

**ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM TEGANGAN  
MENENGAH 6,1 KV DI PLTD 3670 KVA  
PPSDM MIGAS CEPU**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT  
MEMPEROLEH GELAR S1 PADA PRODI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS  
TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG



**DISUSUN OLEH :**

**I'ANATULLAH ISHOMUDIN  
NIM 30601700015**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG  
2022**

**FINAL PROJECT**  
**ANALYSIS OF POWER LOSS ON A 6.1 KV MEDIUM VOLTAGE**  
**SYSTEM IN PLTD 3670 KVA**  
**PPSDM MIGAS CEPU**

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



**DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING**  
**FACULTY OF INDUSTRIAL TECNOLOGY**  
**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**  
**SEMARANG**  
**2022**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM TEGANGAN MENENGAH 6,1 KV DI PLTD 3670 KVA PPSDM MIGAS CEPU” ini disusun oleh:

Nama : I'anatullah Ishomudin

NIM : 30601700015

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 29 Desember 2022

Pembimbing I

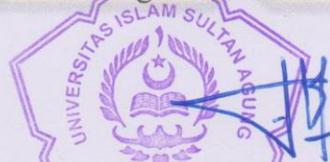
Pembimbing II

  
Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT  
NIDN. 0618066301

  
Dedi Nugroho, ST., MT  
NIDN. 0617126602

**UNISSULA**  
جامعة سلطان ابي جعفر الإسلامية  
Mengetahui

Ka. Program Studi Teknik Elektro



  
Jenny Putri Hapsari, ST., MT  
NIDN. 0607018501

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM TEGANGAN MENENGAH 6,1 KV DI PLTD 3670 KVA PPSDM MIGAS CEPU” ini telah dipertahankan di depan Penguji siding Tugas Akhir pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 29 Desember 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, MT  
NIDN. 0628086501  
Ketua Penguji

Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT  
NIDN. 0618066301  
Anggota Penguji I

Dedi Nugroho, ST., MT  
NIDN. 0617126602  
Anggota Penguji II

## HALAMAN PERSEMBAHAN

### Persembahan:

Pertama,

Laporan Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada Orang Tua saya yang sangat saya cintai (Ayah Budi Witarno dan Bunda Galuh Chilmi Hamidah) yang sudah membesarkan saya dan menjadi motivasi dalam hidup saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Kedua,

Kepada kedua Adik saya (Fadhil Miftahul Ilmi dan Hasna Aulia Hafiza) dan Kekasih Saya (Isnah Nur Aenin) yang selalu menyemangati saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Ketiga,

Kepada Pembimbing saya (Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT. dan Dedi Nugroho, ST., MT.) yang telah membimbing dan memberikan saya arahan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini.

Keempat,

Kepada Dosen Fakultas Teknologi Industri Program Studi Teknik Elektro yang senantiasa membimbing saya dan memberikan saya banyak ilmu yang bermanfaat. Tidak lupa juga kepada Teman Seperjuangan Teknik Elektro Angkatan 2017.

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

**Yang bertanda tangan dibawah ini :**

Nama : I' anatullah Ishomudin  
Nim : 30601700015  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang diajukan dengan judul **“ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM TEGANGAN MENENGAH 6,1 KV DI PLTD 3670 KVA PPSDM MIGAS CEPU”** adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah milik saya segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, November 2022

Yang Menyatakan



I' anatullah Ishomudin

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

**Saya yang bertanda tangan dibawah ini :**

Nama : I' anatullah Ishomudin  
Nim : 30601700015  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul :  
**ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM TEGANGAN MENENGAH  
6,1 KV DI PLTD 3670 KVA PPSDM MIGAS CEPU.**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dalam pangkalan data dan publikasi di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiatisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, November 2022

Yang Menyatakan



I' anatullah Ishomudin

## **MOTTO**

"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri."

- QS Ar Rad 11-



## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puja dan puji skukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir dengan judul **“ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM TEGANGAN MENENGAH 6,1 KV DI PLTD 3670 KVA PPSDM MIGAS CEPU”**.

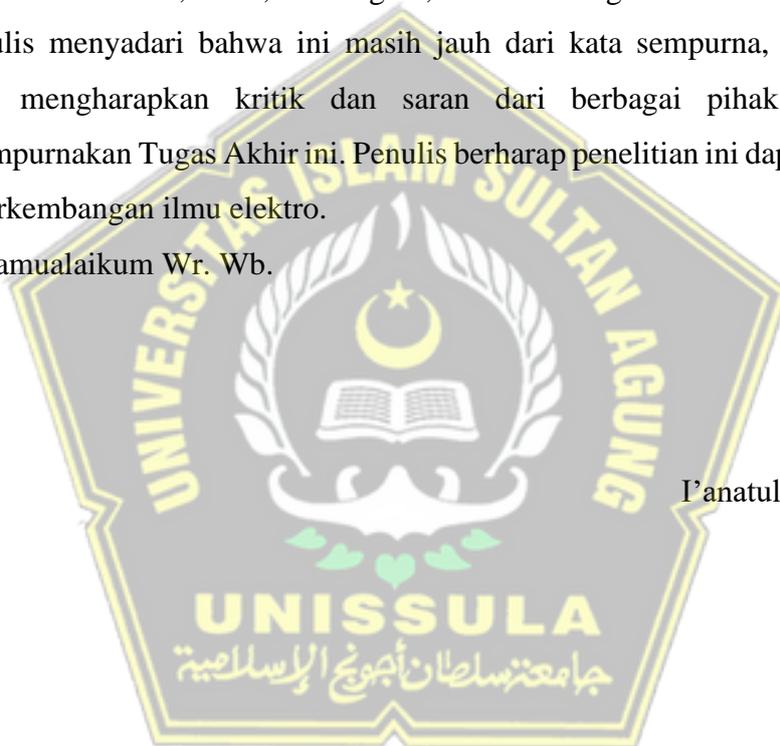
Penyusunan Tugas Akhir adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung. Banyak pihak yang berjasa dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, sehingga penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini baik berupa dorongan moril dan materil. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Gunarto, SH. SE. Akt. M.Hum selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Dr. Novi Marlyana, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Jenny Putri Hapsari S.T., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Dedi Nugroho, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak dan Ibu dosen Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang selaku tenaga pengajar telah bersedia berbagi ilmu yang bermanfaat sehingga penulis memperoleh pengetahuan dan pengalaman selama menempuh studi.

7. Bapak dan Ibu yang selalu mendoakan, menyemangati dan memberikan motivasi serta nasihat yang menenangkan hati serta memberikan dukungan dari awal baik dukungan moral maupun materi. Terimakasih karena telah menjadi orang tua yang sangat baik.
8. Isnah Nur Aenin yang selalu memberikan semangat, doa, serta memberikan dukungan moral maupun materil kepada penulis.
9. Teman-teman seperjuangan saya Teknik Elektro 2017, terimakasih sudah memberikan kritik, saran, kebahagiaan, dan kekeluargaan selama ini.

Penulis menyadari bahwa ini masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak guna untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu elektro.

Wassalamualaikum Wr. Wb.



P'anatullah Ishomudin

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	vi
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH</b> .....	vii
<b>MOTTO</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>ABSTRAK</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Pembatasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan .....	2
1.5. Manfaat .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	4
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1. Sistem Distribusi di PPSDM Migas Cepu.....	5

2.2.2. Distribusi Primer .....	5
2.2.3. Distribusi Sekunder .....	6
2.2.4. Transformator Distribusi .....	6
2.2.5. Operasional Transformator Daya di PPSDM Migas Cepu .....	6
2.2.6. Pengaman Sistem Distribusi .....	7
2.2.7. Kabel Tanah .....	7
2.2.8. Kontruksi Kabel Tanah .....	7
2.3 Jaringan Tegangan Menengah .....	8
2.3.1. Kontruksi Jaringan Tegangan Menengah.....	8
2.3.2. Konfigurasi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah.....	9
2.3.3. Sistem Saluran Distribusi Tegangan Menengah .....	12
2.3.4. Operasi Sistem Jaringan Distribusi .....	13
2.3.5. Daya Listrik.....	14
2.3.6. Daya Satu Fasa.....	17
2.3.7. Daya Tiga Fasa.....	18
2.3.8. Faktor Daya.....	19
2.4 Rugi-Rugi Daya.....	19
2.5 Rugi-Rugi Pada Jaringan Tegangan Menengah .....	20
2.5.1. Rugi-Rugi Pada Penghantar Fasa.....	20
2.5.2. Rugi-Rugi Pada Sistem Satu Fasa.....	21
2.5.3. Rugi-Rugi Pada Sistem Tiga Fasa.....	22
2.5.4. Rugi-Rugi Daya Akibat Beban Seimbang .....	23
2.5.5. Rugi-Rugi Daya Akibat Beban Tak Seimbang .....	23
2.5.6. Rugi-Rugi Daya Pada Sambungan Tidak Baik.....	25
2.6 Metode Perhitungan Arus Beban Dan Arus Saluran .....	26

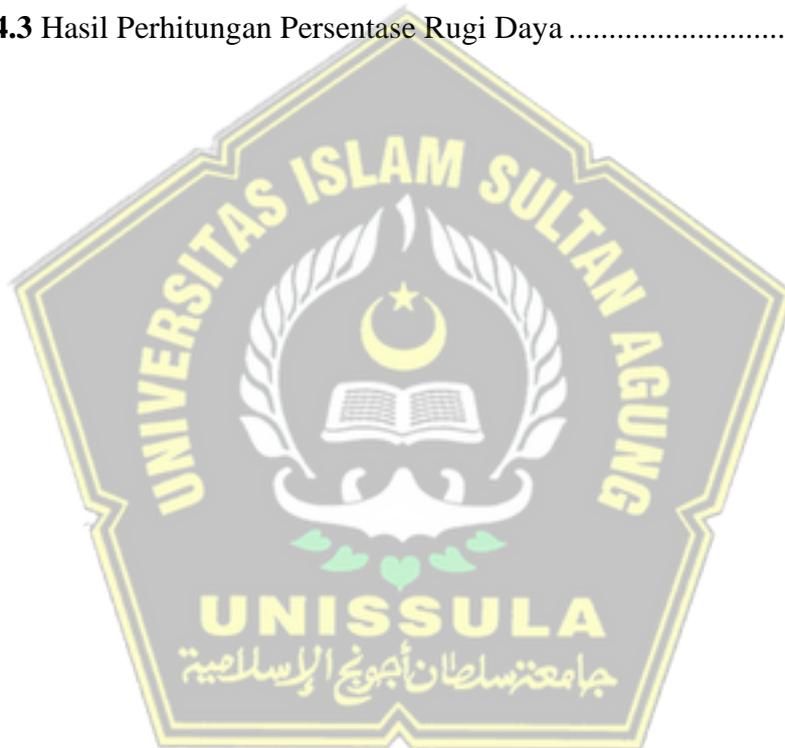
2.7 Perhitungan Rugi Daya .....	28
2.8 Lingkaran .....	28
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
3.1 Model Penelitian .....	30
3.2 Objek Penelitian.....	31
3.3 Data Penelitian .....	31
3.4 Prosedur Penelitian .....	33
3.5 Tahapan Penelitian.....	34
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	35
4.2 Perhitungan Rugi Daya .....	35
4.3 Perhitungan Daya Beban.....	41
4.4 Perhitungan Persentase Rugi Daya .....	44
4.5 Analisa.....	49
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>51</b>
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Sistem Jaringan Distribusi Radial.....	10
<b>Gambar 2.2</b> Sistem Jaringan Distribusi Loop.....	11
<b>Gambar 2.3</b> Sistem Jaringan Distribusi Spindel.....	12
<b>Gambar 2.4</b> Segitiga Daya.....	14
<b>Gambar 2.5</b> Daya Satu Fasa.....	18
<b>Gambar 2.6</b> Daya Tiga Fasa .....	18
<b>Gambar 2.7</b> Rugi-Rugi Daya Saluran.....	20
<b>Gambar 2.8</b> Rangkaian Satu Fasa.....	21
<b>Gambar 2.9</b> Sistem Penyaluran Daya 3 Fasa 3 Kawat .....	22
<b>Gambar 2.10</b> Sistem Penyaluran Daya 3 Fasa 4 Kawat .....	22
<b>Gambar 2.11</b> Pengaruh Arus Netral Dalam Sistem Distribusi .....	24
<b>Gambar 2.12</b> Distribusi Besarnya Arus Dan Tegangan.....	26
<b>Gambar 2.13</b> Lingkaran.....	28
<b>Gambar 3.1</b> Single Line Diagram PPSDM Migas Cepu .....	30
<b>Gambar 3.2</b> Objek Penelitian Rugi-Rugi Daya PPSDM Migas Cepu.....	31
<b>Gambar 3.3</b> Single Line Pembebanan PPSDM Migas Cepu.....	33
<b>Gambar 3.4</b> Flowchart Perancangan Penelitian.....	34
<b>Gambar 4.1</b> Kurva Hasil Perhitungan Rugi daya .....	41
<b>Gambar 4.2</b> Kurva Persentase Hasil Perhitungan Rugi Daya.....	49

