

“ANALISIS RUGI-RUGI DAYA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER  
PENYULANG ADHYAKSA MAKASSAR”  
(STUDI KASUS PT. PLN (Persero) RAYON PANAKKUKANG)



OLEH :

Azka Azhari. B

105820082511

M. Rizal Sulaiman

105820082011

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI ELEKTRO**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2017**



# 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: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Azka Azhari. B** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 00825 11 dan **M Rizal Sulaiman** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 00820 11, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 510/05/A.5-II/VI/38/2017 sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Selasa tanggal 20 Juni 2017

Panitia Ujian :

Makassar, 01 Agustus 1438 H  
08 Dzulq'a'dah 2017 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Dr.H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

b. Sekretaris : Adriani, ST.,MT

3. Anggota : 1. Rizal A Duyo, ST.,MT

2. Andi Fakharuddin, ST.,MT

3. Mutmainnah, ST.,MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

  
Ir. Abd Hafid, M.T

Dekan

  
Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.  
NBM : 855 500



# 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: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Azka Azhari. B** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 00825 11 dan **M Rizal Sulaiman** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 00820 11, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 510/05/A.5-II/VI/38/2017 sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Selasa tanggal 20 Juni 2017

Panitia Ujian :

Makassar, 01 Agustus 1438 H  
08 Dzulqa'dah 2017 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Dr.H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

b. Sekertaris : Adniani, ST.,MT

3. Anggota : 1. Rizal A Duyo, ST.,MT

2. Andi Fakharuddin, ST.,MT

3. Mutmainnah, ST.,MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

  
Ir. Abd Hafid, M.T

Dekan

  
Ir. Hamzah Af Imran, S.T., M.T.  
NBM : 855 500

## KATA PENGANTAR

Assalamu ‘alaikum Wr.Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan skripsi dengan judul Analisis Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Primer Penyulang Adhyaksa “(Studi Kasus PT. PLN (Persero) Rayon Panakkukang)” dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Selama penyusunan skripsi, penulis banyak menemui hambatan, namun atas pertolongan Allah SWT serta bantuan dari berbagai pihak akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Olehnya itu pada kesempatan ini dengan tulus dan ikhlas penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang Tua, Senior dan adik-adik tercinta yang dengan ikhlas mencurahkan cinta dan kasih sayangnya, yang selalu memberikan dorongan dan motivasinya.
2. Bapak Dr Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc selaku pembimbing I dan Bapak Ir. Abdul Hafid MT selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya selama membimbing dan mengarahkan penulis dalam pembuatan tugas akhir ini.
3. Bapak, Umar Katu ST. MT selaku ketua Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar beserta staf dosen dan pegawai Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Pimpinan dan Karyawan PT. PLN (Persero) Rayon Panakkukang Makassar.
5. Teman-teman “kece” yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan sekelumit inspirasi, juga teman lain yang selalu memberikan motivasi tak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari skripsi yang telah dibuat jauh dari sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Makassar, November 2016

Penulis



Azka Azhari B', M Rizal Sulaiman

'Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar'

Email: [azkhakaka11@gmail.com](mailto:azkhakaka11@gmail.com)

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar'

Email: [m.rizalsulaiman011@gmail.com](mailto:m.rizalsulaiman011@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar rugi-rugi daya yang timbul pada jaringan distribusi primer penyulang Adyaksa Gardu Induk Panakukang Makassar. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif, pengumpulan data dilakukan dengan wawancara, observasi dan dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besar energi (daya) yang dikirim dari gardu induk panakukang 20 kV pada bulan Januari yaitu 1.246.526,60421 kWh. Panjang saluran utama penyulang yang melayani adhyaksa ialah 3,377 kms dan melayani 11 buah trafo distribusi serta total energi yang terjual pada bulan januari 1.216.000,00 kWh. Dari data-data yang ada maka didapatkan dari hasil perhitungan yaitu rugi daya yang terjadi pada bulan januari sebesar 30.526,60421 kWh dengan persentase tiap bulannya (Januari - Juni) rata-rata 1,36 %.

**Kata kunci** : Jaringan distribusi, Rugi-rugi daya.

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	2
D. Manfaat Penelitian .....	3
E. Batasan Masalah .....	4
F. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
A. Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	5
1. Umum .....	5
2. Bagian-Bagian Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	11
3. Jaringan Tegangan Rendah .....	23
4. Komponen-komponen Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	24
B. Rugi-Rugi Pada Sistem Tenaga Listrik .....	38
1. Umum .....	38
2. Jenis Rugi-Rugi Pada Sistem Distribusi .....	38
BAB III METODE PENELITIAN .....	48
A. Waktu dan Tempat .....	48

B. Teknik Pengolahan Data .....	49
C. Analisis Pengumpulan Data .....	49
D. Prosedur Penelitian.....	50
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>51</b>
A. Hasil .....	51
B. Pengolahan Data.....	57
C. Pembahasan.....	61
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>63</b>
A. Kesimpulan .....	63
B. Saran.....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>67</b>





## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 2.1 Pemilihan kekuatan tiang ujung jaring distribusi tegangan menengah..	29
Tabel 2.2 Vektor Group dan Daya Transformator .....	31
Tabel 4.1. Kapasitas trafo distribusi yang diasuh oleh penyulang .....	53
Tabel 4.2. Jenis, Luas, dan Panjang Penampang Penyulang.....	55
Tabel 4.3 Data kWH penyulang / bulan januari – juni .....	56
Tabel 4.4 Data beban penyulang / Bulan Januari – Juni .....	57
Tabel 4.5 Hasil perhitungan rugi daya pada jaringan/ bulan januari – juni .....	60
Tabel 4.6 Persentase hasil perhitungan rugi daya penyulang .....	60



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 2.1 Ruang Lingkup Sistem Tenaga Listrik ( <i>Suhadi, dkk.2008</i> ) .....	7
Gambar 2.2 Jaringan Tegangan Menengah (JTM) Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan( <i>Suhadi, dkk.2008</i> ) .....	7
Gambar 2.3. Diagram satu garis distribusi tenaga listrik.....	9
Gambar 2.4 Jaringan Tegangan Menengah dengan Konfigurasi Radial( <i>Fariz Al-fahariski, 2012</i> ) .....	14
Gambar 2.5 Jaringan Tegangan Menengah dengan Konfigurasi Ring( <i>Fariz Al-fahariski, 2012</i> ) .....	14
Gambar 2.6 Jaringan Tegangan Menengah dengan Konfigurasi Spindel( <i>Fariz Al-fahariski, 2012</i> ) .....	15
Gambar 2.7 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010) .....	16
Gambar 2.8 Gardu Portal dan Bagan satu garis (PT. PLN Buku 4, 2010) .....	19
Gambar 2.9 Bagan satu garis Gardu Portal (PT. PLN Buku 4, 2010) .....	20
Gambar 2.10 Gardu Tipe Cantol(PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010) .....	21
Gambar 2.11 Gardu Batu (PT. PLN (Persero) Buku 4,2010) .....	22
Gambar 2.12 Gardu Kios(PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010) .....	22
Gambar 2.13 Penghantar Berisolasi Penuh ( <i>Three Single Core</i> ) (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010) .....	25
Gambar 2.14 Jenis - jenis Isolator Tumpu(PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)	26

Gambar 2.15 Jenis-Jenis Isolator Tarik(PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010) .....	26
Gambar 2.16 Live Line Connector (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010) .....	27
Gambar 2.17 Transformator Distribusi <i>Fhase</i> 3 yang dibelah(PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010) .....	31
Gambar 2.18 Transformator CSP ( <i>Completely Self Protected</i> ) terlihat bagian dalamnya(PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010) .....	32
Gambar 2.19 <i>Fused Cut Out</i> (FCO)(PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010) .....	33
Gambar 2.20 <i>Lighting Arrester</i> (LA)(PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010) .....	33
Gambar 2.21 a) Contoh Letak Pemasangan <i>Fused Cut Out</i> (FCO) .....	34
b) Contoh Letak Pemasangan <i>Load Break Switch</i> (LBS)(PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010) .....	34
Gambar 2.22 PHB Tegangan Menengah (Hamma, Agussalim. 2012) .....	35
Gambar 2.23. Segitiga daya .....	43
Gambar 3.1. Lokasi tempat penelitian pada penyulang adhyaksa Makassar .....	48
Gambar 4.1. <i>Single Line Diagram</i> Penyulang yang melayani adhyaksa .....	52
Gambar 4.2. <i>Diagram &amp; Penentuan Jarak</i> Penyulang yang melayani adyaksa .....	54

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu komponen terpenting bahkan merupakan salah satu faktor untuk menunjang pembangunan suatu bangsa. Energi listrik sudah termasuk kebutuhan pokok bagi masyarakat karena selain untuk penerangan, listrik juga digunakan untuk berbagai aktifitas, baik untuk kebutuhan konsumtif maupun produktif. Pemanfaatan secara optimal energi listrik oleh masyarakat dapat dibantu dengan jaringan distribusi yang efektif dan efisien.

Jaringan distribusi merupakan suatu bagian utama dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan daya listrik dari sisi pembangkit sebagai pengirim ke sisi beban (konsumen) sebagai penerima. Daya listrik tersebut disalurkan melalui peralatan jaringan distribusi dengan kapasitas tertentu.

Jumlah daya listrik yang sampai ke beban tidak sama dengan jumlah daya listrik yang dibangkitkan karena terjadi susut atau rugi-rugi daya. Hal ini disebabkan oleh berbagai hal yaitu jarak antara pembangkit dan konsumen yang berjauhan sehingga pada peralatan listrik jaringan distribusi mengalami rugi-rugi daya. Rugi-rugi daya pada jaringan distribusi juga disebabkan oleh pembebanan yang tidak seimbang antara ketiga fasa jaringan, panas yang timbul pada konduktor saluran maupun transformator, serta panas yang timbul pada sambungan konduktor yang buruk (*loss contact*). Untuk itu perlu dilakukan analisis sebagai bahan evaluasi terhadap rugi-rugi daya jaringan

distribusi dalam rangka memaksimalkan pemenuhan kebutuhan energi listrik terhadap konsumen yakni masyarakat.

Jaringan distribusi pada sistem tenaga listrik PT PLN (Persero) Rayon Panakkukang merupakan contoh kasus jaringan distribusi yang memiliki banyak beban yang jaraknya jauh dari pembangkit sehingga rugi-rugi daya tidak dapat dihindari, sementara besar rugi-rugi daya tersebut belum diketahui, apakah masih dalam batas-batas yang diizinkan atau melampaui batas standar yang ditentukan.

#### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa besar rugi daya yang timbul pada penyulang adhyaksa?
2. Apa penyebab rugi daya yang timbul pada penyulang adhyaksa?

#### **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan :

1. Untuk Mendapatkan besar rugi daya yang timbul pada penyulang adhyaksa
2. Untuk menemukan penyebab rugi daya yang timbul pada penyulang adhyaksa

#### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan memberi manfaat dalam bentuk :

1. Sebagai bahan pembelajaran dalam upaya menambah pengetahuan dan wawasan yang lebih luas. Selain itu, juga sebagai bahan informasi atau

bahan acuan bagi peneliti selanjutnya dalam skala yang lebih luas dan kompleks yang berkaitan dengan judul ini.

2. Sebagai masukan bagi perusahaan untuk meminimalisir beberapa kerugian yang biasa terjadi pada peyulang yang melayani adhyaksa dan penyulang lain khususnya kerugian daya.

#### **E. Batasan Masalah**

Agar tercapai sasaran yang tepat dalam penulisan ini maka dibuat suatu batasan masalah. Batasan masalah tersebut antara lain:

1. Menghitung besarnya jatuh tegangan dan juga rugi-rugi daya pada jaringan distribusi berdasarkan panjang maupun diameter suatu penghantar. Sehingga perhitungan tersebut dapat menjadi acuan untuk memperoleh nilai faktor daya yang optimal.
2. Menghitung nilai-nilai berdasarkan jatuh tegangan dan rugi-rugi daya jaringan distribusi

#### **F. Sistematika Penulisan**

Laporan tugas akhir ini disusun dengan menggunakan sistematika sebagai berikut:

**Bab I** : Menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

**Bab II** : Menjelaskan mengenai konsep atau teori pendukung yang menjadi landasan bagi penelitian. Bab ini menguraikan tentang konsep jatuh

tegangan dan rugi-rugi daya untuk mencari akar penyebab serta solusi permasalahan.

**Bab III** : Memberikan gambaran serta pembahasan jaringan distribusi pada sistem tenaga listrik penyalang adhyaksa makassar

**Bab IV** : Uraian hasil dan pembahasan jaringan distribusi pada sistem tenaga listrik penyalang adhyaksa makassar.

**Bab V** : Saran dan kesimpulan mengenai pembahasan jaringan distribusi primer penyalang adhyaksa.

**Daftar Pustaka** : Berisi tentang daftar yang mencantumkan spesifikasi sebuah buku yang meliputi judul buku, Nama pengarang, Penerbit dan informasi yang terkait.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

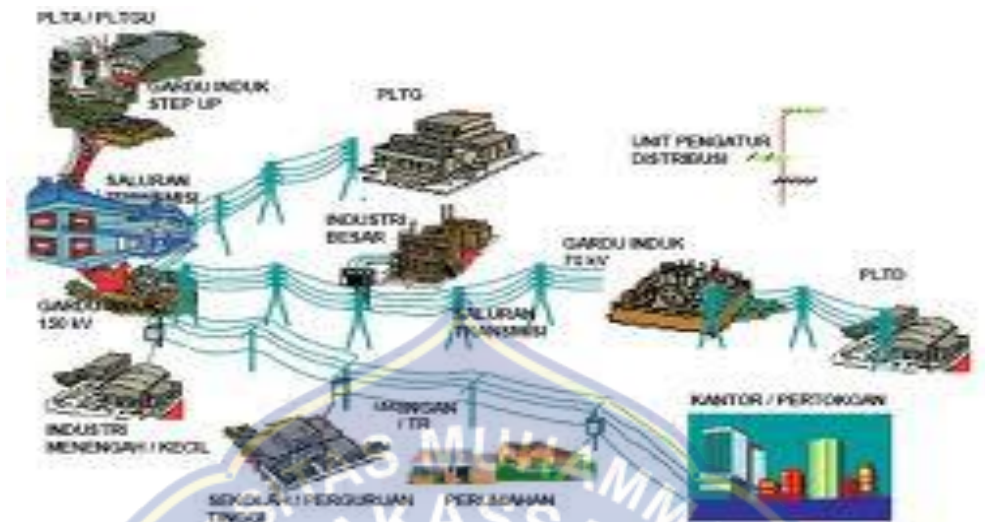
#### **A. Sistem Distribusi Tenaga Listrik**

