

**SKRIPSI**

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMELIHARAAN PERALATAN**

**SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH (SUTM) PT. PLN**

**(PERSERO)UP3 MAKASSAR UTARA**



**Oleh**

**A.MUH.FAIZ RAMADHAN**

**SALSAH LUTVI RAMADANI**

**105821110519**

**105821107519**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2023**

**SKRIPSI**

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMELIHARAAN PERALATAN  
SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH (SUTM) PT. PLN  
(PERSERO)UP3 MAKASSAR UTARA**



Oleh

**A.MUH.FAIZ RAMADHAN**

**SALSAH LUTVI RAMADANI**

**105821110519**

**105821107519**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2023**

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMELIHARAAN PERALATAN  
SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH (SUTM) PT.PLN (PERSERO)  
UP3 MAKASSAR UTARA

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat

Untuk memperoleh gelar sarjana

Program studi Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Oleh:

A. MUH. FAIZ RAMADHAN

105821110519

SALSAH LUTVI RAMADANI

105821107519

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2023



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

Website : <https://teknik.unismuh.ac.id>, Email : [teknik@unismuh.co.id](mailto:teknik@unismuh.co.id)



Kampus  
Merdeka  
INDONESIA JAYA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMELIHARAAN PERALATAN SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH (SUTM) PT. PLN (PERSERO) UP3 MAKASSAR UTARA

Nama : 1. A. MUH. FAIZ RAMADHAN  
2. SALSAH LUTVI RAMADANI

Stambuk : 1. 105821110519  
2. 105821107519

Makassar, 31 Agustus 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM

  
Andi Abd Halik Lateko Ti, S.T., M.T., Ph.D

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro



Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM

NBM. 1044 202

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**  
**FAKULTAS TEKNIK**



**Kampus  
Merdeka**  
INDONESIA JAYA

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

Website : <https://teknik.unismuh.ac.id>, Email : [teknik@unismuh.co.id](mailto:teknik@unismuh.co.id)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**PENGESAHAN**

Skripsi atas nama A.MUH. FAIZ RAMADHAN dengan nomor induk Mahasiswa 105821110519 dan SALSAB LUTVI RAMADANI dengan nomor induk Mahasiswa 105821107519 dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0012/SK-Y/20201/091004/2023, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Rabu, 30 Agustus 2023.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN, Eng

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

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

3. Anggota

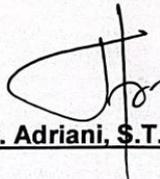
1. Rizal Ahdiyati Doyo, S.T., M.T

2. Dr. Ir. Hj. Hafsa Nirwana, M.T

3. Dr. Ir. H. Antarissubhi, S.T., M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

  
**Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM**

Pembimbing II

  
**Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T., M.T., Ph.D**

Dekan



  
**Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM**

NBM : 795 108

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT. Atas berkat dan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana pada Prodi Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul Skripsi kami adalah: **Analisis Teknis dan Ekonomis Pemeliharaan Peralatan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) PT. PLN (PERSERO) Makassar Utara**”

Penulis menyadari banyak hambatan dan tantangan selama penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dan kerja sama berbagai pihak, akhirnya penyusun dapat mengatasi hambatan dan Kerjasama sebagai pihak, akhirnya penyusun dapat mengatasi hambatan dan tantangan tersebut. Penyusun pada kesempatan ini dengan tulus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua dan saudara-saudara yang tercinta, seluruh keluarga atas segala doa, bantuan, nasehat dan motivasinya.
2. Bapak prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawati, S.T., M.T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Ibu Ir.Adriani, S.T., M.T., IPM Selaku ketua prodi Elektro Faklutas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ibu Ir.Adriani, S.T., M.T., IPM Selaku pembimbing I dan Bapak Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T., M.T, Ph.D selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan,petunjuk dan saran selama kami menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen dan staf pengajar serta pegawai Prodi Teknik Elektro atas segala ilmu bantuan dan kemudahan yang diberikan selama kami menempuh proses perkuliahan.
7. Seluruh staf PLN area Makassar yang telah meluangkan waktu memberikan data,saran dan masukan.
8. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik khususnya Angkatan 2019 dan selembaga Fakultas Teknik yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Seluruh pihak yang dapat kami sebutkan satu-persatu yang telah membantu dan mendukung kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan,untuk itu kritik dan saran sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini.akhirnya penulis harap semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca umumnya

Makassar,30 agustus 2023

Penulis

## ABSTRAK

**A. MUH. FAIZ RAMADHAN,SALSAH LUTVI RAMADANI.***analisis teknis dan ekonomis pemeliharaan peralatan saluran udara tegangan menengah (SUTM) PT. PLN (PERSERO) UP3 MAKASSAR UTARA.*(dibimbing oleh Ir.Adriani, S.T.,M.T.,IPM dan Andi Abd Khalik Lateko Tj, S.T.,M.T.,Ph.D

**Abstrak;** Penyedia jasa listrik dituntut harus dapat meningkatkan kualitas produk dan layanannya.salah satu hal yang dapat menurunkan kualitas produk adalah susut yang timbul di jaringan tenaga listrik.Salah satu penyebab susut energi tersebut karna menurunnya kualitas peralatan listrik yang membuat terganggunya keandalan pelayanan pasokan listrik ke pelanggan.Pemeliharaan yang tepat untuk peralatan listrik dapat meningkatkan kualitas sistem kelistrikan.Penelitian ini membahas pengaruh pemeliharaan terhadap penekanan susut energi pada transformator,dan isolator pada penyalang polda pada PT. PLN (PERSERO) UP3 Makassar utara dan perbandingan biaya pemeliharaan terhadap nilai susut pada peralatan listrik.Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis deskriptif. Hasil perhitungan menunjukkan susut transformator dalam sebulan 31.173kWh.susut isolator dapat ditekan hingga mencapai 11,51 MWh. Untuk *pin type* dan 15,29MWh untuk *pin post* per-bulan dengan melakukannya pemeliharaan.Total susut transformator dan isolator penyalang polda tanpa pemeliharaan dalam waktu satu bulan adalah Rp.61.280,125 kWh dan dengan pemeliharaan sebesar 33.627,23 kWh.Perbandingan total biaya pemeliharaan peralatan SUTM terhadap susut pada penyalang polda pertahun dengan pemeliharaan sebesar Rp.594.920.034,- sedangkan tanpa pemeliharaan sebesar Rp.2.057.040.93,-

**Kata kunci:**Susut,Pemeliharaan,Transformator,Isolator.

## ABSTRACT

**A. MUH. FAIZ RAMADHAN,SALSAH LUTVI RAMADANI.***analisis teknis dan ekonomis pemeliharaan peralatan saluran udara tegangan menengah (SUTM) PT. PLN (PERSERO) UP3 MAKASSAR UTARA.*(dibimbing oleh Ir.Adriani, S.T.,M.T.,IPM dan Andi Abd Khalik Lateko Tj, S.T.,M.T.,Ph.D

**Abstract;** *Electricity service providers are required to be able to improve the quality of their products and services.one of the things that can reduce product quality is shrinkage that arises in the electric power grid. One of the causes of energy shrinkage is due to the decline in the quality of electrical equipment which disrupts the reliability of electricity supply services to customers. Proper maintenance of electrical equipment can improve the quality of the electrical system. This study discusses the effect of maintenance on the suppression of energy loss in transformers, and insulators in police crossers at PT. PLN (PERSERO) UP3 North Makassar and comparison of maintenance costs against depreciation value in electrical equipment. The method used in this study is the descriptive analysis method. The calculation results show transformer shrinkage in a month of 31,173kWh.insulator shrinkage can be reduced to reach 11,51 MWh. For pin type and 15.29MWh for pin post per month by doing maintenance. The total loss of transformers and insulators of police feeders without maintenance within one month is Rp.61,280,125 kWh and with maintenance of 33,627.23 kWh.Comparison of the total cost of maintaining SUTM equipment against shrinkage in police feeders per year with maintenance of Rp.594,920,034,- while without maintenance is Rp.2,057,040.93,-*

**Keywords:***Loss,Maintenance,Transformer,Insulator.*



## DAFTAR ISI

SAMPUL .....	i
HALAMAN SAMPUL .....	ii
HALAMAN JUDUL.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PENGESAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRAC</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Batasan masalah .....	3
1.5 Metode penelitian.....	3
1.6 Manfaat penelitian.....	3
1.7 Sistematika penelitian .....	4
BAB II TUJUAN PUSATAKA .....	5
2.1 Jaringan distribusi .....	5
2.2 Jaringan distribusi menengah.....	26

2.3 Susut energi jaringan.....	27
2.4 Kurva beban .....	38
2.5 Gangguan transformator.....	39
2.6 Pemeliharaan jaringan.....	40
2.7 Jadwal pelaksanaan pemeliharaan.....	44
2.8 Persiapan pemeliharaan.....	48
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN .....</b>	<b>49</b>
3.1 Waktu dan tempat penelitian .....	49
3.2 Alat dan Bahan.....	49
3.3 Metode penelitian.....	49
3.4 Flowchat.....	51
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>52</b>
4.1 Data komponen penyulang polda.....	52
4.2 Perhitungan susut .....	59
4.3 Perhitungan pemeliharaan dan susut energi .....	62
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>67</b>
9.1 Kesimpulan.....	67
9.2 Saran.....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur jaringan radial tipe pohon.....	7
Gambar 2.2 Struktur jaringan radial dengan tie dan switch pemisah .....	7
Gambar 2.3 Struktur jaringan radial dengan pusat beban .....	8
Gambar 2.4 Struktur jaringan radial pembagian phase Area .....	9
Gambar 2.5 Struktur jaringan lingkaran.....	10
Gambar 2.6 Struktur jaringan Lingkaran terbuka .....	10
Gambar 2.7 struktur jaringan lingkaran tertutup.....	11
Gambar 2.8 Ragkaian gardu induk tipe lingkaran .....	12
Gambar 2.9 struktur jaringan spindle.....	13
Gambar 2.10 struktur jaringan NET.....	14
Gambar 2.11 penghantar AAAC.....	16
Gambar 2.12 kabel XLPE .....	17
Gambar 2.13 Isolator jenis pasak ( <i>pin type</i> ).....	20
Gambar 2.14 Isolator jenis <i>post type</i> .....	21
Gambar 2.15 Gardu beserta konektor LLC.....	23
Gambar 2.16 konektor tipe parallel <i>Groove</i> .....	24
Gambar 2.17 “H” <i>type connector</i> .....	24
Gambar 2.18 konektor type Sleeve .....	24
Gambar 2.19 Model perhitungan susut JTM .....	29
Gambar 2.20 Sambungan Kabel .....	36
Gambar 3.1 <i>Flowchat</i> Penelitian.....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 rugi-rugi transformator.....	31
Tabel 2.2 gangguan pada transformator.....	34
Tabel 2.3 gangguan pada transformator.....	39
Tabel 4.1 Data penghantar penyulang polda.....	52
Tabel 4.2 Data susut besi dan susut tembaga transformator .....	54
Tabel 4.3 Data transformator penyulang.....	55
Tabel 4.4 Arus bocor pada isolator terpolusi kondisi kering dan basah .....	57
Tabel 4.5 Arus bocor rata-rata isolator terpolusi .....	57
Tabel 4.6 Arus bocor pada isolator bersih kondisi bada dan kering .....	58
Tabel 4.7 Arus bocor rata-rata isolator bersih.....	59
Tabel 4.8 Perhitungan susut transformator .....	60
Tabel 4.9 Susut isolator terpolusi.....	61
Tabel 4.10 Susut isolator bersih.....	62
Tabel 4.11 perbandingan nilai rugi-rugi transformator.....	63
Tabel 4.12 susut isolator dalam bentuk rupiah.....	65
Tabel 4.13 perbandingan nilai susut terhadap pemeliharaan .....	66

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Suatu sistem distribusi listrik yang baik diharapkan memenuhi kriteria teknis antara lain faktor keandalan dan faktor ekonomis. Adapun permasalahan utama paling mendasar pada distribusi daya listrik yaitu mencakup kontinuitas dan ketersediaan daya listrik untuk konsumen. PT PLN (persero) selaku penyedia jasa listrik dituntut harus dapat meningkatkan kualitas produk dan layanannya sesuai dengan UU no.30 tahun 2009 tentang ketenagalistrikan pasal 28 (UU NO.30 Tahun 2009 tentang ketenagalistrikan).

Susut energi pada sistem tenaga listrik sebagian besar terjadi pada sistem jaringan distribusinya. Salah satu penyebab susut energi tersebut karena kondisi peralatan listrik yang menjadi buruk yang membuat terganggunya keandalan pelayanan pasokan listrik ke konsumen.

Susut energi pada sistem kelistrikan berpengaruh terhadap faktor ekonomis. Susut energi yang besar berarti pemborosan dan dapat menyebabkan kerugian energi listrik. Salah satu langkah meningkatkan kualitas sistem kelistrikan. Salah satu upaya meningkatkan kualitas sistem kelistrikan dengan cara pemeliharaan akan mengakibatkan memendeknya umur dari peralatan yang bersangkutan.

Pemeliharaan merupakan salah satu hal terpenting yang harus dipersiapkan dalam mengoperasikan sistem tenaga listrik, karena dengan sistem

pemeliharaan peralatan-peralatan yang baik pada sistem tenaga dapat beroperasi dengan baik, sehingga kebutuhan energi listrik kekonsumen dapat terlayani dengan baik dengan tingkat keandalan yang tinggi, selain itu harga peralatan sistem tenaga listrik yang mahal dan investasi yang besar dalam sistem tenaga kelistrikan juga mendorong perlunya pemeliharaan peralatan sistem tenaga listrik. salah satu hal yang melatar belakangi perlunya pemeliharaan terhadap peralatan listrik adalah karena peralatan listrik mempunyai peran penting dalam operasi suatu sistem kelistrikan. Di kota Makassar misalnya tidak jarang gangguan listrik diakibatkan karena gangguan pada peralatan.

Gangguan pada peralatan tersebut menjadi permasalahan dari sistem pengoperasian listrik sehingga penyusun berusaha menghitung secara ekonomi pada pemeliharaan peralatan tenaga listrik saluran udara tegangan menengah (SUTM). Jaringan distribusi dipilih sebagai kasus karena pada jaringan ini susut energi relatif tinggi dan pemeliharaan akan berdampak besar terhadap penekanan susut energi dan peningkatan keadaan sistem.

## **1.2 Rumusan masalah**

Adapun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pemeliharaan peralatan terhadap faktor ekonomis di PT PLN (persero) penyulang polda UP3 Makassar utara?
2. Apa saja penyebab susut energi pada jaringan distribusi saluran udara tegangan menengah (SUTM) PT PLN (persero) UP3 Makassar Utara?

### **1.3 Tujuan penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh pemeliharaan peralatan terhadap faktor ekonomis PT PLN (persero) UP3 Makassar utara.
2. Untuk mengetahui susut energi pada jaringan distribusi saluran tegangan menengah (SUTM).penyulang polda PLN (persero)UP3 makassar utara

### **1.4 Batasan masalah**

1. Kaitan antara pemeliharaan terhadap faktor ekonomis (biaya pemeliharaan peralatan).pembahasan dalam tugas akhir ini dibatasi hanya pemeliharaan terhadap ,transformator,dan isolator.
2. Susut yang akan di analisis pada penelitian ini hanya penyulang polda PT.PLN (persero)UP3 makassar utara.

### **1.5 Metode penelitian**

1. Studi literatur

Metode pengambilan data pemeliharaan dan faktor ekonomis (biaya pemeliharaan).serta bekonsultasi dengan petugas yang bersangkutan pada PT.PLN (persero) Up3 makassar utara.

2. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan dngan cara pengamatan dan pengukuran terhadap objek penelitian yang akan di lakukan.

### **1.6 Manfaat penelitian**

Menambah mengetahuan penulis tentang pentingnya pemeliharaan dalam pengoprasian sistem tenaga listrik.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 (Lima) Bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan ini berisi tentang uraian singkat mengenai Latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, Batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penelitian tugas akhir.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi membahas tentang teori penunjang yang relevan untuk bahan penelitian yang diperoleh dari sumber referensi untuk Menyusun kerangka teori dan konseptual.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini membahas tentang lokasi dan waktu penelitian, data-data yang diperlukan, parameter yang diukur, peralatan yang digunakan, prosedur penelitian, dan metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang dampak pemeliharaan peralatan saluran Udara tegangan menengah terhadap susut energi serta Analisa teknis ekonomi pada pemeliharaan peralatan saluran udara tegangan menengah.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dan pembahasan permasalahan dan saran-saran untuk perbaikan dan menyempurnaan tugas akhir ini.

## **BAB II**

### **TUJUAN PUSATAKA**

#### **2.1 Jaringan distribusi sistem Tenaga Listrik**

##### **2.1.1 Pengertian jaringan distribusi**

Jaringan distribusi adalah jaringan yang terhubung langsung ke konsumen. Terdapat dua jenis konsumen yang langsung terhubung ke jaringan distribusi, yaitu konsumen tegangan menengah dan konsumen tegangan rendah.

Sistem distribusi terbagi menjadi dua bagian yaitu sistem distribusi tegangan menengah (TM) dan sistem distribusi tegangan rendah (TR). Level tegangan untuk sistem TM yang dipakai oleh PLN adalah 20 KV. (Sianipar, S. 2011)

##### **2.1.2 Struktur jaringan distribusi**

Pada umumnya struktur jaringan distribusi dapat dibagi menjadi empat topologi antara lain:

- a. Jaringan Radial
- b. Jaringan Lingkaran
- c. Jaringan Spindel
- d. Jaringan Anyaman

##### **1. Struktur jaringan radikal**

Struktur jaringan distribusi radial adalah struktur jaringan yang paling sederhana, baik ditinjau dari perencanaannya maupun dari penerapannya. Penyaluran daya untuk struktur jaringan distribusi radial ditarik secara radial dari suatu titik sumber, kemudian dibagi dalam bentuk cabang ke

setiap titik beban. Kontinuitas penyaluran tenaga listrik pada struktur jaringan radial sangat buruk karena penyaluran tenaga listrik pada struktur ini berada pada kondisi satu arah. Gangguan pada salah satu titik pada rangkaian akan menyebabkan keseluruhan jaringan akan terkena dampaknya, apabila terjadi perbaikan pada salah satu titik akan menyebabkan seluruh jaringan harus dipadamkan.