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Data Saluran PPSDM Migas Cepu.....	32
<b>Tabel 3.2</b> Panjang Saluran kabel Antar Transformator Dan Nilai R,X.....	32
<b>Tabel 3.3</b> Data Elektrik Kabel N2XSEFGbY 6/10 KV.....	32
<b>Tabel 3.4</b> Data Beban Trafo Distribusi PPSDM Migas Cepu .....	33
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Perhitungan Rugi Daya R,S,T.....	40
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Perhitungan Beban Trafo .....	44
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Perhitungan Persentase Rugi Daya .....	48



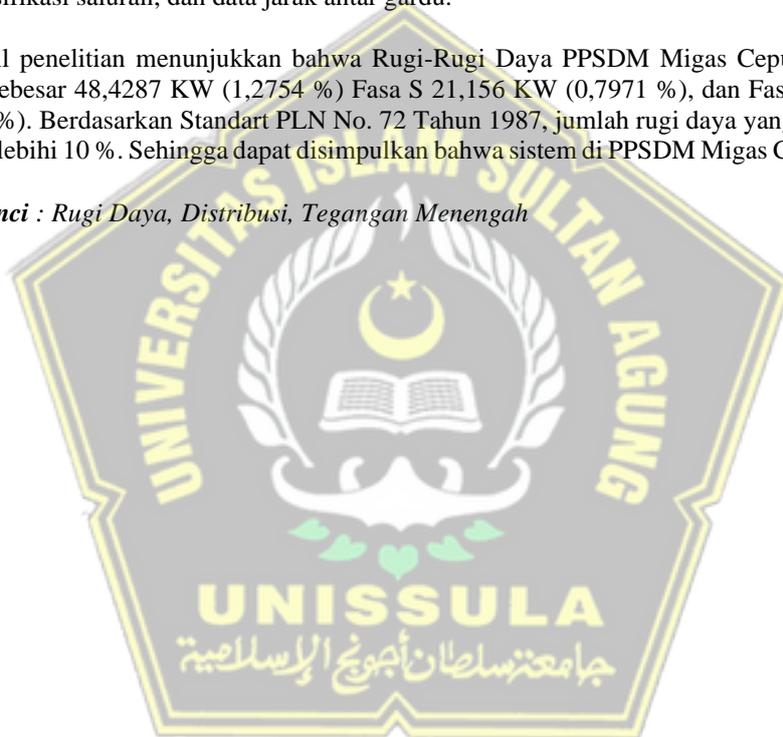
## ABSTRAK

PPSDM Migas Cepu memiliki Kapasitas Total 3670 kVA. Sistem pendistribusian listrik juga merupakan salah satu yang paling sering terjadi masalah. Salah satunya di PPSDM Migas Cepu, dalam sistem penyaluran daya baik transmisi maupun distribusi, Hal ini terjadi disebabkan adanya beban tak seimbang dan panjangnya saluran distribusi, yang mengakibatkan adanya rugi-rugi daya pada sistem tegangan menengah di PPSDM Migas Cepu, Solusi untuk permasalahan tersebut yaitu Sering melakukan tindakan pemeliharaan jaringan baik itu secara berkala ataupun accident, agar jaringan tetap handal. Serta perlu adanya evaluasi berkala untuk memastikan semua peralatan masih bekerja dengan baik dan sesuai dengan standarnya.

Penelitian ini membahas tentang Analisa Rugi-Rugi Daya Sistem Tegangan menengah 6,1 KV pada PLTD 3670 KVA PPSDM Migas Cepu. Model ditetapkan sebagai single line diagram PPSDM Migas Cepu. Parameter yang ditetapkan pada penelitian ini antara lain : data pembebanan harian, data spesifikasi saluran, dan data jarak antar gardu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Rugi-Rugi Daya PPSDM Migas Cepu diperoleh yaitu Fasa R sebesar 48,4287 KW (1,2754 %) Fasa S 21,156 KW (0,7971 %), dan Fasa T 49,4056 KW (1,2805 %). Berdasarkan Standart PLN No. 72 Tahun 1987, jumlah rugi daya yang diizinkan yakni tidak melebihi 10 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem di PPSDM Migas Cepu masih aman.

**Kata Kunci :** *Rugi Daya, Distribusi, Tegangan Menengah*



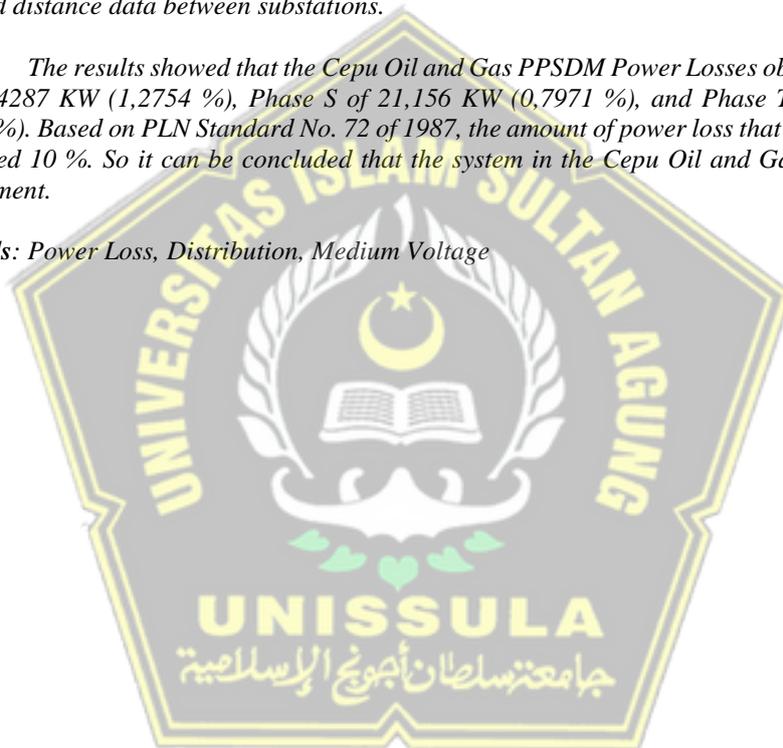
## **ABSTRACT**

*PPSDM Migas Cepu has a total capacity of 3670 kVA. The electricity distribution system is also one of the most common problems. One of them is in PPSDM Migas Cepu, in the power distribution system both transmission and distribution. This occurs due to an unbalanced load and the length of the distribution channel, which results in power losses in the medium voltage system at PPSDM Migas Cepu. The solution to this problem is Frequently perform network maintenance actions, either periodically or by accident, so that the network remains reliable. It is also necessary to have periodic evaluations to ensure that all equipment is still working properly and according to its standards.*

*This study discusses the Analysis of Power Loss for a Medium Voltage System of 6.1 KV at PLTD 3670 KVA PPSDM Migas Cepu. The model is set as a single line diagram of the Cepu Oil and Gas PPSDM. The parameters set in this study include: daily loading data, channel specification data, and distance data between substations.*

*The results showed that the Cepu Oil and Gas PPSDM Power Losses obtained are Phase R of 48,4287 KW (1,2754 %), Phase S of 21,156 KW (0,7971 %), and Phase T of 49,4056 KW (1,2805 %). Based on PLN Standard No. 72 of 1987, the amount of power loss that is permitted does not exceed 10 %. So it can be concluded that the system in the Cepu Oil and Gas PPSDM needs improvement.*

**Keywords:** *Power Loss, Distribution, Medium Voltage*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Di zaman sekarang, listrik sudah memasuki kebutuhan primer untuk setiap manusia. Hampir seluruh peralatan yang dipakai sehari-hari membutuhkan listrik. PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai penyedia dan pendistribusian listrik juga harus selalu dapat memenuhi kebutuhan konsumen dan berinovasi. Tidak hanya kebutuhan rumah tangga, bahkan dunia industri juga menjadikan listrik sebagai bahan dasar dari sebagian besar peralatan yang beroperasi. Jika seluruh kebutuhan baik rumah tangga maupun industri disuplai penuh oleh PLN maka besar kemungkinannya masih belum mampu untuk memenuhi. Oleh sebab itu, sudah banyak industri yang menyediakan pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan listriknya sendiri. Salah satunya di PPSDM Migas Cepu yang memiliki Kapasitas Total 3670 kVA. Sistem pendistribusian listrik juga merupakan salah satu yang paling sering terjadi masalah.

Permasalahan pada PPSDM Migas Cepu yaitu adanya rugi daya pada sistem tegangan menengah 6,1 KV. Hal ini terjadi akibat adanya beban tak seimbang dan panjangnya saluran distribusi. Beban tak seimbang merupakan pembebanan di tiap fasa yang tidak seimbang, yang mengakibatkan arus mengalir pada saluran netral, jika di saluran netral terdapat nilai tahanan dan dialiri oleh arus maka saluran netral akan bertegangan yang menyebabkan tegangan pada transformator menjadi tidak seimbang. Sehingga arus yang mengalir disepanjang saluran netral akan menyebabkan rugi-rugi daya. Sedangkan panjang saluran merupakan Panjang jarak kabel dari trafo distribusi ke beban, jarak antara trafo distribusi dan beban yang panjang membuat adanya rugi daya pada sistem jaringan menengah di PPSDM Migas Cepu.

Solusi untuk permasalahan tersebut yaitu Sering melakukan tindakan pemeliharaan jaringan baik itu secara berkala ataupun accident, agar jaringan tetap

handal. Serta perlu adanya evaluasi berkala untuk memastikan semua peralatan masih bekerja dengan baik dan sesuai dengan standarnya.

Berdasarkan latar belakang dan referensi penelitian yang telah disebutkan di atas, maka penulis mengusung judul tugas akhir “Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Tegangan Menengah 6,1 kV di PLTD 3670 kVA PPSDM Migas Cepu”. Sehingga besarnya nilai rugi-rugi daya yang terjadi dapat dihitung dan dianalisis agar rugi daya yang ada dibandingkan dengan toleransi maksimum 5% dan dari tegangan nominal seperti yang ditetapkan oleh SPLN 1:1995.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Bedasarkan Latar belakang tersebut dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Tegangan Menengah 6,1 kV di PLTD 3670 kVA PPSDM Migas Cepu.
2. Bagaimana analisa Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Tegangan Menengah 6,1 kV di PLTD 3670 kVA PPSDM Migas Cepu setelah perhitungan.

### **1.3. Pembatasan Masalah**

Agar penelitian ini menjadi fokus, pembatasan masalah perlu dilakukan. Batasan pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan Pada Sistem Tegangan Menengah 6,1 kV di PLTD 3670 kVA PPSDM Migas Cepu.
2. Menganalisa Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Tegangan Menengah 6,1 kV di PLTD 3670 kVA PPSDM Migas Cepu.

