perhitungan

Tabel 4.1 Data Transformator 160 kVA Tahun Pemasangan 2008.

No	Tahun operasi	Periode pengambilan data per 3 bulan (X).	% Beban transformator Distribusi (Y) siang	Suhu pada siang hari (°C)	% Beban transformator Distribusi (Y) Malam.	Suhu pada malam hari (°C)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	2016	1	25,11	24	30,42	29
2		2	26,41	25	32,18	31
3		3	26,48	25	28,71	28
4		4	28,46	27	30,28	29
5	2017	1	31,24	30	35,45	34
6		2	35,36	34	46,29	45
7		3	37,57	36	45,11	44
8		4	40,54	39	44,62	43
9	2018	1	45,37	44	47,85	46
10		2	46,67	45	50,49	49
11		3	43,81	42	45,77	44
12		4	47,57	46	55,88	54

Data sumber dari PLN ULP PANGSID (Pangkajene sidenreng-rappang)

kolom ke-4 pada Tabel 4.1 merupakan data beban transformator distribusi pada siang hari serta pada kolom ke-5 merupakan data suhu pada transformator siang hari. Kolom ke-6 merupakan data beban transformator pada saat malam hari dan kolom ke-7 merupakan data suhu transformator pada malam hari. Untuk mengetahui masa pakai transformator, dilakukan peramalan menggunakan Persamaan. 2.12. Data pada tabel 4.1 digunakan untuk melengkapi nilai konstanta

dan koefisien pada persamaan 2.12. kemudian diperoleh hasil dengan nilai  $Y = 32,55 + 1,47X$  untuk peramalan beban transformator pada saat siang hari. Dan diperoleh nilai  $Y = 37,60 + 1,39X$  untuk peramalan beban transformator pada saat malam hari.

Berikut hasil perhitungan dengan cara manual menggunakan regresi linear.

$$Y = \alpha + bx$$

Dalam mencari nilai  $\alpha$  dan nilai  $bx$  maka digunakan persamaan 2.12 dan 2.13 pada beban siang dan malam. Hasil perhitungan ini dimasukkan kedalam program minitab.

1) Beban siang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(434,59)(90) - (30)(1108,46)}{(12)(90) - (30)^2} \\
 &= \frac{5859,3}{180} \\
 &= 32,55167
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{(n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(12)(1108,46) - (30)(434,59)}{(12)(90) - (30)^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{263,82}{180} \\
&= 1,4655667
\end{aligned}$$

2) Beban malam

$$\begin{aligned}
a &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
&= \frac{(493,05)(90) - (30)(1253,53)}{(12)(90) - (30)^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{6768,6}{180} \\
&= 37,6033
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b &= \frac{(n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
&= \frac{(12)(1253,53) - (30)(493,05)}{(12)(90) - (30)^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{250,86}{180} \\
&= 1,39367
\end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai konstanta dan koefisiensi pada Persamaan 2.12 dengan menggunakan perhitungan manual maka data beban siang dan malam hari dimasukkan kedalam program *software* Minitab. Tabel 4.2 adalah hasil peramalan

beban transformator 160 kVA Tahun Pemasangan 2008. Pada saat siang hari dan malam hari dengan menggunakan program minitab.

Tabel 4.2 Hasil Peramalan Beban Transformator 160 kVA

Tahun	%Beban		Periode Masa Pakai Transformator
	Siang(%)	Malam(%)	
(2)	(3)	(4)	(5)
2019	38,43	43,16	29 Tahun 7 Bulan
2020	44,31	48,72	15 Tahun 6 Bulan
2021	50,19	54,28	8 Tahun 2 Bulan
2022	56,07	59,84	4 Tahun 5 Bulan
2023	61,95	65,4	2 Tahun 2 Bulan
2024	67,83	70,96	1 Tahun 9 Bulan

Tabel 4.2 adalah hasil dari perhitungan program minitab, untuk melakukan uji kebenaran hasil program minitab maka dilakukan uji kebenaran dengan menggunakan cara manual.

Berikut perhitungan secara manual

Persamaan 2.14 dan 2.13 .digunakan untuk mencari nilai a dan b :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(434,59)(90) - (30)(1108,46)}{(12)(90) - (30)^2} \\
 &= \frac{5859,3}{180} \\
 &= 32,55167
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b. &= \frac{(n) (\sum XY) - (\sum X) (\sum Y)}{(n) (\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(12) (1108,46) - (30)(434,59)}{(12) (90) - (30)^2} \\
 &= \frac{263,82}{180} \\
 &= 1,4655667
 \end{aligned}$$

Jadi, Beban Siang  $32,55 + 1,47 \times 4 = 38,43$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X) (\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(493,05) (90) - (30) (1253,53)}{(12) (90) - (30)^2} \\
 &= \frac{6768,6}{180} \\
 &= 37,6033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b. &= \frac{(n) (\sum XY) - (\sum X) (\sum Y)}{(n) (\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(12) (1253,53) - (30)(493,05)}{(12) (90) - (30)^2} \\
 &= \frac{250,86}{180} \\
 &= 1,39367
 \end{aligned}$$

Jadi, Beban Malam  $37,6 + 1,39 \times 4 = 43,16$

Setelah ditemukan hasil dari persamaan 2.13 dan 2.14. kemudian masukan data dari hasil perhitungan tersebut pada persamaan 2.15 dan 2.16 berikut :

Persamaan 2.15

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

Beban siang

$$\begin{aligned} &= \frac{38,43 \times (98^\circ)}{100} \\ &= 37,6614 \end{aligned}$$

Beban Malam

$$\begin{aligned} &= \frac{43,16 \times (98^\circ)}{100} \\ &= 42,2968 \end{aligned}$$

Persamaan 2.16

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

Beban Siang

$$\begin{aligned} &= \frac{(37,6614 - 98^\circ C)}{6} \\ &= -10,0564^2 \\ &= 0,000939 \end{aligned}$$

Beban Malam

$$\begin{aligned} &= \frac{(42,2968 - 98^\circ C)}{6} \end{aligned}$$



$$= -9,28387^2$$

$$= 0,001604$$

Untuk Persamaan 2.17 digunakan untuk mengetahui pengurangan umur transformator. Dengan measukan data hasil perhitungan dari persamaan 2.15 dan 2.16.