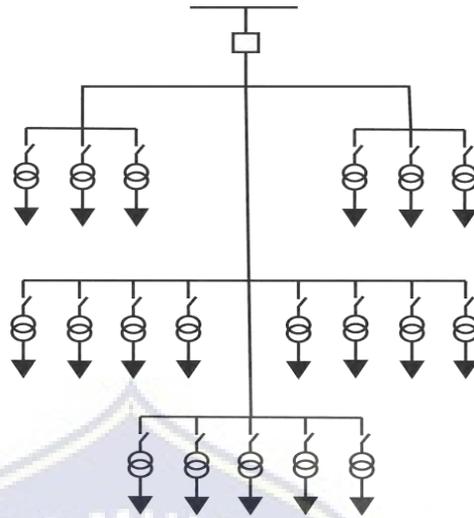
Struktur jaringan seperti ini dikembangkan menjadi struktur jaringan radial ganda sehingga kontinuitas penyaluran menjadi lebih baik. Setiap gardu distribusi pada struktur jaringan radial ganda mendapat suplai dari dua penyulang radial. Dalam keadaan operasi normal, gardu hanya mendapat suplai tenaga listrik dari satu penyulang saja. Jaringan akan dipindahkan ke penyulang lainnya apabila terjadi gangguan, sehingga kontinuitas tenaga listrik dapat diperbaiki.

Jaringan distribusi radial ini memiliki beberapa topologi antara lain:

- a. Radial tipe pohon
- b. Radial dengan *tie* dan *switch* pemisah
- c. Radial dengan pusat beban
- d. Radial dengan pembagian *phase area*.

a. Jaringan Radial Tipe Pohon

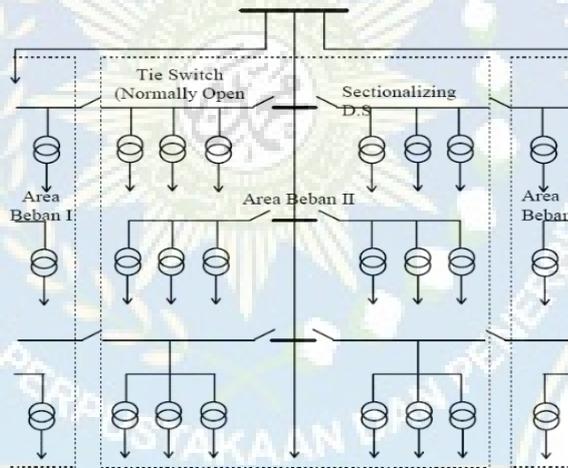
Jaringan radial tipe pohon merupakan bentuk jaringan yang paling dasar. Hanya satu saluran utama untuk melayani beban kemudian dibagi menjadi beberapa cabang dan literal penyulang ini dibagi-bagi dengan sublateral penyulang (anak cabang). (Sianipar, S. 2011)



**Gambar 2.1** Struktur jaringan radial tipe pohon

Sumber: Sianipar, S. (2011)

b. Jaringan radial dengan *tie* dan *switch* pemisah



**Gambar 2.2** struktur jaringan radial dengan tie dan switch pemisah

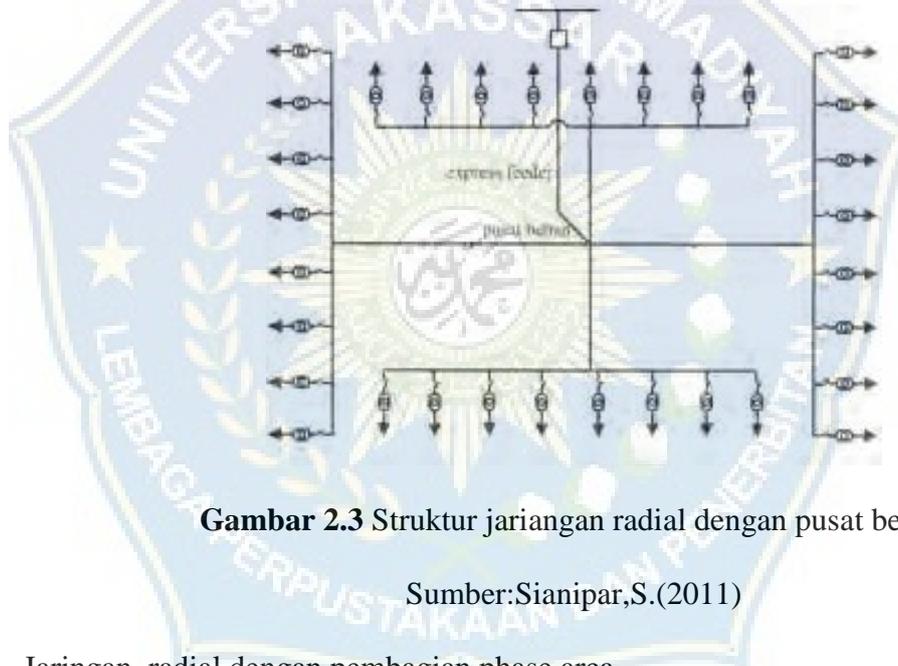
Sumber: Sianipar, S. (2011)

Bentuk jaringan ini adalah bentuk modifikasi dengan penambahan tie dan switch pemisah yang digunakan untuk mempercepat pelayanan ke konsumen jika terjadi gangguan dengan cara menghubungkan daerah yang tidak terganggu dengan penyulang yang terganggu disekitarnya. Penyulang yang terganggu dapat

diminimalkan dan penyulang yang tidak terganggu dapat segera dioperasikan kembali dengan cara melepas switch yang terhubung ke titik gangguan dan menghubungkan ke bagian penyulang yang sehat ke penyulang di sekitarnya.(Sianipar.S.2011)

c. Jaringan radial dengan pusat Beban

Jaringan radial dengan pusat beban dayanya dicatu menggunakan penyulang utama langsung ke pusat beban dan dari titik pusat beban disebar secara radial.(Sianipar.S.2011)

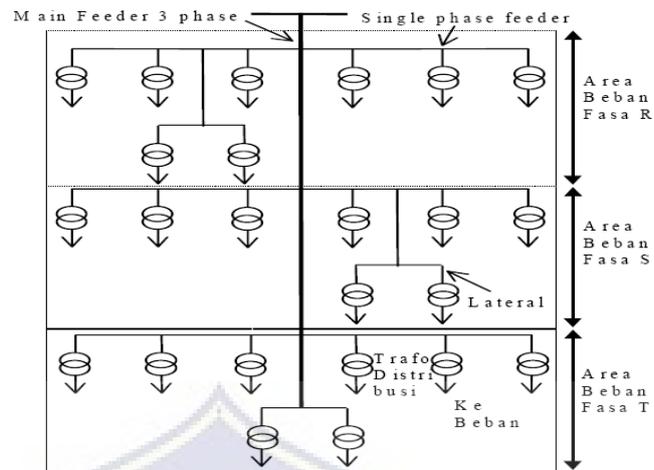


**Gambar 2.3** Struktur jaringan radial dengan pusat beban

Sumber:Sianipar,S.(2011)

d. Jaringan radial dengan pembagian phase area

Jaringan radial dengan pembagian phase masing-masing fasanya melayani daerah beban yang berbeda. Jaringan seperti ini bila diaplikasikan pada daerah yang masih baru dan belum merata pembagian bebannya, dapat menyebabkan kondisi sistem 3 fasa tidak seimbang. Karena itu jaringan ini cocok untuk daerah yang bebannya stabil dan jika ada penambahan beban maka pembagiannya harus dapat diatur secara merata pada setiap fasanya.

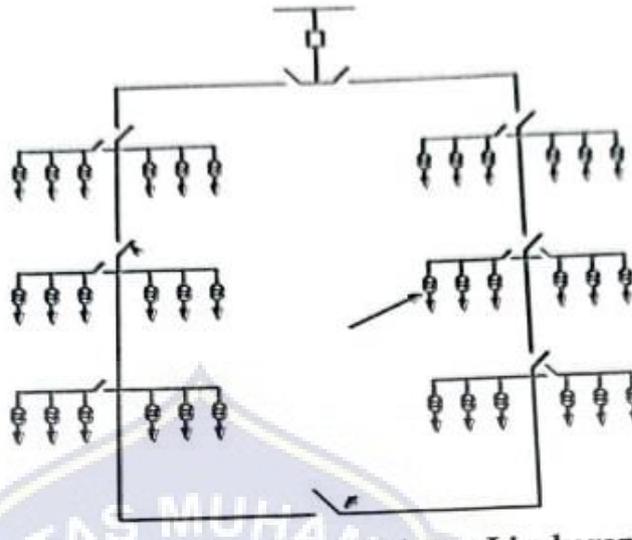


**Gambar 2.4** Struktur jaringan radial pembagian phase Area

Sumber: sianipar, S. (2011)

## 2. Struktur jaringan lingkaran (*loop*)

Struktur jaringan distribusi lingkaran merupakan struktur jaringan distribusi tertutup yang dimulai dari sumber daya besar (GI) kemudian melewati beberapa gardu-gardu distribusi kemudian kembali lagi menuju sumber semula sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9. Kelebihan utama dari struktur jaringan distribusi ini adalah apabila terjadi gangguan, maka gangguan tersebut dapat disolir sehingga tidak mengganggu jaringan distribusi secara keseluruhan. Gangguan yang terjadi dapat disolir karena pada struktur jaringan distribusi lingkaran ini terdapat dua titik yang dapat disambungkan secara bergantian atau secara bersamaan. Kontinuitas penyalurannya pada struktur jaringan distribusi lingkaran ini sudah cukup baik walaupun apabila terjadi gangguan pada banyak titik pada rangkaian, maka keseluruhan jaringan dapat terganggu juga.

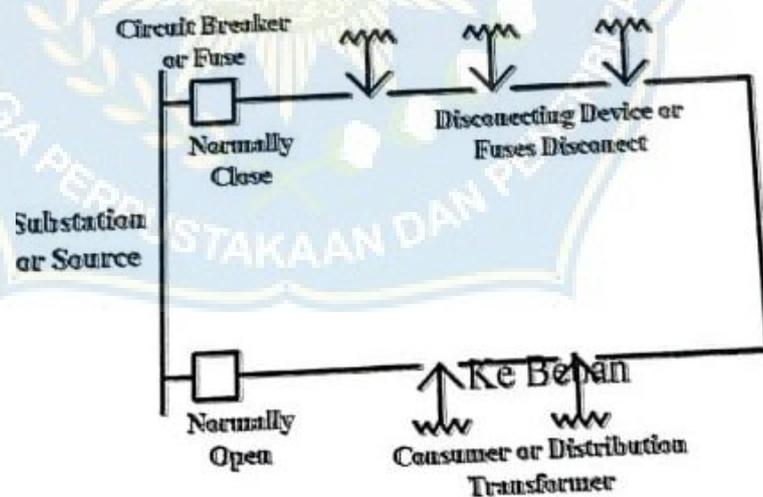


**Gambar 2.5** Struktur jaringan lingkaran

Sumber: sianipar, S. (2011)

a. Bentuk *open loop*

Bentuk ini dilengkapi dengan *normally open switch* dimana dalam keadaan rangkaian terbuka.

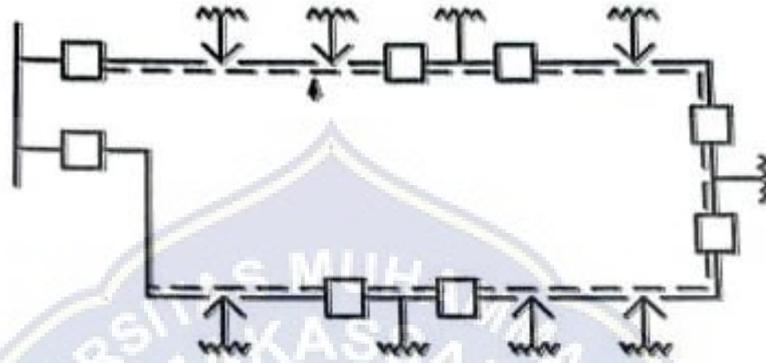


**gambar 2.6** Struktur jaringan Lingkaran terbuka

Sumber: sianipar, S. (2011)

b. Bentuk *close loop*

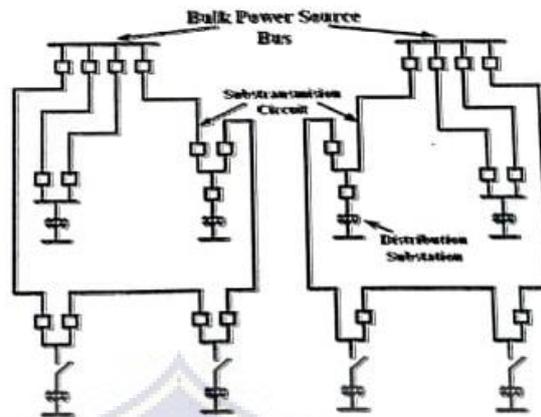
Bentuk jaringan ini dilengkapi dengan *normally close loop switch* yang dalam keadaan normal rangkaian tertutup.



**Gambar 2.7** Struktur jaringan lingkaran tertutup

Sumber: sianipar, S. (2011)

Bentuk jaringan ini dilengkapi dengan *normally close switch* yang dalam keadaan normal rangkaian tertutup. Kualitas untuk pelayanan daya jaringan ini lebih baik tetapi biaya investasinya lebih mahal karena menggunakan pemutus beban yang lebih banyak. Apabila jaringan dilengkapi dengan pemutus beban otomatis (dilengkapi *recloser*) maka pengamanan menjadi cepat dan praktis dan daerah gangguan akan lebih cepat beroperasi kembali. Jaringan tipe ini cocok digunakan pada daerah beban yang padat dan memerlukan keandalan yang tinggi.

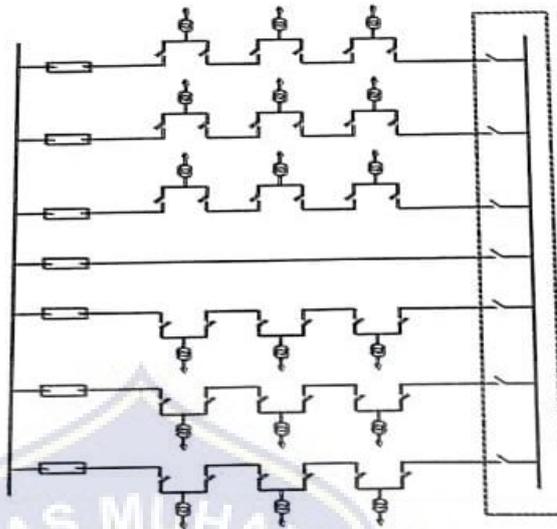


**Gambar 2.8** Ragkaiian gardu induk tipe lingkaran

Sumber: sianipar, S. (2011)

### 3. Struktur jaringan spindle

Struktur jaringan spindle merupakan hasil pengembangan dari struktur jaringan distribusi radial dan struktur jaringan distribusi lingkaran. Pada struktur jaringan spindle ini penyulang utama yang dipakai bertambah banyak jumlahnya serta memiliki penyulang cadangan. Konfigurasi yang umum dipakai untuk struktur jaringan distribusi spindle adalah tujuh buah penyulang utama dan satu buah penyulang cadangan. Seluruh penyulang ini bertemu pada satu titik yang menghubungkan seluruh penyulang-penyulang utama dengan penyulang cadangan. Penyulang cadangan merupakan saluran khusus yang dilengkapi pemutus dan pemisah daya. Titik temu penyulang penyulang-penyulang utama dengan penyulang cadangan berada pada sebuah gardu hubung. Penyulang cadangan berfungsi sebagai penyalur tenaga listrik darurat apabila saluran penyulang utama ada yang mengalami gangguan. Dalam keadaan operasi normal, maka penyulang ini tidak terhubung dengan beban.

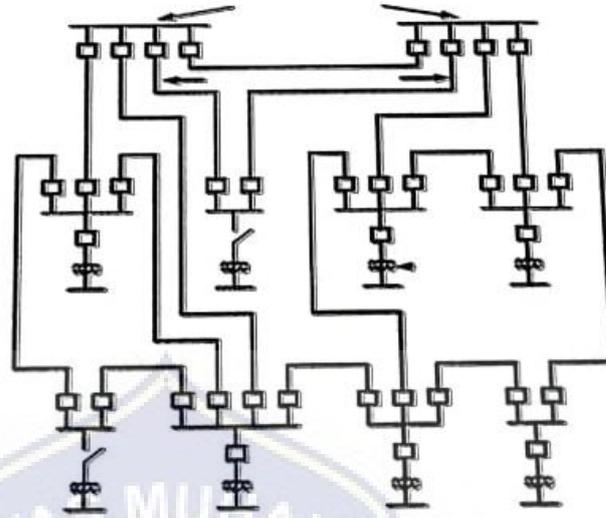


**Gambar 2.9** Struktur jaringan spindle

Sumber: sianipar, S. (2011)

#### 4. Struktur jaringan anyaman (NET)

Struktur jaringan distribusi anyaman merupakan bentuk jaringan yang paling rumit apabila dibandingkan dengan struktur jaringan distribusi lainnya. Jaringan ini merupakan kombinasi dari radial dan loop. Gardu distribusi akan mendapat suplai tenaga listrik dari dua atau lebih penyulang sehingga kontinuitas penyaluran tenaga listriknya jauh lebih baik dibandingkan struktur jaringan distribusi lainnya: Struktur jaringan distribusi jenis ini memiliki biaya investasi yang lebih mahal dibandingkan dengan struktur jaringan distribusi lainnya. Struktur ini biasanya dipakai untuk daerah yang memerlukan tingkat kontinuitas penyaluran tenaga listrik yang tinggi seperti pada daerah industri yang memerlukan suplai yang konstan.