### **1.4. Tujuan**

1. Mengetahui Rugi-Rugi Daya pada Pada Sistem Tegangan Menengah 6,1 kV di PLTD 3670 kVA PPSDM Migas Cepu.
2. Menghitung dan menganalisis Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Tegangan Menengah 6,1 kV di PLTD 3670 kVA PPSDM Migas Cepu.

3. Membandingkan Rugi-Rugi Daya yang terhitung terhadap standar toleransi Rugi-Rugi Daya sesuai SPLN 1:1995.

### **1.5. Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan informasi pemahaman kepada masyarakat tentang Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Tegangan Menengah 6,1 kV di PLTD 3670 kVA PPSDM Migas Cepu.
2. Memberikan informasi kepada penulis dan pembacanya tentang Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Tegangan Menengah 6,1 kV di PLTD 3670 kVA PPSDM Migas Cepu.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Untuk memudahkan dalam penyusunan tugas akhir ini maka penulis membuat sistematika sebagai berikut :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Dalam bab ini berisikan latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Bab ini membahas secara umum mengenai sistem sistem distribusi tegangan menengah serta dasar teori dan prinsip yang melandasi Tugas Akhir ini.

#### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menerangkan tentang model penelitian, objek penelitian, data penelitian, dan langkah – langkah dalam penelitian.

#### **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

Bab ini menjelaskan tentang pembahasan data dan analisa penelitian yang didapatkan dari hasil penelitian di lokasi dan pengolahan data yang diperoleh.

#### **BAB V PENUTUP**

Dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai penutup tugas akhir ini.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Dalam penulisan skripsi ini penulis mencari informasi dari berbagai penelitian-penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai bahan perbandingan baik dari segi kekurangan maupun kelebihan dari penelitian yang sudah ada. Selain itu, penulis juga mencari informasi dari buku-buku, jurnal maupun skripsi sebelumnya. Sesuai dengan judul pembahasan tentang Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Tegangan Menengah 6,1 kV di PLTD 3670 kVA PPSDM Migas Cepu. Beberapa penelitian atau jurnal ilmiah yang didaftarkan sebelumnya terkait dengan pembahasan rugi daya adalah :

- a) Analisa Rugi – Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di PT. PLN Palu (Hontong 2015). Hasil menunjukkan bahwa ditemukan susut Tegangan yang melewati batas batas yang diijinkan yakni, penyulang Anggrek 25,65% rugi daya 2.027 kVA dan penyulang matahari 14,98% rugi daya 315 kVA, faktor ini dipengaruhi oleh konduktor yang digunakan sudah mencapai batas kemampuan, perlunya pergantian jenis konduktor yang lebih besar, pergantian jenis konduktor diterapkan pada jalur utama, dan dapat memperkecil jatuh tegangan sampe 5,81% dengan penghematan dana Rp. 124.000.000, sesuai dengan standart harga PT. PLN 250/VA. Kondisi dari jaringan penyulang tersebut tergolong jaringan lama dan mempengaruhi ketahanan suatu konduktor dalam mengalirkan beban.
- b) Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Instalasi Listrik Di Pt . Bev ( Batamindo Executive Village (Prasetya 2020). Hasil menunjukkan bahwa terdapat selisih rugi-rugi daya listrik pada sisi penerima yang dihitung secara teori dan dihitung sesuai pengukuran yang dilapangan yaitu pada MDP 1 adalah  $0.354 \% - 0.273 \% = 0.081 \%$  (hasil rugi-rugi daya yang didapatkan dari pengukuran langsung dilapangan dikurangkan dengan hasil rugi-rugi daya yang didapatkan secara teori). Selisih rugi-rugi daya listrik pada MDP 2 adalah  $0.347 \% - 0.109 \% = 0.238 \%$ . Dan selisih rugi-

rugi daya listrik pada MDP 3 adalah  $0.446\% - 0.255\% = 0.191\%$ . Kenaikan rugi-rugi daya tersebut dikarenakan pemakaian kabel yang sudah cukup lama sehingga tahanan kabel naik dari keadaan normalnya.

- c) Analisa Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Di PT. PLN (Persero) Area Manado (Mangundap, Silimang, and Tumaliang 2018). Hasil menunjukkan bahwa rugi daya pada PT. PLN (Persero) Area Manado adalah sebesar 1.962.051,492 kWh. Jumlah persentase rugi teknis energi listrik kota Manado adalah sebesar 3,6 %. Dibandingkan dengan standard persentase rugi teknis tegangan menengah yaitu 3,0 %. Kota Manado masih kelebihan 0,6 %. kemudian penyulang yang memiliki rugi teknis energi listrik paling besar adalah penyulang SR 1 Wori dengan besar 444.788,19 kWh dan persentase 12,8 % terhadap penyulang itu. Kemudian rugi teknis energi listrik yang paling kecil adalah SR 2 Bandara dengan besar 837,33 kWh dan persentase 0,13 % terhadap penyulang itu sendiri.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Sistem Distribusi di PPSDM Migas Cepu

Pada PPSDM Migas Cepu, sistem distribusi primer menggunakan sistem distribusi radial, sedangkan distribusi tegangan rendahnya menggunakan sistem loop/ring. Untuk distribusi baik primer ataupun sekunder menggunakan saluran bawah tanah. Saat ini data yang ada di distribusi beban di PPSDM Migas Cepu adalah sebagai berikut:

Kapasitas Total	: 3670 kVA
Beban Terpasang	: 730 kW
Beban Terpakai Sekarang	: 258 kW (continue)

Pada PLTD yang terdapat di PPSDM Migas Cepu ini dalam operasinya dilengkapi dengan beberapa transformator seperti trafo step up dan trafo step down.

### 2.2.2 Distribusi Primer

Distribusi primer merupakan sarana penyaluran tenaga listrik dari generator ke saluran utama (busbar). Pada PPSDM Migas Cepu terdapat 3 buah trafo step up, dua diantaranya dipasang paralel baru terhung ke busbar, sedangkan yang satunya

langsung terhubung ke busbar. Trafo step up berguna untuk menaikkan tegangan keluaran sebesar 0,4 kV menjadi 6,1 kV.

### **2.2.3 Distribusi Sekunder**

Distribusi sekunder merupakan sarana penyaluran tenaga listrik dari saluran utama (busbar) ke beban. Pada PPSDM Migas Cepu menggunakan distribusi sekunder dengan sistem loop/ring sehingga jika salah satu sisi mengalami gangguan, listrik masih dapat diambil dari sisi lainnya tanpa harus melakukan pemadaman listrik.

### **2.2.4 Transformator Distribusi**

Transformator (trafo) adalah sebuah alat yang dapat memindahkan energy listrik dari satu ke rangkaian yang lain melalui belitan magnetic berdasarkan prinsip elektronika, dengan frakuensi tetap dan tegangan atau arus yang berubah. Berdasarkan jumlah lilitan pada kumparan primer dan sekundernya, trafo di bedakan menjadi 2 yaitu trafo step up dan trafo step down. Trafo step up adalah trafo yang memiliki jumlah lilitan pada kumparan sekunder nya lebih banyak dari 51 pada kumparan primernya, sehingga trafo dapat berfungsi untuk menaikkan tegangan. Sedangkan trafo step down adalah trafo yang memiliki jumlah lilitan kumparan primernya lebih bnyak dari pada kumparan sekundernya, sehingga trafo step down berfungsi untuk menurunkan tegangan. Trafo yang ada di PPSDM Migas Cepu berjumlah 19 buah, terdiri dari 3 trafo step up, dan 16 trafo step down. Dimana 16 trafo step down terdiri dari 5 buah merupakan trafo aktif, 3 buah trafo stand by, dan 8 trafo dalam kondisi nonaktif.

### **2.2.5 Operasional Transformator Daya di PPSDM Migas Cepu**

Pada PPSDM Migas Cepu, transformator daya pada sistem tenaga listrik bekerja dengan menaikkan tegangan keluaran dari generator sebesar 400 V menjadi 6,1 kV. Transformator yang di gunakan mempunyai konfigurasi hubungan segitiga bintang (delta-wye). Jumlah belitan primer nya lebih besar dari pada belitan sekunder, dan berjenis transformator step down. Tetapi di PPSDM Migas Cepu, sisi

sekunder dari transformator terhubung dengan generator dan sisi primer terhubung dengan busbar. Dengan begitu, transformator berubah fungsi menjadi transformator step up dan konfigurasi hubungannya berubah menjadi bintang segitiga (wye-delta).

### **2.2.6 Pengaman Sistem Distribusi**

Untuk mencegah kerusakan peralatan distribusi yang terjadi karena gangguan, maka diperlukan alat-alat pengaman pada trafo. Peralatan pengaman yang digunakan di PPSDM Migas Cepu antara lain adalah sekering (fuse), Oil Circuit Breaker (OCB), Disconnecting Switch (DS), Load Breaker Switch (LBS), Relay, dan Pentanahan (Grounding).

### **2.2.7 Kabel Tanah**

Kabel tanah adalah salah satu / beberapa kawat yang di isolasikan, sehingga tahan terhadap tegangan tertentu antara penghantar yang satu dengan penghantar yang lain ataupun penghantar dengan tanah serta dibungkus dengan pelindung, sehingga terhindar dari pengaruh-pengaruh kimia lain yang ada dalam tanah. Oleh karena kabel tanah tersebut beroperasi dalam tanah, maka komponen termasuk kabel harus mampu beroperasi secara terus menerus karena memiliki persyaratan isolasi yang khusus melindunginya dari segala bentuk kelembaban serta pengaruh pengaruh lain yang terdapat didalam tanah. Sistem distribusi tenaga listrik di PPSDM Migas Cepu menggunakan sistem yang menggunakan kabel bawah tanah (Under Ground Cable) mulai dari trafo sampai ke beban.

### **2.2.8 Kontruksi Kabel Tanah**

Kontruksi atau jenis kabel tanah yang digunakan di PPSDM Migas Cepu yaitu kabel NYFGby. Kabel NYFGbY adalah kabel dengan inti tembaga berisolasi PVC, dengan inti lebih dari satu, dilindungi pelat baja pipih atau dililit pelat baja, dengan selubung isolasi PVC (0,6 kv-1 kv)

## 2.3 Jaringan Tegangan Menengah

### 2.3.1 Kontruksi Jaringan Tegangan Menengah

Struktur jaringan yang berkembang disuatu daerah merupakan kompromi antara alasan-alasan teknis di satu pihak dan ekonomis di lain pihak. Keduanya ditekankan kepada kebutuhan penggunaan dimana dipersyaratkan batas-batas keandalan, stabilitas dari kelangsungan pelayanan (Mangundap, Silimang, and Tumaliang 2018). Berdasarkan konstruksinya, jaringan distribusi primer terbagi kedalam dua jenis, yaitu (SUTM) dan (SKTM).

#### a. SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah)

SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah) adalah konstruksi termurah untuk menyalurkan tenaga listrik. Konstruksi ini banyak digunakan untuk konsumen Jaringan Tegangan Menengah yang di Indonesia. Ciri utamanya yaitu menggunakan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi ataupun beton. Menggunakan penghantar tanpa isolasi, harus diperhatikan faktor keselamatan seperti jarak aman minimum penghantar antar Fase, jarak aman minimum dengan bangunan, jarak aman minimum dengan tanaman dan jarak aman minimum dengan jangkauan manusia. Saluran ini merupakan jaringan penghantar berupa kawat tanpa isolasi yang terentang diudara yang disangga oleh tiang penyangga. SUTM biasanya digunakan di daerah dengan kepadatan beban rendah seperti pedesaan dan kota-kota kecil. SUTM memiliki kelebihan yaitu jangkauan yang cukup luas untuk pelayanannya, murah dan mudah dibangun. Tetapi kelemahan menggunakan SUTM tingkat keandalan penyaluran relatif rendah dan tingkat perawatannya tinggi. Jaringan SUTM dapat dibangun dengan sistem fasa tiga atau fasa tunggal. Saluran pada SUTM sendiri terjadi menjadi dua jenis yaitu:

- Saluran kawat udara, yaitu SUTM yang konduktornya tidak menggunakan isolasi pembungkus.
- Saluran kabel udara, yaitu SUTM yang konduktornya dibungkus oleh isolasi.