Persamaan 2.17

$$\begin{aligned} \text{Susut umur (24 jam)} &= (t.V.\text{siang1}) + (t.V\text{malam2}) \\ &= (24 \times 0,000939) + (24 \times 0,001604) \\ &= 0,061041 \end{aligned}$$

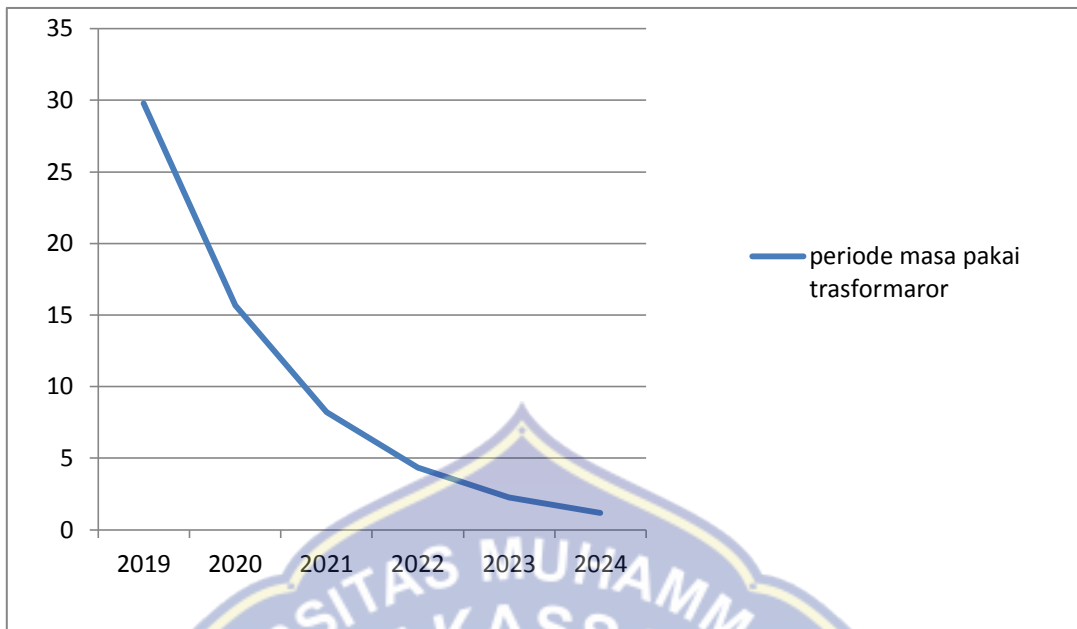
$$\begin{aligned} \text{Susut umur (\%)} &= \frac{s.u \text{ (jam)}}{t} \times 100 \\ &= \frac{(0,061041 \times 24)}{24} \times 100 \\ &= 0,061041 \times 100 \\ &= 6,10409 \end{aligned}$$

Persamaan 2.18

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{umur dasar}-n}{\text{susut umur (\%)}} \\ &= \frac{20}{6,10409 \%} \\ &= 327,6492 \\ &= \frac{327,6492}{11} \\ &= 29,78629 \end{aligned}$$

Uji kebenaran diambil pada tahun 2019, hasilnya sama antara hasil program minitab dengan perhitungan manual. Data yang ditampilkan pada Tabel 4.2 merupakan hasil dari peramalan beban transformator 160 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 56,07 % dan beban transformator pada malam hari sebesar 59,84% dari *rating* transformator sebesar 58.47%. Persamaan 2.15 – 2.18 digunakan untuk mendapatkan waktu masa pakai transformator sehingga dapat diketahui bahwa masa pakai transformator 160 kVA Tahun Pemasangan 2008 pada area Pangkajene Sidenreng-Rappang hingga tahun 2024 hanya selama 1 tahun 9 bulan. Tabel 4.2 Hasil Peramalan Beban Transformator 160 kVA ini didapat dari hasil peramalan beban dengan menggunakan persamaan 2.12 – 2.18 dan uji validasi menggunakan *software* minitab.

Perkiraan masa pakai transformator 160 kVA Tahun Pemasangan 2008 selama 16 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 70,96 % ditahun 2024, hasil ini menunjukkan bahwa *persentase* beban jauh lebih besar dari *rating* trafo 160 kVA.



Gambar 4.1 adalah grafik peramalan masa pakai transformator 160 KVA

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa masa pakai transformator mengalami penurunan sangat drastis. Pada saat awal pemasangan transformator 160 kVA ditahun 2008, memiliki beban dengan nilai yang kecil hingga periode tahun 2016. Namun terjadi lonjakan beban yang signifikan pada tahun 2018. Hal ini yang mempengaruhi peramalan beban hingga tahun 2024.