**Gambar 2.10** Struktur jaringan NET

Sumber: sianipar, S. (2011)

### 2.1.3 Sistem Operasi Jaringan Distribusi

#### 1. Gardu induk pada sistem Distribusi

Gardu induk merupakan gardu yang berfungsi menyalurkan listrik dari pembangkit listrik ke saluran transmisi ataupun langsung ke pusat beban, tergantung sistem distribusi yang digunakan. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam instalasi gardu induk adalah:

- a. Konstruksi sederhana tapi kuat
- b. Fleksibel
- c. Tingkat keandalan tinggi
- d. Sistem proteksi baik
- e. Operasi dan perawatan mudah dilakukan (komari, 1992)

## 2. Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer merupakan sistem distribusi yang menghubungkan antara gardu induk dengan gardu distribusi. Tegangan nominal yang biasa digunakan dalam sistem distribusi primer ini sebesar 20 kV. Saluran distribusi primer memiliki cukup banyak konsumen berdaya besar, hal ini dikarenakan konsumen berdaya besar umumnya sudah memiliki transformator sendiri. (komari,1992)

## 3. Gardu distribusi

Gardu distribusi ini berfungsi menghubungkan jaringan tegangan menengah (JTM) dengan jaringan tegangan rendah (JTR). Kapasitas transformator yang digunakan sebagai gardu distribusi ini lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas transformator gardu induk. Gardu ini mengubah nilai tegangan sistem dari 20 kV menjadi tegangan pemakaian 220 V/380V. Besar kapasitas yang biasa digunakan gardu distribusi di Indonesia adalah 400 kVA, 630 kVA; dan 1000 kVA. (komari,1992)

## 4. Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder merupakan sistem antara gardu distribusi dengan pelanggan. Tegangan nominal yang digunakan di saluran distribusi sekunder sebesar 220 V/380 V.

Saluran distribusi ini terhubung dengan pusat-pusat beban yang terbagi menjadi beberapa macam golongan. (komari,1992)

### 2.1.4 Komponen Jaringan Distribusi

Pengopersian pada jaringan distribusi memiliki komponen-komponen yang terintegrasi membentuk sebuah jaringan yang utuh. Komponen-komponen tersebut antara lain: penghantar, tiang penyangga, dan trafo distribusi.

#### 1. Penghantar

Penghantar adalah salah satu komponen utama pada jaringan distribusi. Penghantar terdapat pada jaringan tegangan menengah maupun pada jaringan tegangan rendah. Penghantar yang digunakan pada jaringan distribusi secara umum terbagi atas dua yaitu kawat dan kabel. Penghantar kawat adalah penghantar tanpa selubung isolasi yang membungkusnya. Jenis penghantar ini hanya dipakai pada JTM. Pilihan konduktor penghantar yang dapat digunakan pada jaringan distribusi saat ini adalah konduktor jenis AAC (*All Aluminium Conductor*) dan AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*). (Adabuddin, 2011)



**Gambar 2.11** Penghantar AAAC

Sumber: <http://ptsaranamakmur.indonetwork.co.id>

Kabel penghantar adalah penghantar konduktor dengan selubung isolasi yang membungkusnya. Penghantar kabel yang digunakan pada jaringan distribusi PLN adalah jenis kabel AAAC dan XLPE. (Adabuddin,2011)



**Gambar 2.12** kabel XLPE

Sumber:[www.guanlite.com](http://www.guanlite.com)

## 2. Isolator

Isolator adalah komponen pada jaringan distribusi yang berguna untuk memisahkan bagian yang bertegangan dengan bagian yang seharusnya tidak bertegangan atau dengan tanah (*ground*).

Isolator jaringan tegangan listrik merupakan alat penompang kawat penghantar jaringan pada tiang-tiang listrik yang digunakan untuk memisahkan secara elektrik dua buah kawat atau lebih agar tidak terjadi kebocoran arus (*leakage current*) atau loncatan bunga api (*flash over*) sehingga mengakibatkan terjadinya kerusakan pada sistem jaringan tegangan listrik. (Adabuddin,2011)

Kemampuan suatu bahan untuk mengisolir atau menahan tegangan yang mengenainya tanpa menjadikan cacat atau rusak tergantung pada kekuatan

dielektriknya. Isolator slain berfungsi sebagai isolasi antara penghantar dan tanah (ground) dan penghantar lain, isolator juga berfungsi untuk memikul beban mekanis dari gaya tarik penghantar.

Isolator pada jaringan distribusi harus memnuhi beebberapa kriteria,antara lain:

- a. Bahan tidak dapat menghantar dapat menghantarkan arus listrik
- b. Ekonomis
- c. Ringan
- d. Memiliki kekuatam mekanis yang kuat
- e. Memiliki nilai hambatan jenis yang timnggi
- f. Tahan terhadap perubahan suhu,air,kelembapan sinar matahari terus menerus

Isolator yang digunakan umumnya berbahan dasar porselin dan kaca (glass). Isolator porselin memiliki performa yang lebih baik daripada isolator glass, namun secara harga porselin lebih mahal. Bentuk isolator berbeda-beda dan disesuaikan dengan fungsi mekanisnya, misalnya isolator untuk penyangga dan penahan tarikan yang memiliki konfigurasi berbeda-beda. Kegagalan isolasi dari isolator in dapat mengakibatkan gangguan hubung tanah pada jaringan distribusi. Kegagalan isolasi dapat terjadi karena beberapa hal seperi faktor usia isolator, terjadi lonjakan tegangan pada sistem, suhu lingkungan yang terlalu tinggi dan kerusakan mekanis dari isolator karena benturan atau tumbukan.

Jenis isulator jaringan distribusi yang digunakan untuk saluran distribusi tenaga listrik berdasarkan fungsi dan kontruksinya dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis sebagai berikut:

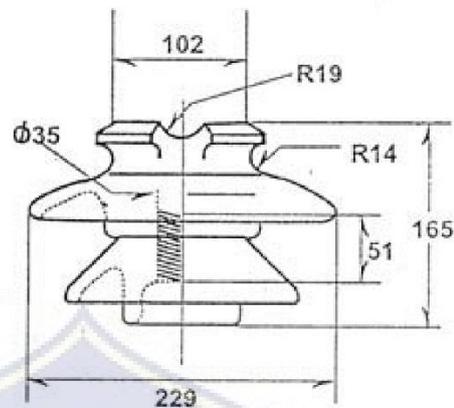
a. Isulator jenis pasak (*pin type insulator*)

Isulator jenis pasak (*pin type insulator*), digunakan pada tiang-tiang lurus (*tangent pole*) dan tiang sudut (*angle pole*) untuk sudut  $5^\circ$  sampai  $30^\circ$ .

Banyak terbuat dari porselen maupun bahan gelas yang dibentuk dalam bentuk kepingan dan bagian bawahnya diberi suatu pasak (*pin*) yang terbuat dari bahan besi atau baja tempaan. tiap kepingan di ikatkan oleh suatu bahan semen yang berkualitas baik. Bentuk kepingan dibuat mengembang kebawah seperti payung, untuk menghindarkan air hujan yang menimpa permukaan kepingan secara mudah. Banyaknya kepingan tergantung pada kekuatan elektriks bahan kepingan. Biasanya jumlah kepingan ini maksimum Lima buah.

Isolator pasak yang mempunyai satu keping, biasanya digunakan untuk jaringan distribusi sekunder pada tegangan 6 kV kebawah yang terbuat dari bahan gelas atau porselen.

Isolator jenis pasak ini banyak digunakan pada tiang-tiang lurus (*tangent pole*) dengan kekuatan tarikan sudut (*angle tenstile strenght*) hingga  $10^\circ$ . Kawat penghantar jaringan diletakan dibagian atas untuk posisi jaringan lurus, sedangkan untuk jaringan dengan sudut dibawah  $10^\circ$  kawat penghantar diikatkan pada bagian samping agar dapat memikul tarian kawat.



**Gambar 2.13 isolator jenis pasak**

Isolator jenis pasak banyak digunakan karena:

- a) Lebih banyak jaringan dibuat lurus
  - b) Sudut saluarn dibuat kurang dari  $15^\circ$
  - c) Isolatro jenis gantung lebih mahal dari isolator jenis pasak
  - d) Kontruksi tiang dibuat dengan cross-arm (travers) lebih menjolkan keluar sudut.
- b. Isolator jenis pos saluran (*line post type insulator*)

Isolator jenis pos saluran (*line post type insulator*),digunakan pada tiang-tiang lurus (*tangent pole*) dan tiang sudut (*angle pole*) untuk sudut  $5^\circ$  sampai  $15^\circ$ .Dibandingkan dengan isolator jenis pasak,isolator jenis pos ini lebih sederhana perencanaanya.diameternya lebih kecil dan tidak menggunakan kepingan-kepingan seperti isolator jenis pasak.terdapat lekukan-lekukan pada permukaannya untuk mengurangi hantaran yang terjadi pada isolator.makin tinggi tegangan isolasinya makin banyak lekukan-lekukan tersebut.

Isolator jenis ini bagian atasnya diberi tutup (*cup*) dan bagian bawah diberi pasak yang terbuat dari bahan besi atau baja tampaan. Bahan yang digunakan untuk isolator jenis ini terbuat dari bahan porselen basah yang murah harganya.



**Gambar 2.14** isolator jenis *post type*

Kekuatan mekanis isolator jenis pos saluran ini lebih tinggi dibandingkan isolator jenis pasak dan penggunaannya hanya pada jaringan distribusi primer untuk tiang lurus (*tangent pole*) pada sudut  $5^\circ$  sampai dengan  $15^\circ$ . Isolator jenis pos yang digunakan untuk jaringan distribusi 20 kV, memiliki tegangan tembus sebesar 35 kV dengan kekuatan tarik (*tensile strength*) sebesar 5000 pon.

- c. Isolator jenis batang panjang (*long rod insulator*).
- d. Isolator jenis gantung (*suspension type insulator*).
- e. Isolator jenis cincin (*spool type insulator*).

Penggunaan isolator pada jaringan Distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM).

Isolator yang digunakan untuk jaringan SUTM ini dipergunakan untuk konstruksi dapat dilihat dibawah ini:

Temperature maksimum:40°

Temperature nominal :28°

Temperature minimal:16°

Dalam jaringan SUTM ini mempergunakan isolator jenis sangga dan isolator suspension (isolator gantung).

Di dalam pemasangan isolator suspension maupun pemasangan sangga,diperiksa baut dan mur yang ada harus dikunci dengan kuat.isolator itu dipasang pada traves dengan mengunci mur dan baut yang terdapat pada plat penegang.

Di dalam memasang isolator suspension dilakukan setiap satu persatuan unit.setiapsatu jaringan SUTM yang terdapat sambungan saluran udara pada tiang,dibutuhkan enam unit isolator suspension dan isolator sangga.isolator sangga berfungsi penyangga kawat penghantar dibutuhkan enam buah klem penyambung yang terbuat dari bahan yang sama dengan bahan penghantar.pada trves diakhiri saluran SUTM dipakai tiga unit isolator suspension .

Dampak kotoran terhadap isolator pada umumnya polutan tidak mempunyai dampak positif terhadap kinerja dari suatu isolator ,tetapi sebaliknya,polutan dapat memberikan pengaruh negatif,antara lain:

- 1) Mempengaruh besar hambatan tahanan isolasi dari isolator.
- 2) Mempercepat kegagalan isolator karna pengotoran pada permukaannya.
- 3) Menyebabkan terjadinya arus bocor .

- 4) Menyebabkan terjadinya tegangan lewat denyar atau loncatan bunga api.
- 5) Mengakibatkan degradasi isolator
- 6) Terjadinya rugi-rugi energi.

### 3. Konektor

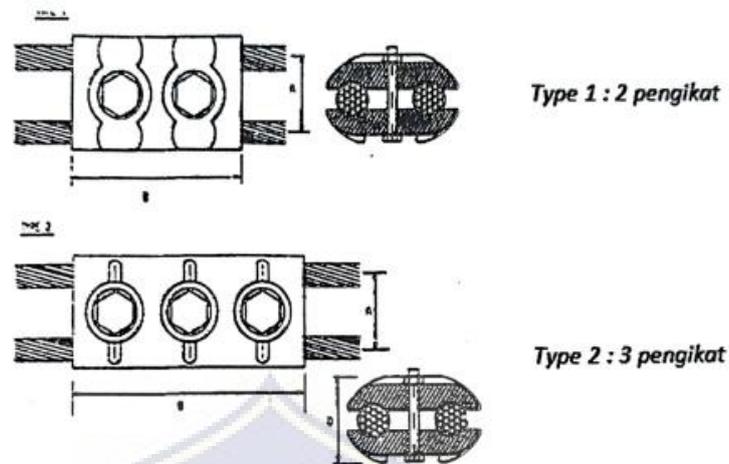
Konektor adalah alat yang digunakan untuk menyambung antar dua penghantar. Fungsi dan tujuan utama dari konektor ini adalah menyatukan dua penghantar sedemikian rupa sehingga tahanan kontak penyambungan itu menjadi sangat kecil atau bahkan bernilai nol.



**Gambar 2.15** Gardu beserta konektor LLC

Sumber: Adabuddin, (2011)

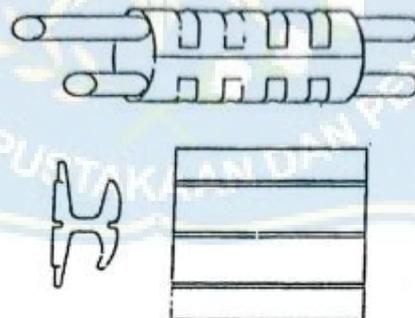
Berbagai model konektor dipakai pada sambungan SUTM, antara lain *parallel groove*, *type H*, *joint sleeve*, dan yang terakhir adalah generasi untuk PDKB (*Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan*) yaitu LLC (*Live Line Connector*). (Adabuddin, 2011)



**Gambar 2.16** konektor tipe paralel groove

Sumber: Adabuddin, (2011)

Gambar diatas adalah jenis konektor *paralel-groove* yang terdiri dari tipe 2 pengikat dan 3 pengikat. Konektor tipe 3 pengikat berdasarkan prinsipnya lebih baik dari konektor tipe 2 pengikat, karena pada konektor tipe 3 pengikat lebih banyak luas permukaan kontak yang bersinggungan antara dua kawat.

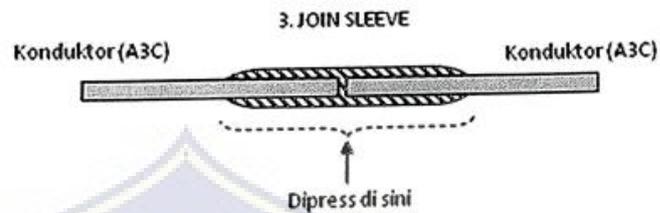


**Gambar 2.17** "H" type connector

Sumber : Adabuddin, (2011)

Penyambung SUTM yang ditarik (antara tiang), seharusnya memakai konektor model "*join sleeve*" (gambar 2.16). *join sleeve* adalah konektor yang

berupa selongsong dan pada ujung-ujung kawat dimasukan kemudian dipress dengan alat press kabel.model *parallel groove* atau tipe h dapat digunakan pada tap-konektor



**Gambar 2.18** konektor tipe join Sleeve

Sumber: Adabuddin, (2011)

Konektor yang paling bagus diantara ketiganya adalah konektor model *join sleeve*, baik sifat mekaniknya maupun sifat elektrisnya.

#### 4. Tiang penyangga

Tiang penyangga dibutuhkan pada saluran udara jaringan distribusi. Fungsi dari tiang adalah untuk menyangga saluran tetap pada jarak aman yang diperbolehkan. Tiang penyangga harus memiliki kekuatan mekanis yang cukup untuk menahan tarikan dan beban mekanis dari saluran yang disangganya: Tiang penyangga dapat terbuat dari bahan kayu, beton atau besi.

Jarak antar tiang diatur sedemikian rupa sehingga penghantar tetap terletak pada jarak aman. Jarak antar tiang juga disesuaikan berdasarkan jenis penghantar yang dipakainya, misalnya untuk penghantar berbahan aluminium (AAC) memiliki jarak antar tiang yang lebih kecil daripada saluran dengan penghantar aluminium berinti baja (ACSR). (Adabuddin, 2011)

## 5. Trafo Distribusi

Trafo distribusi digunakan untuk menurunkan tegangan dari level TM ke level TR yang dipakai konsumen, misalnya trafo distribusi menurunkan tegangan 20 kV menjadi 220/380 V untuk konsumen TR dan jaringan distribusi trafo menyumbang susut energi.(Adabuddin,2011)

## 6. Peralatan hubung

Peralatan hubung ini digunakan untuk percabangan dan alokasi seksi pada jaringan distribusi. Pengoperasian saat terjadi gangguan menjadi lebih mudah dan handal dengan adanya peralatan hubung. Peralatan hubung yang dipasang adalah Load Break Switch (LBS) dan Fuse-Cut Out (FO).(Adabuddin,2011)

### **2.2 Jaringan Distrusi Tegangan Menengah**

STM menggunakan level tegangan menengah pada pengoperasiannya, yaitu berkisar antara 1 kV sampai 35 kV. Tegangan operasi JTM PLN di Indonesia adalah 20 kV sesuai dengan ditetapkan standar tegangan menengah,. (Buku 5 Standar Konstruksi PLN, 2010).(Abd.Haris,Herman Sudirman,2014)

#### **2.2.1 Saluran udara tegangan menengah (SUTM)**

Saluran udara tegangan menengah (SUTM) adalah jenis JTM dengan penghantar yang ada di udara dan ditopang oleh tiang beton atau besi (overhead lines). Ciri paling umum dari SUTM adalah penghantar yang digunakan berupa kawat telanjang, baik AAC maupun AAAC. Jaringan distribusi SUTM beroperasi pada tegangan 20 kV. (Abd.Haris,Herman Sudirman,2014)

Penggunaan *bare conductor* pada tegangan 20 kV memiliki konsekuensi terhadap batas-batas keamanan dan keselamatan pada konstruksinya. Hal yang paling utama mengenai batas keamanan dan keselamatan tersebut adalah jarak aman saluran terhadap lingkungan dan isolasi untuk memisahkan bagian bertegangan dengan tanah. (Abd.Haris,Herman Sudirman,2014)

Kabel jenis AAAC-S juga dapat digunakan, akan tetapi penggunaan kabel ini tidak menjamin keamanan terhadap bahaya tegangan sentuh. Penggunaan kabel ini hanya mengurangi resiko gangguan temporer seperti sentuhan tanaman.

SUTM adalah jaringan yang termurah untuk penyaluran kapasitas daya yang sama, diantara ketiga jenis konstruksi yang lain.