#### b. SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah)

SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah) adalah konstruksi untuk mendistribusikan tenaga listrik Tegangan Menengah, konstruksi ini relatif lebih mahal. Keadaan ini disebabkan konstruksi ini terdapat isolasi penghantar per fase dan pelindung mekanis yang dipersyaratkan. Untuk menghemat biaya, konstruksi yang ditanam langsung lebih murah bila dibandingkan dengan penggunaan conduit atau bahkan tunneling (terowongan beton). Saluran ini merupakan jaringan penghantar yang berisolasi dan ditanam didalam tanah secara langsung maupun menggunakan terowongan beton sepanjang konstruksi jaringan. SKTM ini biasa digunakan pada daerah dengan kepadatan tinggi seperti perkotaan. Jaringan SKTM menggunakan kabel berinti tunggal atau berinti tiga, dan memiliki tingkat keandalan penyaluran yang tinggi. Secara umum yang termasuk dalam kelompok SKTM adalah :

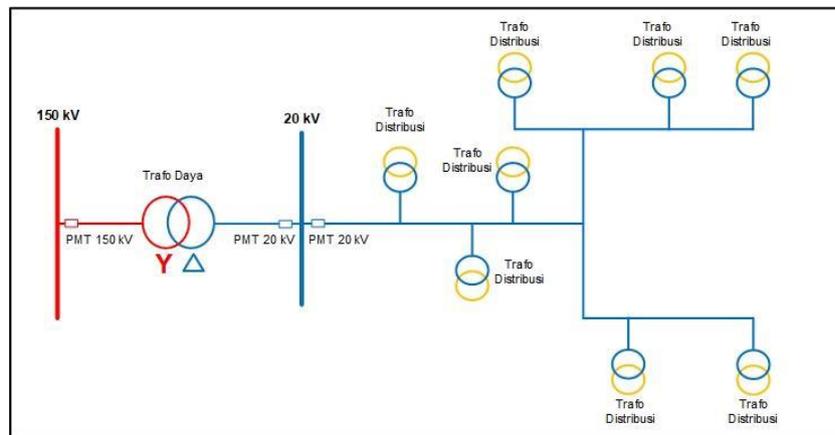
- SKTM bawah tanah – underground MV Cable.
- SKTM laut – Submarine MV Cable

#### 2.3.2 Konfigurasi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

Berdasarkan konfigurasi jaringan, jaringan distribusi dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu sistem jaringan distribusi radial, loop dan spindel.

##### a. Sistem Jaringan Distribusi Radial

Sistem distribusi dengan pola Radial adalah sistem distribusi dengan pola yang paling banyak digunakan arena paling sederhana. Dinamakan jaringan distribusi radial karena salurannya ditarik secara radial dari titik sumber diperlihatkan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2. 1** Jaringan Distribusi Radial

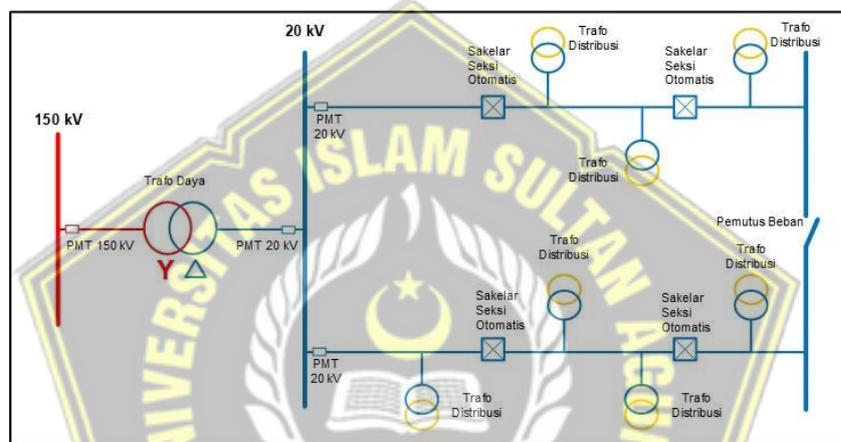
Dari titik sumber yang berasal daricatu daya dan adanya pencabangan, maka ketika arus beban akan mengalir ke setiap percabangan nilainya tidak akan sama, dikarenakan arus yang paling besar akan mengalir ke jaringan yang paling dekat dengan gardu induk. Sehingga saluran yang paling dekat dengan gardu induk memerlukan ukuran penampangnya relatif besar dan saluran yang cabang cabangnya semakin keujung dengan arus beban yang lebih kecil mempunyai ukuran konduktornya lebih kecil pula. Spesifikasi pada jaringan distribusi radial adalah :

- Bentuknya polanya lebih sederhana dibandingkan dengan bentuk konstruksi yang lain
- Biaya investasinya paling murah, karena saluran yang menuju ke tiap beban hanya tersedia satu jalur.
- Kualitas penyaluran dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.
- Kontinuitas pelayanan daya kurang terjamin sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga jika saluran tersebut mengalami gangguan maka akan mengalami “black out” secara total.

Untuk melokalisir gangguan pada system jaringan radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman, yang bertujuan untuk membatasi daerah yang mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sesudah titik gangguan selama gangguan tersebut belum teratasi (Ir. Chris Timotius 2006).

### b. Sistem Jaringan Distribusi Loop

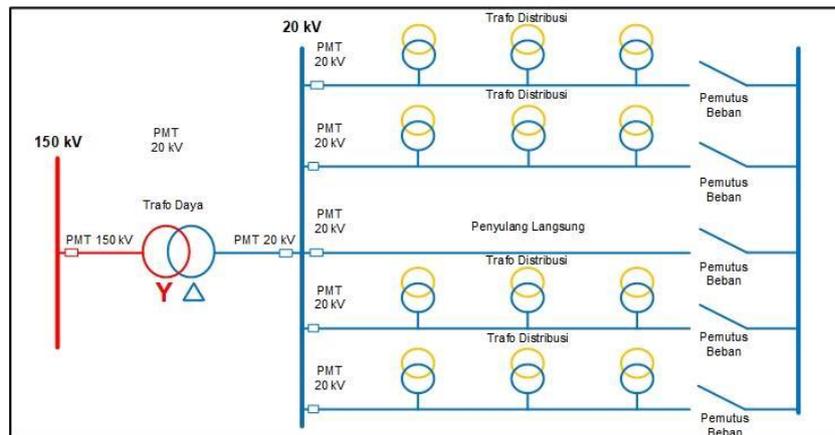
Sistem Jaringan Distribusi Loop merupakan system jaringan yang bentuk umumnya tertutup, biasa di kenal dengan bentuk jaringan ring (lingkaran). Di sistem jaringan ini pada titik beban terdapat dua alternative saluran, berasal lebih dari satu sumber. Bentuk dari rangkaian saluran ini berbentuk lingkaran, titik beban yang terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, dikarenakan jatuh tegangan dan rugi daya pada jenis saluran in menjadi lebih kecil. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Sistem Jaringan Distribusi Loop

### c. Sistem Jaringan Distribusi Spindel

Jaringan distribusi spindel adalah jenis system jaringannya menggunakan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya sangat cocok di kota-kota besar. Tipe ini memanfaatkan dua komponen pendukung utama, yaitu gardu induk dan gardu hubung. Merupakan pola khusus yang ditandai dengan ciri adanya sejumlah kabel keluar dari suatu gardu induk yang disebut gardu hubung. Pada tipe spindle tidak terdapat percabangan, sehingga semua saluran dipasang sedemikian rupa agar dapat mencapai gardu hubung secara langsung. Selain saluran utama, juga terdapat sebuah saluran cadangan yang biasa disebut saluran express, berfungsi sebagai cadangan apabila terjadi gangguan pada saluran utama seperti yang diperlihatkan Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Sistem Jaringan Distribusi Spindel

Sistem jaringan ini biasanya mempunyai kontinuitas pelayanan yang baik, karena terjadi gangguan dapat dilokalisir dan beban dari yang terganggu dapat dipindahkan ke express feeder yang selalu dalam keadaan stand by. Di samping itu mutu tegangan cukup baik, karena panjang kabel dan jumlah gardu sudah ditentukan sehingga jatuh tegangan tidak akan melampaui batas-batas yang bisa diterima oleh konsumen.

### 2.3.3 Sistem Saluran Distribusi Tegangan Menengah

Pada umumnya dalam saluran distribusi menggunakan arus bolak balik (ABB) tiga fasa. Saluran distribusi primer yaitu jaringan tegangan menengah, biasanya menggunakan sistem tiga fasa tiga kawat, sedangkan saluran distribusi sekunder, yaitu jaringan tegangan rendah menggunakan tiga fasa empat kawat. Sistem tiga fasa tiga kawat banyak dipakai pada saluran distribusi primer, yaitu pada penggunaan tegangan menengah (TM) bahkan sistem ini sering digunakan untuk saluran tegangan tinggi (TT) dan tegangan ekstra tinggi (TET). Beban berbentuk pola bintang ataupun juga bisa delta dengan masing-masing fasanya diberi tanda R, S, T. Beban juga dapat dipasang antar fasa ke fasa, tetapi hal ini akan berpengaruh pada keseimbangan sistem. Ketika pada kondisi beban seimbang, jumlah seluruh daya adalah sama dengan tiga kali lipat dari daya tiap fasa, begitu juga rugi keseluruhan samadengan tiga kali rugi fasa (Ir. Chris Timotius 2006).

### 2.3.4 Operasi Sistem Jaringan Distribusi

Suatu sistem distribusi tenaga listrik dituntut dapat memenuhi syarat dasar kebutuhan layanan (service requirement) kepada konsumennya, yaitu :

- a. Menjamin kualitas tegangan listrik yang disalurkan ke konsumen.
- b. Memberikan suplai daya yang tinggi dimana sistem dapat melayani beban secara efektif.

Waktu layanan yang tinggi dimana sistem dapat melayani beban secara efektif. Beberapa parameter yang harus diperhatikan dalam suatu sistem distribusi antara lain adalah:

#### 1. Kualitas tegangan

Suatu sistem distribusi tenaga listrik, khususnya yang memiliki konfigurasi radial, pembagian beban cenderung tidak seimbang, sehingga pada ujung - ujung saluran distribusi sering terjadi drop tegangan. Pada PT PLN (Persero) besarnya drop tegangan tidak boleh lebih dari 5% dari tegangan normal. Rekonfigurasi jaringan adalah salah satu cara untuk meminimumkan drop tegangan pada saluran. Dimana pembebanan pada suatu sistem akan diatur ulang, guna menjaga kualitas tegangan pada masing-masing saluran.

#### 2. Rugi-rugi daya pada sistem

Beban disetiap gardu distribusi selalu berubah-ubah terhadap waktu, maka rugi-rugi daya dalam jaringan juga berubah setiap waktu. Ada gardu distribusi yang beban siang rendah tetapi pada saat malam hari tinggi yaitu gardu distribusi yang bebannya meliputi daerah perumahan. Sebaliknya gardu distribusi yang melayani pelanggan bisnis dan industry bebannya tinggi pada saat siang hari dan rendah saat malam hari. Mengingat hal itu maka rekonfigurasi jaringan dapat dilakukan bertujuan menekan rugi-rugi daya serendahnya dan juga dapat dimanfaatkan untuk manuver beban. Pada kondisi gangguan rekonfigurasi jaringan dapat berfungsi untuk meminimalisir daerah yang padam atau mengisolasi daerah yang terkena gangguan.