#### **B. Transformator 100 kVA. Tahun pemasangan 2006.**

Dalam melakukan penelitian ini kondisi transformator 100 kVA berada pada kondisi normal. Tabel 4.3 adalah data yang digunakan untuk peramalan beban transformator 3 phase di area Pangkajene Sidenreng-Rappang menggunakan Persamaan 2.12. 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 (beban puncak).

Tabel 4.3 Data Transformator 100 kVA. tahun Pemasangan 2006

No	Tahun Operasi	Periode Pengambilan Data per 3 bulan (X)	%Beban Transformator Distribusi (Y) Siang	Suhu pada siang hari (°C)	%Beban Transformator Distribusi (Y) Malam	Suhu pada siang hari (°C)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	2016	1	27,46	26	36,52	35
2		2	28,09	27	36,21	35
3		3	29,05	28	36,38	35
4		4	30,21	29	40,18	39
5	2017	1	32,69	32	41,73	40
6		2	35,12	34	46,37	45
7		3	36,51	35	45,96	45
8		4	37,63	36	46,15	45
9	2018	1	43,32	42	49,75	48
10		2	46,84	45	50,26	49
11		3	49,39	48	53,23	52
12		4	50,46	49	56,52	55

Data sumber dari PLN ULP PANGSID (pangkajene sidenreng-rappang).

Kolom ke-4 pada Tabel 4.3 merupakan data beban transformator distribusi pada siang hari sedangkan kolom ke-5 merupakan suhu transformator pada siang hari. Kolom ke-6 merupakan data beban transformator pada saat malam hari dan kolom ke-7 merupakan suhu transformator pada malam hari. Untuk mengetahui masa pakai transformator, dilakukan peramalan menggunakan Persamaan. 2.12. Data pada tabel 4.3 digunakan untuk melengkapi nilai konstanta dan koefisien pada persamaan 2.12. kemudia diperoleh hasil dengan nilai  $Y=$

33,12+ 1,65X untuk peramalan beban transformator pada saat siang hari. Dan diperoleh nilai  $Y = 41 + 1,58X$  untuk peramalan beban transformator pada saat malam hari.

Berikut Hasil perhitungan manual dengan menggunakan metode regresi linear.

$$Y = \alpha + bx$$

Dalam mencari nilai  $\alpha$  dan nilai  $bx$  maka digunakan persamaan 2.12 dan 2.13 pada beban siang dan malam. Hasil perhitungan ini dimasukkan kedalam program minitab.

1) Beban siang

$$\begin{aligned} a &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\ &= \frac{(446,77)(90) - (30)(1141,62)}{(12)(90) - (30)^2} \\ &= \frac{5960,7}{180} \\ &= 33,115 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{(n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\ &= \frac{(12)(1141,62) - (30)(446,77)}{(12)(90) - (30)^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{296,34}{180} \\
&= 1,65
\end{aligned}$$

2) Beban malam

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

$$= \frac{(539,26)(90) - (30)(1371,79)}{(12)(90) - (30)^2}$$

$$= \frac{7379,7}{80}$$

$$= 41,00$$

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

$$= \frac{(12)(539,26) - (30)(1371,79)}{(12)(90) - (30)^2}$$

$$= \frac{283,68}{180}$$

$$= 1,58$$

Setelah diperoleh nilai konstanta dan koefisiensi pada Persamaan 2.12. dengan menggunakan perhitungan manual, data-data ini dimasukkan kedalam program

minitab. Tabel 4.4 adalah hasil peramalan beban transformator 100 kVA Tahun Pemasangan 2006 pada saat siang hari dan malam hari.

Tabel 4.4 Hasil Peramalan Beban Transformator 100 kVA

No.	Tahun pemasangan	%Beban		Periode masa pakai transformator
		Siang(%)	Malam(%)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	2019	39,72	47,32	17 Tahun 5 Bulan
2.	2020	46,32	53,64	8 Tahun 4 Bulan
3.	2021	52,92	59,96	4 Tahun 11 Bulan
4.	2022	59,52	66,28	2 Tahun 2 Bulan
5.	2023	66,12	72,6	1 Tahun

Tabel 4.4 adalah hasil dari perhitungan program minitab, untuk melakukan uji kebenaran hasil program minitab maka dilakukan uji kebenaran dengan menggunakan cara manual.

Berikut perhitungan secara manual

Persamaan 2.14 dan 2.13 .digunakan untuk mencari nilai a dan b :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(446,77)(90) - (30)(1141,62)}{(12)(90) - (30)^2} \\
 &= \frac{5960,7}{180}
 \end{aligned}$$

$$= 33,12$$

$$b. = \frac{(n) (\sum XY) - (\sum X) (\sum Y)}{(n) (\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$= \frac{(12) (1141,62) - (30)(446,77)}{(12) (90) - (30)^2}$$

$$= \frac{296,34}{180}$$

$$= 1,65$$

Jadi, Beban Siang  $33,12 + 1,65 = 39,73$

$$a. = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X) (\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$= \frac{(539,26) (90) - (30) (1371,79)}{(12) (90) - (30)^2}$$

$$= \frac{7379,7}{80}$$

$$= 41,00$$

$$b. = \frac{(n) (\sum XY) - (\sum X) (\sum Y)}{(n) (\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$= \frac{(12) (539,26) - (30)(1371,79)}{(12) (90) - (30)^2}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{283,68}{180} \\
 &= 1,58
 \end{aligned}$$

Jadi, Beban Malam  $41,00 + 1,58 = 47,32$

Setelah ditemukan hasil dari persamaan 2.13 dan 2.14. kemudian masukan data dari hasil perhitungan tersebut pada persamaan 2.15 dan 2.16 berikut :

Persamaan 2.15 :