### **2.2.2 Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)**

SKUTM adalah jenis konstruksi JTM dengan menggunakan penghantar berisolasi penuh yang ditopang tiang beton. Penggunaan kabel berisolasi penuh menjadikan JTM jenis ini lebih aman dan handal dibanding SUTM. (Abd.Haris,Herman Sudirman,2014)

### **2.2.3 Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)**

SKTM adalah jenis konstruksi JTM menggunakan kabel yang ditanam di bawah tanah atau di bawah laut. Kabel yang digunakan berbeda dengan kabel yang digunakan SUTM dan SKUTM. Kabel pada SKTM memiliki pelindung mekanis antar fasanya.

SKTM ini banyak dijumpai di daerah perkotaan. SKTM jenis ini adalah termahal diantara ketiga JTM yang lain walaupun kapasitas penyalurannya sama dengan yang lain. (Abd.Haris,Herman Sudirman,2014)

### 2.3 Susut energi jaringan

Susut energi merupakan besar energi yang hilang dalam penyaluran daya listrik akibat berbagai macam sebab. Susut energi secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian utama; yaitu susut teknis dan susut non-teknis.

Susut teknis adalah energi yang hilang sebagai panas di sepanjang penghantar pada jaringan, transformator, serta peralatan lain pada jaringan yang mengandung unsur resistif dan reaktif. Susut non-teknis adalah energi yang hilang akibat faktor-faktor non-teknis seperti pencurian listrik, kesalahan pembacaan alat ukur, jaringan tersentuh phon dan karena kesalahan administrasi. Susut non-teknis merupakan susut yang tidak bisa ditebak penyebab dari susut ini. (komari,1992)

Rumusan dari susut teknis secara umum berasal dari rumus berikut:

$$P_{susut} = I_{saluran}^2 \times R_{penghantar} \quad (2.1)$$

I=arus yang mengalir di jaringan (ampere)

R=besar hambatan dalam penghantar ( $\Omega$ )

Besar hambatan untuk kabel tersebut didefinisikan dengan persamaan:

$$R = \frac{\rho \times l}{A} \quad (2.2)$$

R=hambatan dalam penghantar ( $\Omega$ )

$\rho$  = hambatan jenis penghantar ( $\Omega$ /meter)

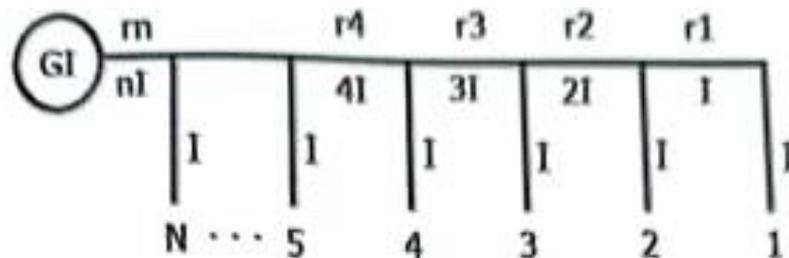
$l$  = Panjang penghantar (meter)

$A$  = luas penampang ( $\text{meter}^2$ )

Persamaan di atas dapat dilihat bahwa rugi-rugi di jaringan diakibatkan oleh besar arus yang mengalir, semakin banyak beban bekerja maka akan semakin besar pula arus yang mengalir di jaringan. Penghantar itu sendiri menyebabkan penghantar akan semakin banyak menyebabkan resistansi dalam penghantar juga akan lebih kecil. Sistem tenaga listrik nilai susut terkadang harus dihitung secara lebih detail dengan menjabarkan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan di atas. (komari,1992)

### 2.3.1 Susut Energi Pada Jaringan Tegangan Menengah

Susut jaringan tegangan menengah merupakan susut yang terjadi pada jaringan distribusi primer, dengan kata lain merupakan susut yang terjadi pada tegangan nominal 20 kV. Pemodelan dilakukan dengan melihat penyulang utama sebagai sumber dan transformator-transformator distribusi ataupun transformator khusus sebagai titik beban. Susut yang diperhitungkan biasanya susut untuk tiga fasa, sementara untuk mencari susut tap fasa biasanya menggunakan data penggunaan arus tap fasanya. (komari,1992)



### Gambar 2.19 model perhitungan susut JTM

Selanjutnya susut teknis JTM 3 fasa dapat dihitung sebagai berikut:

$$S_{watt} = ((I^2 r_1) + ((2I)^2 r_2) + ((3I)^2 r_3) + \dots + ((nI)^2 r_n)) \quad (2.3)$$

$$P_{susut\ 3\ fasa} = 3 \times \sum_1^n n \times I_{tb}^2 \times R_{JTM} \times pf \times 10^{-3} \quad (2.4)$$

Dimana:

$S_{watt}$  = Susut tiap fasa (Watt)

$P_{susut}$  = Susut jaringan (kWh)

$n$  = Jumlah titik beban (transformator distribusi atau khusus) atau diasumsikan jarak antar beban  $L$  (km)

$I_{tb}$  = Besar arus yang masuk ke titik beban (A)

$R_{JTM}$  = Besar resistansi penghantar pada JTM (0/km)

$pf$  = *Power factor*

#### 2.3.2 Susut Energi pada Transformator Distribusi

Susut transformator merupakan susut yang terjadi akibat rugi-rugi ditransformator. Susut transformator terdiri dari rugi besi (inti) dan rugi tembaga dan rugi isolasi. Rugi tembaga disebabkan oleh perubahan arus beban, sedangkan rugi besi disebabkan oleh fluksi pada inti dan bersifat konstan. (komari,1992)

Rugi-rugi inti dapat dikelompokkan dalam dua bagian yaitu rugi histerisis dan rugi karena arus pusar: Sumber rugi yang lain adalah kerugian dielektrik pada isolasi, tetapi biasanya kerugian ini kecil dan dapat diabaikan. Susut dari transformator dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$P_{trafo} = [P_{besi} + P_{tembaga} \times \left(\frac{kVA_{load}}{kVA_{rated}}\right)^2] \quad (2.5)$$

Susut transformator dalam kVA

$$S_{trafo} = \frac{P_{trafo}}{pf} \quad (2.6)$$

Dimana:

$P_{trafo}$  = Susut transformator (kW)

$P_{besi}$  = Susut akibat bahan besi (kW)

$P_{tembaga}$  = Susut akibat lilitan tembaga di transformator (kW)

$kVA_{load}$  = Beban yang diterima transformator (KVA)

$kVA_{rated}$  = Kapasitas transformator (kVA)

$S_{trafo}$  = Susut total transformator (kVA)

pf = Faktor daya

Berikut nilai dari rugi-rugi transformator distribusi menurut SPLN

D3.002-1 tahun 2007 dapat dilihat dari Tabel 2.2 berikut ini:

**Tabel 2.1 rugi-rugi transformator**

Sumber: SPLN D3.002-1, (2007)

<b>Daya</b>	<b>Rugi tanpa beban</b>	<b>rugi perbeban pada 75°C</b>
<b>KVA</b>	<b>W</b>	<b>W</b>
1	2	3
25	75	425

50	125	800
100	210	1420
160	300	2000
200	355	2350
250	420	2750
315	500	3250
400	595	3850
500	700	4550
630	835	5400
800	1000	6850
1000	1100	8550
1250	1400	10600
1600	1680	13550
2000	1990	16900
2500	2350	2100

Susut energi di inti dan konduktor pada transformator relatif sulit ditekan dengan manajemen beban yang baik susut energi inti dan konduktor dapat dikurangi. Susut energi akibat isolasi dapat ditekan dengan melakukan pemeliharaan. (komari,1992)

### 2.3.3 Susut energi pada saluran

Penghantar yang umum digunakan dalam sistem distribusi bisa berupa kawat ataupun kabel. Pada jaringan distribusi dapat menggunakan kawat untuk JTM dan kabel untuk JTM bawah tanah dan TR. Kawat hanya terdiri dari

konduktor saja, sementara untuk kabel selain inti konduktor masih terdapat lapisan semikonduktor, lapisan isolasi selubung dalam, dan lapisan selubung luar.

Konduktor ideal seharusnya tidak memiliki hambatan. Namun pada kenyataannya setiap benda memiliki hambatan pada listrik; begitupun konduktor yang dipakai sebagai penghantar arus pada jaringan distribusi. (komari,1992)

Konduktor yang digunakan pada jaringan distribusi menggunakan bahan logam aluminium dan tembaga. Aluminium dan tembaga memiliki nilai hambatan jenis yang berbeda. Aluminium memiliki nilai hambatan jenis yang lebih besar, namun karena harganya yang lebih murah, aluminium lebih sering dipakai untuk penghantar jaringan distribusi. Logam aluminium dicampur unsur lain untuk memperkecil hambatan jenisnya. Hal ini juga dimaksudkan untuk memperbaiki kekuatan mekanis dari aluminium. (komari,1992)

Susut daya pada penghantar berbanding lurus dengan hambatan dan kuadrat arus yang mengalir. Susut daya ini sering disebut daya disipasi pada penghantar. Nilai tegangan jatuh pada penghantar adalah hasil kali hambatan dan arus yang mengalirinya: Secara matematis tegangan dan disipasi per fasa pada penghantar dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{drop} = I \times R_{kabel} \quad (2.7)$$

Dan adapun rumus disipasi per fasa dapat dilihat pada persamaan (2.1)

Untuk suatu kabel terdapat suatu nilai hambatan dalam yang bias dipengaruhi oleh suhu, dengan persamaan berikut sesuai Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000: (PUIL; 2000)

$$R_t = R_{20} \times \frac{234,5+t}{254,5} \times \frac{L}{1000} \text{ Untuk Tembaga} \quad (2.8)$$

$$R_t = R_{20} \times \frac{228+t}{248} \times \frac{L}{1000} \text{ Untuk Aluminium} \quad (2.9)$$

Dimana:

$R_t$ =Resistensi L meter kabel pada suhu t °C (ohm)

$R_{20}$ =Resistensi pada 20 °C (Ohm/Km)

t= Suhu penghantar (20°)

L= Panjang penghantar (meter)

**Tabel 2.2 Resistansi penghantar pada suhu tetap pada suhu 20°c ( $R_{20}$ )**

Sumber:PUIL,(2000)

Luas penampang nominal mm <sup>2</sup>	Jumlah minimum kawat	Berlapis logam		Polos		Aluminium	
		Inti tunggal ohm/km	Inti banyak ohm/km	Inti tunggal ohm/km	Inti banyak ohm/km	Inti tunggal ohm/km	Inti banyak ohm/km
1	2	3	4	5	6	7	8
0,5	1	36	36,7	35,5	36	-	-
0,75	1	24,3	24,8	24	24,5	-	-
1	1	17,9	18,2	17,7	18,1	29,3	29,9
1,5	1	12	12,2	11,9	12,1	19,7	20
2,5	1	7,21	7,35	7,14	7,28	11,8	12
4	1	4,51	4,6	4,47	4,56	7,39	7,54
6	1	3	3,06	2,97	3,03	4,91	5,01

10	1	1,79	1,83	1,77	1,81	2,94	3
16	1	1,13	1,15	1,12	1,14	1,85	1,89
0,5	7	42,4	43,1	41,7	42,4	-	-
0,75	7	27	27,5	26,8	27	-	-
1	7	21,2	21,6	20,8	21,2	34,8	35,4
1,5	7	13,6	13,8	13,3	13,6	22,2	22,7
2,5	7	7,41	7,56	7,27	7,41	12,1	12,4
4	7	4,6	4,7	4,52	4,61	7,55	7,7
6	7	3,05	3,11	3,02	3,08	4,99	5,09
10	7	1,81	1,81	1,79	1,83	2,96	3,02
16	7	1,41	1,16	1,13	1,15	1,87	1,91
25	7(19)	0,719	0,734	0,712	0,727	1,18	1,2
35	19	0,519	0,529	0,541	0,524	0,851	0,868
50	19	0,383	0,391	0,379	0,387	0,628	0,641
70	7	0,265	0,27	0,262	0,268	0,435	0,443
95	7	0,191	0,195	0,189	0,193	0,313	0,32
120	7	0,151	0,154	0,15	0,153	0,248	0,253
150	7	0,123	0,126	0,122	0,124	0,202	0,206
185	7	0,0982	0,1	0,0972	0,0991	0,161	0,164
240	7	0,0747	0,0762	0,074	0,0754	0,122	0,125
300	7(19)	0,0595	0,0607	0,59	0,0601	0,976	0,1
400	19	0,0465	0,0475	0,0461	0,047	0,0763	0,0778
500	19	0,0369	0,0377	0,0366	0,0373	0,0605	0,0617

### 2.3.4 Susut energi pada sambungan tidak baik

Susut ini terjadi karena disepanjang jaringan tegangan rendah terdapat beberapa sambungan, antara lain:

- Sambungan saluran jaringan tegangan rendah dengan kabel NYFGBY
- Percabangan sambungan tegangan rendah
- Percabangan untuk sambungan pelayanan

Besarnya rugi-rugi daya pada sambungan dapat dilihat pada persamaan 2.1. Tahanan konektor  $R_K$  adalah ekivalen dengan 1 meter Panjang konduktor  $R_t$  (pada kondisi baik) dan sekitar 11 meter Panjang konduktor  $R_t$  (pada kondisi buruk, sesuai dengan hasil pengukuran di laboraorium. (pakpahan, 1997)



Gambar2.20 sambungan kabel

### 2.3.5 Susut Akibat Faktor Daya Rendah

Maksimalkan daya sebesar  $P$  disalurkan melalui saluran dengan penghantar netral. apabila pada penyaluran daya arus fasa dalam keadaan seimbang, maka besarnya daya dapat dinyatakan sebagai

$$P = 3[V][I]\text{Cos}\varphi \quad (2.10)$$

Dengan:  $P$  = Daya pada ujung kirim

$V$  = Tegangan pada ujung kirim

$\text{Cos}\varphi$  = faktor Daya

Dengan demikian besarnya arus ujung kirim sama dengan arus ujung diterima .apabila tegangan faktor daya pada ujung terima berurut-urut adalah  $V'$  dan  $\text{Cos}\varphi'$ , daya pada ujung terima adalah

$$P' = 3[V'][I]\text{Cos}\varphi' \quad (2.11)$$

Selisih antara P pada persamaan (2.10) dan P' pada persamaan (2.11) memberikan susut daya saluran yaitu:

$$\begin{aligned} P' &= P - P' \\ &= 3[I]\{[V]\text{Cos}\varphi - [V']\text{Cos}\varphi\} \end{aligned} \quad (2.12)$$

### 2.3.6 Susut energi isolator

Susut energi pada isolator terjadi akibat fungsi isolator yang tidak dapat menahan stress listrik secara sempurna. Hal in ditandai dengan adanya arus bocor (leakage current). Besar arus bocor yang terjadi pada suatu isolator dipengaruhi terutama oleh:

- a. Tingkat polusi dan kondisi basah/kering permukaan isolator.
- b. Bentuk/ tipe isolator

Pada isolator normal, dalam keadaan bersih dan kering, arus bocor dapat diabaikan, namun bila permukaan terpolusi terlebih dalam kondisi basah, arus bocor naik dengan sangat drastis. Dengan demikian susut energi pada isolator sangat bervariasi tergantung dari tingkat polusi dan kondisi permukaan. Disamping itu polusi dan kebasahan menurunkan tegangan flasover (FOV) dari isolator. Jadi, menghindarkan isolator dari polusi dan kebasahan dapat mengurangi susut energi

dan sekaligus meningkatkan keandalan. Bentuk tipe isolator mempengaruhi creepage distance dan kemungkinan terpolusi. Dengan demikian bentuk/tipe isolator juga untuk kondisi lingkungan yang sama dapat mempengaruhi susut energi. Adapun kriteria bahan yang baik digunakan sebagai isolator jaringan distribusi adalah :

1. Bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik
2. Bahan isolasi yang ekonomis; tanpa mengurangi kemampuannya sebagai isolator. Sebab makin berat dan besar ukuran isolator tersebut akan mempengaruhi beban penyangga pada sebuah tiang listrik.
3. Bahan yang terbuat dari bahan padat, dan memiliki kekuatan mekanis tinggi seperti: porselin, gelas, mika, ebonit, keramik, parafin, kuartz, dan veld spaat.
4. Mempunyai tahanan jenis yang tinggi
5. Memiliki kekuatan mekanis yang tinggi
6. Memiliki sifat-sifat (dua hal diatas) tidak berubah oleh perubahan suhu; siraman air, kelembaban, sinar matahari, polaritas listrik.
7. Bila mengalami loncatan listrik (lash over) tidak akan meninggalkan jejak (cacat).

## **2.4 Kurva Beban**

Kurva beban adalah kurva yang menunjukkan besar pembebanan suatu gardu yang dinyatakan dalam A, kW, ataupun kVA terhadap waktu dalam kurun waktu tertentu.

### **2.4.1 Kurva beban harian**

Kurva beban harian adalah kurva yang menunjukkan variasi beban pada tap jam dalam kurun waktu satu hari. Grafik kurva beban harian ini dapat dilihat pada jam yang mana beban puncak terjadi.

#### 2.4.2 Kurva beban bulanan

Kurva beban bulanan adalah kurva beban yang menunjukkan variasi beban setiap pekan dalam kurun waktu satu bulan.

#### 2.4.3 Kurva beban tahunan

Kurva beban tahunan adalah kurva beban yang menunjukkan variasi beban selama satu tahun. Kurva beban tahunan biasanya memiliki cuplikan waktu satu bulan.