#### 3. Keandalan

Kualitas tinggi energi listrik yang diterima oleh konsumen dipengaruhi oleh kualitas keandalan dari sebuah sistem pendistribusiannya. Keandalan merupakan suatu ukuran tingkat dari pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem jaringan

ke beban/konsumen. Keandalan sebuah sistem distribusi tenaga listrik sangat dipengaruhi oleh konfigurasi sistem, alat pengaman yang dipasangkan dan sistem proteksinya. Oleh sebab itu konfigurasi yang tepat, peralatan yang handal serta pengoperasian sistem yang otomatis akan memberikan unjuk kerja keras sistem distribusi yang baik.

### 2.3.5 Daya Listrik

Daya listrik adalah besarnya laju hantaran energi listrik yang terjadi pada suatu rangkaian listrik. Dalam satuan internasional daya listrik adalah W (Watt) yang menyatakan besarnya usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan untuk mengalirkan arus listrik tiap satuan waktu J/s (Joule/detik) (Dr. Hantje Ponto, DEA. 2018). Seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.1) :

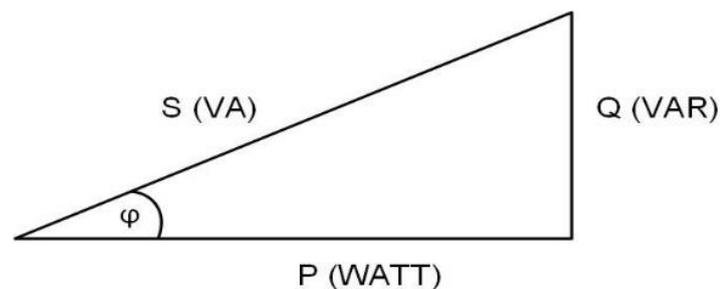
$$P = \frac{w}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan :

- $P$  = Daya (W)
- $w$  = Usaha (J)
- $t$  = Waktu (t)

#### 1. Segitiga Daya

Segitiga daya adalah perwujudan dari diagram fasor dari daya. Untuk beban yang bersifat Induktif, Q digambar vertikal ke atas, bertanda positif. Sedangkan beban ya kapasitif akan mempunyai daya reaktif negatif dan Q digambar vertikal kebawah (Nico Yupiter Siregar 2020). Seperti yang diperlihatkan Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Segitiga Daya

Jika dua dari ketiga daya diketahui, maka dapat menghitung satu daya yang belum diketahui dengan menggunakan persamaan (2.2) dan (2.3) :

$$P^2 = S^2 - Q^2 \quad Q^2 = S^2 - P^2 \quad S^2 = P^2 + Q^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2} \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan :

$P$  = Daya Aktif

$Q$  = Daya Reaktif

$S$  = Daya Semu

## 2. Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban. Satuannya adalah W (watt) dan dapat diukur dengan menggunakan alat ukur listrik Wattmeter. Daya aktif pada beban yang bersifat resistansi (R), dimana tidak mengandung induktor grafik gelombang tegangan (V) dan arus ke fasa, sehingga besar daya sebagai perkalian tegangan dan arus menghasilkan dua gelombang yang keduanya bernilai positif. Besarnya daya aktif adalah P (Kinasis and Willy 2018). Seperti ditunjukkan pada Persamaan (2.4) dan (2.5).

$$P = \frac{1}{2} \times P_m \dots\dots\dots(2.4)$$

$$= \frac{1}{2} \times V_m \times I_m$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{3} \times V \times \sqrt{2} \times 1$$

$$P = V I \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan :

$P$  = Daya Aktif (W)

$P_m$  = Daya maksimum (W)

$I_m$  = Arus listrik maksimum (A)

$V_m$  = Tegangan Maksimum (V)

$V$  = Tegangan Listrik

$I$  = Arus Listrik (A)

Daya aktif pada beban impedansi ( $Z$ ), beban impedansi pada suatu rangkaian disebabkan oleh beban yang bersifat resistansi ( $R$ ) dan induktansi ( $L$ ). Maka gelombang mendahului gelombang arus sebesar  $\phi$ . Perkalian gelombang tegangan dan gelombang arus menghasilkan dua puncak positif yang besar dan dua puncak negatif yang kecil. Pergeseran sudut fasa bergantung seberapa besar nilai dari komponen induktornya. Seperti ditunjukkan pada persamaan (2.6) dan (2.7).

$$P_{1 \text{ fasa}} = V_{LN} \times I \times \cos \phi \dots \dots \dots (2.6)$$

$$P_{3 \text{ fasa}} = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I \times \cos \phi \dots \dots \dots (2.7)$$

dengan :

$P$  = Daya Aktif (W)

$V_{LN}$  = Tegangan Fasa dengan Nol (V)

$V_{LL}$  = Tegangan Fasa dengan Fasa (V)

$I$  = Arus Listrik Yang Mengalir (A)

### 3. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan magnet atau daya yang ditimbulkan oleh beban yang bersifat induktif . Satuan daya reaktif adalah VAR (Volt Ampere Reaktif). Seperti ditunjukkan pada persamaan (2.8) dan (2.9).

$$Q_{1 \text{ fasa}} = V_{LN} \times I \times \sin \phi \dots \dots \dots (2.8)$$

$$Q_{3 \text{ fasa}} = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I \times \sin \phi \dots \dots \dots (2.9)$$

dengan :

$Q$  = Daya Reaktif (VAR)

$V_{LN}$  = Tegangan Fasa dengan Nol (V)

$V_{LL}$  = Tegangan Fasa dengan Fasa (V)

$I$  = Arus Listrik Yang Mengalir (A)

#### 4. Daya Semu (S)

Daya Semu adalah diproduksi oleh perusahaan – perusahaan sumber listrik untuk didistribusikan ke konsumen. Daya nyata adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan root mean square (rms) dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya nyata dinyatakan dalam VA (Utami 2020). Beban yang bersifat daya semu adalah beban yang bersifat resistansi (R). Peralatan listrik atau beban pada rangkaian listrik yang bersifat sefasa perbedaan sudut fasa adalah  $0^\circ$  dan memiliki nilai faktor daya adalah 1. Seperti ditunjukkan pada persamaan (2.10) dan (2.11).

$$S_{1fasa} = V_{LN} \times I \dots\dots\dots(2.10)$$

$$S_{3fasa} = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I \dots\dots\dots(2.11)$$

dengan :

$S$  = Daya Semu (VA)

$V_{LN}$  = Tegangan Fasa dengan Nol (V)

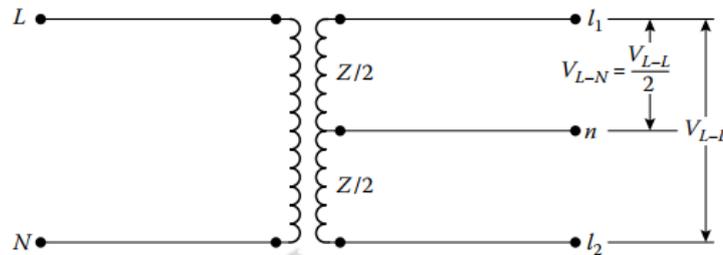
$V_{LL}$  = Tegangan Fasa dengan Fasa (V)

$I$  = Arus Listrik (A)

#### 2.3.6. Daya Satu Fasa

Daya 1 Fasa adalah jaringan listrik yang hanya menggunakan 2 kawat penghantar yang kesatu sebagai kawat fasa (L) dan yang kedua sebagai kawat neutral (N). Umumnya listrik 1 fasa bertegangan 220 volt. Biasanya listrik 1 phase digunakan untuk listrik rumah, namun listrik PLN di jalan itu memiliki 3 fasa, tetapi yang masuk ke rumah kita hanya 1 fasa karena tidak memerlukan daya besar

dan untuk peralatan dirumah menggunakan listik 1 phase dengan 220-240 volt. Misalnya yang ke rumah kita adalah Phase R, tetangga kita mungkin Phase S, dan tetangga yang lain Phase T (Gonen, n.d.).



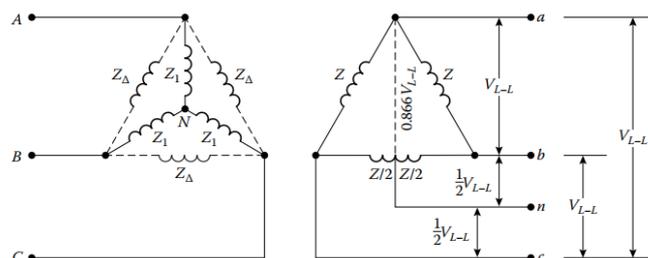
Gambar 2.5 Daya Satu Fasa

### 2.3.7. Daya 3 Fasa

Daya 3 Fasa adalah jaringan listrik yang menggunakan tiga kawat fasa (R,S,T) dan satu kawat neutral (N) atau sering dibilang kawat ground. Menurut istilah Listrik 3 fasa terdiri dari 3 kabel bertegangan listrik dan 1 kabel neutral. Umumnya listrik 3 Phase bertegangan 380 volt yang banyak digunakan Industri atau pabrik. Listrik 3 fasa adalah listrik AC (Alternating Current) yang menggunakan 3 kawat penghantar yang mempunyai tegangan pada masing-masing fasanya sama (Gonen, n.d.).

Ada 2 macam tegangan listrik yang dikenal dalam sistem 3 phase ini, yaitu :

- Tegangan antar phase (VPP : voltage phase to phase atau ada juga yang menggunakan istilah Voltage line to line).
- Tegangan phase ke neutral (VPN : Voltage phase to neutral atau Voltage line to neutral).



Gambar 2.6 Daya Tiga fasa

### 2.3.8. Faktor Daya

Faktor daya ( $\cos \phi$ ) dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (P) dan daya semu (S) yang digunakan dalam listrik bolak balik (AC) atau beda sudut fasa V dan I yang biasanya dinyatakan dalam  $\cos \phi$  (Gonen, n.d.). Untuk arus dan tegangan sinusoidal dapat ditunjukkan pada persamaan (2.12).

$$\text{Faktor Daya (PF)} = \cos\phi = \frac{|\text{Daya Aktif}|}{|\text{Daya Semu}|} = \frac{|P|}{|S|} \dots\dots\dots(2.12)$$

Daya reaktif (Q) yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya, factor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu. Secara teoritis, jika seluruh beban daya yang dipasok oleh perusahaan listrik memiliki faktor daya satu, maka daya maksimum yang ditransfer setara dengan kapasitas sistem pendistribusian.

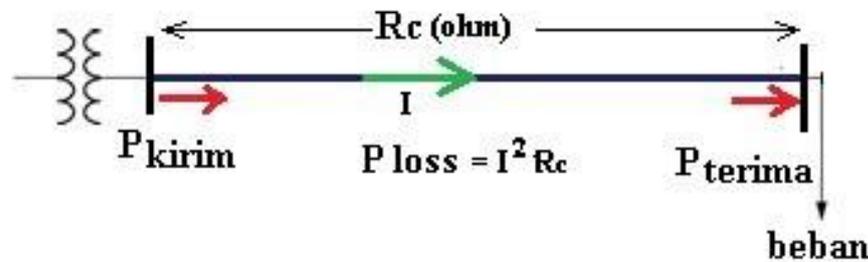
Terdapat dua komponen yang dibutuhkan oleh sebagian besar peralatan, kedua komponen arus tersebut adalah:

1. Arus yang menghasilkan daya kerja adalah arus yang dikonversikan oleh peralatan biasanya dalam bentuk panas, cahaya dan daya mekanik. Satuan daya kerja yang dihasilkan yaitu Watt.
2. Arus magnetisasi adalah arus yang diperlukan untuk menghasilkan fluks untuk pengoperasian peralatan elektromagnetik. menghasilkan. Daya reaktif dengan satuan VAR.