##### **1. Umum**

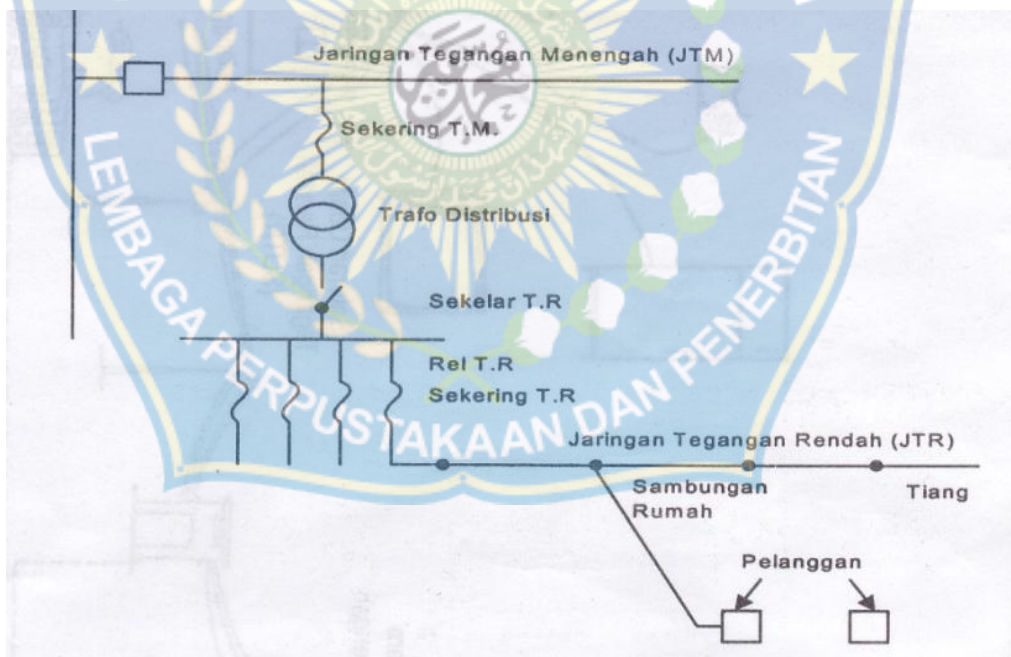
Ketersediaan daya listrik dalam jumlah dan mutu yang memadai merupakan salah satu faktor yang menunjang untuk mempercepat peningkatan ekonomi dan laju pembangunan di berbagai sektor, serta meningkatkan produktifitas bagi masyarakat. Salah satu kendala yang dihadapi adalah pendistribusian daya listrik ke konsumen, karena pada umumnya konsumen mengharapkan adanya suatu bentuk penyediaan energi listrik yang terus menerus (kontinyu). Pemasok tenaga listrik dalam hal ini PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Persero, dituntut untuk mampu memberikan suatu pelayanan tenaga listrik yang optimal sesuai yang dibutuhkan para konsumen, tetapi pada kenyataannya krisis energi listrik menjadi masalah besar dalam penyediaan energi listrik dalam jumlah besar. Untuk itu, hal yang mendesak dilakukan adalah memaksimalkan manajemen pengoperasian sistem tenaga listrik. Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan konsumen. Bagian ini sangat menunjang penyaluran tenaga listrik ke konsumen, untuk itu diperlukan pengoperasian dan pemeliharaan jaringan distribusi tenaga listrik yang memadai. Untuk menyalurkan tenaga listrik ke konsumen, jaringan distribusi tenaga listrik terbagi atas dua, yaitu jaringan distribusi tenaga listrik primer yang menggunakan tegangan 20000 Volt atau 20 kV (Tegangan Menengah =



TM) dan jaringan distribusi tenaga listrik sekunder, menggunakan tegangan 220/380 Volt (Tegangan Rendah = TR). Pada penyaluran tenaga listrik, keandalan jaringan distribusi harus benar-benar diperhatikan, karena dalam jaringan distribusi sangatlah besar kemungkinan terjadinya jatuh tegangan dan susut daya pada kawat penghantar serta susut daya yang terjadi pada transformator distribusi. Oleh karena itu diperlukan perhatian terhadap aspek-aspek teknis dan non-teknis dalam peningkatan keandalan atau kualitas jaringan distribusi. Proses penyaluran daya listrik pada jaringan distribusi ke konsumen, terjadi penyusutan daya pada saluran (penghantar), transformator, dan peralatan lain yang terpasang pada jaringan distribusi tersebut. Penyusutan ini merupakan hal yang wajar selama besarnya masih dalam batas-batas toleransi yang diizinkan. Jika besarnya sudah melampaui batas toleransi, maka sudah perlu diambil langkah-langkah untuk mengatasinya. Susut daya dan jatuh tegangan sebagian besar terjadi pada jaringan distribusi. Hal ini dikarenakan arus listrik yang mengalir pada jaringan distribusi, baik distribusi primer maupun distribusi sekunder sangat besar. Apabila terjadi jatuh tegangan yang besar, akan mempengaruhi karakteristik pengoperasian peralatan khususnya elektronik pada konsumen, terutama pada kondisi jatuh tegangan yang melebihi 10 %. Bilamana kondisi ini terus berlangsung dengan arus yang besar, maka peralatan elektronik tersebut akan bekerja pada kondisi tidak normal atau rusak.



Gambar 2.1 Ruang Lingkup Sistem Tenaga Listrik (Suhadi, dkk.2008)

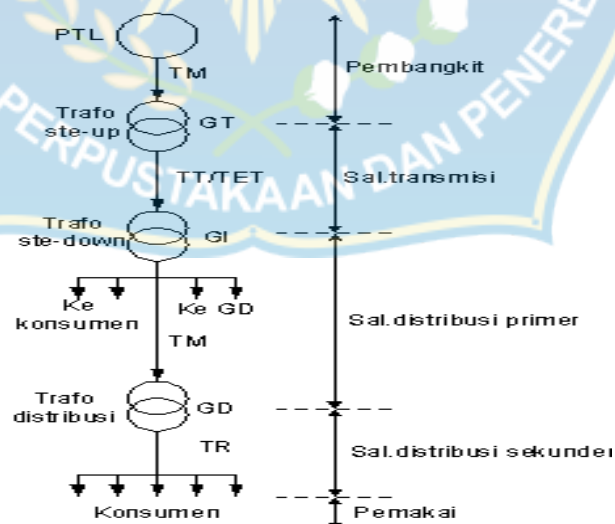


Gambar 2.2 Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan (Suhadi, dkk.2008)

Penyulang Adyaksa merupakan salah satu penyulang yang disuplai dari gardu induk Panakukang Makassar. Penyulang Adyaksa mensuplai 23 gardu distribusi dengan kapasitas yang berbeda-beda dan tersebar di beberapa lokasi untuk melayani konsumen yang berada disekitar daerah kompleks perumahan Panakukang Mas, termasuk daerah pusat bisnis (perdagangan) seperti Mall Panakukang, *Carefour*, *Panakukang Trade Centre* (PTC), Gudang Rabat Alfa, dan pertokoan lainnya. Seringnya terjadi pengsaklaran (*swicthing*) pada gardu distribusi diindikasikan sebagai akibat dari besarnya jatuh tegangan dan susut daya pada jaringan distribusi. Seiring dengan perkembangan wilayah hunian dan pusat bisnis di daerah Panakukang dan sekitarnya, mengakibatkan tingkat kebutuhan konsumen akan tenaga listrik yang bervariasi, maka pada daerah tersebut dibutuhkan data yang lengkap untuk meminimalisir gejala-gejala yang dapat menyebabkan terjadinya susut daya dan jatuh tegangan yang disebut dengan *loses* distribusi tegangan menengah pada daerah tersebut. Adapun permasalahan dalam penelitian ini adalah berapa besar jatuh tegangan jaringan distribusi tenaga listrik pada penyulang Adyaksa dan berapa besar susut daya jaringan distribusi tenaga listrik pada penyulang Adyaksa Makassar. Sedangkan tujuan penelitian ini diharapkan untuk mengetahui besar jatuh tegangan dan susut daya jaringan distribusi tenaga listrik pada penyulang Adyaksa Makassar. Suatu sistem distribusi secara garis besar terdiri dari tiga bagian, yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Pusat pembangkitan merupakan tempat energi listrik dibangkitkan, dan dengan menggunakan transformator penaik tegangan (*step-up*), tegangan

listrik dinaikkan menjadi tegangan tinggi dan selanjutnya disalurkan melalui saluran transmisi. Saluran transmisi akan menghubungkan antara pusat pembangkit dengan sistem distribusi atau konsumen melalui gardu induk dengan menurunkan tegangannya pada transformator penurun tegangan (*step-down*) menjadi tegangan menengah. Pada bagian distribusi inilah energi listrik selanjutnya disalurkan ke konsumen untuk berbagai keperluan. Diagram sistem distribusi tenaga listrik ditunjukkan pada gambar 1. Sistem tenaga listrik di Indonesia menggunakan sistem 3 fasa yang seimbang.

Artinya bahwa tegangan 3 fasa yang dihasilkan oleh unit-unit pembangkit tenaga listrik dalam keadaan seimbang, baik besar tegangan maupun frekuensi yang dihasilkan (Stevenson, 1994). Menurut Dugan & Beaty (1996), keandalan atau kualitas daya listrik secara umum dapat dinyatakan sebagai kemungkinan suatu komponen atau suatu sistem penyedia tenaga listrik menjalankan fungsinya secara memuaskan dan sempurna.



Gambar 2.3. Diagram satu garis distribusi tenaga listrik

Dalam penyaluran tenaga listrik dari gardu-gardu induk sampai kepada konsumen diperlukan suatu sistem jaringan distribusi, dimana pada jaringan distribusi tersebut timbul jatuh tegangan dan rugi daya, sedangkan pada transformator distribusi juga timbul rugi daya (Pabla, 1994). Menurut Dugan & Beaty (1996), bahwa perubahan tegangan suplai diizinkan antara +5 % dan -5%, sedangkan menurut Wardani (1996), bahwa batas toleransi variasi tegangan adalah +5 % dan -10% dari tegangan nominal.

Pendistribusian tenaga listrik dari gardugardu induk sampai kepada konsumen diperlukan suatu sistem jaringan distribusi (Pabla, 1994). Sistem jaringan distribusi dapat dibedakan atas dua yaitu :

a. Sistem jaringan distribusi Primer

Sistem jaringan distribusi primer adalah bagian dari sistem tenaga listrik terletak antara gardu induk dan gardu distribusi. Jaringan distribusi primer ini umumnya terdiri dari jaringan tiga fasa yang jumlah kawatnya tiga atau empat kawat. Untuk menyalurkan tenaga listrik pada jaringan distribusi primer digunakan saluran kawat udara, saluran kabel udara atau sistem kabel tanah, dimana penggunaannya disesuaikan dengan tingkat keandalan yang dibutuhkan. Saluran distribusi primer ini dibentangkan sepanjang daerah yang disuplai tenaga listrik sampai pada pusat beban ujung akhir.

b. Sistem jaringan distribusi sekunder

Sistem jaringan distribusi sekunder merupakan bagian dari sistem jaringan distribusi primer dimana jaringan ini berhubungan langsung dengan konsumen

tenaga listrik. Pada jaringan distribusi sekunder sistem tegangan distribusi primer 20 kV diturunkan menjadi sistem tegangan rendah 380/220 Volt.

Sistem jaringan distribusi primer dikenal beberapa macam tipe jaringan distribusi primer, dimana masing-masing sistem mempunyai karakteristik-karakteristik yang berbeda-beda serta mempunyai keuntungan dan kerugian yang tergantung pada kebutuhan. Dasar pemilihan suatu sistem tergantung dari tingkat kepentingan konsumen/pusat beban itu sendiri, yaitu meliputi

- a) Kontinuitas pelayanan yang baik
- b) Kualitas daya listrik yang baik
- c) Luas dan penyebaran daerah beban yang dilayani seimbang
- d) Fleksibelitas dalam pengembangan dan perluasan daerah beban
- e) Kondisi dan situasi lingkungan, dan
- f) Pertimbangan ekonomis.

## **2. Bagian-Bagian Sistem Distribusi Tenaga Listrik**

Demi kemudahan dan penyederhanaan dalam system tenaga listrik maka diadakan pembagian dan pembatasan-pembatasan sebagai berikut (Suhadidkk., 2008) :

- a. Daerah I : bagian pembangkitan (*generation*)
- b. Daerah II : bagian penyaluran (*transmission*) bertegangan tinggi (70 kV – 500 kV)
- c. Daerah III : bagian distribusi primer bertegangan menengah (6kV atau 20kV)
- d. Daerah IV : bagian bertegangan rendah di dalam bangunan pada konsumen tegangan rendah.

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi Sistem Distribusi adalah Daerah III dan IV. Dengan demikian ruang lingkup Jaringan Distribusi adalah:

**a. Jaringan Tegangan Menengah**

Pada pendistribusian tenaga listrik ke konsumen di suatu kawasan, penggunaan sistem tegangan menengah sebagai jaringan utama adalah upaya utama menghindarkan rugi-rugi penyaluran (*losses*) dengan kualitas persyaratan tegangan yang harus dipenuhi oleh PT. PLN (Persero) selaku pemegang Kuasa Usaha Utama sebagaimana diatur dalam UU ketenagalistrikan No 30 tahun 2009. Konstruksi JTM dengan tegangan 20 kV wajib memenuhi kriteria keamanan ketenagalistrikan, termasuk didalamnya adalah jarak aman minimal antara Fase dengan lingkungan dan antara Fase dengan tanah, bila jaringan tersebut menggunakan Saluran Udara atau Kabel Bawah Tanah Tegangan Menengah serta kemudahan dalam hal pengoperasian atau pemeliharaan Jaringan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) pada jaringan utama. Hal ini dimaksudkan sebagai usaha menjaga keandalan kontinuitas pelayanan konsumen. ( PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)

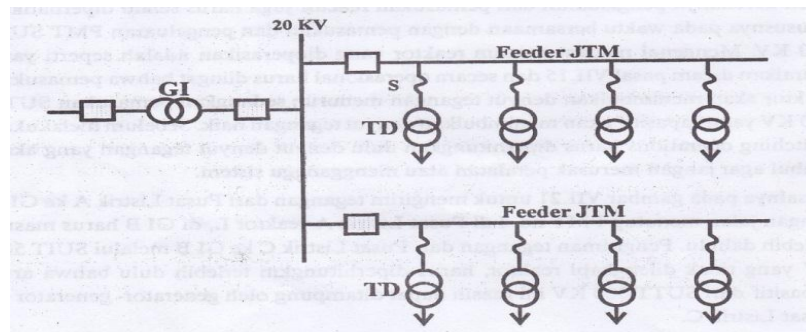
Lingkup Jaringan Tegangan Menengah pada sistem distribusi dimulai dari terminal keluar (out-going) pemutus tenaga dari transformator penurun tegangan Gardu Induk atau transformator penaik tegangan pada Pembangkit untuk sistem distribusi skala kecil, hingga peralatan

pemisah/proteksi sisi masuk (in-coming) transformator distribusi 20 kV - 230/400V.