### 2.5 Gangguan pada transformator

**Tabel 2.3 gangguan pada transformator**

No	Jenis gangguan	Kemungkinan penyebab gangguan	Cara mengatasinya
1.	Suhu trafo tinggi	a. Beban tinggi b. Minyak trafo kurang c. Sirip/sisi-sisi trafo kotor d. Suhu keliling tinggi e. Loss kontak antara sepatu kabel dengan terminal trafo f. Kipas fan pendingin tidak	a. Turunkan beban b. Tambahkan c. Bersihkan d. Beban turunkan e. Perbaiki,bersihkan,gosok f. Periksa fuse g. Periksa kabel hubung h. Periksa dan perbaiki

		bekerja - Sumber listrik untuk motor hilang - Motor kipas rusak - Thermoswitch macet	
2.	Tegangan keluaran trafo tidak seimbang	a. Tegangan masukannya tidak seimbang b. Terjadinya hubung singkat di belitan trafo c. Terjadi kesalahan pada sadapan trafo	a. Matikan suplai tenaga listriknya b. Periksa adanya gangguan pada suplai dan kabel c. Perbaiki/ganti d. perbaiki

## 2.6 pemeliharaan peralatan Jaringan

Alat yang dioperasikan pada umumnya mengalami keausan dan penurunan untuk kerjanya dibandingkan terhadap kondisi awal saat *commissioning*. Apabila kondisi suatu alat yang dioperasikan dengan baik dan dipelihara secara sempurna disebut sebagai kondisi ideal, maka seiring dengan waktu operasinya, kondisi-ideal tersebut akan semakin menurun menjauhi kondisi awal (*commissioning-test condition*): Pemeliharaan instalasi peralatan sistem tenaga listrik dimaksudkan sebagai upaya untuk mempertahankan kondisi-ideal peralatan tersebut (keandalan, efisiensi dan umur ekonomis).

### 2.6.1 Pemeliharaan Gardu Distribusi

Program pemeliharaan trafo dengan sendirinya tidak boleh dilepaskan dari penyiapan program pemeliharaan gardu (sipil, peralatan switching dan proteksi) secara rinci sesuai jenis pemeliharaan yaitu :

1. Pemeliharaan rutin

Pemeliharaan sipil garu dan pemeliharaan ringan trafo serta instalasi gardu distribusi yang dilaksanakan minimal 1 kali dalam satu tahun untuk menemukan/menghindari kerusakan dan meliputi :

- a. Pembersihan fisik dari kotoran (debu;dil) sehingga permukaan isolator selalu bersih dari karbon yang terbentuk.
- b. Pengukuran dan perbaikan kekencangan baut konektor penghantar
- c. Pengukuran dan perbaikan nilai pentanahan.
- d. Pemeriksaan *rating* & instalasi proteksi trafo distribusi
- e. Penyeimbangan beban. Evaluasi kapasitas trafo, konduktor, rel, PMB (emutus Beban); pelebur; kabel agar arus beban yang mengalir; tidak sampai membuat panas yang berlebihan yang bisa merusak.
- f. Pengecatan dan perbaikan sipil gardu (bila diperlukan)
- g. Kebocoran trafo.
- h. Pengukuran/ penilaian resiko perlu tidaknya dilaksanakan pemeliharaan rekondisi (*Proactive maintenance*).

Pemeliharaan rutin ini sebaiknya dilaksanakan secara khusus dengan pertimbangan hari penting nasional atau kondisi khusus yang memerlukan

perhatian misalnya awal musim hujan.

Pelaksanaan Khusus untuk butir h, jumlah item penilaian resiko dapat disesuaikan dengan klasifikasi unit pelaksana bersangkutan, contoh: untuk wilayah trafo yang rating terbesar tidak lebih dari 250 kVA misalnya kota Merauke; pengujian DGA Test, dapat tidak dilaksanakan:

2. Pemeliharaan berdasar kondisi - *Condition Based Maintenance/ Proactive maintenance.*

Siklus tertutup pemeliharaan rekondisi dilaksanakan sebagai tindak lanjut analisa evaluasi hasil pengukuran sesuai khususnya bila di peroleh kesimpulan trafo bersangkutan masih dapat di rekondisi/dikembalikan unjuk kerjanya hingga kemampuan maksimal/awal.

3. Pemeliharaan koreksi tidak terencana

Pemeliharaan korektif tidak terencana adalah kegiatan / tindakan perbaikan karena terjadi gangguan atau hasil kaidan kelayakan *assesment* trafo yang merekomendasikan penggantian trafo dengan yang baru.

Harus diprediksi jumlah dan jenis pemeliharaan koreksi tidak terencana sehingga walaupun terjadi kegagalan pada salah satu unit trafo distribusi atau kelengkapan *switching/proteksi* tidak berakibat kelambatan *recovery* sistem. Prediksi jumlah trafo yang diperlukan dalam program pemeliharaan koreksi harus ditargetkan lebih kecil dari jumlah realisasi gangguan trafo yang terjadi di tahun sebelumnya.

Kegiatan pemeliharaan tidak terencana dalam pelaksanaan, tes off-line harus dilakukan ketika ada gangguan berasal dari trafo ataupun bukan berasal dari

trafo yang diindikasikan dengan putusnya *fuse* TM trafo bersangkutan atau CB di penyulang dan dengan *fuse* TR putus (*Through Fault Current*) untuk memastikan bahwa trafo dalam kondisi baik atau trafo bersangkutan harus direkondisi.

Kegiatan pemeliharaan koreksi ini termasuk dalam jasa rekonstruksi lang trafo distribusi eks gangguan oleh penyedia jasa perbaikan trafo dengan pagu maksimum 60 % dibandingkan harga trafo baru.

Pengotoran peralatan instalasi gardu distribusi dalam operasinya, dapat terjadi pada lingkungan / udara (debu) oleh serangga (sawang). Kotoran itu berterbangan atau menempel di permukaan isolator dan konduktor. Konduktor akan bertegangan dan panas diakibatkan kotoran tersebut. Debu-debu itu terbakar dan berubah menjadi karbon. Karbon yang terbentuk di permukaan isolator dapat menjadi jembatan terjadinya loncatan bunga api listrik yang kemudian menjadi gangsaan bagi sistem. Konstruksi gardu dan pemeliharaannya perlu diperhatikan karena dapat berpengaruh terhadap lingkungan.

### **2.6.2 Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan menengah**

Saluran udara berada di alam yang cukup tinggi, menyebabkan gangguan cenderung berasal dari lingkungan, yang diantaranya adalah:

#### **1. Petir**

Ujung tiang biasanya lebih tinggi maka diharapkan sambaran langsung jarang terjadi, kalau pun terjadi dan tahanan tanah tang cukup tinggi, maka dapat terjadi flash over ke konduktor fasa yang menyebabkan gangguan tanah.

## 2. Binatang

Burung,kalong,kodok besar,ular dapat menjadi penyebab gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah,2 fasa bahkan 3 fasa

## 3. Manusia

Permainan layang-layang dapat menyebabkan kabel jaringan putus.

## 4. Tumbuhan

Tumbuhan yang merambat dan dahan/rating pohon besar dapat pula menjadi penyebab gangguan.

## 5. Jumper putus

Karna korosi,terjadi pemburukan tahanan kontak jumper dan konduktor putus akan ajtuh ketanah.

## 6. Isolasi retak atau pecah

Isolator retak atau pecah keduanya dapat menjadi penyebab gangguan. Pemeriksaan tahanan kontak yang buruk dilakukan dengan cara pengamatan sambungan dengan menggunakan thermovision. Bila ditemukan temperatur tinggi pada sambungan, maka hal-hal yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memadamkan jaringan
2. Mengukur tahanan kontak
3. Membersihkan permukaan kontak
4. Apabila klem penjepit sambungan rusak maka harus diganti
5. Jaringan Kembali disambungkan dan tahanan kontaknya Kembali diukur
6. Apabila hasil ukur baik maka jairngan Kembali *deenergize*.

### **2.7 Jadwal pelaksanaan pemeliharaan**

Umumnya pemeliharaan peralatan dapat dilakukan secara preventif atas dasar waktu (*Preventive maintenance*), atau secara prediktif atas dasar evaluasi hasil pengukuran/pengamatan (*predictive-maintenance*). Kadang-kadang Tindakan perbaikan (*repair*) untuk peralatan yang mengalami *forced-outage* karena kerusakan dalam operasi juga dikategorikan sebagai pemeliharaan secara korektif.

Adapun jadwal yang ditetapkan oleh PLN sesuai dengan surat edaran Direksi PI PLN (Persero) Nomor: 040.E/152/DIR/1999 tentang manajemen pemeliharaan distribusi adalah sebagai berikut:

- a. Pemeliharaan preventif : Pemeliharaan dilakukan antar selang waktu tertentu untuk mengurangi kemungkinan peralatan mengalami perubahan kondisi.
- b. Pemeliharaan korektif : Pemeliharaan untuk memulihkan peralatan kembali kepada keadaan normal (termasuk penyetulan/perbaikan peralatan yang sudah menyimpang dari keadaan normal) untuk pemeliharaan ini kadang - kadang diluar rencana.
- c. Pemeliharaan darurat: Pemeliharaan/perbaikan yang perlu segera diperbaiki untuk mencegah kerusakan yang lebih besar.
- d. Pemeliharaan berjalan : Pemeliharaan yang dilakukan pada waktu peralatan masih dalam keadaan tidak dioperasikan/jalan.
- e. Pemeliharaan berhenti: Pemeliharaan yang dilakukan pada waktu peralatan dalam keadaan tidak dioperasikan.
- f. Perbaikan : Dilakukan setelah terjadi kerusakan; tetapi sudah diperkirakan sebelumnya, sehingga persiapan perbaikan sudah dilakukan.

### 1. *Preventive maintenance*

*Preventive maintenance* dilakukan atas dasar waktu; tanpa mempertimbangkan kondisi peralatan. Setelah dioperasikan dalam periode waktu tertentu, peralatan (unit pembangkit atau trafo atau transmisi atau *switchgear*) dikeluarkan dari operasi (*shut-down*) untuk diperiksa dan sekaligus untuk penggantian bagian-bagian yang aus (*consumable parts*). Ada kalanya hasil pemeriksaan periodic tidak menunjukkan tanda-tanda yang memerlukan tindak lanjut sehingga peralatan yang sudah dikeluarkan dari operasi tersebut dipasang lagi dan dioperasikan. Bila ternyata tidak diperlukan tindak lanjut, maka waktu dan usaha yang dihabiskan selama pelaksanaan pemeliharaan tersebut merupakan kerugian, yaitu tersitanya waktu operasi, serta tidak efektifnya waktu dan tenaga personil untuk suatu *unnecessary shut-down*.

#### 2.7.1 *Predictive maintenance*

*Predictive maintenance* dilakukan atas dasar hasil evaluasi kondisi operasi peralatan. Hasil monitoring bersama operasi suatu alat/peralatan berupa checklists (catatan manual) maupun hasil rekaman, diolah dan dibandingkan dengan suatu referensi untuk menentukan suatu kondisi alat/peralatan tersebut: Proses pengukuran/pengamatan besaran operasi ini disebut proses monitoring dan proses pengolahan data hasil monitoring berikut perbandingan terhadap referensi disebut proses evaluasi. Hasil proses monitoring dan evaluasi ini dapat memberikan gambaran kondisi alat/peralatan saat pengukuran. Apabila hasil evaluasi tersebut menunjukkan penyimpangan, maka direncanakanlah saat yang tepat dilaksanakan pemeliharaan untuk koreksi sehingga *unnecessary shut-down* dapat dihindari.

Untuk sekaligus menghindari kemungkinan terjadinya kerusakan yang mengakibatkan keluar-paksa (*forced-outage*) alat atau unit kerja suatu system diantara waktu satu pengamatan dan pengamatan berikutnya, maka proses monitoring dan evaluasi dilakukan secara berkesinambungan.

### **2.7.2 Repair (break-down) maintenance**

*Repair (break-down) maintenance* dilakukan dalam rangka perbaikan atas alat/peralatan dalam system yang mengalami keluar-paksa (*forced-outage*) oleh kerusakan dari system. Keadaan *forced-outage* pada umumnya terjadi pada system yang pemeliharaannya didasarkan pada periode waktu (*preventive*). Kondisi alat/peralatan dalam periode dimana pemeriksaan periodik tidak terpantau dengan baik, karena pemeriksaan hanya dilakukan pada saat pemeliharaan rutin. *Shut-down* yang tidak terencana ini akan mengakibatkan kerugian berganda, yakni gangguan penyaluran tenaga listrik serta keadaan darurat yang diakibatkannya terhadap persiapan personil material karena waktu yang tidak direncanakan.

Adapun jadwal yang ditetapkan oleh PLN sesuai dengan surat edaran Direksi PT PLN (Persero) Nomor: 040.E/152/DIR/1999 tentang manajemen pemeliharaan distribusi adalah sebagai berikut:

- a. Pemeliharaan preventif : Pemeliharaan dilakukan antar selang waktu tertentu untuk mengurangi kemungkinan peralatan mengalami perubahan kondisi.
- b. Pemeliharaan korektif : Pemeliharaan untuk memulihkan peralatan Kembali kepada keadaan normal (termasuk penyetelan/perbaikan peralatan yang sudah

menyimpang dari keadaan normal ) untuk pemeliharaan ini kadang kadang diluar rencana.

- c. Pemeliharaan darurat: Pemeliharaan/perbaikan yang perlu segera diperbaiki untuk mencegah kerusakan yang lebih besar.
- d. Pemeliharaan berjalan: Pemeliharaan yang dilakukan pada waktu peralatan masih dalam keadaan tidak dioperasikan/jalan.
- e. Pemeliharaan berhenti: Pemeliharaan yang dilakukan pada waktu peralatan dalam keadaan tidak dioperasikan.
- f. Perbaikan : Dilakukan setelah terjadi kerusakan, tetapi sudah diperkirakan sebelumnya, sehingga persiapan perbaikan sudah dilakukan.

## **2.8 Persiapan pemeliharaan**

Dengan mengetahui kondisi peralatan, maka persiapan pemeliharaan dapat direncanakan dengan baik, meliputi:

1. Kesiapan pegawai
2. Peralatan kerja yang haerus dibawa
3. Surat perintah kerja
4. Penyediaan sarana transportasi
5. Jumlah pegawai yang diperlukan
6. Material pengganti

Dengan persiapan yang lebih baik, maka lama pemeliharaan akan optimal.

## BAB III

### METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan tempat penelitian

##### 1. Waktu

Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan (juli-agustus) Tahun 2023 dan jenis kegiatan yang dilakukan yaitu survey lokasi dan pengambilan Data.

##### 2. Tempat penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di PT PLN (persero) UP3 Makassar utara

#### 3.2 Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa computer (PC)/laptop,Microsoft word 2019,Microsoft Excel.

#### 3.3 Metode penelitian

##### 3.3.1 Teknik pengumpulan data

Data penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari PT PLN (PERSERO) Up3 makassar utara khususnya data yang ada hubungannya dengan penelitian berupa data berikut

1. *Single line diagram* JTM system distribusi penyulang polda PT.PLN (PERSERO) UP3 makassar utara
2. Data teknis komponen jaringan distribusi penyulang polda berupa data impedansi saluran,isolator,inductor,dan transformator
3. Data Panjang saluran dan arus pada saluran
4. Data beban trafo per-gardu penyulang polda

5. Biaya pemeliharaan peralatan listrik berupa biaya pemeliharaan transformator.

### **3.3.2 Langkah-langkah penelitian**

Studi analisis ini akan meneliti pengaruh pemeliharaan peralatan listrik terhadap susut energi dan factor ekonomis pada jaringan distribusi. Kita akan membandingkan susut energi dan biaya yang dikeluarkan ketika dilakukan pemeliharaan peralatan listrik dengan tidak dilakukan pemeliharaan peralatan listrik..

### **3.3.3 Prosedur penelitian**

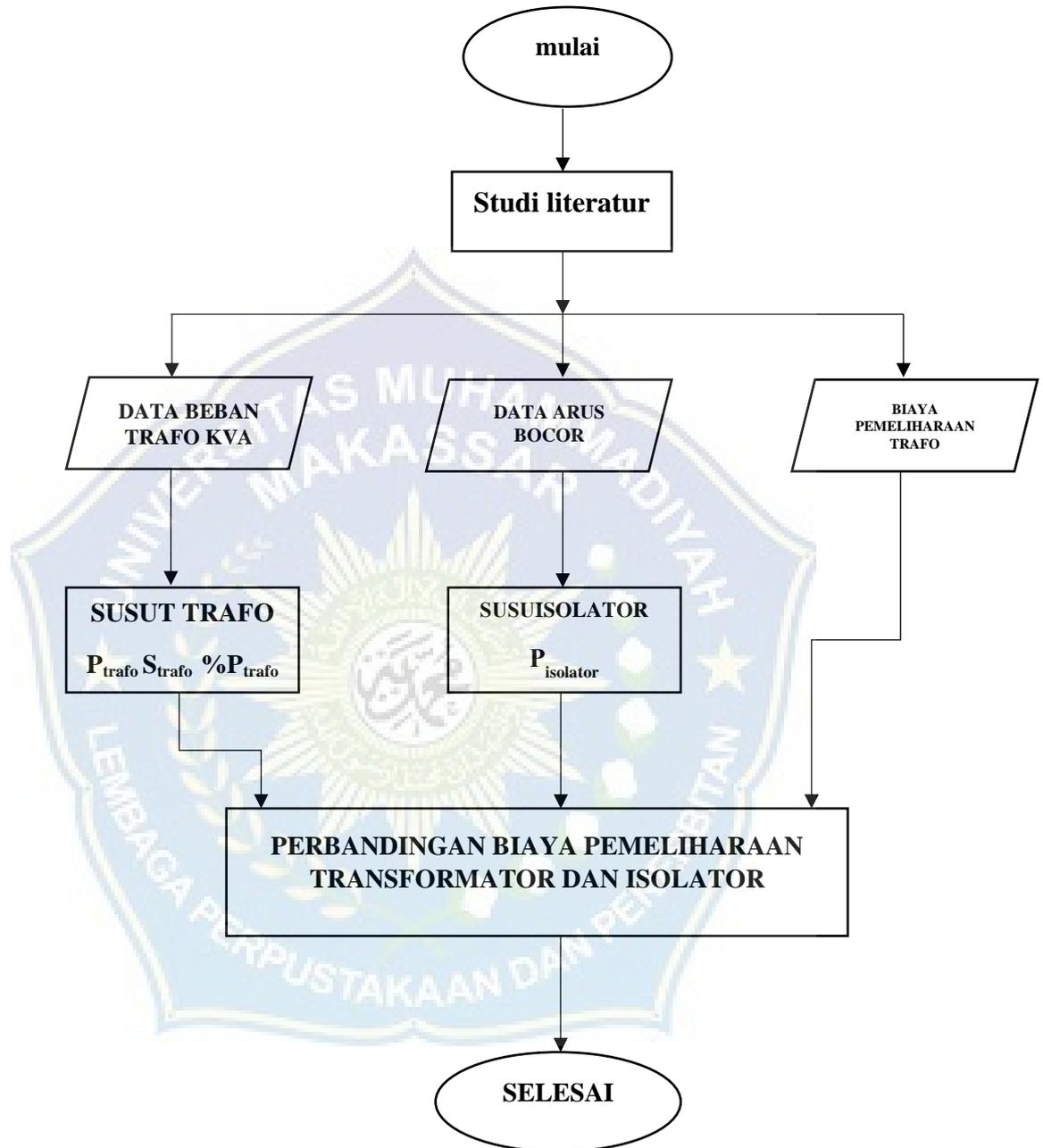
### **3.3.4 Langkah-langkah penelitian**

Adapun tahapan-tahapan penelitian yang dilaksanakan mulai dari pokok permasalahan sampai hasil (kesimpulan) membentuk sebuah diagram alur. Berikut Langkah-langkah yang menjadi acuan penulis:

- a. Penelitian ini mulai dengan metode pengambilan data pemeliharaan dan factor ekonomis (biaya pemeliharaan).
- b. Melakukan pengelolaan data pengukuran beban trafo tiap gardu penyulang polda, Mengumpulkan data arus bocor isolator
- c. Melakukan perhitungan susut trafo dan susut isolator
- d. Melakukan perbandingan biaya pemeliharaan transformator dan isolator

Berikut adalah flowchart dalam penelitian.