### 2.4. Rugi – Rugi Daya

Dalam sistem penyaluran daya baik transmisi maupun distribusi, masalah rugi-rugi daya merupakan hal yang sangat penting untuk selalu dievaluasi, karena rugi-rugi daya merupakan kehilangan daya yang dialami dalam konduktor saluran yang nilainya sebanding dengan kuadrat arus dikalikan dengan nilai resistansi konduktor saluran daya listrik. Rugi daya ini didisipasikan pada konduktor dalam bentuk panas. Rugi-rugi daya yang besar sudah tentu tidak diinginkan karena sangat merugikan terutama bagi pihak perusahaan listrik karena daya tersebut merupakan daya yang hilang dan tidak dapat terjual. Untuk memperkecil rugi-rugi

daya maka tegangan penyaluran daya dinaikkan ketinggian tegangan yang tinggi. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.7 Rugi-Rugi Daya Saluran

Rugi-rugi daya adalah daya yang hilang dalam konduktor (saluran) daya listrik. Daya yang hilang ini didisipasikan dalam bentuk panas pada konduktor yang nilainya rugi rugi daya (Utami 2020). seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.13)

$$P_{Loss} = I^2 R_C \text{ (watt)} \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan :

I = Arus mengalir dalam saluran (Ampere)

R<sub>c</sub> = Resistansi konduktor (ohm)

## 2.5 Rugi Rugi Pada Jaringan Tegangan Menengah

### 2.5.1 Rugi Rugi Pada Penghantar Fasa

Jika suatu arus mengalir pada suatu penghantar maka pada penghantar tersebut akan terjadi rugi-rugi daya, arus yang mengalir menimbulkan panas karena pada penghantar tersebut terdapat resistansi (ARISMUNANDAR and KUWAHARA, n.d.). Berdasarkan SPLN No.72 tahun 1987, bahwa besarnya nilai rugi daya digunakan untuk menentukan keandalan pada sistem, nilai rugi daya tidak boleh melebihi standar yang diijinkan, yaitu sebesar 10% (Perusahaan Listrik Negara 2010). Secara sistematis, perhitungan rugi rugi daya dapat dihitung dengan rumus Seperti ditunjukkan pada persamaan (2.14) dan (2.15).

$$\Delta V = I (R \cos\phi + X \sin\phi) \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\Delta P = 3 I^2 R \ell) \dots\dots\dots(2.15)$$

dengan :

$I$  = Arus yang mengalir pada penghantar (ampere)

$R$  = Tahanan penghantar (ohm/km)

$X$  = Reaktansi penghantar (ohm/km)

$\ell$  = Panjang penghantar (km)

### 2.5.2. Rugi-Rugi Daya Dalam Sistem Satu Fasa

Sistem penyaluran daya satu fasa memerlukan 2 kawat konduktor berupa konduktor fasa dan konduktor netral, dimana arus mengalir dari sumber tegangan mengalir melalui kawat konduktor fasa ke beban dan kembali ke sumber tegangan melalui kawat konduktor netral (Gonen, n.d.). Seperti yang diperlihatkan Gambar 2.6. dan ditunjukkan pada persamaan (2.16) dan (2.17)

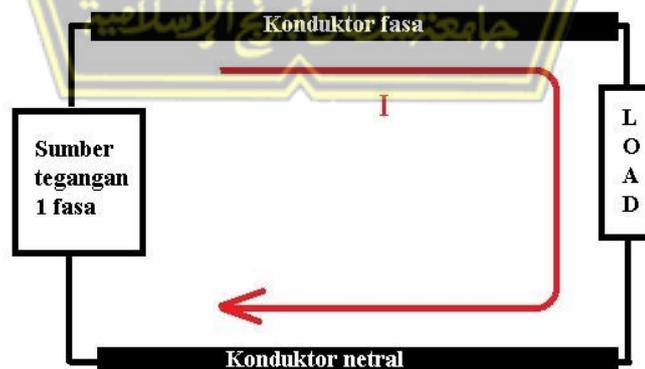
$$R(\text{Fasa}) = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$R(\text{Netral}) = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots(2.17)$$

$\rho$  = Resistivitas / hambatan jenis ( $\Omega \cdot m$ )

$L$  = Panjang kawat (m)

$A$  = Luas penampang kawat ( $m^2$ )



Gambar 2.8 Rangkaian 1 Fasa

Rugi – rugi daya dalam sistem 1 fasa adalah rugi-rugi daya pada kawat konduktor fasa dan kawat konduktor netral. Seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.18).

$$P_{LOSS(1\text{fasa})} = I^2R_{C(\text{fasa})} + I^2R_{C(\text{netral})} \dots\dots\dots(2.18)$$

Umumnya kawat konduktor yang digunakan pada sistem satu fasa untuk kawat konduktor fasa dan netral adalah sama, Seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.19) dan (2.20).

$$R_{C(\text{fasa})} = R_{C(\text{netral})} = R_C \dots\dots\dots(2.19)$$

$$P_{LOSS(1\text{fasa})} = 2I^2R_C \dots\dots\dots(2.20)$$

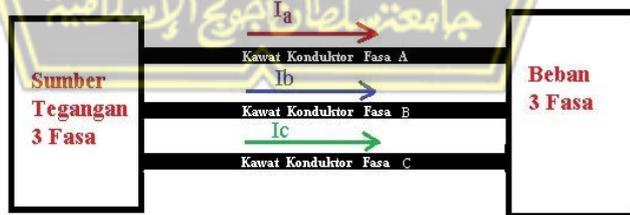
dengan :

I = Arus yang mengalir pada penghantar (ampere)

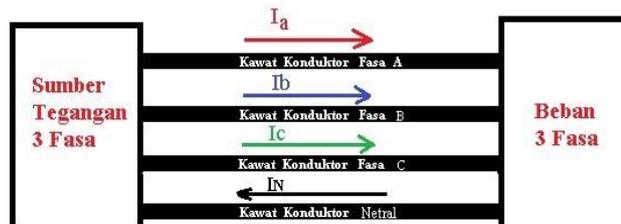
R = Tahanan penghantar (ohm/km)

### 2.5.3. Rugi-Rugi Daya Dalam Sistem Tiga Fasa

Sistem distribusi daya listrik 3 fasa dapat menggunakan sistem 3 fasa 3 kawat yaitu dengan menggunakan 3 konduktor fasa (A, B dan C), atau melalui sistem 3 fasa 4 kawat yaitu dengan menggunakan 4 kawat konduktor yang terdiri dari 3 konduktor fasa (A, B dan C) dan 1 buah konduktor netral (N). Seperti yang diperlihatkan Gambar 2.7 dan Gambar 2.8.



Gambar 2.9 Sistem penyaluran daya 3 fasa 3 kawat



Gambar 2.10 Sistem penyaluran daya 3 fasa 4 kawat

#### 2.5.4. Rugi Rugi Daya Akibat Beban Seimbang

Sistem daya 3 fasa dinyatakan seimbang jika sumber tegangan masing - masing fasa memiliki magnitudo yang sama dan masing-masing fasa berbeda  $120^\circ$  dengan beban 3 fasa seimbang, dengan demikian arus masing - masing fasa memiliki magnitudo yang sama dan berbeda  $120^\circ$  (Pelawi et al. 2018). Seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.21) sampai dengan (2.23).

$$I_a = I \angle 0^\circ \dots\dots\dots(2.21)$$

$$I_b = I \angle 120^\circ \dots\dots\dots(2.22)$$

$$I_c = I \angle 240^\circ \dots\dots\dots(2.23)$$

Untuk sistem 3 fasa 3 kawat, rugi-rugi daya seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.24) sampai dengan (2.26).

$$P_{\text{loss}}(3\text{fasa}) = I_a^2 R_a + I_b^2 R_b + I_c^2 R_c \dots\dots\dots(2.24)$$

$$= I^2 R_a + I^2 R_b + I^2 R_c \dots\dots\dots(2.25)$$

$$= I^2 (R_a + R_b + R_c) \dots\dots\dots(2.26)$$

Resistansi konduktor untuk ke tiga saluran adalah sama, Seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.27).

$$R_a = R_b = R_c = R \dots\dots\dots(2.27)$$

Dengan demikian rugi-rugi daya 3 fasa untuk beban seimbang seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.28).

$$P_{\text{loss}}(3\text{fasa}) = 3I^2 R \dots\dots\dots(2.28)$$

dengan :

I = Arus yang mengalir pada penghantar (ampere)

R = Tahanan penghantar (ohm/km)

#### 2.5.5. Rugi Rugi Daya Akibat Beban Tidak Seimbang

Akibat pembebanan di tiap fasa yang tidak seimbang, maka akan mengalir arus pada saluran netral. Jika di saluran netral terdapat nilai tahanan dan dialiri arus, maka saluran netral akan bertegangan yang menyebabkan tegangan pada

transformator menjadi tidak seimbang (Gonen, n.d.). Arus yang mengalir disepanjang saluran netral akan menyebabkan rugi-rugi daya seperti ditunjukkan pada persamaan (2.29) sampai dengan (2.30).

$$I_a \neq I_b \neq I_c \dots\dots\dots(2.29)$$

$$P_{\text{loss}}(3\text{fasa}) = I_a^2 R + I_b^2 R + I_c^2 R = (I_a^2 + I_b^2 + I_c^2) R \dots\dots\dots(2.30)$$

Untuk sistem daya 3 fasa 4 kawat, menggunakan kawat konduktor netral, dan jika beban 3 fasa seimbang maka besarnya arus netral seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.31) sampai dengan (2.33).

$$I_N = I_a + I_b + I_c \dots\dots\dots(2.31)$$

$$= I \angle 0^\circ + I \angle 120^\circ + I \angle 240^\circ = 0 \dots\dots\dots(2.32)$$

Sehingga

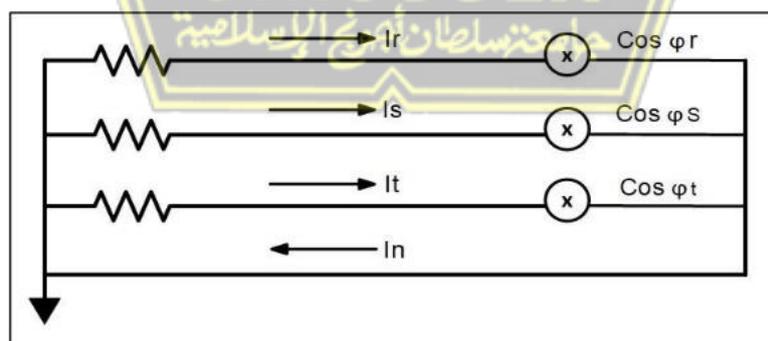
$$\Delta P = I^2 \times R \dots\dots\dots(2.33)$$

dengan :

$\Delta P$  = Losses yang timbul pada konektor (watt)

I = Arus (ampere)

R = Tahanan penghantar trafo ( $\Omega$ )



Gambar 2.11 Pengaruh Arus Netral Dalam Sistem Distribusi

Jika terdapat arus yang mengalir melalui saluran netral, karena idealnya tidak ada arus yang mengalir di saluran netral ata bisa dikatakan nol, tetapi karena pengaruh beban yang tak seimbang, maka saluran netral teraliri oleh arus,

sehingga arus yang melalui saluran ini sebagian berubah menjadi panas sebagai rugi-rugi daya, besarnya arus pada kawat netral akan menyebabkan rugi daya di saluran netral. Walaupun terdapat grounding di netral, grounding tersebut sesekali tidak mampu membuang arus yang cukup besar berada di kawat netral yang mengakibatkan terjadi beban tak seimbang.

Pengaruh arus netral ini harus dilihat secara seksama karena dapat mengakibatkan kerugian yang sangat besar. Sekaligus penanggulangnya, yaitu dengan meminimalisir arus netral di gardu-gardu distribusi agar dapat mengurangi kerugian lebih lanjut.

#### 2.5.6. Rugi Rugi Pada Sambungan Tidak Baik

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

1. Sambungan antara kabel opstyg dan kabel TIC-AI.
2. Sambungan saluran jaringan tegangan rendah dengan kabel TIC-AI.
3. Percabangan saluran jaringan tegangan menengah.
4. Percabangan untuk sambungan pelayanan.

Besarnya rugi-rugi daya pada sambungan ditunjukkan pada persamaan (2.34).