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

Beban siang

$$\begin{aligned}
 &= \frac{39,73 \times (98^\circ)}{100} \\
 &= 38,9354
 \end{aligned}$$

Beban Malam

$$\begin{aligned}
 &= \frac{47,32 \times (98^\circ)}{100} \\
 &= 46,3736
 \end{aligned}$$

( Persamaan 2.16 ) ;

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

Beban Siang

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(38,9354 - 98^\circ C)}{6}
 \end{aligned}$$

$$= -9,8441^2$$

$$= 0,001088$$

Beban Malam

$$(46,3736 - 98^{\circ}\text{C})$$

$$= \frac{\quad}{\quad}$$

$$= -8,6044^2$$

$$= 0,002569$$

Untuk Persamaan 2.17 digunakan untuk mengetahui pengurangan umur transformator. Dengan measukan data hasil perhitungan dari persamaan 2.15 dan 2.16.

( Persaman 2.17 )

$$\text{Susut umur (24 jam)} = (t.V.siang1) + (t.V.malam2)$$

$$= (24 \times 0,001088) + (24 \times 0,002669)$$

$$= 0,087776$$

$$\text{Susut umur (\%)} = \frac{s.u(jam)}{t} \times 100$$

$$= \frac{(0,087776 \times 24)}{24} \times 100$$

$$= 0,087776 \times 100$$

$$= 8,777569$$

Persamaan 2.18

$$n = \frac{\text{umur dasar}-n}{\text{susut umur (\%)}}$$

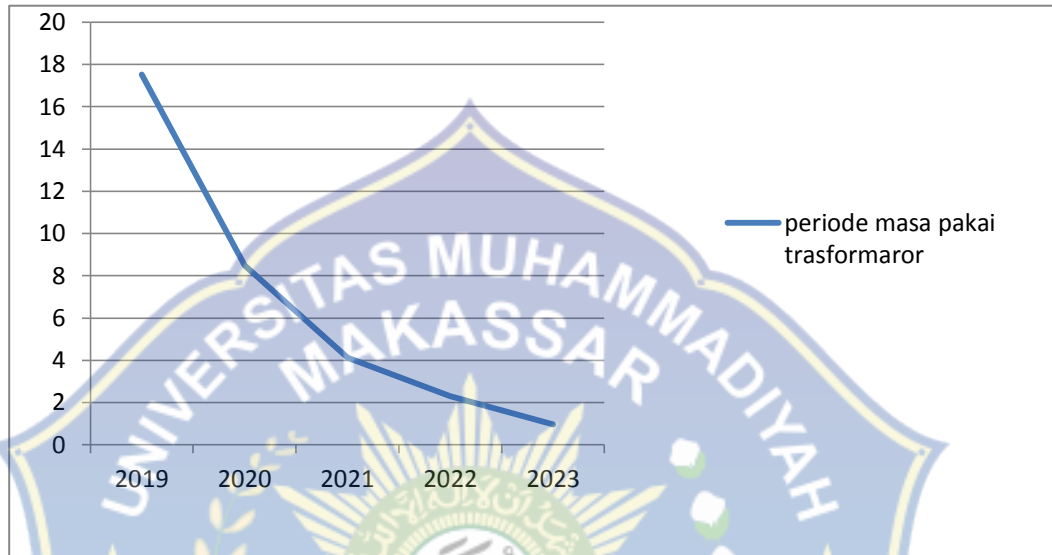
$$= \frac{20}{8,777569 \%}$$

$$\begin{aligned}
&= 227,832 \\
&= \frac{227,832}{13} \\
&= 17,52719
\end{aligned}$$

Untuk menguji kebenaran diambil pada tahun 2019, hasilnya sama antara hasil program minitab dengan perhitungan manual. Data yang ditampilkan pada Tabel 4.4 merupakan hasil dari peramalan beban transformator 100kVA 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 2.15 – 2.18 digunakan untuk mendapatkan waktu masa pakai transformator pada area pangkajene sidrap. Hasil dari perhitungan periode masa pakai transformator 100kVA Tahun Pemasangan 2006 pada area Pangkajene, Sidenreng-Rappang ditampilkan pada kolom ke-5 Tabel 4.4. Periode masa pakai transformator ini didapat dari hasil peramalan beban menggunakan Persamaan 2.12 – 2.18 dan uji validasi menggunakan *software* Minitab.

Dari hasil peramalan beban transformator, dapat diketahui bahwa masa pakai transformator 100 kVA Tahun Pemasangan 2006 pada area Pangkajene Sidenreng – Rappang memiliki masa pakai yang berbanding lurus dengan data beban. Dapat dilihat pada peramalan tahun 2021, transformator memiliki periode masa pakai selama 4 tahun 11 bulan. Masa pakai transformator dipengaruhi oleh beban, dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.3 bahwa setiap tahun jumlah beban semakin meningkat sehingga menyebabkan masa pakai transformator menurun. Untuk transformator 100 kVA Tahun Pemasangan 2006 pada area Pangkajene

Sidenreng - Rappang memiliki masa pakai yang lama hingga tahun 2023 dengan periode 1 tahun pemakaian. Hal ini disebabkan oleh beban pada wilayah ini memiliki kenaikan beban yang stabil atau tidak signifikan.



Gambar 4.2. Grafik peramalan masa pakai transformator 100 KVA.