### 3.4 Flowchart



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Komponen Penyulang Polda

##### 4.1.1 Penghantar Penyulang Polda

Data penghantar penyulang polda yang diperoleh dari pengukuran PLN terdiri atas dari arus, suhu, Panjang penghantar serta tahanan konduktor. Nilai arus diperoleh dari arus beban yang mengalir ke konduktor. Suhu merupakan suhu konduktor Ketika mengalir arus beban. Tahanan konduktor merupakan tahanan pada saat suhu 75°C yang dihitung dengan menggunakan persamaan (2.9). Daya yang disalurkan diperoleh dari hasil  $P = \sqrt{3} \times V_{1-1} \times I \times \cos \varphi$  dimana factor daya yang digunakan adalah 0,85. Data ini digunakan untuk mencari nilai susut konduktor. Data penghantar penyulang polda sapat dilihat pada tabel:

**Tabel 4.1 Data penghantar penyulang polda**

No.	Gardu		Arus (A)	Daya yang disalurkan (kW)	Panjang (m)	R <sub>t</sub> (Ohm)
	Dari	Ke				
1.	GI	KMBSC	229,1667	6747,778	140	0,01974
2.	KMBSC	UBBB	175,6667	5172,479	100	0,03455
3.	UBBB	KPPCG	141,6667	4171,354	40	0,10948
4.	KPPCG	UBAZ	145,8333	4294,041	80	0,0459
5.	UBAZ	UPAH	249,3667	7348,453	130	0,03949
6.	UPAH	UPAH 1	352,3333	10374,402	100	0,02962
7.	UPAH 1	KPPBC	26,4667	779,307	40	0,1234

8.	KPPBC	UPAG 1	236,3333	6958,800	100	0,05622
9.	UPAG 1	UPAG	348	10246,808	80	0,1974
10.	UPAG	-	324	9540,131	130	0,09872
11.	-	UPBW	486,3333	14320,012	500	0,03924
12.	UPBW	UPBW 1	89,3333	2630,407	60	0,03949
13.	UPBW 1	KPPKT	88,6667	2610,77	80	0,04252
14.	KPPKT	KPCKJ	22,3333	657,6017	60	0,04252
15.	KPCKJ	UPDP 1	45,6667	1344,648	150	0,01974
16.	UPDP 1	UPDP	142,3	4190,002	40	0,15413
17.	UPDP	UPBY	315,6667	9294,758	200	0,01974
18.	UPBY	UPJB	164,6667	4848,585	60	0,2179
19.	UPBJ	UPBC3	256,6667	7557,512	80	0,01974
20.	UPBC 3	KPOY 1	366,8333	10801,352	150	0,03949
21.	KPOY 1	KPOY	170,3333	5015,439	40	0,02126

#### 4.1.2 Data transformator penyulang polda

##### 4.1.2.1 Data susut besi dan susut tembaga

Data transformator penyulang polda merupakan data transformator distribusi yang terdiri dari kapasitas transformator, susut besi dan susut tembaga serta *power factor* yang di dapatkan dari tabel 2.1 tabel transformator penyulang polda dapat dilihat pada tabel :

**Tabel 4.2 Data Susut Besi dan Susut Tembaga Transformator Distribusi**

No.	Gardu	Kapasitas transformator (kVA)	Susut besi (watt)	Susut Tembaga (watt)	Pf %
1.	KMBSC	200 kVA	355	2350	85
2.	UBBB	250 kVA	420	2750	85
3.	KPPCG	100 kVA	210	1420	85
4.	UBAZ	250 kVA	420	2750	85
5.	UPAH	400 kVA	595	3850	85
6.	UPAH 1	100 kVA	210	1420	85
7.	KPPBC	160 kVA	300	2000	85
8.	UPAG 1	200 kVA	355	2350	85
9.	UPAG	200 kVA	355	2350	85
10.	-	100 kVA	210	1420	85
11.	UPBW	315 kVA	500	3250	85
12.	UPBW 1	160 kVA	300	2000	85
13.	KPPKT	200 kVA	355	2350	85
14.	KPCKJ	100 kVA	210	1420	85
15.	UPDP 1	160 kVA	300	2000	85
16.	UPDP	250 kVA	420	2750	85
17.	UPBY	400 kVA	595	3850	85
18.	UPJB	315 kVA	500	3250	85
19.	UPBC 3	250 kVA	420	2750	85
20.	KPOAY 1	200 kVA	355	2350	85
21.	KPOAY	200 kVA	355	2350	85

#### 4.1.2.2 Beban Transformator penyulang Polda

Baban transformator dalam satu hari diperoleh dari data beban transformator PLN yang dicatat 1 kali sehari sesuai persamaan (3.1).Trafo beban kVA itu terbagi dua atau dapat digunakan untuk umum atau pelanggan,untuk umum tergantung daya yang diinginkan atau beban yang diminta pelanggan dan untuk umum tergantung dari daya yang diinginkan atau beban yang dibutuhkan. Data beban transformator dalam 1 hari dapat dilihat pada tabel :

**Tabel 4.3 Beban transformator penyulang polda**

No.	Gardu	Kapasitas/transformator (kVA)	Beban tarfo 1 hari (kVA)
1.	KMBSC	200 kVA	102,44
2.	UBBB	250 kVA	137,06
3.	KPPCG	100 kVA	16,06
4.	UBAZ	250 kVA	141,26
5.	UPAH	400 kVA	292,27
6.	UPAH 1	100 kVA	15,80
7.	KPPBC	160 kVA	65,20
8.	UPAG 1	200 kVA	112,90
9.	UPAG	200 kVA	54,78
10.	-	100 kVA	19,93
11.	UPBW	315 kVA	12,18
12.	UPBW 1	160 kVA	20,29
13.	KPPKT	200 kVA	123,69
14.	KPCKJ	100 kVA	18,78

15.	UPDP 1	160 kVA	65,30
16.	UPDP	250 kVA	120,77
17.	UPBY	400 kVA	220,90
18.	UPJB	315 kVA	253,68
19.	UPBC 3	250 kVA	137,71
20.	KPOAY 1	200 kVA	80,52
21.	KPOAY	200 kVA	113,22

#### 4.1.3 Data isolator

Data isolator dibedakan berdasarkan jenisnya yaitu *pin type* yaitu isolator yang mempunyai satu keping, biasanya digunakan untuk jaringan distribusi sekunder pada tegangan 6 kV kebawah yang terbuat dari bahan gelas atau porselen. dan *pin post type* yaitu isolator yang digunakan untuk jaringan distribusi 20 kV, memiliki tegangan tembus sebesar 35 kV dengan kekuatan tarik (*tensile strength*) sebesar 5000 pon. data arus bocor isolator diperoleh oleh penelitian yang dilakukan PLN mengenai isolator. Tiap jenis isolator terdiri dari 2 data yaitu data isolator terpolusi dan data isolator bersih.

##### 4.1.3.1 Isolator terpolusi

Isolator terpolusi dapat dibedakan atas isolator terpolusi kondisi kering dan kondisi basah yang masing-masing memiliki nilai arus bocor, nilai arus bocor tersebut dapat dilihat pada tabel :

**Tabel 4.4 Arus bocor pada isolator terpolusi kondisi basah dan kering**

Jenis Isolator	Arus Bocor (mA)	Arus Bocor (mA)
	terpolusi basah	terpolusi kering
<i>Pin type</i>	2,4	26,7
<i>pin post type</i>	2,3	27,9

Arus bocor rata-rata ( $I_b$ ) jika persentase kondisi basah dan kondisi kering (atau perbandingan hari hujan dan kering) adalah 40 % dan 60% adalah:

a. *Type pin type:*

$$I_b = 125 \times (40\%26,7 + 60\%2,4) \text{mA} = 1,51 \text{ A}$$

b. *Type pin post:*

$$I_b = 160 \times (40\%27,8 + 60\%2,3) \text{mA} = 2 \text{ A}$$

Persentase arus bocor jika arus beban rata yang di tanggung adalah 200A adalah:

a. *Type pin type*

$$= \frac{1,51}{200} \times 100\% = 0,75$$

b. *Type pin post*

$$= \frac{2}{200} \times 100\% = 1\%$$

**Tabel 4.5 Arus bocor rata-rata isolator terpolusi**

Jenis Isolator	Arus Bocor rata-rata	% arus bocor
<i>Pin type</i>	1,5	0,75
<i>pin post type</i>	2	1

#### 4.1.3.2 Isolator bersih

Isolator bersih juga dibedakan atas isolator bersih kondisi kering dan kondisi basah yang masing-masing memiliki nilai arus bocor. nilai arus bocor tersebut dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 4.6 Arus bocor pada isolator bersih kondisi basah dan kering**

Jenis Isolator	Arus Bocor (mA)	Arus Bocor (mA)
	terpolusi basah	terpolusi kering
<i>Pin type</i>	2,5	0
<i>pin post type</i>	2,5	0

Arus bocor untuk isolator bersih diperoleh sebesar 2,5 mA baik untuk *pin type* maupun kondisi *pin post type*. arus bocor rata-rata ( $I_b$ ) jika persentase kondisi basah dan kering (ataupun perbandingan hari hujan dan kering) adalah 40% dan 60% adalah:

c. *Type pin type:*

$$I_b = 125 \times ((40\% \cdot 2,5) + (60\% \cdot 0)) \text{mA} = 125 \text{ A}$$

d. *Type pin post:*

$$I_b = 160 \times ((40\% \cdot 2,5) + (60\% \cdot 0)) \text{mA} = 0.16 \text{ A}$$

Persentase arus bocor jika arus beban rata yang di tanggung adalah 200A adalah:

a. *Type pin type*

$$= \frac{0,125}{200} \times 100\% = 0,0625\%$$

b. *Type pin post*

$$= \frac{0,16}{200} \times 100\% = 0,08\%$$

**Tabel 4.7 Arus bocor rata-rata isolator bersih**

Jenis Isolator	Arus Bocor rata-rata	% arus bocor
<i>Pin type</i>	0,125	0,0625
<i>pin post type</i>	0,16	0,08

## 4.2 Perhitungan Susut

### 4.2.1 Perhitungan susut transformator

Susut transformator dihitung berdasarkan persamaan (2.5) dan (2.6) dengan menggunakan data susut besi dan susut tembaga serta data beban transformator. Perhitungan susut transformator dapat dilihat pada tabel:

$$\begin{aligned}
 P_{trafo} &= [355 + 2350 \times (\frac{102,44}{200})^2] \\
 &= 2.705 \times 0,5122^2 \\
 &= 1,26234884 \\
 S_{trafo} &= \frac{1,26234448}{0,85} \\
 &= 2,31907359
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.8 Perhitungan Susut Transformator**

No.	Gardu	Susut transformator (kVA)	Kapasitas transformator (kVA)	Susut Transformator (%)
1	KMBSC	2,31907359	200 kVA	1,159537
2	UBBB	2,26783594	250 kVA	0,907134
3	KPPCG	0,515355294	100 kVA	0,515355
4	UBAZ	2,322188235	250 kVA	0,928875
5	UPAH	3,223222059	400 kVA	0,805806
6	UPAH 1	0,512905098	100 kVA	0,512905
7	KPPBC	1,929313725	160 kVA	1,205821
8	UPAG 1	1,833729412	200 kVA	0,916865
9	UPAG	1,1749	200 kVA	0,58745
10	-	0,579617255	100 kVA	0,579617
11	UPBW	0,736086523	315 kVA	0,233678
12	UPBW 1	2,105882235	160 kVA	1,316176
13	KPPKT	1,97878314	200 kVA	0,989392
14	KPCKJ	0,261254902	100 kVA	0,52251
15	UPDP 1	1,424901961	160 kVA	0,890564
16	UPDP	2,347898039	250 kVA	0,939159
17	UPBY	3,998128992	400 kVA	1,205821
18	UPJB	3,643174603	315 kVA	1,156563
19	UPBC 3	2,25394551	250 kVA	0,910347
20	KPOAY 1	1,31127451	200 kVA	0,951532
21	KPOAY	1,55245099	200 kVA	0,819547
<b>Total</b>		<b>33,71</b>		<b>1805,47</b>

#### 4.2.2 Perhitungan susut isolator

##### 4.2.2.1 Isolator terpolusi

Besar susut energi akibat arus bocor pada isolator selama periode satu bulan (30 hari) adalah:

a. *Type pin type*

$$= 1,5 \times \frac{20kV}{\sqrt{3}} \times 30 \times 24$$

$$= 12.570 KWh$$

b. *Type pin post*

$$= 2 \times \frac{20kV}{\sqrt{3}} \times 30 \times 24$$

$$= 16.650 KWh$$

Nilai susut isolator terpolusi dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.9 Susut Isolator Terpolusi**

Jenis Isolator	Susut Isolator MWh
<i>Type pin type</i>	12.570
<i>pin post type</i>	16.650

#### 4.2.2.2 Isolator terpolusi

Besar susut energi akibat arus bocor pada isolator selama priode satu

bulan (30 hari) adalah:

c. *Type pin type*

$$= 0,125 \times \frac{20kV}{\sqrt{3}} \times 30 \times 24$$

$$= 1.0390 KWh$$

d. *Type pin post*

$$= 0,16 \times \frac{20kV}{\sqrt{3}} \times 30 \times 24$$

$$= 1.330 \text{ KWh}$$

**Tabel 4.10 Susut Isolator bersih**

Jenis Isolator	Susut Isolator KWh
<i>Type pin type</i>	1.0390
<i>pin post type</i>	1.330

### 4.3 Perbandingan Pemeliharaan dengan susut Energi

4.3.1 Perbandingan susut energi susut energi transformator dengan pemeliharaan

Tabel 4.9 menunjukkan hasil perhitungan susut transformator penyulang polda. Data tersebut memperlihatkan bahwa susut energi trafo gardu distribusi penyulang polda berkisar antara 0,2% sampai dengan 1,3% Besar transformator total dalam penyulang polda dalam 1 hari adalah sebesar 1805,47 KWh. besarnya energi tak tersalurkan akibat gangguan transformator:

$$= \sqrt{3} \times V_{1-1} \times I \times \text{COS}\varphi$$

$$= \sqrt{3} \times 20kV \times 8.272,8 \text{ A} \times 0,85$$

$$= 243.592,3 \text{ k Watt}$$

Bila harga energi sebesar Rp.480/kWh maka besarnya susut energi selama satu hari dalam rupiah adalah Rp.872.844,- dan 50% dari biaya listrik ini

merupakan biaya tetap sebesar Rp.473,-.Susut energi yang disebabkan oleh inti dan konduktor reaktif sulit ditekan.dengan manajemen beban yang baik susut energi inti dan konduktor dapat dikurangi.