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \dots\dots\dots (2.34)$$

dengan :

- $\Delta P$  = Losses yang timbul pada konektor (watt)  
 $I$  = Arus yang mengalir melalui konektor (ampere)  
 $R$  = Tahanan konektor (ohm)

Sambungan suatu penghantar yang tidak baik, dapat mengakibatkan terjadi kehilangan kontak, sehubungan antara penghantar tidak rapat sehingga dan terdapat celah udara, yang idealnya harus kedap udara sehingga alat menjadi cepat rusak.

**2.6 Metode Perhitungan Arus Beban Dan Arus Saluran**

Untuk mendapatkan persamaan arus beban dan arus saluran menggunakan rumus daya (Sukmadi and Winardi 2009), seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.35) hingga persamaan (2.39).

$$P_{3\phi} = |V_{ll}| \times |I_l| \times \sqrt{3} \cos\phi \dots\dots\dots(2.35)$$

$$P_{1\phi} = |V_{ll}| \times |I_l| \times \cos\phi \dots\dots\dots(2.36)$$

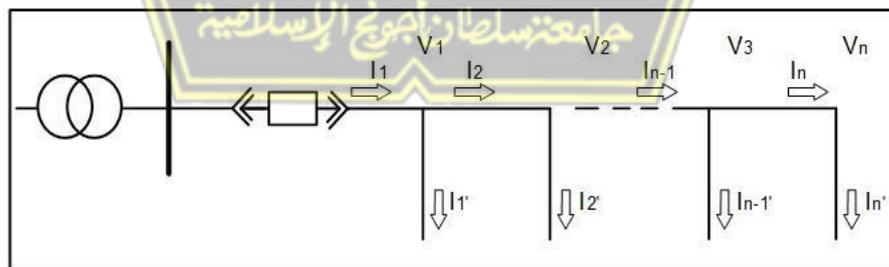
$$\frac{p_{1\phi}}{\cos\phi} = |V_{ll}| \times |I_l| \text{ karena } \frac{p_{1\phi}}{\cos\phi} = S_{1\phi} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$\text{Maka, } |S_{1\phi}| = |V_{in}| \times |I_l| \dots\dots\dots(2.38)$$

Untuk mendapatkan nilai arus ditunjukkan pada persamaan (2.37).

$$|I_l|_{b-n} = \frac{|S_{1\phi}|}{|V_{in}|n} \dots\dots\dots(2.39)$$

Pada sistem distribusi, tegangan pada sisi kirim selalu lebih tinggi daripada tegangan pada sisi terimanya, terlebih lagi tegangan ujung jaringan. Begitu juga arus pada tiap segmennya. Arus yang dekat dengan sisi kirim akan lebih besar daripada arus pada segmen yang lebih jauh dari sisi kirimnya. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.10.



**Gambar 2.12** Distribusi Besarnya Arus Dan Tegangan

Dengan demikian, maka hubungan arus dari gambar diatas ditunjukkan pada persamaan (2.40) hingga persamaan (2.47).

$$I_1 = I_1' + I_2 \dots\dots\dots(2.40)$$

$$I_2 = I_2'+...+ I_{n-1} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$I_3 = I_{n-1} + I_n \dots\dots\dots(2.42)$$

$$I_n = I_n' \dots\dots\dots(2.43)$$

Jadi, nilai arusnya :

$$I_n = I_n' \dots\dots\dots(2.44)$$

$$I_{n-1} = I_{n-1}' + I_n \dots\dots\dots(2.45)$$

$$I_2 = I_2' + \dots + I_{n-1}' + I_n' \dots\dots\dots(2.46)$$

$$I_1 = I_1' + I_2 + \dots + I_{n-1}' + I_n' \dots\dots\dots(2.47)$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai tegangan dapat dinyatakan seperti ditunjukkan pada persamaan (2.48) hingga persamaan (2.53).

$$V_n = |V_{in}|' \dots\dots\dots(2.48)$$

$$V_3 = V_n + (I_n \times Z) \dots\dots\dots(2.49)$$

$$V_2 = V_3 + (I_{n-1} \times Z) \dots\dots\dots(2.50)$$

$$V_1 = V_2 + (I_2 \times Z) \dots\dots\dots(2.51)$$

Maka nilai tegangannya :

$$V_{in-n} = V_{in} + \Delta V_s \dots\dots\dots(2.52)$$

$$V_{in-n} = V_{in} + (I_b \times Z) \dots\dots\dots(2.53)$$

dengan :

$I_b$  = Arus yang mengalir pada beban (Ampere)

$I_s$  = Arus yang mengalir pada saluran (Ampere)

$R$  = Tahanan penghantar (Ohm/km)

$X$  = Reaktansi penghantar (Ohm/km)

$Z$  = Impedansi penghantar (Ohm/km)

$\cos\phi$  = Faktor daya beban

$N$  = Tiang ke-n yang ada pada jaringan

$P_{1\phi}$  = Daya terpasang pada pelanggan (Watt)

## 2.7. Perhitungan Rugi Daya

Perhitungan rugi-rugi daya dilakukan saat setelah semua kebutuhan data telah terpenuhi. Perhitungan dilakukan seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.54) hingga persamaan (2.58).

1. Perhitungan Rugi Daya

$$2. \Delta P = I^2 \times R \dots \dots \dots (2.54)$$

3. Perhitungan Beban

$$S = V_{LL} \times I \times \cos \phi \dots \dots \dots (2.55)$$

$$V_{LL} = 6,1 \text{ KV} \dots \dots \dots (2.56)$$

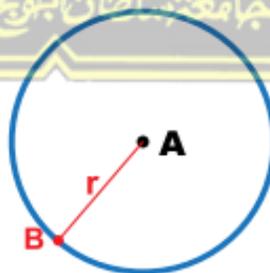
$$V_{LN} = \frac{6,1}{\sqrt{3}} \dots \dots \dots (2.57)$$

4. Perhitungan Rugi Daya dalam Prosen

$$\% \Delta P = \frac{\sum \Delta P}{\sum P} \times 100\% \dots \dots \dots (2.58)$$

## 2.8. Lingkaran

Lingkaran adalah himpunan titik-titik yang berjarak sama terhadap titik tertentu dalam suatu bidang. Titik tertentu tersebut disebut titik pusat lingkaran, sedangkan jarak tertentu tersebut dinamakan jari-jari. Pada gambar titik tersebut adalah titik A dan ruas garis AB disebut jari-jari atau sering diberi nama variabel r. Lingkaran yang berpusat di titik A sering kali disebut lingkaran A (Budiharjo 2018).



Gambar 2.13 Lingkaran

a) Diameter Lingkaran

Diameter Lingkaran adalah ruas garis yang menghubungkan satu titik ke titik lain pada lingkaran dan ruas garis tersebut melalui pusat lingkaran.

$$D = 2 r \dots\dots\dots(2.49)$$

Luas Lingkaran

Luas lingkaran adalah area yang terdapat didalam suatu lingkaran.

$$L = \pi r^2 \dots\dots\dots(2.50)$$

b) Keliling Lingkaran

Keliling lingkaran adalah panjang garis lengkung dari suatu titik pada lingkaran sampai ke titik itu lagi.

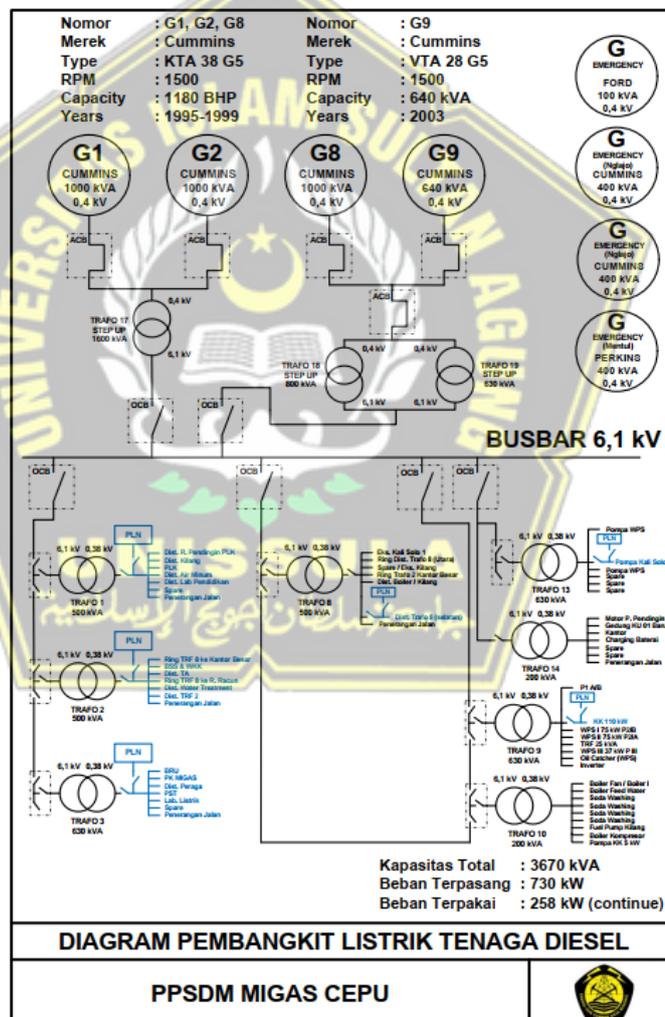
$$K = 2 \pi r \dots\dots\dots(2.51)$$



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Model Penelitian

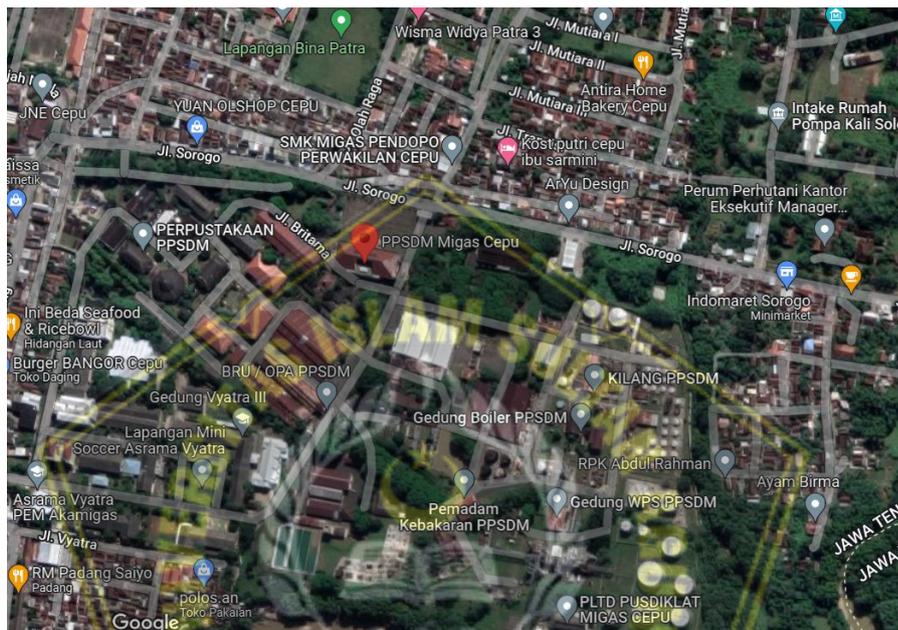
Dalam penelitian Tugas Akhir ini akan melakukan Perhitungan Rugi-Rugi Daya Pada Sistem distribusi di PPSDM Migas Cepu yang memiliki 8 Trafo, namun yang aktif ada 7 trafo, satu trafo tidak aktif yaitu pada Trafo 9 sudah tidak aktif sejak tahun 2019. Model penelitian yang dilakukan adalah dengan pengolahan data di PPSDM Migas Cepu seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Single Line Diagram PPSDM Migas Cepu

### 3.2. Objek Penelitian

Objek penelitian mengambil lokasi di PPSDM MIGAS Cepu, yang berlokasi pada Jalan Sorogo No.1, Kampungbaru, Karangboyo, Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Gambar 3.2 menunjukkan objek penelitian tugas akhir



Gambar 3.1 Objek Penelitian Rugi-Rugi Daya PPSDM Migas Cepu

### 3.3. Data Penelitian

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan metode wawancara, metode ini dilakukan dengan cara tanya jawab langsung dengan pegawai bagian jaringan distribusi di PPSDM Migas Cepu berupa data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan rugi-rugi daya Pada Sistem Tegangan Menengah 6,1 kV di PLTD 3670 kVA PPSDM Migas Cepu. Berikut ini merupakan Data saluran yang terbagi menjadi dua. Pertama adalah data saluran PPSDM Migas Cepu di Tabel 3.1 dan 3.2, data ini menginformasikan tentang Jenis penghantar yang digunakan, serta nilai R,X. Yang kedua yaitu data konstruksi N2XSEFGbY berdasarkan SPLN: tahun 1995 di Tabel 3.3, data ini menginformasikan Tahanan dari jenis penghantar yang digunakan. Dan Tabel 3.4 data pembebanan PPSDM Migas Cepu.