Terdapat berbagai konfigurasi jaringan tegangan menengah, yaitu (Fariz Al-fahariski, 2012) :

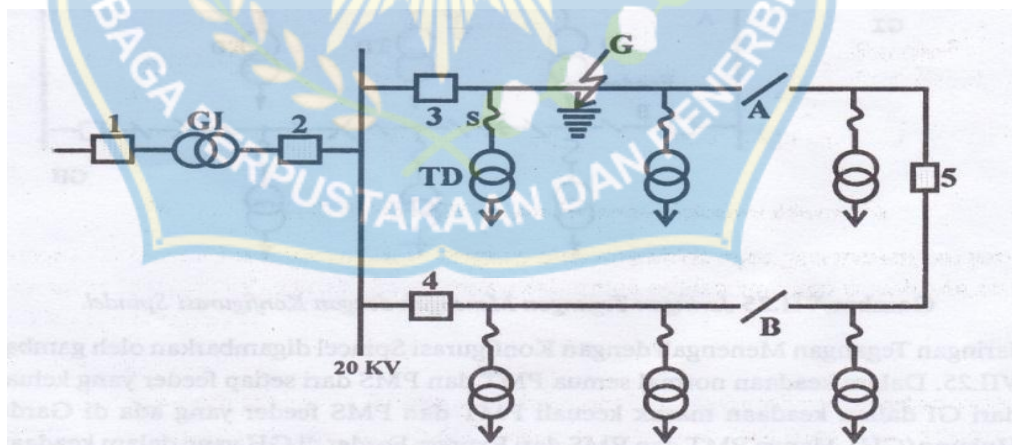
- 1) **Konfigurasi radial**, adalah konfigurasi dengan bentuk paling dasar, paling sederhana dan paling banyak digunakan. Konfigurasi ini dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari satu titik yang merupakan sumber dari jaringan yang kemudian dicabangkan ke titik beban-beban yang dilayani dan tidak memiliki saluran alternatif lain. Gambar jaringan tegangan menengah dengan konfigurasi radial dibawah ini menggambarkan jaringan tegangan menengah berupa *feeder-feeder* radial yang keluar dari GI. Sepanjang *feeder* terdapat transformator distribusi (TD) yang dilengkapi dengan sekering (S) trafo distribusi yang diletakkan sedekat mungkin dengan beban. Keunggulan dari konfigurasi radial ini adalah bentuknya yang sederhana dan biaya investasinya yang cukup murah. Adapun kelemahan dari konfigurasi ini adalah kualitas pelayan dayanya yang relatif jelek karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar serta keberlanjutan pelayanan dayanya tidak terjamin, sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif sehingga bila terjadi gangguan maka seluruh rangkaian akan mengalami *black out* total.





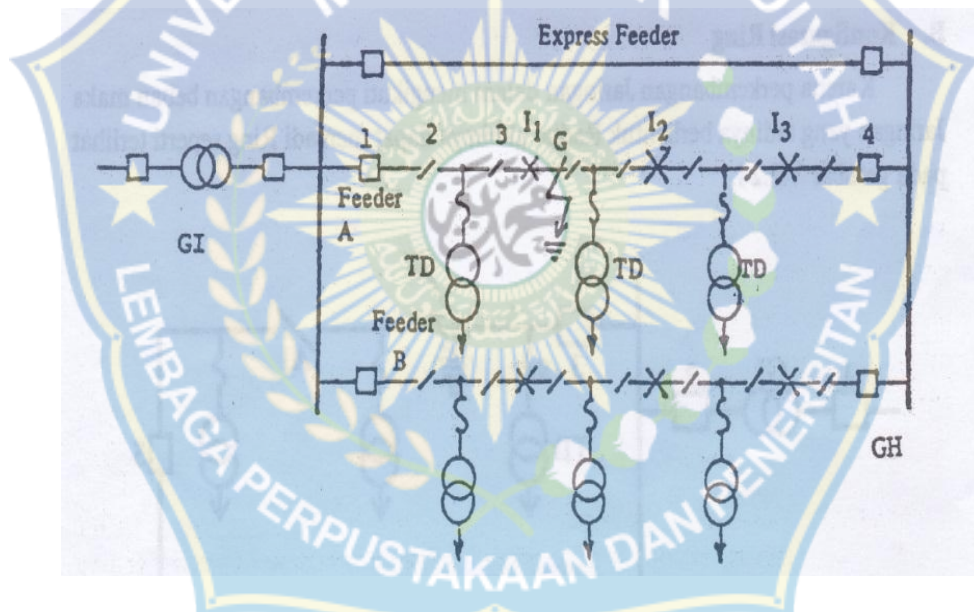
Gambar 2.4 Jaringan Tegangan Menengah dengan Konfigurasi Radial (Fariz Al-fahariski, 2012)

- 2) **Konfigurasi ring**, merupakan perkembangan dari konfigurasi radial yaitu konfigurasi yang pada titik bebannya terdapat dua alternatif saluran yang berasal lebih dari satu sumber. Susunan rangkaian *feeder* membentuk cincin yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah *feeder*, sehingga keberlanjutan pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik karena rugi tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil.



Gambar 2.5 Jaringan Tegangan Menengah dengan Konfigurasi Ring (Fariz Al-fahariski, 2012)

3) **Konfigurasi *Spindel*** merupakan konfigurasi yang biasanya terdiri dari maksimum 6 *feeder* dalam keadaan dibebani dan 1 *feeder* dalam keadaan kerja tanpa beban. Saluran dengan 6 *feeder* yang beroperasi dalam keadaan berbeban dinamakan *working feeder* sedangkan saluran yang dioperasikan tanpa beban dinamakan *express feeder*. Fungsi dari *express feeder* adalah sebagai cadangan pada saat terjadi gangguan pada salah satu *working feeder* dan juga berfungsi untuk memperkecil terjadinya drop tegangan pada sistem distribusi bersangkutan pada keadaan operasi normal.



Gambar 2.6 Jaringan Tegangan Menengah dengan Konfigurasi Spindel (Fariz Al-fahariski, 2012)

Konstruksi jaringan Tenaga Listrik Tegangan Menengah dapat dikelompokkan menjadi 3 macam konstruksi sebagai berikut. (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010) :

### 1) Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah sebagai konstruksi termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama. Konstruksi ini terbanyak digunakan untuk konsumen jaringan Tegangan Menengah yang digunakan di Indonesia.

Ciri utama jaringan ini adalah penggunaan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi/beton. Penggunaan penghantar telanjang, dengan sendirinya harus diperhatikan faktor yang terkait dengan keselamatan ketenagalistrikan seperti jarak aman minimum yang harus dipenuhi penghantar bertegangan 20 kV tersebut antar *Fhase* atau dengan bangunan atau dengan tanaman atau dengan jangkauan manusia



Gambar 2.7 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)

## 2) Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)

Untuk lebih meningkatkan keamanan dan keandalan penyaluran tenaga listrik, penggunaan penghantar telanjang atau penghantar berisolasi setengah pada konstruksi jaringan saluran udara tegangan menengah 20 kV, dapat juga digantikan dengan konstruksi penghantar berisolasi penuh yang dipilin.

Isolasi penghantar tiap *Phase* tidak perlu dilindungi dengan pelindung mekanis. Berat kabel pilin menjadi pertimbangan terhadap pemilihan kekuatan beban kerja tiang beton penopangnya.

## 3) Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)

Konstruksi SKTM ini adalah konstruksi yang aman dan andal untuk mendistribusikan tenaga listrik Tegangan Menengah, tetapi relatif lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama. Keadaan ini dimungkinkan dengan konstruksi isolasi penghantar per *Phase* dan pelindung mekanis yang dipersyaratkan.

Penggunaan SKTM sebagai jaringan utama pendistribusian tenaga listrik adalah sebagai upaya utama peningkatan kualitas pendistribusian. Dibandingkan dengan SUTM, penggunaan SKTM akan memperkecil resiko kegagalan operasi akibat faktor eksternal atau meningkatkan keamanan ketenagalistrikan. Penerapan instalasi SKTM seringkali tidak dapat lepas dari instalasi Saluran Udara Tegangan Menengah sebagai satu kesatuan sistem distribusi sehingga masalah transisi konstruksi diantaranya tetap harus dijadikan perhatian.

## **b. Gardu Distribusi (GD)**

Pengertian umum Gardu Distribusi tenaga listrik yang paling dikenal adalah suatu bangunan gardu listrik berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator Distribusi (TD) dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380V). (PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010).

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas (PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010) :

### **1) Jenis pemasangannya :**

- a) Gardu pasangan luar : Gardu Portal, Gardu Cantol
- b) Gardu pasangan dalam : Gardu Beton, Gardu Kios

### **2) Jenis Konstruksinya :**

- a) Gardu Beton (bangunan sipil : batu, beton
- b) Gardu Tiang : Gardu Portal dan Gardu Cantol
- c) Gardu Kios

### **3) Jenis Penggunaannya :**

- a) Gardu Pelanggan Umum
- b) Gardu Pelanggan Khusus

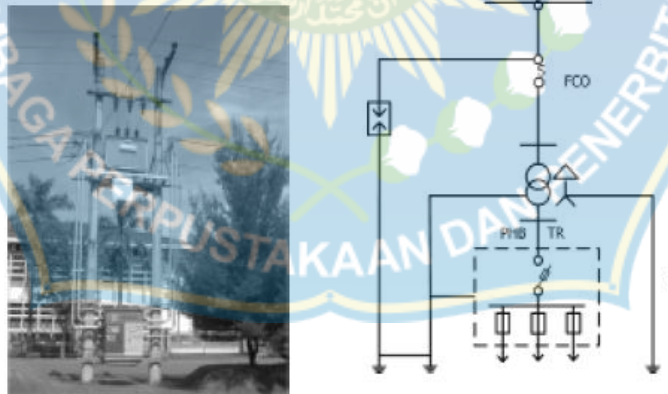
Khusus pengertian Gardu Hubung adalah gardu yang ditujukan untuk memudahkan manuver pembebanan dari satu penyulang ke penyulang lain yang dapat dilengkapi/tidak dilengkapi RTU (*Remote Terminal Unit*). Untuk

fasilitas ini lazimnya dilengkapi fasilitas DC *Supply* dari Trafo Distribusi pemakaian sendiri atau Trafo distribusi untuk umum yang diletakkan dalam satu kesatuan. (PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010) Berikut macam – macam Gardu Distribusi (PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010):

### 1) Gardu Tiang

#### a) Gardu Portal

Umumnya konfigurasi Gardu Tiang yang dicatu dari SUTM dengan peralatan pengaman. Pengaman Lebur Cut-Out (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator dengan elemen pelebur dan *Lightning Arrester* (LA) sebagai sarana pencegah naiknya tegangan pada transformator akibat surja petir. Menggunakan Tiang : beton, besi, kayu.

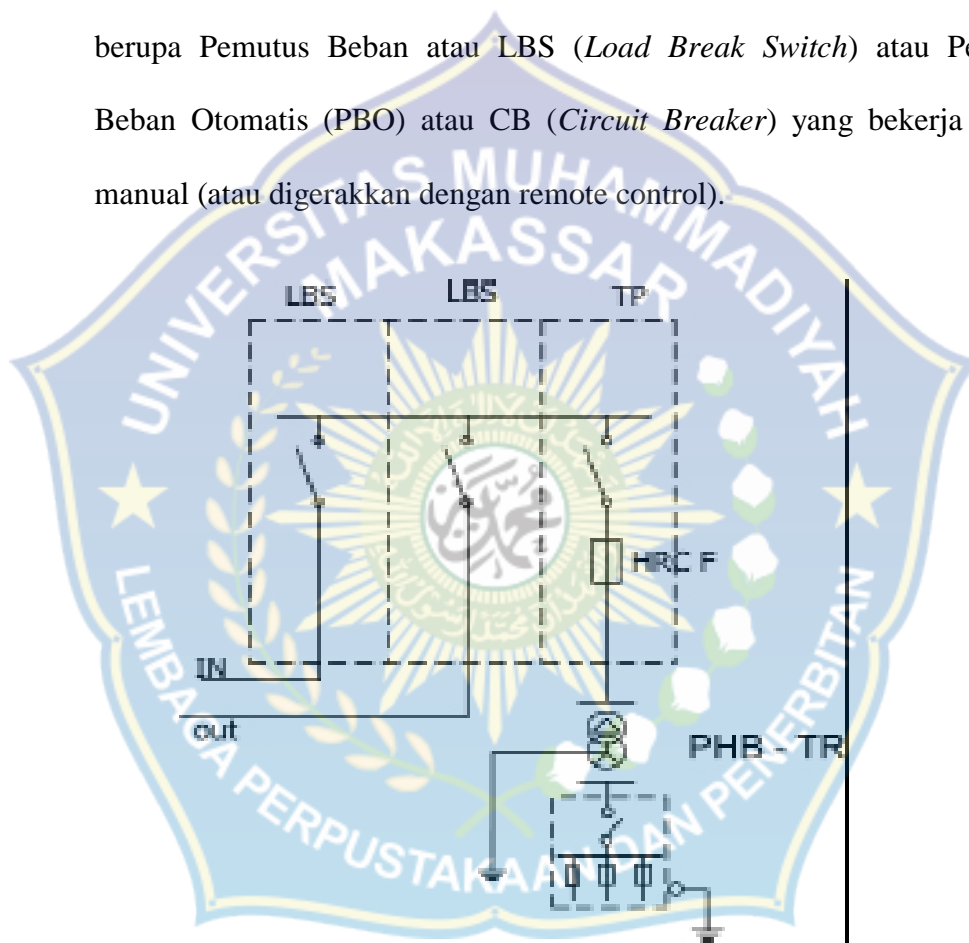


Gambar 2.8 Gardu Portal dan Bagan satu garis (PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010)

Untuk Gardu Tiang pada sistem jaringan lingkaran terbuka (*open-loop*), seperti pada sistem distribusi dengan saluran kabel bawah tanah, konfigurasi peralatan adalah  $\pi$  section dimana transformator distribusi

dapat di catu dari arah berbeda yaitu posisi *Incoming – Outgoing* atau dapat sebaliknya.