Transformator distribusi juga berpengaruh terhadap keandalan sistem.suatu transformator yang tidak berfungsi atau mengalami kerusakan berakibat terhentinya penyaluran energi listrik berarti losses dan kerugian untuk PLN.berikut akan ditinjau situasi apabila transformator dibiarkan (tanpa pemantauan dan pemeliharaan)dengan apabila dilakukan pemeliharaan sebagaimana terlihat pada tabel 4..Hasil Analisa menunjukkan bahwa terdapat selisih yang berupa keuntungan yaitu sebesar:

**Tabel 4.11 Perbandingan Nilai rugi-rugi transformator dengan biaya pemeliharaan penyulang polda**

Tanpa pemeliharaan	jumlah	Dengan pemeliharaan	jumlah
1. Rugi-rugi akibat gangguan transformator yang menyebabkan padamnya suplay energi yang tiba-tiba (didapatkan informasi dari PLN bahwa terjadi 2 gangguan dalam setahun dengan lama perbaikan 3 jam per-gangguan) =(2 × 243.592,3kWatt × 3 jam × Rp. 840) –	<b>Rp.1.112.486.034,-</b>	1. Biaya oprasi untuk pemeriksaan kondisi trafo a. Filtering minyak trafo (255 ltr X Rp.3000) b. Pergantian minyak trafo(255 ltr X 22.500) c. Pergantian sumpling minyak trafo	<b>Rp.765.000,-</b> <b>Rp.5.737.000,-</b> <b>Rp.3.075.000,-</b>

(243.592,3kWatt × Rp. 473)		(41 buah X Rp.75.000)	
2. Biaya perbaikan transformator 3 fasa 250 kVA <b>=Rp.23.986.500,-</b>	<b>Rp.23.986.500,-</b>	d. Pengujian sampling minyak trafo (41 buah X 50.000)	<b>Rp.2.050.000,-</b>
		2. Biaya pemeliharaan predictive maintenance=4 1 buah X Rp.5.974.000	<b>Rp.529.925.000,-</b>
<b>Total</b>	<b>Rp.1.136.472.534,-</b>	<b>Total</b>	<b>Rp.541.552.500,-</b>

#### 4.3.2 Perbandingan susut energi susut energi transformator dengan pemeliharaan

Perbandingan susut isolator dalam rupiah untuk tiap feeder dalam 3 fasa perbulannya bila harga energi Rp.840/KWh adalah:

##### 4.3.2.1 Kondisi terpolusi

a. *Pin type:*

$$12.570 \text{ KWh} \times \text{Rp } 840 = 31.647.000,-$$

b. *Pin post type:*

$$16.650 \text{ KWh} \times \text{Rp } 840 = 41.885.400,-$$

##### 4.3.2.2 Kondisi bersih

a. *Pin type:*

$$1.0930 \text{ KWh} \times \text{Rp } 840 = 2.618.280,-$$

b. *Pin post type:*

$$1.330 \text{ KWh} \times \text{Rp } 840 = 3.351.600,-$$

**Tabel 4.12 Susut Isolator dalam rupiah**

Jenis Isolator	Kondisi terpolusi (Rp)	Kondisi bersih (Rp)
<i>Type pin type</i>	31.647.000,-	2.618.280,-
<i>pin post type</i>	41.885.400,-	3.351.600,-

Pemeliharaan isolator 20kV dapat menekan susut energi sekitar 1% dan pada saat yang sama resiko kegagalan akibat isolator tidak berfungsi dapat dikurangi sehingga susut akibat energi listrik tak tersalurkan semakin kecil

**Tabel 4.13 perbandingan nilai susut peralatan terhadap pemeliharaan**

Peralatan Listrik	Dengan Pemeliharaan		Tanpa pemeliharaan	
	Nilai susut/bulan	Biaya ekonomis/Tahun	Nilai susut/bulan	Biaya ekonomis/Tahun
Transformator	31.173 kWh/bulan	Rp.541.552.500,-	31.173 kWh	Rp.1.136.472.534,-
isolator	<i>Type pin type</i> 1.039 KWh	Rp 31.419.360,-	<i>Type pin type</i> 12.570 KWh	Rp 379.764.000,-
	<i>Type pin post</i> 1.330 KWh	Rp 40.219.200,-	<i>Type pin post</i> 16.620 KWh	Rp 502.624.800,-
<b>total</b>	<b>33.627,23 kWh</b>	<b>Rp613.189.060,-</b>	<b>61.280,125 kWh</b>	<b>Rp.2.018.573.334,-</b>

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. PLN dapat memperoleh keuntungan sebesar Rp.594.920.034 atau 52,3 % per tahunnya untuk pemeliharaan transformator. sedangkan untuk pemeliharaan isolator PLN dapat menghemat biaya Rp.348.092.640 untuk isolator tipe *pin type* dan Rp.462.369.600 untuk isolator tipe *post type* pertahunnya. total keuntungan yang diperoleh PLN dengan melakukan pemeliharaan terhadap SUTM pertahunnya Rp.2.057.040.93
2. Susut transformator pada penyulang polda PT.PLN (persero)UP3 Makassar Utara dalam satu bulan sebesar 31,173kWh. susut energi isolator untuk *pin tupe dan pin post type* kondisi terpolusi sebesar 12.550 Kwh dan 16.620 KWh per-bulan. susut total peralatan tanpa pemeliharaan per-bulan sebesar 61.280,152 kWh. Susut energi pada isolator dapat ditekan hingga mencapai 11.511 KWh dan 15.290 KWh masing-masing untuk *pin type dan pin post type* per-bulan. susut total peralatan yang dapat per-bulan Ketika dilakukan pemeliharaan sebesar 27.652,92kWh

## 5.2 Saran

Untuk perusahaan kami menyarankan agar dilakukannya pemeliharaan preventive secara berkala untuk seluruh peralatan listrik utamanya transformatornya.

Untuk pengembangan penelitian ini, baiknya jika penelitian selanjutnya dilakukan analisis untuk transformator saat pembebanan transformator dan susut konduktor Ketika dilakukan pemeliharaan



## DAFTAR PUSTAKA

- Abd.Haris,herman Sudirman,2014."*analisis terjadinya gangguan listrik tegangan menengah dengan menggunakan metode road cash alnalysis (RCA)area ulp jeneponto*"
- Formula perhitungan susut (DC-FY) "*formula dan dampak terhadap oprasional PLN*"No.2785-2017,Palembang,2017
- Komari.1992,*pedoman Perhiungan susut Teknis jaringan*",Lokakarya XI pembukuan PLN
- Pakpahan,parouli M.dkk,1997.*Seminar manejemen perawatan peralatan Listrik*,Semarang 1997
- Sianipar,S. 2011."*analisis Jatuh Tegangan dan Rugi-Rugi pada penyulang dengan menggunakan ETAP*".Universitas Sumatra Utara.
- Standar Nasional Indonesia (SNI 04-0225-2000) Persyaratan Umum instalasi listrik 2000 (PUIL 2000)
- Surat edaran Direksi PT.PLN (persero)Nomor:040.E/152/DIR/1999 TUL III-119 UU NO.30 Tahun 2009 tentang ketenagalistrikan

#NAME?	NO PO	TANGGAL	NAMA PENGINPUT	UP3	ULP	NAMA GARDU	ULP (faj)	KAPASITAS
31/03/2023	13.05	31/03/2023	FEBRIAN	UP3 MAKASSAR UT	KAREBOSI	GD ULAC 3	UP3 MAKASSAR UTARA	
12/04/2023	11. PO	12/04/2023	BUDI	UP3 MAKASSAR UT	DAYA	GD PB.KCP	UP3 MAKASSAR UTARA	

LONGLAT	% PEMBEBANAN	% UNBALANCE	INDEX PEMBEBANAN	INPUT KONDIC	(1) KEBOCORAN MINYAK TRAF	JUMLAH (1)	(2) KONDISI FI	JUMLAH (2)	(3) PEMBUMIA	JUMLAH (3)	(4) KESESUAIAN AMPERE TR	JUMLAH (4)	(5) KONDISI LV	JUMLAH (5)	(6) ARRESTER	JUMLAH (6)	(7) FCO	JUMLAH (7)	TOTAL POTEN
-5.115328, 119.436111	89,47%	3,33%	OVERLOAD	BERSIH	0 MULLUS	0 < 1,7 OHM	0 SESUAI STANDAR	0 BOKS BERSIH	0 BAIK & LENGKAP	0 BAIK & LENGKAP	0	0							
-5.103033, 119.500170	94,57%	2,00%	OVERLOAD	BERSIH	0 MULLUS	0 < 1,7 OHM	0 SESUAI STANDAR	0 BOKS BERSIH	0 BAIK & LENGKAP	0 BAIK & LENGKAP	0	0							

**EVIDENCE TR. EVIDENCE PE | KETERANGAN KETERANGAN (2)      PROGRESS**  
**FORM\_Images/GD ULAC 3.EV Jurusan 1lr = 249ls = 273lt =256      Perlu Dilakukan Managemen Trafo :)**  
**FORM\_Images/GD PB.KCP.E\ Jurusan 1lr = 120ls = 160lt =163Jurusan 2 Perlu Dilakukan Managemen Trafo :)**

DESCRIPTION	TRAFO	PARENT_LOCA TION	PENYULANG	PRIORIT AS	VENDOR	INSTALDA TE	OPERATING DATE	FORMATTEDADDRESS	STREETADDRESS	CITY	LATITUDEY	LONGITUDEX	TYPE_GARDU
GD BANK INTL INDONESIA	400	ULP.32010	POLDA	1	400028696	03/12/17	03/12/17	KAREBOSI	JL KAJAOLALIDO	MAKASSAR	-5,134276000	119,409797000	BETON
GD UPDP 1	160	T00080	POLDA	1	400032627	02/12/17	02/12/17	KAREBOSI	Jl. Kajaolalido (Gereja)	MAKASSAR	-5,136005000	119,410383000	PORTAL
GD UPDP	250	T00082	POLDA	1	400028696	03/12/17	03/12/17	KAREBOSI	Jl. Kajaolalido (Atira)	MAKASSAR	-5,135803000	119,410391000	PORTAL
GD UPDN	200	T00040	POLDA	1	400031522	09/02/18	09/02/18	KAREBOSI	Jl. Gunung Bawakaraeng (Sp PT. Jiwasraya)	MAKASSAR	-5,135867000	119,414670000	PORTAL
GD UPDJ	250	T01400	POLDA	1	400018690	26/12/16	26/12/16	KAREBOSI	Jl. Kenari (Hotel Kenari)	MAKASSAR	-5,146252602	119,410024802	PORTAL
GD PT BANK TABUNGAN	400	ULP.32010	POLDA	1	400028696	03/12/17	03/12/17	KAREBOSI	JL KAJAOLALIDDO	MAKASSAR	-5,134285000	119,409797000	BETON
GD UPBW 1	160	T33300	POLDA	1	400015330	01/12/17	01/12/17	RSIA SITTI KHADIJAH	JL. KARTINI	KAREBOSI	-5,136211000	119,411912000	PORTAL
GD BANK MANDIRI	400	ULP.32010	POLDA	1	400031521	30/11/17	30/11/17	KAREBOSI	JL RA KARTINI	MAKASSAR	-5,136649000	119,412268000	BETON
GD MARANNU CITY H TOWER	1200	ULP.32010	POLDA	1	400028696	03/12/17	03/12/17	KAREBOSI	JL KAJAOLALIDO	MAKASSAR	-5,133235000	119,410990000	BETON
GD UPBC 3	250	ULP.32010	POLDA	1	400028696	03/12/17	03/12/17	KAREBOSI	Jl. Kajaolalido	MAKASSAR	-5,133235000	119,410990000	BETON
GD UPAH 1	100	T00025	POLDA	1	400018690	27/11/17	27/11/17	KAREBOSI	Jl. Bawakaraeng &quot;SMA 1&quot;	MAKASSAR	-5,135420589	119,417642679	PORTAL
GD UPAH	400	T00022	POLDA	1	400032192	26/11/17	26/11/17	KAREBOSI	Jl. Sungai Cerekang / Sungai Klara	MAKASSAR	-5,134811062	119,417523556	PORTAL
GD UPAG 1	200	T00030	POLDA	1	400031637	29/11/16	29/11/16	KAREBOSI	Jl. Bawakaraeng (Hotel)	MAKASSAR	-5,135538594	119,416692030	PORTAL
GD UPAG	200	T00033	POLDA	1	400031522	28/11/17	28/11/17	KAREBOSI	Jl. Bawakaraeng (Ex Toko Roberta)	MAKASSAR	-5,135545120	119,416634060	PORTAL
GD UBBB	250	T00075	POLDA	1	400032627	24/11/16	24/11/16	KAREBOSI	Jl. Sungai Cerekang (Perm PLN)	MAKASSAR	-5,133671000	119,417373000	PORTAL
GD UBAZ	200	T00078	POLDA	1	400031522	25/11/03	25/11/03	KAREBOSI	Jl. Sungai Cerekang(Pelita Marga Mas)	MAKASSAR	-5,134021721	119,417492150	PORTAL
GD RSIA SITTI KHADIJAH 1	400	ULP.32010	POLDA	1	400030327	25/05/99	25/05/99	KAREBOSI	JL R.A KARTINI 15- 17	MAKASSAR	-5,136241000	119,411880000	BETON
GD PT DANKAM	2000	ULP.32010	POLDA	1	400032192	23/08/95	23/08/95	KAREBOSI	JL KAJAOLALIDO	MAKASSAR	-5,133689000	119,410220000	BETON
GD KSPBA	100	T00036	POLDA	1	PT. MIRLAH SARI TEKNIK	21/02/19	21/02/19	MAKASSAR	MAKASSAR	MAKASSAR	-5,135694000	119,415647000	CANTOL
GD KSCDT	100	T01341	POLDA	1	400030327	06/05/06	06/05/06	KAREBOSI	Jl. Tompo / Alimalaka	MAKASSAR	-5,140497317	119,409215700	PORTAL
GD KPPKT	200	T27269	POLDA	1	400015331	10/03/18	10/03/18	KAREBOSI	Jl. Kartini	MAKASSAR	-5,136037000	119,411260000	PORTAL
GD KPPCG	160	T00076	POLDA	1	PT. DARMA KARYA ELEKTRIK	01/02/19	10/02/19	MAKASSAR	MAKASSAR	MAKASSAR	-5,133681470	119,417375280	PORTAL
GD KPPBC	160	T00027	POLDA	1	400030327	03/03/18	03/03/18	KAREBOSI	Jl. Bawakaraeng / Cerekang	MAKASSAR	-5,135427106	119,417573110	PORTAL
GD KPOAY 1	200	T00091	POLDA	1	400031521	06/10/17	06/10/17	KAREBOSI	Jl. Ahmad Yani Kantor sisi Selatan	MAKASSAR	-5,132690859	119,410581268	PORTAL
GD KPOAY	200	T00090	POLDA	1	400031637	05/10/17	05/10/17	KAREBOSI	Jl. Ahmad Yani Kantor sisi Utara	MAKASSAR	-5,132679467	119,410581119	PORTAL
GD KPCKJ	100	T00051	POLDA	1	400030327	09/12/17	09/12/17	KAREBOSI	Jl. kajaolalido	MAKASSAR	-5,136177000	119,410970000	CANTOL
GD KBMSC	200	T00074	POLDA	1	400031522	04/10/17	04/10/17	KAREBOSI	Jl. Sungai Cerekang Sekolah Zion	MAKASSAR	-5,133428951	119,417106229	PORTAL
GD UPBX	1000	ULP.32010	POLDA	1	400018690	15/10/17	15/10/17	KAREBOSI	Ralat Jl Kajaolalido (Hotel Singgasana)	MAKASSAR	-5,137326000	119,409543000	BETON
GD KPCLN	100	T00864	POLDA	1	PT. PANRITA UTAMA SEJAHTERA	01/01/2022	01/01/2022	PEMBANGUNAN JTR & GD UNTUK PD PT PUTRAMASADA DAYA 33.000 VA MENJADI 53.000 VA	JL. KAJAOLALIDO	KAREBOSI	-5,133369000	119,410651000	PORTAL
GD KEJAKSAAN NEGERI	800	ULP.32010	POLDA	1	PT JAYA CAHAYA UTAMA	22/07/2022	22/07/2022	PT. JAYA CAHAYA UTAMA / PEMBANGUNAN JTM UNTUK PD KANTOR KEJAKSAAN NEGERI DAYA 53.000 VA MENJADI 690.000 VA	JL. AMANNAGAPPA	KAREBOSI	-5,136767000	119,413102000	BETON