Dari gambar 4.2, terlihat bahwa masa pakai transformator setiap tahun akan menurun dan sebagai acuan untuk penggunaan maupun mengganti transformator dengan yang baru.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

1. Hasil peramalan masa pakai transformator area Pangkajene Sidenreng-Rappang dipengaruhi oleh beban dari tahun 2016 – 2018. Rata-rata beban puncak tiap transformator area pangkajene Sidenreng-Rappang sebesar 59,84% untuk transformator 160 kVA, 59,96% untuk transformator 100 kVA, .
2. Transformator area Pangkajene Sidenreng-Rappang memiliki hasil peramalan masa pakai masing-masing 16 tahun untuk transformator 160 kVA, 17 tahun untuk transformator 100Kva.

#### B. Saran.

1. PLN area ULP pangsid, Pangkajene Sidenreng-Rapaang untuk melakukan maintenance secara rutin agar memaksimalkan masa pakai transformator.
2. Mempertimbangkan pergantian transformator sesuai prediksi masa pakai transformator 1, dan 2 dalam penelitian ini.
3. Mempertimbangkan penambahan unit transformator untuk mengimbangi nilai beban yang terus bertambah ditiap tahunnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir, *Transformator*, PT Pradnya Paramita, Jakarta 1976
- B. Ryan, B. Joiner, J. Cryer, "Minitab Handbook", *Update For Release 16*, USA, Juni 2012.
- Heathcote, Martin. j. 1998. *The J & P Transformer Book Twelfth Edition*. London: Newnes Imprint.
- Junedy Pandapotan dan Eddy Warman, "Studi Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Daya", *Jurnal Singuda Ensikom*, Vol.3 No.1, Medan, Juli 2013.
- Krestovel Alvian Kodoati dkk, "Analisa Perkiraan Umur Transformator", *Ejournal Teknik Elektro dan Komputer*, ISSN : 2301-8402, Manado, 2015.
- Martin J. Heathcote, "The J & P Transformer Book", *Twelfth Edition, A Practical Technology Of The Power Transformer*, 16 Maret 1998.
- 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.