Guna mengatasi faktor keterbatasan ruang pada Gardu Portal, maka digunakan konfigurasi *switching/proteksi* yang sudah terakit ringkas sebagai RMU (*Ring Main Unit*). Peralatan *switching incoming-outgoing* berupa Pemutus Beban atau LBS (*Load Break Switch*) atau Pemutus Beban Otomatis (PBO) atau CB (*Circuit Breaker*) yang bekerja secara manual (atau digerakkan dengan remote control).



Gambar 2.9 Bagan satu garis Gardu Portal (PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010)

*Fault Indicator* (dalam hal ini PMFD : *Pole Mounted Fault Detector*) perlu dipasang pada *section* jaringan dan percabangan untuk memudahkan pencarian titik gangguan, sehingga jaringan yang tidak mengalami gangguan dapat dipulihkan lebih cepat.

b) Gardu Cantol

Pada Gardu Distribusi tipe cantol, transformator yang terpasang adalah transformator dengan daya  $\leq 100$  kVA *Phase* 3 atau *Phase* 1.

Transformator yang dipasang adalah jenis CSP (*Completely Self Protected Transformer*) yaitu peralatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator.



Gambar 2.10 Gardu Tipe Cantol (PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010)

Perlengkapan perlindungan transformator tambahan LA (*Lightning Arrester*) dipasang terpisah dengan penghantar pembumiannya yang dihubungkan langsung dengan *body* transformator.

c) Gardu Beton atau Batu

Seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan switching/proteksi, terangkai didalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton.



Konstruksi ini dimaksudkan untuk pemenuhan persyaratan terbaik bagi keselamatan ketenagalistrikan.



Gambar 2.11 Gardu Batu (PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010)

d) Gardu Kios

Gardu tipe ini adalah bangunan terbuat dari konstruksi baja, fiberglass atau kombinasinya, yang dapat dirangkai di lokasi rencana pembangunan gardu distribusi. Terdapat beberapa jenis konstruksi, yaitu Kios Kompak, Kios Modular dan Kios Bertingkat.



Gambar 2.12 Gardu Kios (PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010)

e) Gardu Hubung

Gardu Hubung (GH) atau *Switching Substation* adalah gardu yang berfungsi sebagai sarana manuver pengendali beban listrik jika terjadi

gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk maksud mempertahankan kontinuitas pelayanan.

Isi dari instalasi GH adalah rangkaian saklar beban *Load Break Switch* (LBS), dan atau pemutus tenaga yang terhubung paralel. GH juga dapat dilengkapi sarana pemutus tenaga pembatas beban pelanggan khusus Tegangan Menengah.

Konstruksi GH sama dengan GD tipe beton atau batu. Pada ruang dalam GH dapat dilengkapi dengan ruang untuk GD yang terpisah dan ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh.

Ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh dapat berada pada ruang yang sama dengan ruang GH, namun terpisah dengan ruang Gardu Distribusinya.

### **3. Jaringan Tegangan Rendah**

Jaringan Distribusi Tegangan Rendah adalah bagian ujung dari suatu sistem tenaga listrik. Melalui jaringan distribusi ini disalurkan tenaga listrik ke konsumen. Mengingat ruang lingkup konstruksi jaringan distribusi ini langsung berhubungan dan berada pada lingkungan daerah berpenghuni, maka selain harus memenuhi persyaratan kualitas teknis pelayanan juga harus memenuhi persyaratan aman terhadap pengguna dan akrab terhadap lingkungan. Konfigurasi Saluran Udara Tegangan Rendah pada umumnya berbentuk radial. (PT. PLN (Persero) Buku 3, 2010)

Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah terdiri dari (PT. PLN (Persero)

Buku 3, 2010) :

- 1) Saluran Udara Tegangan Rendah Kabel pilin
- 2) Saluran Udara Tegangan Rendah Bare Conductor
- 3) Saluran Kabel tanah Tegangan Rendah

#### 4. Komponen-Komponen Sistem Distribusi Tenaga Listrik

##### a. Jaringan Tegangan Menengah

##### 1) Penghantar

##### a) Penghantar Telanjang (*BC : Bare Conductor*)

*Bare Conductor* (BC) yaitu konduktor dengan bahan utama tembaga (Cu) atau aluminium (Al) yang dipilin bulat padat, sesuai SPLN 42 -10 : 1986 dan SPLN 74 : 1987. (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010). Pilihan konduktor penghantar telanjang yang memenuhi pada dekade ini adalah AAC (*All Aluminium Conductor*) atau AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*). Sebagai akibat tingginya harga tembaga dunia. Saat ini belum memungkinkan penggunaan penghantar berbahan tembaga sebagai pilihan yang baik.

##### b) Penghantar Berisolasi Setengah AAAC-S (*half insulated single core*)

Konduktor dengan bahan utama aluminium ini diisolasi dengan material XLPE (*crosslink polyethylene* langsung), dengan batas tegangan pengenal 6 kV dan harus memenuhi SPLN No 43-5-6 tahun 1995

**c) Penghantar Berisolasi Penuh (*Three single core*)**

XLPE dan berselubung PVC berpenggantung penghantar baja dengan tegangan pengenal 12/20 (24) kV. Penghantar jenis ini khusus digunakan untuk SKUTM dan berisolasi penuh sesuai SPLN 43-5-2:1995-Kabel. (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)






Gambar 2.13 Penghantar Berisolasi Penuh (*Three Single Core*)(PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)

**2) Isolator**



Pada jaringan SUTM, Isolator pengaman penghantar bertegangan dengan tiang penopang/travers dibedakan untuk jenis konstruksinya adalah

**a. Isolator Tumpu**

Pin- Insulator	Pin-Post insulator	Line-Post insulator
		

Gambar 2.14 Jenis - jenis Isolator Tumpu(PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)

## b. Isolator Tarik

Piringan	Long-Rod	Keterangan
		<p>Material dasar isolator Long-Rod dapat berupa keramik atau gelas atau polimer</p>

Gambar 2.15 Jenis-Jenis Isolator Tarik (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)

### 3) Peralatan Hubung (*Switching*) Connector

Konektor (*connector*) adalah komponen yang dipergunakan untuk menyadap atau mencabangkan kawat penghantar SUTM ke gardu maupun percabangan jaringan tegangan menengah. Dalam konstruksi sambungan tegangan menengah yang biasa digunakan yaitu sambungan *Joint sleeve*, *Joint Type H*, *Connector* baut, dan *Live Line Connector*. Jenis konektor yang digunakan untuk instalasi ini ditetapkan menggunakan *Live Line Connector* (sambungan yang bisa dibuka-pasang) untuk memudahkan membuka/memasang pada keadaan bertegangan. (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)



Gambar 2.16 Live Line Connector (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)

#### 4) Tiang

Untuk konstruksi Jaringan Tagangan Menengah (JTM), tiang yang dipakai adalah dari jenis tiang kayu, tiang besi, dan tiang beton dengan ukuran 11 m, 12 m, 13 m, 15 m dan dengan kekuatan 350 daN, 500 daN, 800 daN (Hamma, Agussalim. 2012).

##### 1. Tiang Kayu

Sesuai SPLN 115 : 1995 berisikan tentang Tiang Kayu untuk jaringan distribusi, kekuatan, ketinggian dan pengawetan kayu sehingga pada beberapa wilayah perusahaan PT PLN Persero bila suplai kayu memungkinkan, dapat digunakan sebagai tiang penopang penghantar penghantar SUTM. (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)

## 2. Tiang Besi

Adalah jenis tiang terbuat dari pipa besi yang disambungkan hingga diperoleh kekuatan beban tertentu sesuai kebutuhan.

Walaupun lebih mahal, pilihan tiang besi untuk area/wilayah tertentu masih diijinkan karena bobotnya lebih ringan dibandingkan dengan tiang beton. Pilihan utama juga dimungkinkan bilamana total biaya material dan transportasi lebih murah dibandingkan dengan tiang beton akibat diwilayah tersebut belum ada pabrik tiang beton.

## 3. Tiang Beton

Untuk kekuatan sama, pilihan tiang jenis ini dianjurkan digunakan di seluruh PLN karena lebih murah dibandingkan dengan jenis konstruksi tiang lainnya termasuk terhadap kemungkinan penggunaan konstruksi rangkaian besi profil. Pemilihan kekuatan tiang dipilih berdasarkan luas penampang, sistem jaringan (satu fasa, tiga fasa), sudut belokan hantaran, dan fungsi tiang. Berikut tabel pemilihan kekuatan tiang distribusi tegangan menengah.

Tabel 2.1 Pemilihan kekuatan tiang ujung jaringan distribusi tegangan menengah

Jarak gawang	Sudut Jalur	Penghantar A3C	Penghantar Twisted JTR	Ukuran Tiang (daN)					
				200	350	500	800	2x800	1200
50 m	0 <sup>0</sup> - 15 <sup>0</sup>	35 mm <sup>2</sup>	X		X				
	15 <sup>0</sup> - 30 <sup>0</sup>	35 mm <sup>2</sup>	X			X			
	30 <sup>0</sup> - 60 <sup>0</sup>	35 mm <sup>2</sup>	X				X		
	> 60 <sup>0</sup>	35 mm <sup>2</sup>	X					X	X
	0 <sup>0</sup> - 15 <sup>0</sup>	70 mm <sup>2</sup>	X		X				
	15 <sup>0</sup> - 30 <sup>0</sup>	70 mm <sup>2</sup>	X			X			
	30 <sup>0</sup> - 60 <sup>0</sup>	70 mm <sup>2</sup>	X				X		X
	> 60 <sup>0</sup>	70 mm <sup>2</sup>	X					X	X
	0 <sup>0</sup> - 15 <sup>0</sup>	150 mm <sup>2</sup>	X			X			
	15 <sup>0</sup> - 30 <sup>0</sup>	150 mm <sup>2</sup>	X				X		
	30 <sup>0</sup> - 60 <sup>0</sup>	150 mm <sup>2</sup>	X					X	X
	> 60 <sup>0</sup>	150 mm <sup>2</sup>	X					X	X
	0 <sup>0</sup> - 15 <sup>0</sup>	240 mm <sup>2</sup>	X			X			
	15 <sup>0</sup> - 30 <sup>0</sup>	240 mm <sup>2</sup>	X				X		
	30 <sup>0</sup> - 60 <sup>0</sup>	240 mm <sup>2</sup>	X					X	
	> 60 <sup>0</sup>	240 mm <sup>2</sup>	X					X	
	0 <sup>0</sup> - 15 <sup>0</sup>	Double				X			
	15 <sup>0</sup> - 30 <sup>0</sup>	Circuit					X		
	30 <sup>0</sup> - 60 <sup>0</sup>	150 mm <sup>2</sup>						X	X
	> 60 <sup>0</sup>							X	X

Sumber : (Hamma, Agussalim. 2012)



## b. Gardu Distribusi

Gardu Distribusi merupakan salah satu komponen dari suatu sistem distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau untuk mendistribusikan tenaga listrik pada beban baik tegangan menengah atau tegangan rendah.

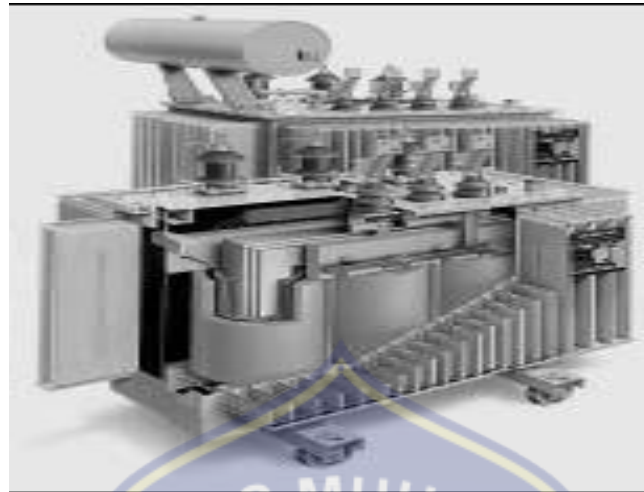
Transformator *step up* digunakan pada pembangkit tenaga listrik agar tegangan yang didistribusikan pada suatu jaringan panjang tidak terjadi jatuh tegangan (*Voltage drop*). Transformator *step down* untuk menurunkan tegangan listrik dari jaringan distribusi tegangan menengah menjadi tegangan rendah yaitu 20kV menjadi tegangan 220/380 kV.

### 1) Transformator

#### a) Transformator Distribusi *Phase 3*

Untuk transformator *phase* tiga, merujuk pada SPLN, ada tiga tipe vektor grup yang digunakan oleh PLN, yaitu **Yzn5**, **Dyn5** dan **Ynyn0**. Titik netral langsung dihubungkan dengan tanah. Untuk konstruksi, peralatan transformator distribusi sepenuhnya harus merujuk pada SPLN D3.002-1: 2007(PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010).

Transformator gardu pasangan luar dilengkapi bushing Tegangan Menengah (TM) isolator keramik. Sedangkan Transformator gardu pasangan dalam dilengkapi bushing TM isolator keramik atau menggunakan isolator *plug-in premoulded*.