NO.	EAM				APKT				KESEHATAN PENYULANG				UP3	UNIT LAYANAN PELANGGAN	PANJANG JTM LINTAS UP3/ULP(KMS)		
	NAMA/DESKRIPSI	NO. ASSET	JTM (KMS)		NAMA/DESKRIPSI	KODE FEEDER	NO. TIANG	JTM (KMS)	NAMA	JTM (KMS)					ULP	KMS	KMS
1	ACHMAD YANI	1158508	4,81	ACHMAD YANI	32.GSBLTA.F07	ACHMAD YANI	4,81	P ACHMAD YANI	4,81	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
2	AKADEMIS	1158509	4,88	AKADEMIS	32.GSBLTA.F08	AKADEMIS	4,88	P AKADEMIS	4,88	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
3	ANDALAS	1158510	3,52	ANDALAS	32.GSBLTA.F04	ANDALAS	3,52	P ANDALAS	3,52	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
4	BARAWAKARA	1158511	0,53	BARAWAKARA	32.GSBLTA.F01	BARAWAKARA	0,53	P BARAWAKARA	0,53	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
5	BAWAKARAENG	1158512	4,27	BAWAKARAENG	32.GSBLTA.F10	BWKRNG	4,27	P BAWAKARAENG	4,27	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
6	BMA	1158513	0,76	BMA	32.GSBLTA.F02	BMA	0,76	P BMA	0,76	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
7	BULUSALAKA	1158514	6,01	BULUSALAKA	32.GSBLTA.F01	BULUSALAKA	6,01	P BULUSALAKA	6,01	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
8	CARAKA	1158530	9,12	CARAKA	32.TALLO.F02	CARAKA	9,12	P CARAKA	9,12	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
9	INDFOOD 1	1158505	3,58	INDFOOD 1	32.TALLO.F03	INDFOOD 1	3,58	P INDDFOOD1	3,58	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
10	INDFOOD 2	1158506	3,58	INDFOOD 2	32.TALLO.F04	INDFOOD 2	3,58	P	3,58	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
11	INDFOOD 3	1158507	3,58	INDFOOD 3	32.TALLO.F16	INDFD 3	3,58	P	3,58	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
12	LOSARI	22523213	5,62	LOSARI	32.GSBLTA.F15	LOSARI	5,62	P LOSARI	5,62	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
13	MATTOANGIN	1158515	7,05	MATTOANGIN	32.GSBLTA.F03	MATTOANGIN	7,05	P MATTOANGIN	7,05	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI	PANAKUKKANG	2,020				
14	MESJID RAYA	1158516	5,84	MESJID RAYA	32.GSBLTA.F08	MESJID RAYA	5,84	P MESJID RAYA	5,84	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
15	NEW PORT 1	22523216	2,25	NEW PORT 1	32.TALLO.F14	NEW PORT 1	2,25	P NEW PORT 1	2,25	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
16	NEW PORT 2	22523217	2,34	NEW PORT 2	32.TALLO.F15	NEW PORT 2	2,34	P NEW PORT 2	2,34	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
17	NIPAH 1	1158521	2,72	NIPAH 1	32.TELOSO.F03	NIPAH 1	2,72	P NIPAH 1	2,72	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
18	NIPAH 2	1158522	2,98	NIPAH 2	32.TELOSO.F04	NIPAH 2	2,98	P NIPAH 2	2,98	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
19	PANAIAKANG	1158523	2,54	PANAIAKANG	32.TELOSO.F05	PANAIAKANG	2,54	P PANAIAKANG	2,54	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
20	PANANMPU	1158517	7,91	PANANMPU	32.TALLO.F09	PANANMPU	7,91	P PANANMPU	7,91	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
21	PADTERE	1158518	9,33	PADTERE	32.TALLO.F08	PADTERE	9,33	P PADTERE	9,33	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
22	PELAMONIA	1158519	3,02	PELAMONIA	32.GSBLTA.F13	PELAMONIA	3,02	P PELAMONIA	3,02	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
23	PELINDO	1158520	8,13	PELINDO	32.TALLO.F05	PELINDO	8,13	P PELINDO	8,13	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
24	POLDA	1158521	3,60	POLDA	32.GSBLTA.F11	POLDA	3,60	P POLDA	3,60	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
25	RANTE MARIO	1158521	2,18	RANTE MARIO	32.TALLO.F07	RANTE MARIO	2,18	P RE FORMASI	2,18	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
26	REFORMASI	1158524	3,94	REFORMASI	32.TALLO.F12	REFORMASI	3,94	P RE FORMASI	3,94	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
27	RUIJAB	1158531	2,20	RUIJAB	32.GSBLTA.F06	RUIJAB	2,20	P RUIJAB	2,20	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
28	SUDIRMAN	1158525	0,50	SUDIRMAN	32.GSBLTA.F12	SUDIRMAN	0,50	P SUDIRMAN	0,50	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
29	SUNGGAI TANGRA	1158532	13,02	SUNGGAI TANGRA	32.GSBLTA.F05	SUNGGAI TANGRA	13,02	P SUNGGAI TANGRA	13,02	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI	PANAKUKKANG	0,250				
30	SUNU	1158526	12,36	SUNU	32.TALLO.F10	SUNU	12,36	P SUNU	12,36	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
31	TEURU UMAR	1158527	13,41	TEURU UMAR	32.TALLO.F06	TEURU UMAR	13,41	P TEURU UMAR	13,41	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
32	UPP	22523219	2,11	UPP	32.GSBLTA.F14	UPP	2,11	P	2,11	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
33	URIP	1158529	11,76	URIP	32.TELO.F01	URIP	11,76	P URIP	11,76	MAKASSAR UTARA	KAREBOSI						
34	ALUMINIUM	1158534	4,32	ALUMINIUM	32.KIMA.F01	ALUMINIUM	4,32	P ALUMINIUM	4,32	MAKASSAR UTARA	DAYA						
35	BADDOKA	1158535	11,97	BADDOKA	32.KIMA.F01	BADDOKA	11,97	P BADDOKA	11,97	MAKASSAR UTARA	DAYA						
36	BONTOCA	1158536	24,01	BONTOCA	32.KIMA.F06	BONTOCA	24,01	P BONTOCA	24,01	MAKASSAR UTARA	DAYA						
37	BTF	1158537	18,21	BTF	32.TALLO.F06	BTF	18,21	P BTF	18,21	MAKASSAR UTARA	DAYA						
38	EFFEM	1158538	8,46	EFFEM	32.KIMA.F07	EFFEM	8,46	P EFFEM	8,46	MAKASSAR UTARA	DAYA						
39	GOLF	1158539	22,05	GOLF	32.DVA.F08	GOLF	22,05	P LAPANGAN GOLF	22,05	MAKASSAR UTARA	DAYA						
40	GONBARA	1158540	46,62	GONBARA	32.MNDAL.F07	GONBR	46,62	P GONBARA	46,62	MAKASSAR UTARA	DAYA	MAROS	0,600				
41	KAPASA	1158541	11,08	KAPASA	32.KIMA.F09	KPSBR	11,08	P KAPASA	11,08	MAKASSAR UTARA	DAYA						
42	KIMA	1158542	8,01	KIMA	32.KIMA.F04	KIMA	8,01	P KIMA	8,01	MAKASSAR UTARA	DAYA						
43	LAKKANG	22523220	14,90	LAKKANG	32.TALLO.F13	LKNG	14,90	P LAKKANG	14,90	MAKASSAR UTARA	DAYA						
44	MTOS	1158533	16,84	MTOS	32.TELOSO.F02	MTOS	16,84	P MTOS	16,84	MAKASSAR UTARA	DAYA						
45	PACERAKKANG	1158543	11,73	PACERAKKANG	32.DAYA.F04	P CRG	11,73	P PACERAKKANG	11,73	MAKASSAR UTARA	DAYA						
46	POKPHAND	1158544	21,16	POKPHAND	32.KIMA.F02	POKPH	21,16	P POKPHAND	21,16	MAKASSAR UTARA	DAYA						
47	POLTEK	1158522	5,10	POLTEK	32.TELOSO.F01	PLTER	5,10	P POLTEK	5,10	MAKASSAR UTARA	DAYA						
48	PONDOK SAWAH	1158550	6,91	PONDOK SAWAH	32.KIMA.F08	PNDKSWH	6,91	P PONDOK SAWAH	6,91	MAKASSAR UTARA	DAYA						
49	RIDER	22523225	17,60	RIDER	32.TELOSO.F06	RDR	17,60	P RIDER	17,60	MAKASSAR UTARA	DAYA						
50	ROYAL	1158570	35,37	ROYAL	32.RIG.F1	RVL	35,37	P ROYAL	35,37	MAKASSAR UTARA	DAYA						
51	SALODONG	1158545	19,59	SALODONG	32.KIMA.F04	SLDNG	19,59	P SALODONG	19,59	MAKASSAR UTARA	DAYA						
52	SANMARU	1158546	2,31	SANMARU	32.DAYA.F03	SNMRU	2,31	P SANMARU	2,31	MAKASSAR UTARA	DAYA						
53	SANRANGAN	1158547	8,86	SANRANGAN	32.DAYA.F07	SNRNG	8,86	P SANRANGAN	8,86	MAKASSAR UTARA	DAYA						
54	TAMALANREA	1158548	12,40	TAMALANREA	32.TELO.F05	TMREA	12,40	P TAMALANREA	12,40	MAKASSAR UTARA	DAYA						
55	TOL	1158528	14,58	TOL	32.TALLO.F11	TOL	14,58	P TOL	14,58	MAKASSAR UTARA	DAYA						
56	ULUNG PANDANG	1158549	22,72	ULUNG PANDANG	32.MNDAL.F03	ULUNG PANDANG	22,72	P ULUNG PANDANG	22,72	MAKASSAR UTARA	DAYA						
57	UNHAS	1158550	13,51	UNHAS	32.TELO.F04	UNHAS	13,51	P UNHAS	13,51	MAKASSAR UTARA	DAYA						
58	WARTIDIN	1158552	3,82	WARTIDIN	32.TELO.F07	WRIDIN	3,82	P WARTIDIN	3,82	MAKASSAR UTARA	DAYA						
59	WIKA	1158551	3,61	WIKA	32.KIMA.F03	WIKA	3,61	P WIKA	3,61	MAKASSAR UTARA	DAYA						
60	WORKSHOP	22523224	3,32	WORKSHOP	32.TELOSO.F07	WRKSH	3,32	P WORK-SHOP	3,32	MAKASSAR UTARA	DAYA						
61	FKS	160518	11,18	FKS	32.TELOSO.F08	FKS	11,18	P FKS	11,18	MAKASSAR UTARA	DAYA						
62	TALLASA CITY		5,25	TALLASA CITY			5,25	P	5,25	MAKASSAR UTARA	DAYA						
63	YAMAHIA		0,91	YAMAHIA			0,91	P	0,91	MAKASSAR UTARA	DAYA						
64	JARPA		0,65	JARPA			0,65	P	0,65	MAKASSAR UTARA	DAYA						
62	AIRPORT	1158555	1,55	AIRPORT	32.MNDAL.F04	AIRPT	1,55	P AIRPORT	1,55	MAKASSAR UTARA	MAROS						
63	ANGKASA 1	1158556	5,58	ANGKASA 1	32.MNDAL.F01	AGKSA1	5,58	P ANGKASA 1	5,58	MAKASSAR UTARA	MAROS						
64	ANGKASA 2	1158557	7,07	ANGKASA 2	32.MNDAL.F03	AGKSA-2	7,07	P ANGKASA 2	7,07	MAKASSAR UTARA	MAROS						
65	AURI	1158554	11,83	AURI	32.MNDAL.F01	AURI	11,83	P AURI	11,83	MAKASSAR UTARA	MAROS	DAYA	0,370				
66	BANDARA	1158559	6,46	BANDARA	32.MNDAL.F06	BNDRA	6,46	P BANDARA	6,46	MAKASSAR UTARA	MAROS						
67	BOSSOWA	1158562	38,62	BOSSOWA	32.MAROS.F03	BSOWA	38,62	P BOSSOWA	38,62	MAKASSAR UTARA	MAROS						
68	CAMBA	115552	249,31	CAMBA	32.MAROS.F08	CAMBA	249,31	P CAMBA	249,31	MAKASSAR UTARA	MAROS						
69	GRAND MALL	22523223	90,62	GRAND MALL	32.MAROS.F05	GRAND MALL	90,62	P GRAND MALL	90,62	MAKASSAR UTARA	MAROS						
70	LEMPANGIAN	1158563	9,94	LEMPANGIAN	32.MAROS.F01	LEMPGN	9,94	P LEMPANGIAN	9,94	MAKASSAR UTARA	MAROS						
71	MAROS	1158553	12,26	MAROS	32.MNDAL.F02	MAROS	12,26	P MAROS	12,26	MAKASSAR UTARA	MAROS						
72	MGNCONGLOE	1158569	7,23	MGNCONGLOE	32.MNDAL.F02	MGLG	7,23	P MGNCONGLOE	7,23	MAKASSAR UTARA	MAROS						
73	PALISI	1158558	19,78	PALISI	32.MNDAL.F02	PLISI	19,78	P PALISI	19,78	MAKASSAR UTARA	MAROS						
74	SALEWANGIAN	22523222	27,89	SALEWANGIAN	32.MAROS.F06	SALEWANGIAN	27,89	P SALEWANGIAN	27,89	MAKASSAR UTARA	MAROS						
75	TAMBLUA	1158561	51,55	TAMBLUA	32.MAROS.F02	TMBUA	51,55	P TAMBLUA	51,55	MAKASSAR UTARA	MAROS						
76	TER GELAS	22523221	42,86	TER GELAS	32.MAROS.F07	TER GELAS	42,86	P TER GELAS	42,86	MAKASSAR UTARA	MAROS						
77	TURKALE	1158560	42,52	TURKALE	32.MAROS.F02	TKALE	42,52	P TURKALE	42,52	MAKASSAR UTARA	MAROS						
78	MAHANNRU	181747	28,94	MAHANNRU	32.DYBR.F01	MAHANNRU-3	28,94	P	28,94	MAKASSAR UTARA	MAROS						
79	ZIPUR	206043	0,50	ZIPUR	32.DYBR.F01	ZIPUR-1	0,50	P	0,50	MAKASSAR UTARA	MAROS						
80	DB-2	212966	23,11	DB-2	32.DYBR.F02	DB-2	23,11	P	23,11	MAKASSAR UTARA	MAROS						
81	CARANGRI	45773282	40,85	CARANGRI	32.DYBR.F06	CARANGRI-6	40,85	P	40,85	MAKASSAR UTARA	MAROS						
82	PIKAK	45773283	93,46	PIKAK	32.DYBR.F05	PIKAK-5	93,46	P	93,46	MAKASSAR UTARA	MAROS						
83	SUDIANG	45773285	0,20	SUDIANG	32.DYBR.F04	SUDIANG-4	0,20	P	0,20	MAKASSAR UTARA	MAROS						
84	GLUNUNG MAS	1158568	11,00	GLUNUNG MAS	32.PGKPE.F01	GLUNUNG MAS	11,00	P GLUNUNG MAS	11,00	MAKASSAR UTARA	PANGKEP						
85	MINASATENE	1158566	107,65	MINASATENE	32.PGKPE.F02	MSTEN	107,65	P MINASATENE	107,65	MAKASSAR UTARA	PANGKEP						
86	PANGKEP	1158564	52,12	PANGKEP	32.PGKPE.F01	PKPEP	52,12	P PANGKEP	52,12	MAKASSAR UTARA	PANGKEP						
87	SIGER	1158565	118,20	SIGER	32.PGKPE.F03	SIGER	118,20	P SIGER	118,20	MAKASSAR UTARA	PANGKEP						
88	SILORO	1158567	106,25	SILORO	32.PGKPE.F05	SILORO	106,25	P SILORO	106,25	MAKASSAR UTARA	PANGKEP						



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN**

Alamat kantor: Jl.Sultan Alauddin NO.259 Makassar 90221 Tlp.(0411) 866972,881593, Fax.(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT**

**UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,  
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:**

Nama : Andi Muh Faiz Ramadhan / Salsah Lutvi Ramadani

Nim : 105821110519 / 105821107519

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	10 %	10 %
2	Bab 2	8 %	25 %
3	Bab 3	10 %	10 %
4	Bab 4	0 %	10 %
5	Bab 5	4 %	10 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 23 Agustus 2023

Mengetahui

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,

  
Nursinah, S.Pd, M.Pd  
NBM. 964 591

Jl. Sultan Alauddin no 259 makassar 90222  
Telepon (0411)866972,881 593,fax (0411)865 588  
Website: www.library.unismuh.ac.id  
E-mail : perpustakaan@unismuh.ac.id

BAB I - andi muh faiz ramadhan  
/ salsah lutvi ramadani  
105821110519 / 105821107519

by Tahap Tutup

**Submission date:** 23-Aug-2023 01:29PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2149830781

**File name:** BAB\_I\_7.docx (22.31K)

**Word count:** 616

**Character count:** 4270

BAB II - andi muh faiz ramadhan / salsah lutvi ramadani  
105821110519 / 105821107519

ORIGINALITY REPORT

<b>8%</b> SIMILARITY INDEX	<b>7%</b> INTERNET SOURCES	<b>0%</b> PUBLICATIONS	<b>2%</b> STUDENT PAPERS
-------------------------------	-------------------------------	---------------------------	-----------------------------

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

2%  
★ [annisaniesya7.blogspot.com](http://annisaniesya7.blogspot.com)  
Internet Source



Exclude quotes  On      Exclude matches  < 2%  
Exclude bibliography  On

BAB III - andi muh faiz ramadhan / salsah lutvi ramadani  
105821110519 / 105821107519

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

3%

★ interstudi.edu

Internet Source



Exclude quotes  On

Exclude matches  < 2%

Exclude bibliography  On

BAB IV - andi muh faiz ramadhan / salsah lutvi ramadani  
105821110519 / 105821107519

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

2%

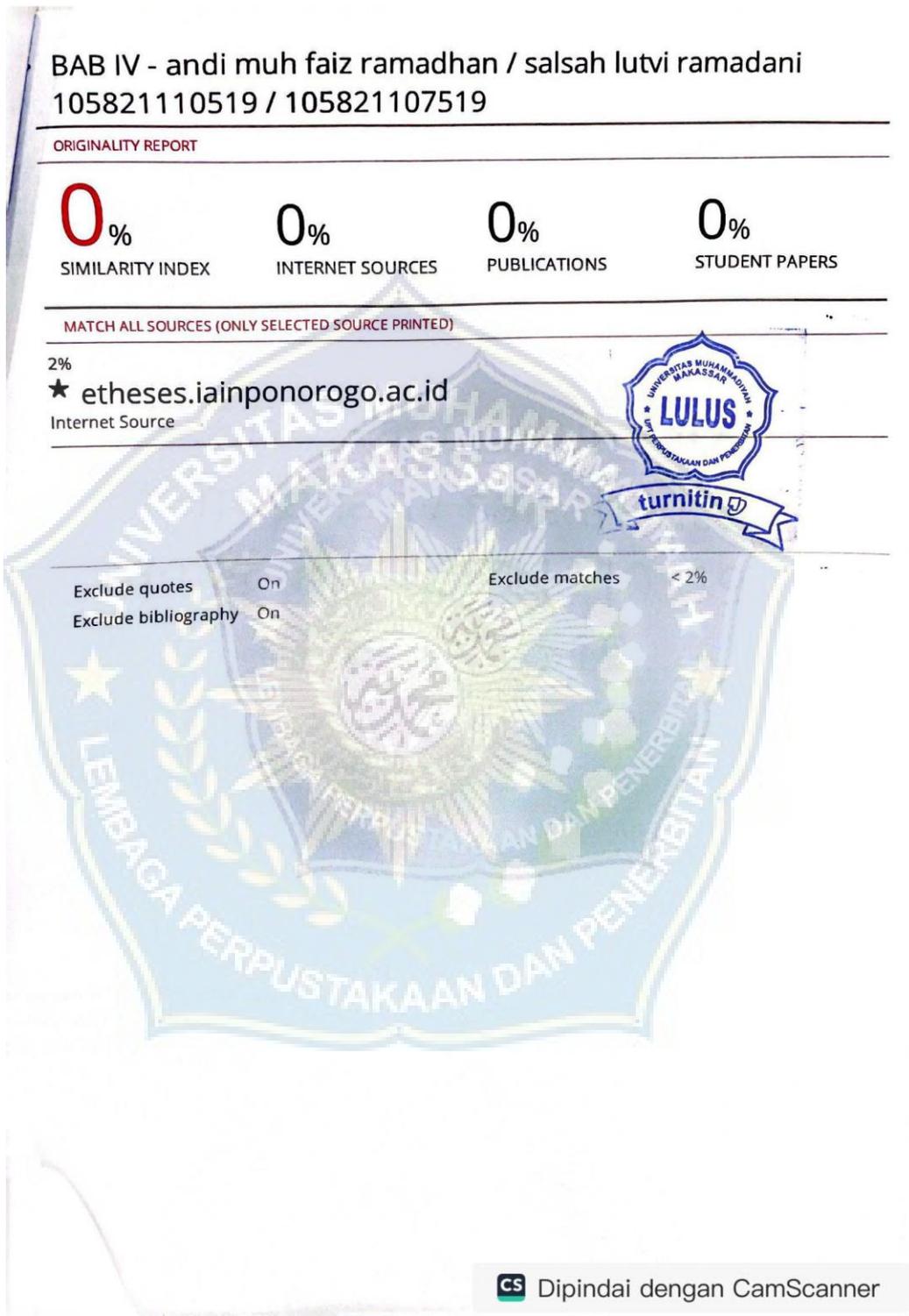
★ [etheses.iainponorogo.ac.id](http://etheses.iainponorogo.ac.id)

Internet Source



Exclude quotes  On  
Exclude bibliography  On

Exclude matches < 2%



BAB V - andi muh faiz ramadhan / salsah lutvi ramadani  
105821110519 / 105821107519

ORIGINALITY REPORT

4%

SIMILARITY INDEX

4%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

4%

★ 123dok.com

Internet Source



Exclude quotes  On  
Exclude bibliography  On

Exclude matches < 2%