## LAMPIRAN

### Lokasi Rayon

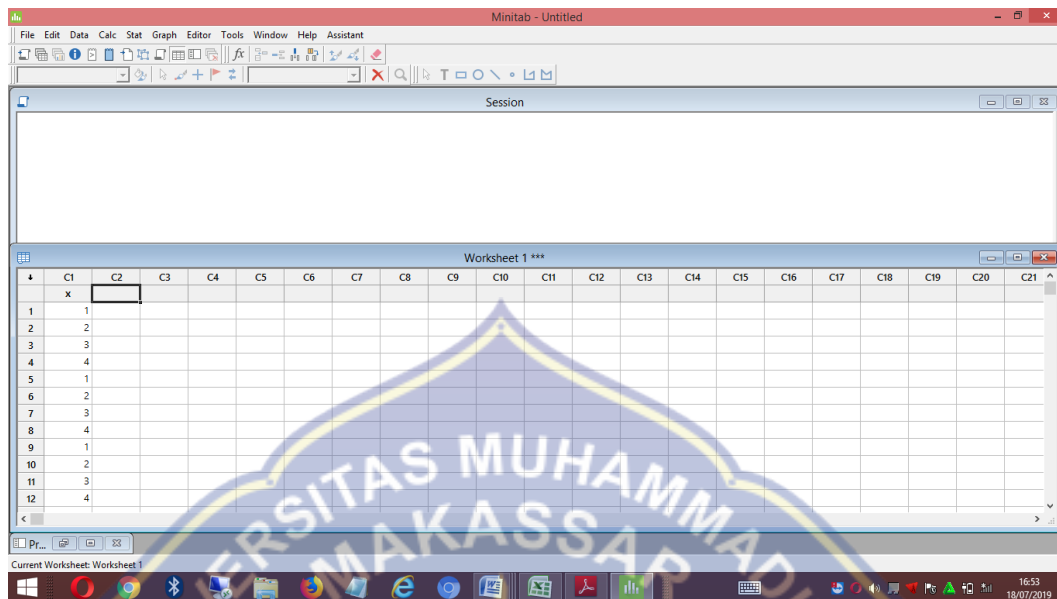


Gambar 1 rayon

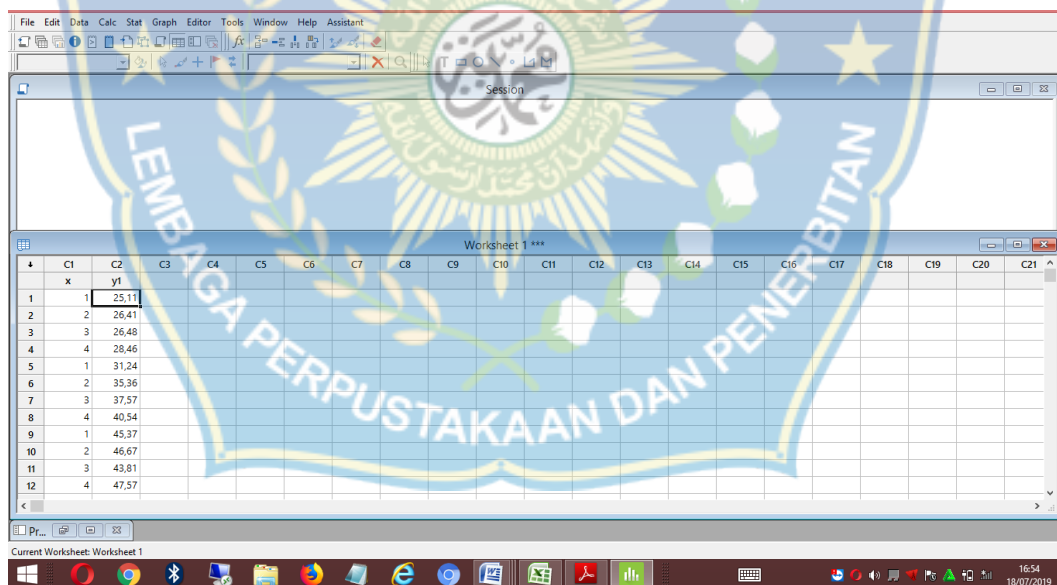
### Cara menggunakan program minitab



Gambar 2 buka aplikasi minitab

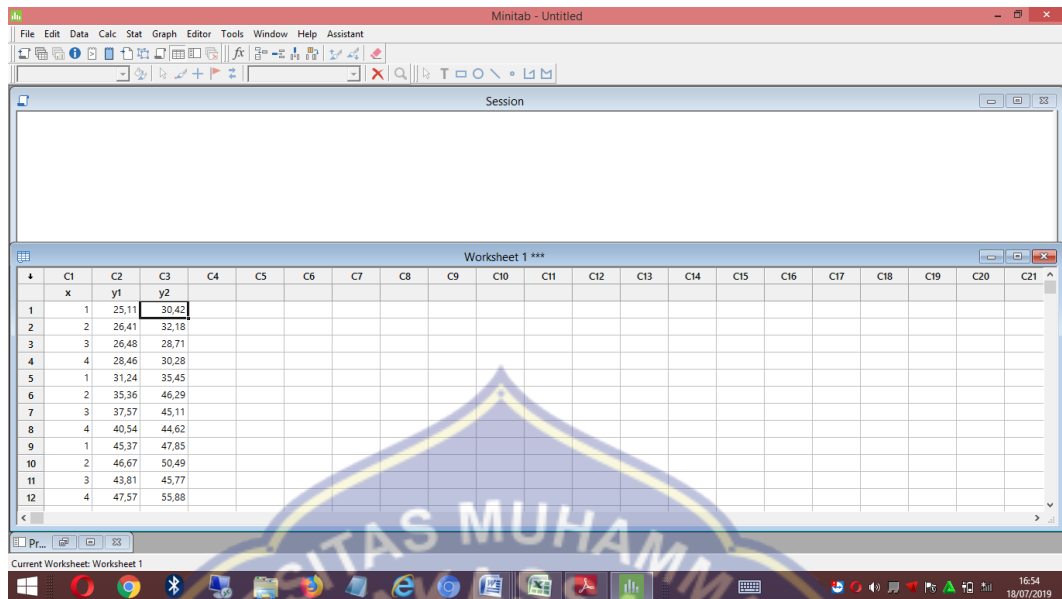


Gambar 3 masukan nilai x (periode perhitungan)

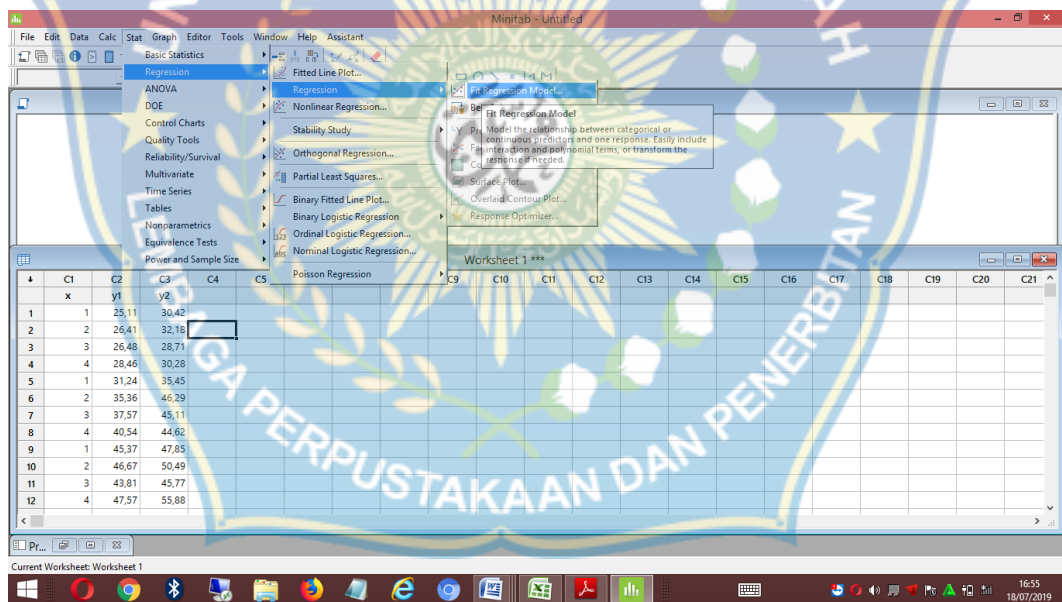


Gambar 4 masukan data y1 (data siang)