Gambar 2.17 Transformator Distribusi *Fhase* 3 yang dibelah (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)

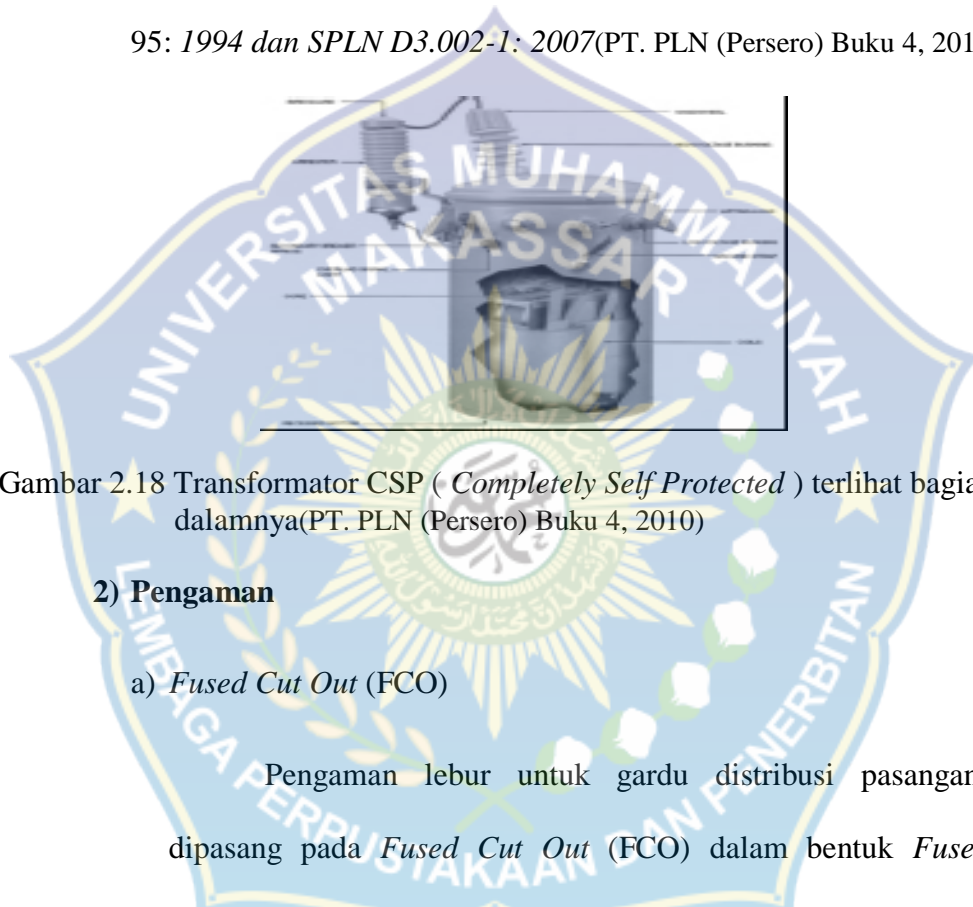
Tabel 2.2 Vektor Group dan Daya Transformator

No	Vektor Group	Daya (kVA)	Keterangan
1	Yzn5	50 100 160	Untuk Sistem 3 Kawat
2	Dyn5	200 250 315 400 500 630	Untuk sistem 3 Kawat
3	Yyn0	50 100 160 200 250 315 400 500 630	Untuk sistem 4 Kawat

Sumber : (PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010)

b) Transformers *Completely Self Protected* (CSP)

Transformers *Completely Self Protected* (CSP) adalah transformator distribusi yang sudah dilengkapi dengan Pengaman Lebur (*fuse*) pada sisi primer dan LBS (*Load Break Switch*) pada sisi *sekunder*. Spesifikasi teknis transformator ini merujuk pada SPLN No 95: 1994 dan SPLN D3.002-1: 2007 (PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010).



Gambar 2.18 Transformator CSP ( *Completely Self Protected* ) terlihat bagian dalamnya (PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010)

**2) Pengaman**

a) *Fused Cut Out* (FCO)

Pengaman lebur untuk gardu distribusi pasangan luar dipasang pada *Fused Cut Out* (FCO) dalam bentuk *Fuse Link*. Terdapat 3 jenis karakteristik *Fuse Link*, tipe-K (cepat), tipe-T (lambat) dan tipe-H yang tahan terhadap arus surja.

Jika sadapan *Lightning Arrester* (LA) sesudah *Fused Cut Out*, dipilih *Fuse Link* tipe-H. Jika sebelum *Fused Cut Out* (FCO) dipilih *Fuse Link* tipe-K.

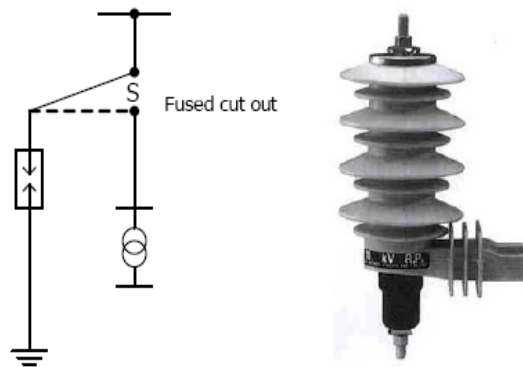
Sesuai Publikasi IEC 282-2 (1970)/NEMA) di sisi primer berupa pelebur jenis pembatas arus. Arus pengenal pelebur jenis letupan (expulsion) tipe-H (tahan surja kilat) tipe-T (lambat) dan tipe-K (cepat) dan untuk pengaman berbagai daya pengenal transformator, dengan atau tanpa koordinasi dengan pengamanan sisi sekunder (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010).



Gambar 2.19 *Fused Cut Out* (FCO) (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)

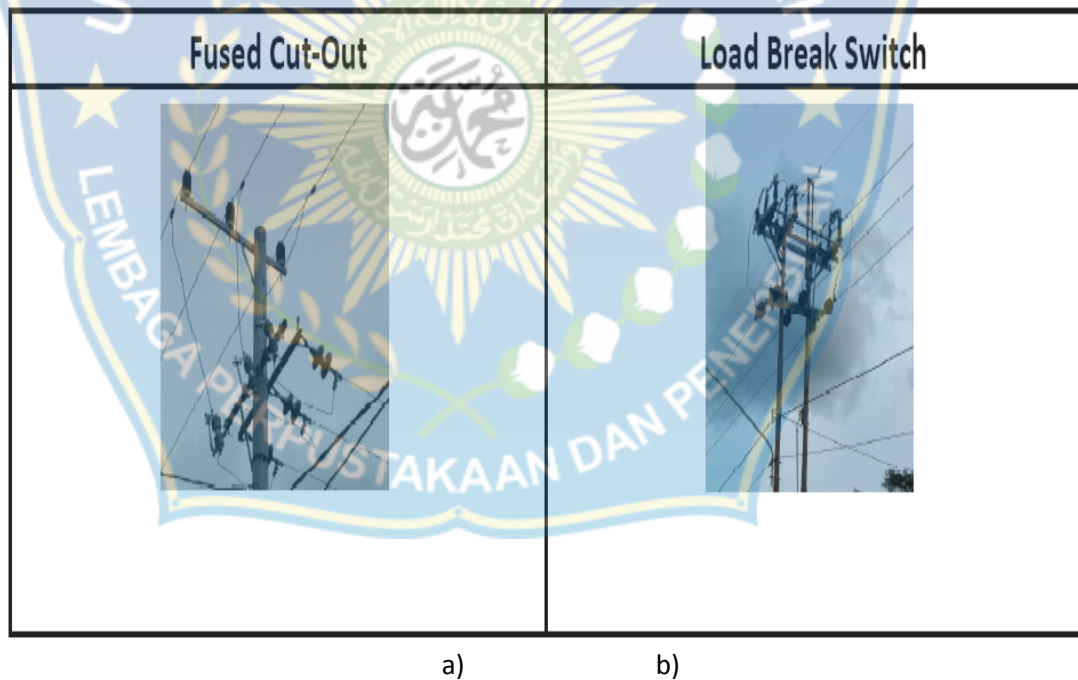
b) *Lightning Arrester* (LA)

*Lightning Arrester* (LA) berfungsi untuk melindungi transformator distribusi, khususnya pada pasangan luar dari tegangan lebih akibat surja petir. Dengan pertimbangan masalah gangguan pada SUTM, Pemasangan Arrester dapat saja dipasang sebelum atau sesudah FCO.



Gambar 2.20 *Lighting Arrester (LA)* (PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)

Pada percabangan atau pengalokasian seksi pada jaringan SUTM untuk maksud kemudahan operasional harus dipasang Pemutus Beban (Load Break Switch : LBS), selain LBS dapat juga dipasangkan Fused Cut-Out (FCO).



Gambar 2.21 a) Contoh Letak Pemasangan *Fused Cut Out (FCO)*  
 b) Contoh Letak Pemasangan *Load Break Switch (LBS)*(PT. PLN (Persero) Buku 5, 2010)

### 3) PHB sisi Tegangan Rendah (PHB-TR) dan Panel Tegangan Menengah

PHB-TR adalah suatu kombinasi dari satu atau lebih Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah dengan peralatan kontrol, peralatan ukur, pengaman dan kendali yang saling berhubungan. Keseluruhannya dirakit lengkap dengan sistem pengawatan dan mekanis pada bagian-bagian penyangganya.

PHB Tegangan Menengah atau yang biasa disebut dengan istilah *cubikel* merupakan seperangkat panel hubung bagi dengan tegangannya 20.000 Volt yang dipasang dalam gardu induk berfungsi sebagai pembagi, pemutus, penghubung, pengontrol dan proteksi system penyaluran tenaga listrik ke pusat pusat beban.



Gambar 2.22 PHB Tegangan Menengah (Hamma, Agussalim. 2012)

### c. Jaringan Tegangan Rendah (JTR)

#### 1) Komponen utama konstruksi Jaringan Tegangan Rendah.

Terdapat sejumlah komponen utama konstruksi pada Jaringan Tegangan Rendah :

- a) Tiang Beton
- b) Penghantar Kabel Pilin Udara (NFA2Y)
- c) Penghantar Kabel Bawah Tanah (NYFGBY)
- d) Perlangkapan Hubung Bagi dengan Kendali
- e) *Tension bracket*
- f) *Strain clamp*
- g) *Suspension bracket*
- h) *Suspension Clamp*
- i) *Stainless steel strip*
- j) *Stopping buckle*
- k) *Link*
- l) *Plastic strap*
- m) *Joint sleeve Press Type ( Al – Al ; Al – Cu )*
- n) *Connector press type*
- o) *Piercing Connector Type*
- p) Elektroda Pembumian
- q) Penghantar Pembumian
- r) Pipa galvanis
- s) *Turn buckle*

- t) *Guy-wire insulator*
- u) *Ground anchor set*
- v) *Steel wire*
- w) *Guy-Anchor*
- x) *Collar bracket*
- y) *Terminating thimble*
- z) U – clamp dan Connector Block

## 2) Operasi Jaringan Sistem Distribusi Tegangan Rendah

Jaringan sistem distribusi tegangan rendah atau yang biasa disebut dengan jaringan tegangan sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen menggunakan saluran udara tegangan rendah (SUTR) dengan besar tegangan 380/220V. SUTR dapat berupa saluran udara dengan konduktor yang telanjang atau kabel udara. Saluran tegangan rendah dapat berupa kabel tanah namun kabel ini sangat jarang sekali dipakai di Indonesia karena harganya yang relatif mahal. SUTR yang menggunakan kabel udara banyak dikembangkan pemakaiannya oleh PLN karena gangguannya lebih sedikit dibandingkan dengan SUTR yang menggunakan konduktor telanjang. Jika dibandingkan dengan kabel tanah tegangan rendah, SUTR yang memakai kabel udara masih lebih murah. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial dan pengamannya hanya berupa sekering saja. Sistem ini biasanya disebut tegangan rendah yang



langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik dengan peralatan-peralatan sebagai berikut:

- 1) Papan pembagi pada transformator distribusi
- 2) Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder)
- 3) Saluran layanan pelanggan (SLP) (ke konsumen/pemakai)
- 4) Alat pembatas dan pengukur daya (kWH meter) serta *fuse* atau pengaman pada pelanggan

## **B. Rugi-Rugi Pada Sistem Tenaga Listrik**

### **1. Umum**

Rugi (*losses*) dalam sistem kelistrikan merupakan sesuatu yang sudah pasti terjadi. Pada dasarnya rugi daya adalah selisih jumlah energi listrik yang dibangkitkan dibandingkan dengan jumlah energi listrik yang sampai ke konsumen. *Losses* adalah turunan nilai ekuitas dari transaksi yang sifatnya insidental dan bukan kegiatan utama entitas. Dimana seluruh transaksi kejadian lainnya yang mempengaruhi entitas selama periode tertentu, kecuali yang berasal dari biaya atau pemberian kepada pemilik (*prive*).

### **2. Jenis Rugi-Rugi Pada Sistem Distribusi**

Setiap peralatan listrik yang digunakan tidak selamanya bekerja dengan sempurna. Semakin lama waktu pemakaian maka akan berkurangnya efisiensi dari peralatan tersebut sehingga akan mengakibatkan rugi-rugi yang semakin besar pula (Hadi, Abdul, 1994: 3). Pada sistem distribusi listrik rugi daya (*losses*) dibedakan menjadi

beberapa jenis. Menurut Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No. 217-1.K/DIR/2005 (2005:2) tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (Kwh), “Jenis susut (rugi daya) energi listrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. Berdasarkan tempat terjadinya, susut transmisi dan susut distribusi.
- b. Berdasarkan sifatnya, susut teknis dan non teknis

**a. Rugi-rugi pada sistem tenaga listrik berdasarkan tempat terjadinya dibagi menjadi dua yaitu:**

- 1) Rugi-rugi sistem transmisi yaitu rugi-rugi transformator *step up* (trafo tegangan tinggi), saluran transmisi, dan transformator di gardu induk
- 2) Rugi-rugi pada sistem distribusi yaitu rugi-rugi pada *feeder* utama (penyulang utama) serta jaringan, transformator distribusi, peralatan distribusi, dan pengukuran.

**b. Rugi-rugi pada sistem tenaga listrik berdasarkan sifatnya terbagi menjadi:**

**1) Rugi-Rugi Non Teknis.**

Rugi-rugi non teknis muncul akibat adanya masalah pada penyaluran sistem tenaga listrik. Untuk mengantisipasi rugi non teknis yang sering terjadi seperti pencurian dan penyambungan listrik secara ilegal maka PLN harus melakukan langkah seperti melakukan pemeriksaan ke setiap pelanggan dan melakukan tindakan pemutusan aliran listrik serta melaporkan ke pihak berwajib jika terbukti adanya tindak pencurian dan penyambungan listrik secara ilegal.

## 2) Rugi-Rugi Teknis.

Rugi-rugi teknis (susut teknis) muncul akibat sifat daya hantar material/peralatan listrik itu sendiri yang sangat bergantung dari kualitas bahan dari material/peralatan listrik tersebut, jika pada jaringan maka akan sangat bergantung pada konfigurasi jaringannya.

### a) Kerugian akibat panas

Jika suatu penghantar dialiri arus listrik secara terus-menerus maka akan menimbulkan panas, panas ini timbul akibat energi listrik yang mengalir pada penghantar tersebut. Semakin lama arus tersebut mengalir maka semakin panas penghantar tersebut dan semakin banyak energi listrik yang hilang karena energi tersebut berubah menjadi panas. Hal inilah yang merugikan karena jika energi hilang maka tegangan pada ujung penghantar tersebut akan berkurang. Semakin banyak energi yang menjadi panas maka semakin banyak daya yang hilang.

### b) Kerugian akibat jarak

Sangat berpengaruh pada keandalan jaringan karena semakin jauh atau panjang penghantar listrik tersebut maka akan banyak daya listrik yang hilang karena penghantar itu sendiri memiliki tahanan, jadi karena jarak penghantar sangat jauh dari sumber atau pembangkit tenaga listrik maka nilai tahanan penghantar itu sendiri akan mengurangi daya yang mengalir pada penghantar tersebut.

c) Luas penampang penghantar

Arus listrik yang mengalir dalam penghantar selalu mengalami tahanan dari penghantar itu sendiri, besarnya tahanan tergantung bahannya. Tegangan juga sangat berpengaruh terhadap rugi-rugi daya, semakin besar tegangan pada suatu saluran maka semakin kecil arus pada saluran tersebut. Begitu juga dengan arus, merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besar kecilnya rugi daya pada suatu saluran.

**3) Perhitungan Rugi-Rugi (*Losses*)**

Mencari rugi-rugi pada sistem tenaga listrik yang digunakan secara umum oleh PLN.

Perhitungan rugi-rugi energi secara teoritis untuk mendapatkan nilai rugi-rugi energi jaringan distribusi sebagai pembandingan terhadap nilai rugi-rugi hasil pengukuran lapangan.

1) Rugi-Rugi Daya (*Losses*)

Rugi-rugi daya merupakan rugi-rugi yang terjadi akibat adanya daya yang hilang pada jaringan seperti daya aktif dan daya reaktif. Semakin panjang saluran yang ada maka nilai tahanan dan reaktansi jaringan akan semakin besar, sehingga rugi-rugi bertambah besar baik itu pada rugi-rugi daya aktif maupun rugi-rugi daya reaktif.

Rugi daya adalah gangguan dalam sistem dimana sejumlah energi yang hilang dalam proses pengaliran listrik mulai dari gardu induk sampai dengan konsumen. Apabila tidak terdapat gardu induk, rugi

daya dimulai dari gardu distribusi sampai dengan konsumen.” Dari surat keputusan menteri keuangan tersebut menjelaskan bahwa ketika terjadi rugi daya maka sistem pendistribusian listrik tidak bekerja secara efisien (Surat Keputusan Menteri Keuangan Nomor: 431/KMK.06/2002 (2002:4) ).

Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa rugi daya (*losses*) adalah suatu bentuk kehilangan energi listrik yang berasal dari sejumlah energi listrik yang disediakan PLN dengan sejumlah energi yang terjual ke konsumen dan mengganggu efisiensi sistem distribusi listrik.

Rugi daya yang terjadi pada sistem distribusi listrik disebabkan karena penghantar dialiri beberapa hal. Rugi daya disebabkan karena saluran distribusi mempunyai tahanan, induktansi dan kapasitansi. Karena saluran distribusi primer atau sekunder berjarak pendek maka kapasitas dapat diabaikan.

## 2) Faktor Daya Beban

Faktor daya memiliki kaitan yang erat terhadap adanya rugi-rugi. Faktor daya merupakan perbandingan daya aktif dan daya semu dan dirumuskan dengan persamaan:

$$\text{Power Factor } (\cos \varphi) = \frac{\text{Daya akti}}{\text{Daya semu}} = \frac{P}{S} \dots\dots\dots(1)$$

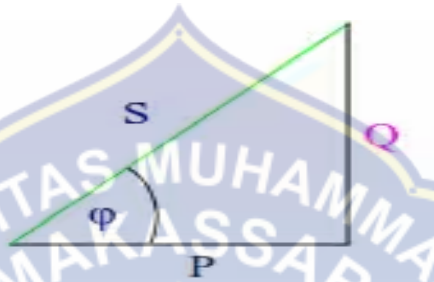
dimana,

$$P_f = \text{Power Faktor } (\cos \theta) \text{ Faktor Daya}$$

$P$  = Daya Aktif (Watt)

$S$  = Daya Semu (VA)

Faktor daya dikenal dengan nama  $\cos \varphi$ , dimana sudut  $\varphi$  adalah sudut fasanya. Untuk lebih memahami  $\cos \varphi$  maka dipergunakan segitiga daya seperti gambar berikut.:



Gambar 2.23. Segitiga daya

Hubungan antara daya semu ( $S$ ), daya aktif ( $P$ ) dan daya reaktif ( $Q$ ):

$$s = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots(2)$$

$$P = S \cdot \cos\varphi, Q = S \sin\varphi \text{ dan } \tan\varphi = Q/P$$

dimana :

$S$  = daya semu (VA)

$P$  = daya aktif tersalur (Watt)

$Q$  = daya reaktif tersalur (VAR)

### 3) Daya Beban

Daya merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang mengalir sepanjang penghantar disebut daya semu. Daya tersalur

merupakan hasil perkalian antara daya semu dengan nilai  $\cos \varphi$  maupun dengan  $\sin \varphi$ , seperti dirumuskan pada persamaan dibawah:

$$P = V \cdot I \cdot \cos\varphi \text{ dan } Q = V \cdot I \cdot \sin\varphi \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

$$S = \text{daya semu (VA)}$$

$$P = \text{daya aktif tersalur (Watt)}$$

$$Q = \text{daya reaktif tersalur (VAR)}$$

#### 4) Tahanan Saluran (R)

Penyaluran daya listrik pada jaringandistribusi primer dipengaruhi oleh parameter resistansi, induktansi dan kapasitansi, ketiga parameter ini mengakibatkan terjadinya jatuh tegangan dan susut daya. Untuk panjang jaringan yang pendek pengaruh kapasitansi dapat diabaikan. Menurut Stevenson, William, 1994 (Nasir, M M. 2009),  $R$  adalah resistansi jenis masing-masing penghantar tembaga =  $0,0178\Omega\text{-mm}^2/\text{m}$  dan aluminium =  $0,032\Omega\text{-mm}^2/\text{m}$ .

Untuk mencari tahanan saluran dapat dicari dengan persamaan:

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

$R$  = tahanan saluran ( $\Omega$ )

$\rho$  = hambatan jenis ( $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ )

$L$  = panjang saluran (m)

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

5) Perhitungan Rugi-Rugi Daya (*Losses*) pada Saluran Distribusi

Persamaan umum rugi-rugi daya aktif:

$$\Delta P = I^2 \cdot \Delta R \quad \dots\dots\dots(5)$$

$\Delta P$  = rugi daya aktif (watt)

$I$  = arus beban (ampere)

$R$  = tahanan saluran (ohm)

Persamaan umum rugi-rugi daya reaktif:

$$\Delta Q = I^2 \cdot \Delta X_L \quad \dots\dots\dots(6)$$

$\Delta Q$  = rugi daya reaktif (VAR)

$I$  = arus beban (ampere)

$X_L$  = reaktansi jaringan (ohm)

6) Perhitungan rugi-rugi daya (*Losses*) pada Feeder (penyulang)

Persamaan rugi-rugi daya tiga fasa pada *feeder* (penyulang):



$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot \Delta t \dots \dots \dots (7)$$

$\Delta P$  = rugi daya aktif (watt)

$I$  = arus beban (ampere)

$R$  = tahanan saluran (ohm)

$t$  = waktu (jam)

Persamaan total daya yang mengalir pada segmen per-feeder:

$$\text{Daya total (KWH)} = \sqrt{3} \cdot v_{1-1} \cdot I \cdot t \cdot \cos\phi \dots \dots \dots (8)$$

dimana:

$\Delta P$  = rugi daya aktif (watt)

$\Delta Q$  = rugi daya reaktif (VAR)

$I$  = arus beban (ampere)

$X_L$  = reaktansi jaringan (ohm)

$R$  = tahanan saluran (ohm)

$t$  = waktu (jam)

$v_{1-1}$  = tegangan nominal fasa-fasa (20 kv untuk JTM dan 380 v untuk JTR)

$\cos\phi$  = faktor daya, konstan 0,62 untuk JTM dan 0,87 untuk JTR

Persentase rugi daya per-*feeder* merupakan perbandingan besarnya rugi daya per-*feeder* terhadap total daya per-*feeder*, dapat dirumuskan:

$$\% \text{Rugi Daya per-feeder} = \frac{\text{rugi daya KWH}}{\text{total daya KWH}} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Waktu Dan Tempat

##### a. Waktu

Pembuatan tugas akhir ini akan dilaksanakan selama 5 bulan, mulai dari bulan Mei 2016 sampai dengan Oktober 2016

##### b. Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN (Persero) Rayon Panakkukang

##### **PT. PLN (Persero) Rayon Panakkukang**

*Address:* JL. Hertasning, Blok B, Panakkukang, Kota Makassar 90222, Indonesia



*Gambar 3.1. Lokasi tempat penelitian pada penyulang adhyaksa makassar*

## **B. Teknik Pengolahan Data**

### **a. Data Sampel**

Data sampel diperoleh dari berbagai literature untuk mendukung penelitian ini, agar data sampel dan data hasil penelitian yang akan diperoleh dapat disinkronkan satu sama lain.

### **b. Teknik Pengumpulan Data**

Adapun teknik pengumpulan data yang di pergunakan dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Untuk data primer, pengumpulan datanya dilakukan dengan teknik wawancara kepada pegawai PT.PLN (Persero) Rayon Panakkukang
- b. Untuk data sekunder, pengumpulan datanya dilakukan dengan membaca literature, baik dari buku maupun dari internet yang ada relevansinya dengan objek yang diteliti.

## **C. Analisis Pengumpulan Data**

Data yang berhasil dikumpulkan, baik data primer (data kasus) maupun data sekunder (teori), akan dianalisa secara kualitatif kemudian disajikan dalam bentuk deskriptif. Data kualitatif yaitu, data yang bersifat mendeskripsikan data yang diperoleh dalam bentuk kalimat logis, selanjutnya diberi penafsiran dan kesimpulan.

#### D. Prosedur Penelitian

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, tentu harus mengikuti langkah langkah yang terstruktur dan sistematis agar dalam menganalisis rugi daya pada sistem distribusi primer dapat di kerjakan dengan baik dan benar , adapun prosedur yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mengenali permasalahan yang terjadi
2. Pengambilan data Konstruksi Sistem Jaringan Distribusi : data tersebut diambil sebagai pendukung data penyebab terjadinya rugi daya. Adapun data yang ingin diketahui dalam hal ini adalah :
  - a. Jenis, panjang dan luas Penampang / Penghantar
  - b. Dan kapasitas gardu distribusi
3. Menghitung besar rugi daya menggunakan rumus-rumus yang telah ditentukan.
4. Menemukan penyebab penyebab terjadinya rugi daya.
5. Merumuskan dan menyajikan solusi terhadap penyebab-penyebab rugi daya yang terjadi di wilayah tersebut.
6. Menuliskan kesimpulan terhadap permasalahan yang diangkat pada tugas akhir ini.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil

Besar penyusutan daya pada jaringan merupakan selisih antara besar daya yang tersalurkan dengan besar daya yang terpakai atau terjual pada pelanggan yang terukur atau dihitung mulai dari keluaran gardu induk sampai pada keluaran trafo distribusi atau input pada gardu distribusi yang dikenal dengan jaringan distribusi sisi primer. Untuk studi susut daya pada tegangan menengah ini, data yang digunakan adalah data pada tahun 2016.

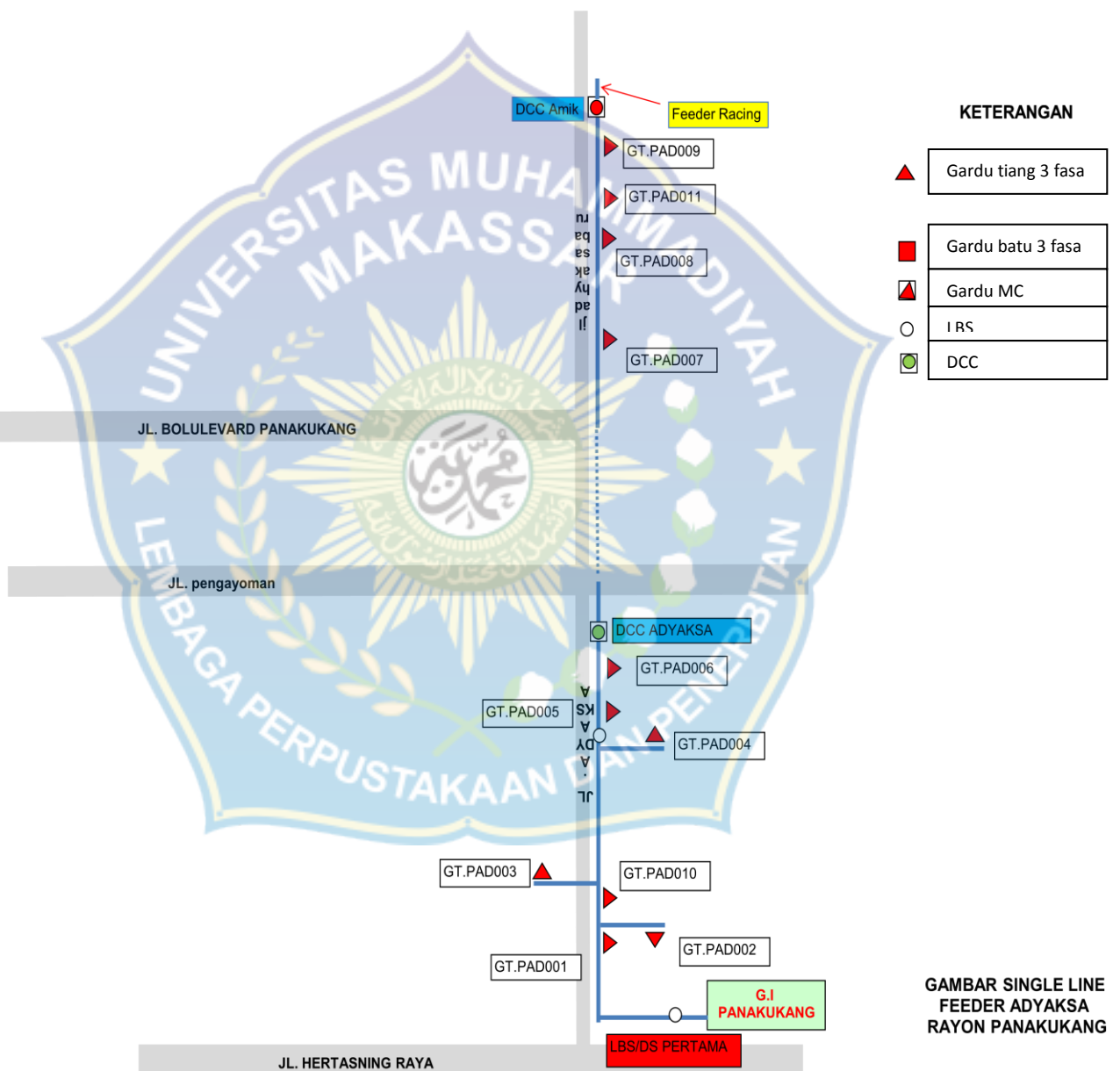
Data-data yang diperlukan untuk dilakukan perhitungan rugi-rugi (*losses*) SUTM antara lain:

- a. Gambar *single line* diagram dari penyulang adhyaksa
- b. Data laporan pengukuran pada penyulang yang terdiri dari
  - Tentang jenis kabel, panjang dan luas penampang penghantar jaringan distribusi primer.
  - Dan kapasitas gardu distribusi pada penyulang
  - Pengukuran KWH bulanan
  - Pengukuran jumlah arus beban

Dari hasil observasi yang dilakukan di lapangan dan pengumpulan data pada penyulang maka dirampungkan data dan hasil perhitungan jatuh tegangan dan susut daya sebagai berikut.