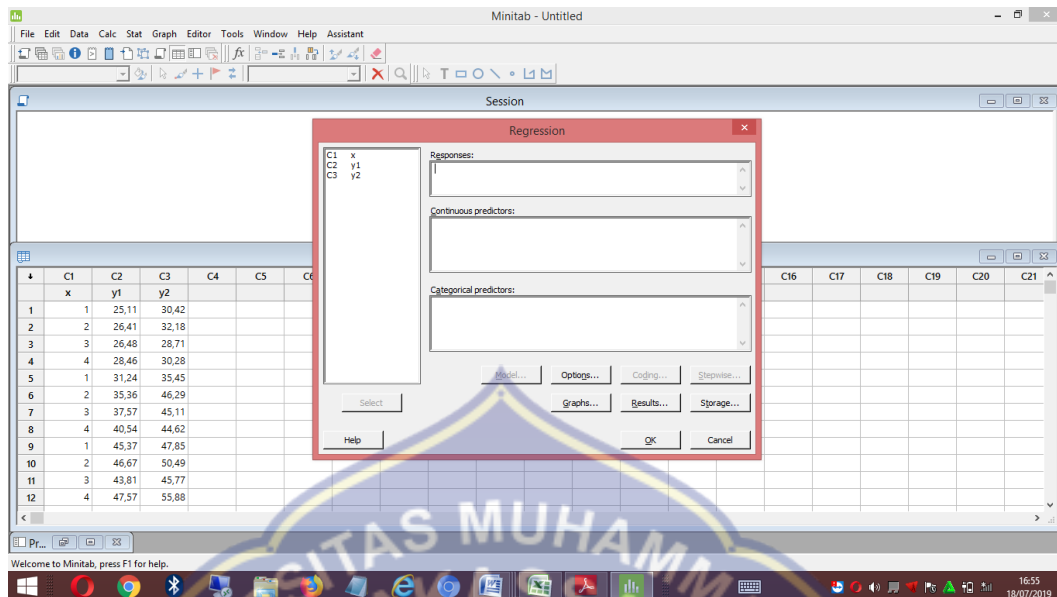




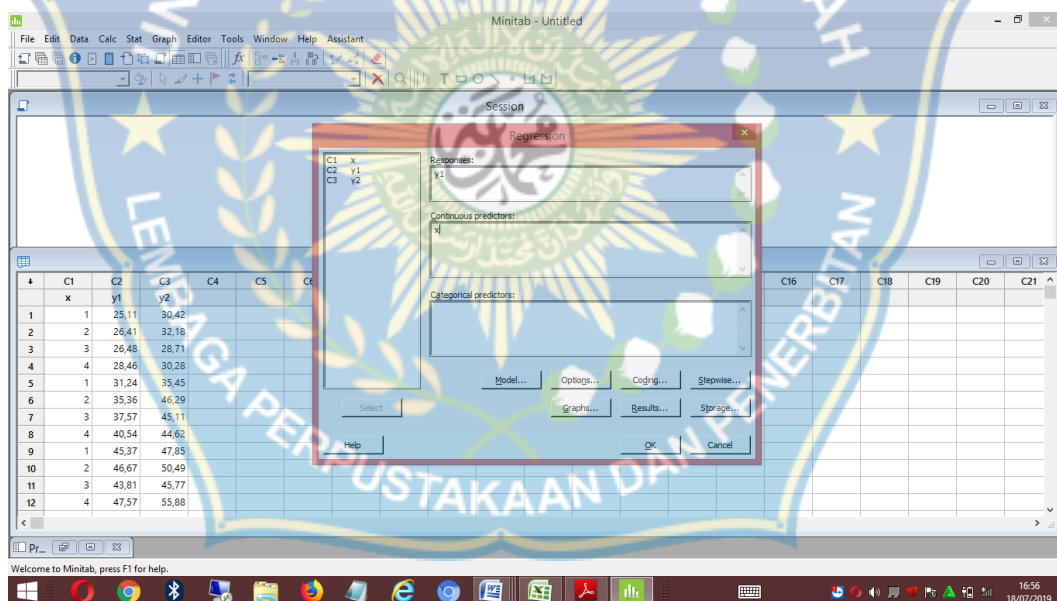
Gambar 5 masukan data y2 (data malam)



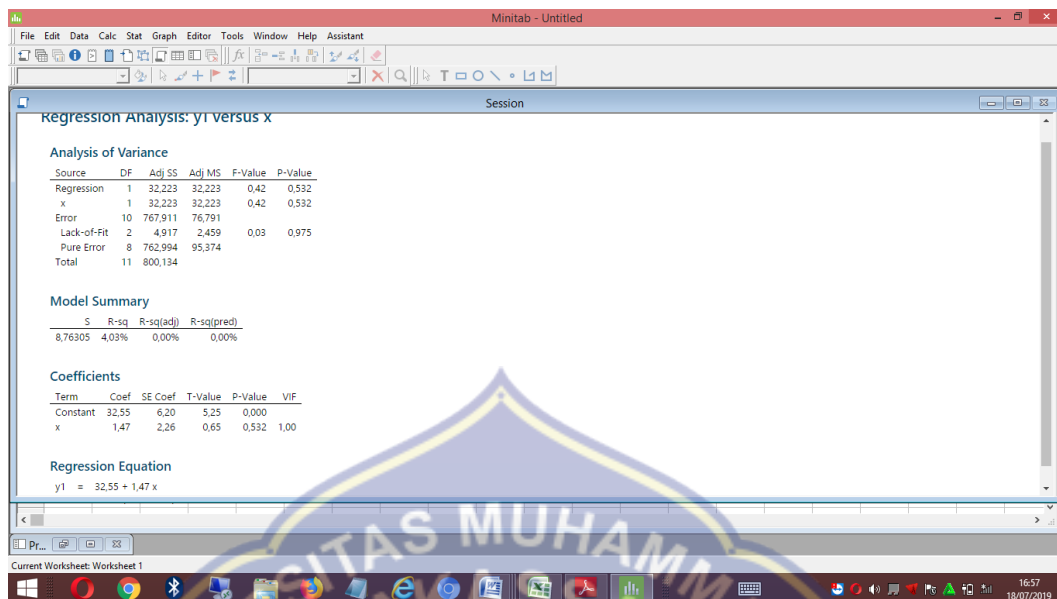
Gambar 6 proses meregresi data siang dan data malam hari