### a. Data-Data Penyulang Melayani Adyaksa

Pada penyulang yang melayani adyaksa terdapat 11 buah trafo distribusi. dimana panjang penyulang (3,377 kms). Berikut gambar *single line* penyulang adhyaksa.



Gambar 4.1. Single Line Diagram Penyulang yang melayani adhyaksa (Arsip dan Dokumentasi PT. PLN (Persero) Rayon Panakkukang)

Tabel 4.1. Kapasitas trafo distribusi yang diasuh oleh penyulang

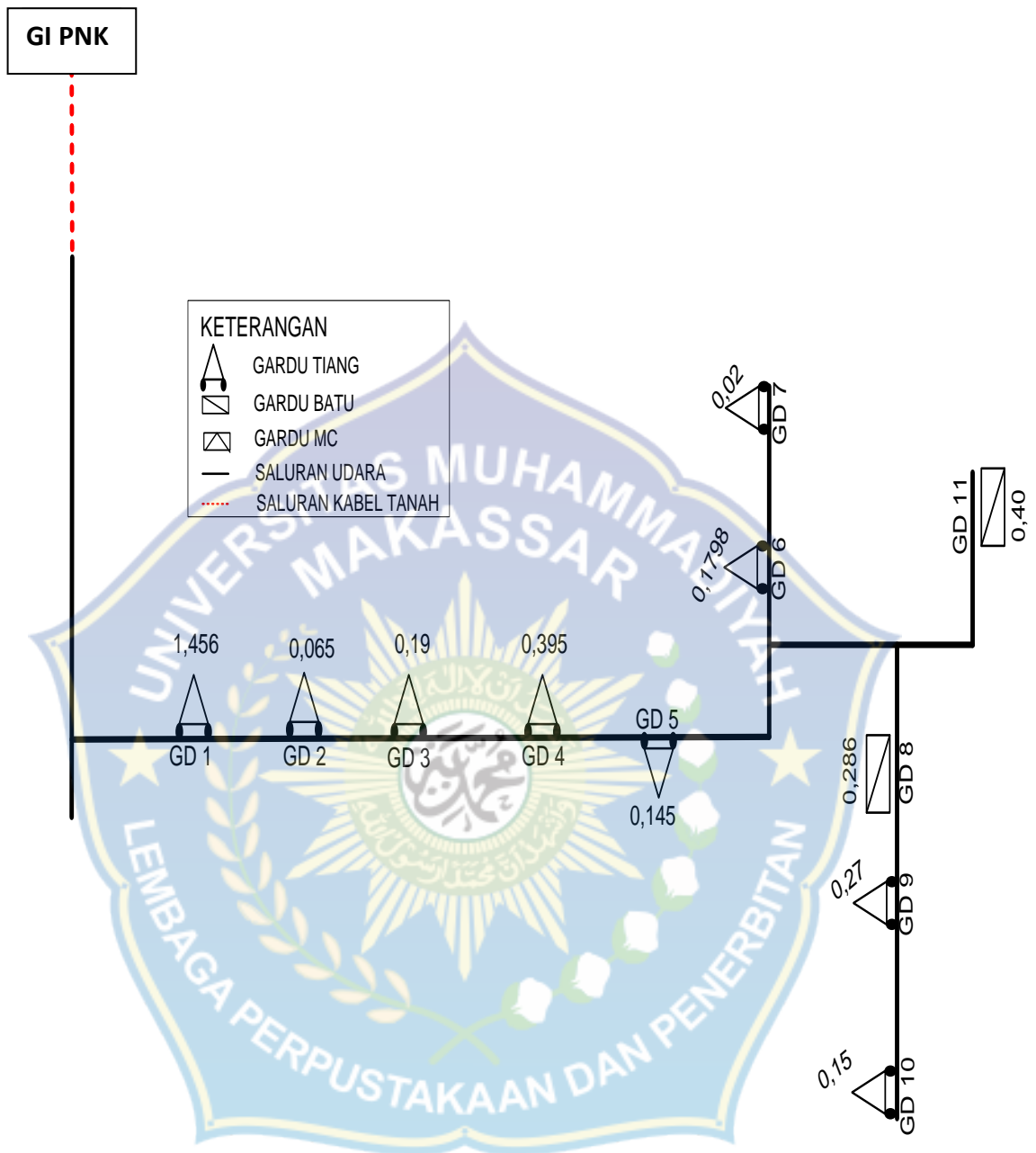
No	No Gardu	Merk	Kapasitas kVa
A	B	C	D
1	GT I PT 01 / GD1	TRAFINDO	400
2	GT I PT 02 / GD2	B&D	100
3	GT I PT 03 / GD3	SINTRA	315
4	GT I PT 04 / GD4	UNINDO	200
5	GT I PT 05 / GD5		160
6	GT I PT 06 / GD6	SINTRA	160
7	GT I PT 07 / GD7	KALTRA	50
8	GB I PT 08 / GD8		1600
9	GT I PT 09 / GD9	SINTRA	50
10	GT I PT 10 / GD10	TRAFINDO	160
11	GB I PT 11 / GD11		630

Sumber : : Arsip dan Dokumentasi PT. PLN (Persero) Rayon Panakkukang

#### b. Data Penghantar

Untuk menghitung susut daya, selain data beban trafo diperlukan juga data penghantar yang digunakan penyulang tersebut seperti jenis penghantar, luas penampang dan panjang penghantar tersebut. Untuk data penghantar penyulang adyaksa dapat dilihat pada gambar 4.2 dan tabel 4.2 sebagai berikut:





Gambar 4.2. *Line Diagram* dan Penentuan Jarak Penyulang yang melayani adyaksa. (Arsip dan Dokumentasi PT. PLN (Persero) Rayon Panakkukang)

Tabel 4.2. Jenis, Luas, dan Panjang Penampang Penyulang

NO.	DARI	KE	DATA PENGHANTAR		
			JENIS PENGHANTAR	DIAMETER (MM <sup>2</sup> )	JARAK (M)
A	B	C	D	E	F
1	GI PNK	GD 1	XLPE + AAAC	150	1456
2	GD1	GD 2	AAAC	150	65
3	GD2	GD 3	AAAC	150	190
4	GD3	GD 4	AAAC	150	395
5	GD4	GD 5	AAAC	150	145
6	GD5	GD 6	AAAC	150	179.8
7	GD6	GD 7	AAAC	150	20
8	GD6	GD 8	AAAC	150	286
9	GD8	GD 9	AAAC	150	270
10	GD9	GD 10	AAAC	150	150
11	GD6	GD 11	AAAC	150	400
TOTAL PANJANG					3377

Sumber : Arsip dan Dokumentasi PT. PLN (Persero) Rayon Panakkukang

### c. Data kWh Bulanan Penyulang

Perhitungan susut daya pada penyulang, juga diperlukan adanya data kWh dalam setiap bulan. Pendataan ini dilakukan untuk mengetahui besar pemakaian yang terjadi pada penyulang. Berikut data kWh penyulang / bulan januari – juni dapat dilihat pada tabel 4.3 :

Tabel 4. 3 Data kWh penyulang / bulan januari – juni 2016

No.	Bulan	Stand Awal (Bulan Lalu)	Stand Akhir (Bulan Ini)	Selisih	Faktor kali	Pemakaian kWh
A	B	C	D	E	F	G
1	Januari	34.912.844,00	36.128.844,00	1.216.000,00	1,00	1.216.000,00
2	Februari	36.128.844,00	37.866.838,00	1.737.994,00	1,00	1.737.994,00
3	Maret	37.866.838,00	39.067.454,00	1.200.616,00	1,00	1.200.616,00
4	April	39.067.454,00	40.652.706,00	1.585.252,00	1,00	1.585.252,00
5	Mei	40.652.706,00	42.323.241,00	1.670.535,00	1,00	1.670.535,00
6	Juni	42.323.241,00	43.893.767,00	1.570.526,00	1,00	1.570.526,00
<b>Total</b>						8.980.923,00

Sumber : Arsip dan Dokumentasi PT. PLN (persero) Rayon Panakkukang

#### d. Data Beban Penyulang

Dan Data beban penyulang yang diambil adalah data pada saat terjadi beban puncak dalam dua waktu yaitu beban siang dan beban malam. Dimana hasil data yang diambil adalah data pada bulan januari – juni dengan beban tertinggi dalam setiap bulan sesuai data yang terlampir (*Lampiran 1*). Berikut hasil beban tertinggi siang dan malam dalam setiap bulan dapat dilihat pada tabel 4.4:

Tabel 4. 4 Data beban penyulang / Bulan Januari – Juni 2016

No.	Bulan	Beban Puncak					
		Siang			Malam		
		Tanggal	Jam	Amp	Tanggal	Jam	Amp
A	B	C	D	E	F	G	H
1	Januari	06	11.00	97.0	02	19.30	169.0
2	Februari	27	11.00	117.0	13	18.00	63.0
3	Maret	27	14.00	130.0	25	18.30	68.0
4	April	23	12.00	139.0	21	18.30	69.0
5	Mei	01	12.00	159.0	08	18.30	71.0
6	Juni	04	11.00	120.0	04	18.30	69.0

Sumber : Arsip dan Dokumentasi PT. PLN (Persero) Rayon Panakkukang

## B. Pengolahan Data

### 1. Secara Umum

Analisa rugi-rugi daya yang dibahas adalah Rugi daya pada Penyulang yang melayani Adhyaksa yang diasuh oleh GI Panakkukang. Sistem jaringan distribusi tersebut dengan tegangan menengah 20 KV penyulanganya bertipe ring.

### 2. Prosedur Pengolahan Data

Perhitungan rugi-rugi daya (*losses*) JTM dilakukan mulai dari gardu induk Panakkukang sampai pada ujung penyulang. Dimana Penyulang akan dihitung besarnya tahanan saluran, rugi-rugi daya (*losses*) serta besarnya persentase *losses* JTM selama satu tahun. Dalam perhitungan

rugi-rugi daya (*losses*) pada feeder/penyulang menggunakan metode perhitungan seperti yang terdapat pada tinjauan pustaka dimana data bersumber dari PLN yaitu evaluasi rugi-rugi di jaringan PLN distribusi Primer Rayon Makassar Selatan

#### a. Perhitungan Besaran Tahanan Penampang

Berdasarkan Tabel 4.2 diatas maka perhitungan tahanan penampang pada Penyulang yang melayani Adhyaksa menggunakan persamaan (4) yaitu:

$$R = \rho l/A$$

1) Diketahui : Untuk Penampang  $150 \text{ mm}^2$

$$\rho = 0,032 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$l = 3377 \text{ m}$$

$$A = 150 \text{ mm}^2$$

$$R = 0,032 \frac{3377}{150} = 0,7204 \Omega$$

Sehingga total besar tahanan pada penampang untuk Penyulang yang melayani Adhyaksa adalah :  $0,7204\Omega$

#### b. Perhitungan Besar Rugi Daya Pada Penyulang

1) Metode 1

Berdasarkan data Tabel 4.4 dan tahanan saluran telah diketahui maka besarnya rugi daya dan persentase rugi daya pada Penyulang Adyaksa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (7) dan persamaan (9), untuk bulan Januari yaitu:

$$\text{Januari : } \Delta P_{\text{Siang}} = 3 \times 97^2 \times 0.7204 = 20.334,7308 \text{ Watt}$$

$$= 20.334,7308 \text{ Watt} \times 372 \text{ jam} = 7.564,51986 \text{ kWh}$$

$$\Delta P_{\text{Malam}} = 3 \times 169^2 \times 0,7204 = 61.726,0332 \text{ watt}$$

$$= 61.726,0332 \text{ Watt} \times 372 \text{ jam} = 22.962,084 \text{ kWh}$$

$$\Delta P_{\text{Siang}} + \Delta P_{\text{Malam}} = 30.526,60421 \text{ kWh}$$

$$\text{Rugi daya Januari (4 minggu)} = \mathbf{30.526,60421 \text{ kWh}}$$

$$\text{Total Energi kWh Januari} = 1.216.000,00 \text{ kWh}$$

$$\text{Total daya yang disalurkan} = 30.526,60421 + 1.216.000,00$$

$$= 1.246.526,60421 \text{ kWh}$$

$$\text{Persentase Rugi daya bulan Januari} = \frac{30.526,60421}{1.246.526,60421} \times 100\%$$

$$= \mathbf{2,449\% = 2,45\%}$$

Untuk bulan Februari hingga Juni dengan cara yang sama, besar rugi daya dan persentasinya dalam enam bulan ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil perhitungan rugi daya pada jaringan/ bulan januari – juni

No	Bulan	Tahanan penyulang (Ohm)	Beban Puncak				Total $\Delta P$ kWh
			Siang (Amp)	$\Delta P$ Siang kWh	Malam (Amp)	$\Delta P$ Malam kWh	
1	Januari	0,7204	97	7564,519858	169	22962,08435	30526,60421
2	Februai	0,7204	117	9940,448045	63	2882,141741	12822,58979
3	Maret	0,7204	130	13587,03216	68	3717,540634	17304,57279
4	April	0,7204	139	15032,35627	69	3704,210352	18736,56662
5	Mei	0,7204	159	20325,07456	71	4052,794622	24377,86918
6	Juni	0,7204	120	11203,6608	69	3704,210352	14907,87115

Tabel 4.6 Persentase hasil perhitungan rugi daya penyulang

No	Bulan	Total Energi Yang Terpakai ( KWH )	Total Rugi Daya Penyulang	Total Daya Yang Di Salurkan	Persentase Rugi Daya (%)
1	Januari	1.216.000,00	30526,60421	1246526,604	2,45
2	Februari	1.737.994,00	12822,58979	1.750.816,59	0,73
3	Maret	1.200.616,00	17304,57279	1.217.920,57	1,42
4	April	1.585.252,00	18736,56662	1.603.988,57	1,17
5	Mei	1.670.535,00	24377,86918	1.694.912,87	1,43
6	Juni	1.570.526,00	14907,87115	1.585.433,87	0,94
<b>Rata-Rata</b>					<b>1,36 %</b>

## C. Pembahasan

### 1. Pembahasan Hasil Perhitungan Besar Rugi Daya

Besar energi (daya) yang dikirim dari gardu induk panakkukang 20 kV pada bulan Januari yaitu 1.246.526,60421 kWh (Tabel 4.6). Panjang saluran utama penyulang yang melayani adhyaksa ialah 3,377 kms (Tabel 4.2) dan melayani 11 buah trafo distribusi (Tabel 4.1) serta total energi yang terjual pada bulan Januari 1.216.000,00 kWh. Dari data-data yang ada maka didapatkan dari hasil perhitungan yaitu rugi daya yang terjadi pada bulan Januari sebesar 30.526,60421 kWh (Tabel 4.5) dengan persentase tiap bulannya (Januari - Juni) rata-rata 1,36 % (Tabel 4.6) dan total rugi yang terjadi selama enam bulan (Januari - Juni) sebesar 52.199.076,71kWh dengan persentase 5,8 %.

Sesuai dengan persamaan (7) dan (9) yang digunakan untuk menghitung nilai rugi-rugi daya pada penyulang yang melayani adhyaksa, bahwa penyebab terjadinya rugi-rugi daya adalah besar nilai beban dan factor penghantar yaitu nilai impedansi, luas penampang dan panjang penghantar tersebut. Rugi-rugi (*losses*) berbanding lurus dengan tahanan penghantar dan kuadrat arus beban.

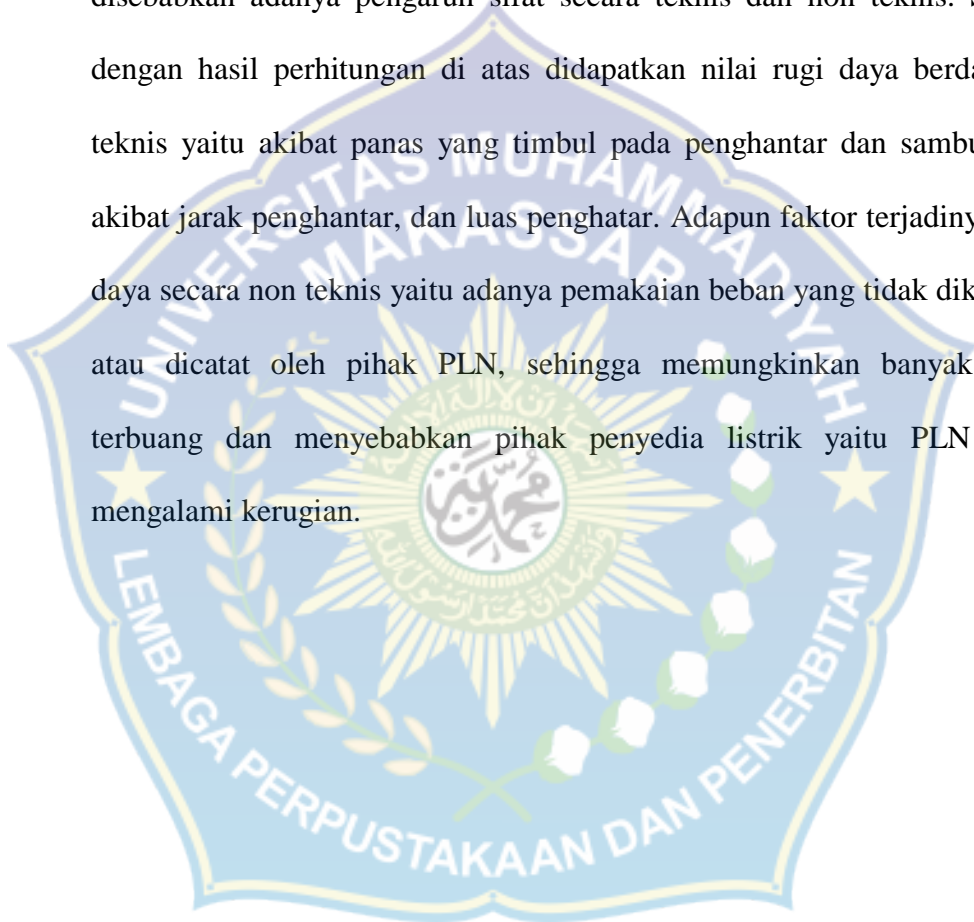
Dengan mengacu pada standarisasi PLN yang mengatakan bahwa besar jatuh tegangan dan susut daya maksimum yang diizinkan adalah sebesar 10 %, serta bahwa batas toleransi variasi tegangan adalah +5 % dan -10% dari tegangan nominal, sehingga dapat dikatakan bahwa penyulang



yang melayani adhyaksa sampai saat ini masih dinyatakan layak (Wadhani, 1996).

## **2. Pembahasan Penyebab Rugi Daya**

Terjadinya rugi-rugi daya pada penyulang yang melayani adhyaksa disebabkan adanya pengaruh sifat secara teknis dan non teknis. Sesuai dengan hasil perhitungan di atas didapatkan nilai rugi daya berdasarkan teknis yaitu akibat panas yang timbul pada penghantar dan sambungan, akibat jarak penghantar, dan luas penghantar. Adapun faktor terjadinya rugi daya secara non teknis yaitu adanya pemakaian beban yang tidak dikontrol atau dicatat oleh pihak PLN, sehingga memungkinkan banyak daya terbuang dan menyebabkan pihak penyedia listrik yaitu PLN akan mengalami kerugian.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan rugi daya (*losses*) JTM pada penyulang / feeder, besar rugi daya dan total yang terjadi pada bulan januari sebesar 30.526,60421 kWH dengan persentase tiap bulannya (Januari - Juni) rata-rata 1,36 %.
2. Penyebab terjadinya rugi daya pada Penyulang sisi Primer disebabkan beberapa faktor yaitu akibat sambungan pada jaringan yang tidak baik sehingga menimbulkan panas, dan akibat dari penggunaan listrik secara ilegal. Semakin besar tahanan saluran dan panjang saluran yang terjadi maka besarnya rugi-rugi daya (*losses*) JTM akan bertambah besar juga. Maka untuk memperkecil losses dapat dilakukan dengan cara antara lain pemecahan beban, pemantauan beban pada gardu distribusi, dan melakukan pemeliharaan terhadap kabel JTM tersebut.

## B. Saran

1. Untuk menjaga tingkat kontinuitas pelayanan yang maksimal pada konsumen, jaringan distribusi primer khususnya pada penyulang yang melayani adhyaksa perlu diadakan pengawasan dan pemeliharaan secara rutin terhadap semua jenis peralatan yang digunakan termasuk penghantar dan gardu distribusi.
2. Sesuai dengan program PLN saat ini yaitu membentuk TIM penganalisa rugi-rugi yang terjadi pada sistem distribusi, sehingga Tugas Akhir ini dapat dikembangkan sampai pada rugi-rugi trafo distribusi dan jaringan sisi sekunder dengan beracuan pada hasil pengolahan data rugi-rugi daya pada sisi primer.



## DAFTAR PUSTAKA

Arsip dan Dokumentasi PT. PLN Persero Area Makassar, Gardu Induk Panakkukang, dan Rayon Makassar Selatan.

ESDM.go.id-Kementrian Energi & Sumber Daya Mineral. 2013, *Susut Jaringan (Losses)* 8.5%. Diakses 23 Mei 2013.

Hadi, Abdul. 1994. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga

Liem, E. Bien. dkk. 2009. *Analysis Of Power Losses Calculation In Medium Voltage Network Of Feeder Serimpi, Pam 1 And Pam 2 At Network Area Gambir Pt.Pln (Persero) Distribusi Jakarta Raya And Tangerang*. Teknik Elektro-FTI, Universitas Trisakti. Volume 8, Nomor 2 Halaman 53 - 72, ISSN 1412-0372, Februari 2009.

Nasir, M. M. 2009. *Analisis Losses Jaringan Distribusi Primer*. Media Elektrik, Volume 4 Nomor 1, Juni 2009

[PT. PLN. 2010a. Keputusan Direksi PT. PLN \(Persero\) Nomor : 474. K/DIR/2010. Tentang Satndar Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik. Buku 2. Jakarta 2010](#)

[-----, 2010b. Keputusan Direksi PT. PLN \(Persero\) Nomor : 473. K/DIR/2010. Tentang Satndar Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah Tenaga Listrik. Buku 3. Jakarta 2010](#)

[-----, 2010c. Keputusan Direksi PT. PLN \(Persero\) Nomor : 605. K/DIR/2010. Tentang Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik. Buku 4. Jakarta 2010](#)

-----, 2010d. Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) Nomor : 606. K/DIR/2010. Tentang Satndar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik. Buku 5. Jakarta 2010

Suhadi, dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*. Jilid 1. Jakarta. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.

Surat Keputusan Menteri Keuangan Nomor: 431/KMK.06/2002 (2002:4) *tentang Tata Cara Penghitungan dan Pembayaran Subsidi Listrik.*



## LAMPIRAN

### Lampiran 1

#### Data Beban Penyulang

TGL.	Januari				Februari			
	Siang		Malam		Siang		Malam	
	Jam	Amp	Jam	Amp	Jam	Amp	Jam	Amp
1	11.00	45	21.00	41	12.00	44	19.00	48
2	10.00	68	19.30	169	13.00	46	19.00	50
3	11.00	81	18.00	48	11.00	108	19.00	56
4	11.00	45	19.30	46	13.00	105	18.30	56
5	11.00	41	19.30	49	11.00	102	18.30	53
6	11.00	97	18.30	53	13.00	110	19.00	63
7	12.00	90	19.00	53	14.00	114	19.00	61
8	13.00	90	19.00	56	12.00	60	19.00	54
9	13.00	97	19.30	52	13.00	49	20.30	55
10	10.00	87	18.00	54	11.00	109	19.00	60
11	11.00	46	19.00	58	14.00	110	20.30	57
12	11.00	45	20.00	50	11.00	111	19.00	59
13	11.00	88	19.00	53	14.00	112	18.00	63
14	12.00	41	21.30	50	12.00	109	18.00	52
15	11.00	87	18.30	51	16.00	49	19.00	49
16	09.00	68	18.00	41	11.00	39	20.30	48
17	08.00	54	18.30	50	11.00	111	18.00	53
18	12.00	46	19.00	48	14.00	115	19.00	58
19	15.00	43	20.30	50	12.00	113	18.00	56
20	15.00	88	19.00	54	14.00	113	18.30	59
21	14.00	90	19.00	57	14.00	110	18.30	57
22	11.00	91	18.30	49	11.00	58	18.00	48
23	11.00	82	18.30	49	10.00	43	19.00	45
24	14.00	69	19.00	44	14.00	105	18.30	54
25	12.00	42	19.00	46	14.00	108	18.30	57
26	12.00	45	19.30	48	12.00	111	19.00	57
27	11.00	91	19.00	53	11.00	117	19.00	59
28	14.00	90	19.00	54	14.00	114	18.30	59
29	11.00	79	18.30	49				
30	12.00	87	18.30	48				
31	11.00	43	19.00	48				

TGL.	Maret				April			
	Siang		Malam		Siang		Malam	
	Jam	Amp	Jam	Amp	Jam	Amp	Jam	Amp
1	12.00	56	19.00	55	11.00	127	19.00	67
2	14.00	50	19,3	56	12.00	130	18.30	67
3	14.00	122	18.00	62	11.00	125	18.00	65
4	14.00	103	19.00	58	14.00	121	18.30	65
5	14.00	117	19.00	59	11.00	61	18.30	56
6	14.00	110	18.00	54	14.00	52	19.00	57
7	15.00	110	18.30	60	10.00	115	18.00	56
8	12.00	51	19.00	50	12.00	119	18.00	57
9	07.00	38	19.30	55	11.00	42	21.30	48
10	14.00	121	18.30	61	11.00	119	18.30	63
11	14.00	119	19.00	61	14.00	112	19.00	59
12	13.00	110	18.30	60	13.00	55	18.30	58
13	14.00	116	19.00	61	13.00	47	18.30	52
14	10.00	113	18.30	58	10.00	102	18.30	58
15	12.00	59	19.00	52	13.00	93	19.00	56
16	14.00	56	18.30	54	14.00	111	18.00	58
17	13.00	121	18.30	61	13.00	110	18.30	59
18	11.00	123	18.00	60	14.00	50	19.30	56
19	12.00	124	18.30	60	15.00	53	18.30	54
20	11.00	124	18.30	57	15.00	54	19.00	58
21	11.00	110	18.30	58	11.00	129	18.30	69
22	13.00	57	19.00	56	13.00	135	18.30	67
23	13.00	52	19.00	58	12.00	139	18.30	68
24	13.00	122	18.30	66	11.00	126	18.00	66
25	13.00	126	18.30	68	12.00	119	18.30	65
26	14.00	124	19.00	66	13.00	65	19.00	60
27	14.00	130	18.30	64	13.00	54	18.30	61
28	14.00	123	18.30	61	13.00	120	18.00	64
29	13.00	61	19.00	57	12.00	120	18.30	67
30	12.00	60	19.00	55	13.00	123	18.30	66
31	14.00	49	20.30	55				

TGL.	Mei				Juni			
	Siang		Malam		Siang		Malam	
	Jam	Amp	Jam	Amp	Jam	Amp	Jam	Amp
1	12.00	159	18.30	62	12.00	53	19.00	57
2	14.00	117	18.30	61	13.00	119	18.30	66
3	13.00	60	18.30	58	11.00	120	19.00	67
4	15.00	50	19.00	59	11.00	120	18.30	69
5	11.00	125	18.00	69	12.00	119	19.00	68
6	13.00	128	18.30	69	14.00	119	18.30	65
7	14.00	137	18.30	69	11.00	62	19.00	65
8	14.00	138	18.30	71	12.00	55	19.00	58
9	13.00	126	18.30	62	12.00	113	19.00	65
10	14.00	67	18.30	63	13.00	114	18.30	60
11	13.00	56	19.00	55	12.00	113	19.00	64
12	11.00	112	18.00	62	14.00	119	18.30	65
13	13.00	118	18.30	63	14.00	117	18.30	68
14	14.00	126	18.30	65	12.00	70	19.00	59
15	14.00	56	19.30	57	14.00	53	18.30	57
16	14.00	126	18.30	66	13.00	112	18.00	67
17	14.00	69	18.30	65	13.00	107	18.00	69
18	12.00	64	21.00	60	13.00	107	18.30	66
19	12.00	127	18.00	64	14.00	115	18.00	64
20	13.00	120	18.00	66	14.00	110	18.30	64
21	13.00	125	18.30	67	11.00	62	18.30	54
22	13.00	129	18.00	68	13.00	49	18.30	53
23	14.00	128	18.00	67	12.00	111	18.30	61
24	13.00	62	18.00	59	12.00	107	18.00	67
25	12.00	61	22.00	57	12.00	110	18.00	65
26	13.00	120	18.30	67	11.00	99	18.30	62
27	15.00	60	19.30	60	14.00	99	18.30	55
28	12.00	125	18.30	64	12.00	49	18.30	50
29	14.00	58	21.00	57	15.00	46	19.00	50
30	14.00	115	18.30	66	13.00	95	19.00	54
31	14.00	60	18.30	59				