Gambar 7 tampilan menu regression data siang dan malam hari



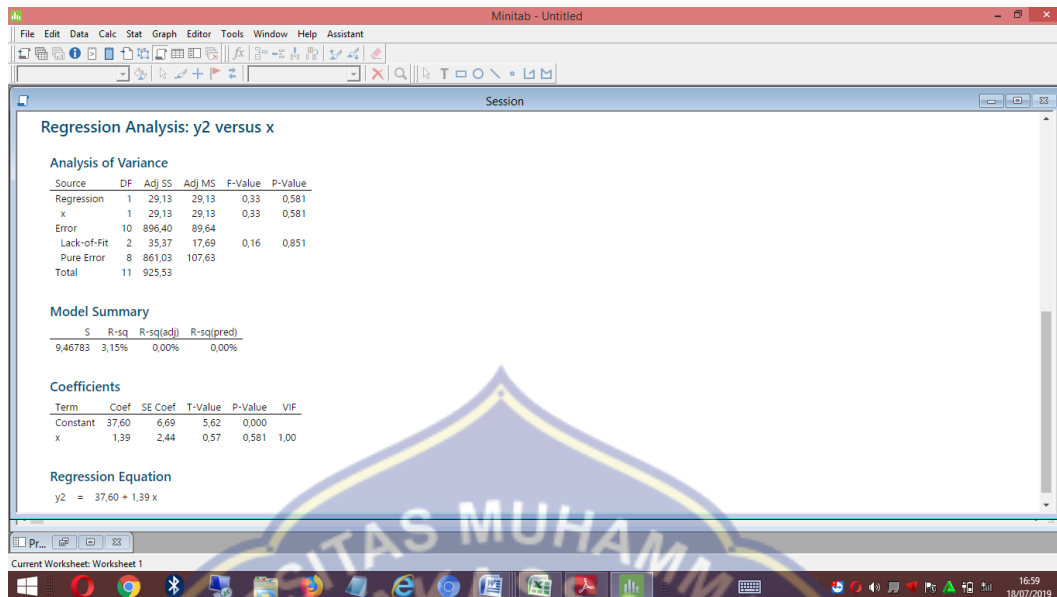
Gambar 8 double klik pada y1 dan x pada menu regression untuk mendapatkan hasil data siang, lalu klik ok



Gambar 9 hasil regression data siang



Gambar 10 sebelum mencari nilai data malam terlebih dahulu memunculkan menu regression dengan cara pada gambar 6, double klik pada y1 dan x pada menu regression untuk mendapatkan hasil data malam, lalu klik ok



Gambar 11 hasil regression data malam

Data dari PLN ULP Pangsid

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	trafo 100																								
2	GD3235007	PS/041	PS/041-05 AGA ANAK	3 Phase	100	10 februari 2018, 8:53	21	22	22	18	231	378	207	4.92	4.71	4.73	27.46	1.99	BAIK						
3	GD3235005	PS/098	PS/098-05 EMR-CAB	3 Phase	100	14 Apr 2017 06:58	128	101	107	27	214	378	208	11.00	8.68	7.82	28.09	8.78	BAIK						
4	GD3235005	PS/018	PS/018-1L POROS SOPPING	3 Phase	100	15 Jun, 2018, 9:30	108	107	71	24	217	387	201	8.44	9.22	10.41	29.05	17.02	CURUP						
5	GD3235004	PW/002	PW/002-4P BARU BATU LAPPA	3 Phase	100	12 Agustus 2018, 9:10	24	24	19	12	226	396	223	8.55	9.28	10.04	30.21	9.82	BAIK						
6	GD3235004	PW/055	PW/055- ATIS LAKE	3 Phase	100	18 Mei 2017, 11:12	95	87	89	6	232	407	231	9.78	10.52	12.41	32.68	11.04	BAIK						
7	GD3235004	PW/056	PW/056- BOJDE ARAWA	3 Phase	100	10 Mei 2017, 11:12	1		1	1	235	413	232	10.25	8.42	16.43	35.12		BAIK						
8	GD3235005	PW/074	PW/074- PERUMAHAN KOPRI	3 Phase	100	13 Agustus 2017, 9:54	78	90	82	40	222	390	230	11.23	9.41	10.88	36.51	21.72	KURANG						
9	GD3235005	PW/075	PW/075- BTN SALSABILA	3 Phase	100	10 November 2017, 10:55	35	28	30	19	211	401	229	13.02	12.03	13.11	37.83	10.28	CURUP						
10	GD3235005	PS/025	PS/025-05 SOLABLE	3 Phase	100	12 Februari 2018, 9:45	41	29	57	34	218	385	217	5.37	11.67	12.49	43.32	23.1	KURANG						
11	GD3235005	PS/014	PS/014-05 EMPAGAE	3 Phase	100	12 Mei 2018, 8:59	59	81	94	60	214	372	211	12.83	15.33	16.86	46.84	16.24	CURUP						
12	GD3235005	PS/090-05	PS/090-05 EMPAGAE	3 Phase	100	28 Agustus 2018, 13:54	32	30	36	10	219	386	219	14.87	15.36	19.16	49.39	6.8	BAIK						
13	GD3235005	PS/110-05	PS/110-05 EMPAGAE	3 Phase	100	15 November 2018, 11:23	43	60	51	9	217	361	219	16.05	17.56	15.13	50.46	31.26	CURUP						
14																									

Gambar 12 data transformator