**Tabel 3.1** Data Saluran PPSDM Migas

		Dari	Ke	Jenis Kabel	Panjang (M)
1	Kabel TT	P.Plant	Trafo 1	N2XSEFGbY 3×95 mm <sup>2</sup>	440
2	Kabel TT	Trafo 1	Trafo 2	N2XSEFGbY 3×95 mm <sup>2</sup>	165
3	Kabel TT	Trafo 2	Trafo 3	N2XSEFGbY 3×95 mm <sup>2</sup>	357,5
4	Kabel TT	P.Plant	Trafo 8,10	N2XSEFGbY 3×95 mm <sup>2</sup>	192,5
5	Kabel TT	P.Plant	Trafo 13	N2XSEFGbY 3×95 mm <sup>2</sup>	165
6	Kabel TT	P.Plant	Trafo 14	N2XSEFGbY 3×95 mm <sup>2</sup>	55

**Tabel 3.2** Panjang Saluran Kabel antar Transformator dan nilai R, X.

Kabel	Panjang (Km)	R (Ω)	X (Ω)
Antara Busbar dengan Trafo 1	0,435	0,107	0,041
Antara Trafo 1 dengan Trafo 2	0,145	0,035	0,013
Antara Trafo 2 dengan Trafo 3	0,340	0,083	0,032
Antara Busbar dengan Trafo 8	0,190	0,046	0,095
Antara Busbar dengan Trafo 10	0,190	0,046	0,095
Antara Busbar dengan Trafo 13	0,200	0,049	0,019
Antara Busbar dengan Trafo 14	0,015	0,004	0,002

**Tabel 3.3** Data Elektrik kabel N2XSEFGbY – 6/10 kV

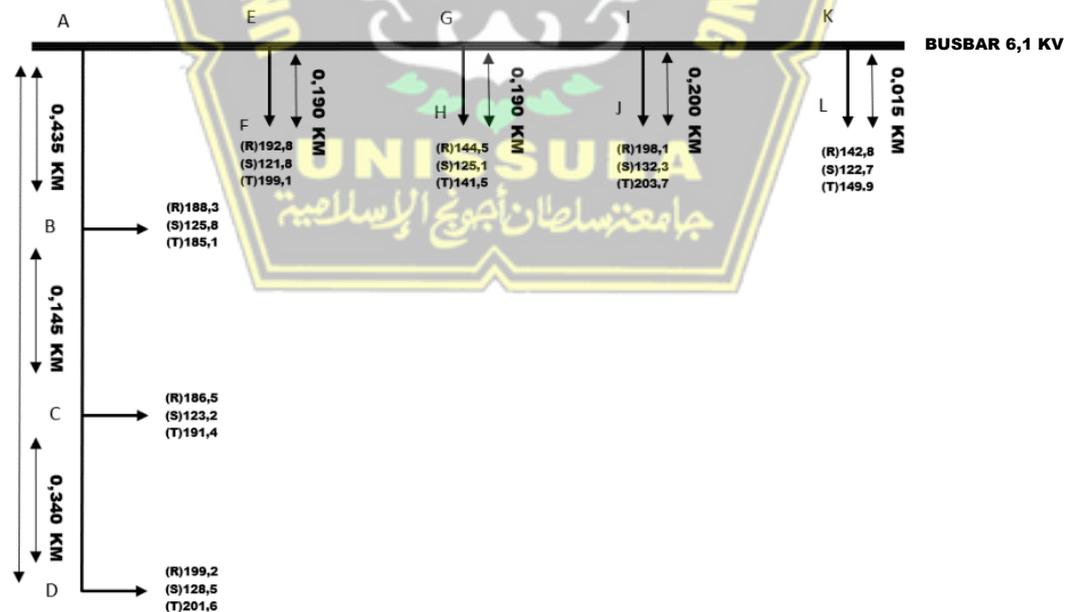
Conductor			Inductance	Current - Carrying Capacity at 300 C		Short circuit current at 1 sec	
Nom.CroccSect	DC Resistance At 20°C	AC Resistance At 90°C		In air	In ground	Conductor	Screen
(mm <sup>2</sup> )	Max (Ω/km)	Max (Ω/km)	(mH/km)	Max (A)	Max (A)	Max (kA)	Max (kA)
25	0.727	0.927	0.342	152	147	3.58	1.03
35	0.524	0.668	0.325	185	175	5.01	1.03
50	0.387	0.494	0.313	219	205	7.15	1.03
70	0.268	0.342	0.296	273	251	10.01	1.03
95	0.193	0.247	0.303	333	298	13.59	1.03
120	0.153	0.196	0.276	379	339	17.16	1.03
150	0.124	0.160	0.268	430	379	21.45	1.03
185	0.0991	0.128	0.262	490	427	26.46	1.03
240	0.0754	0.099	0.255	573	490	34.32	1.37
300	0.0601	0.080	0.252	649	547	42.90	1.37

Tabel 3.4 Data Beban Trafo Distribusi PPSDM MIGAS

TRAFO	ARUS (A)			Cos $\varphi$		
	R	S	T	R	S	T
Trafo 1 (500 kVA)	188.3	125.8	185.1	0,85	0,85	0,85
Trafo 2 (500 kVA)	186.5	123.2	191.4	0,85	0,85	0,85
Trafo 3 (630 kVA)	199.2	128.5	201.6	0,85	0,85	0,85
Trafo 8 (500 kVA)	192.8	121.8	199.1	0,85	0,85	0,85
Trafo 10 (200 kVA)	144.5	125.1	141.5	0,85	0,85	0,85
Trafo 13 (630 kVA)	198.1	132.3	203.7	0,85	0,85	0,85
Trafo 14 (200 kVA)	142.8	122.7	149.9	0,85	0,85	0,85

### 3.4. Prosedur Penelitian

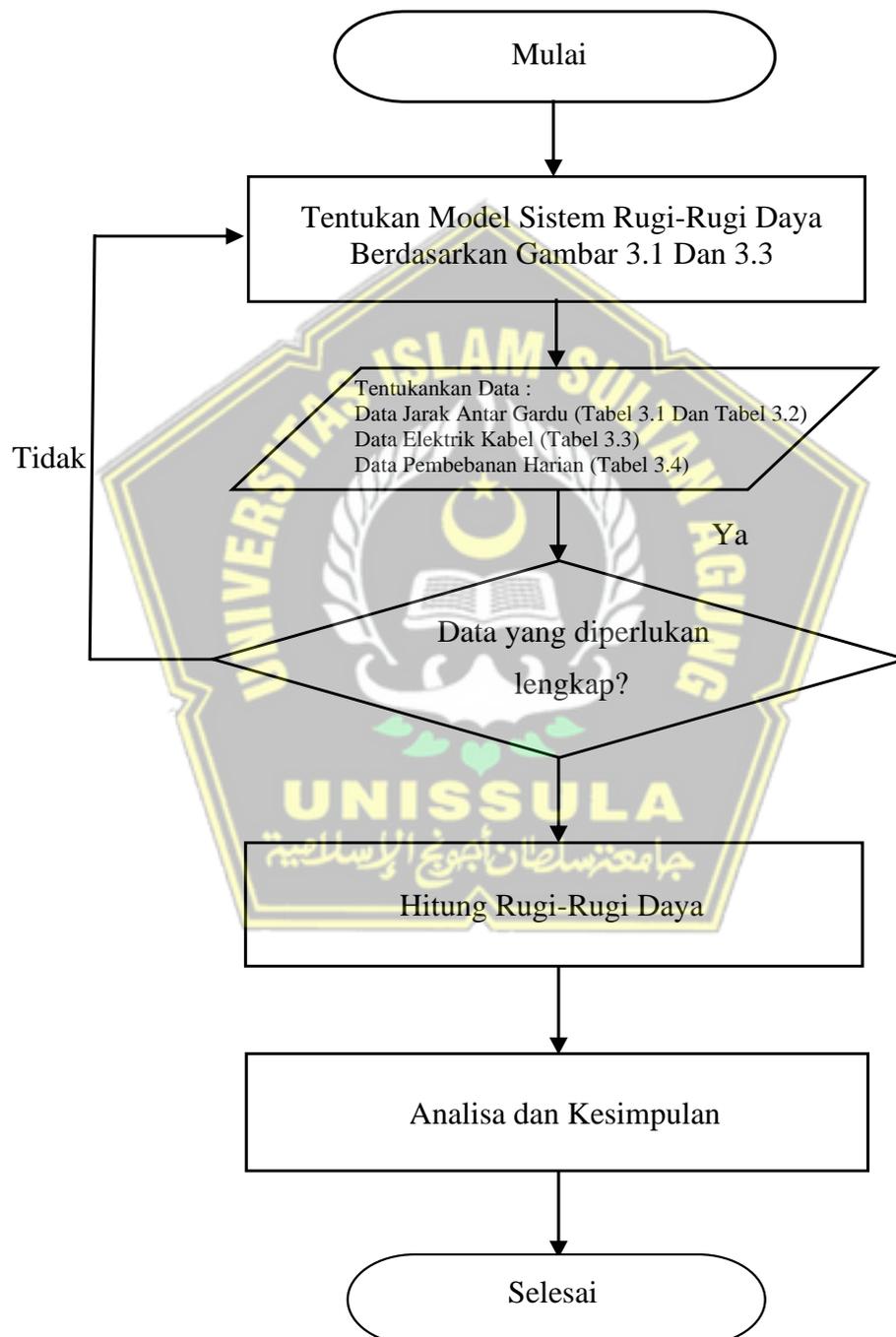
Prosedur penelitian ini diarahkan untuk mengolah informasi dan data yang diperoleh dari berbagai sumber yang ada. Prosedur Penelitian disesuaikan dengan pembahasan yang ada. Langkah selanjutnya dari prosedur penelitian ini adalah mendata seluruh sistem distribusi tegangan listrik di Power Plant dan membuat single line yang meliputi semua beban di PPSDM MIGAS Cepu. Seperti diperlihatkan pada Gambar 3.3.



### 3.3 Single Line Pembebanan PPSDM Migas Cepu

### 3.5. Tahapan Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Flowchart Perancangan Penelitian

## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Penelitian**

Penelitian pada Sistem Tegangan Menengah 6,1 kV di PLTD 3670 kVA PPSDM Migas Cepu yang memiliki memiliki 8 Trafo, namun yang aktif ada 7 trafo, satu trafo tidak aktif yaitu pada Trafo 9 sudah tidak aktif sejak tahun 2019.

Pembahasan pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui Rugi-Rugi Daya pada PPSDM Migas Cepu, sehingga penelitian ini merujuk pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.3 untuk menggunakan parameter - parameter datanya.

#### **4.2 Perhitungan Rugi Daya**

Rugi daya merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban, Dalam setiap penyaluran daya listrik ke beban pasti terdapat rugi daya yang diakibatkan oleh faktor-faktor tertentu seperti jarak saluran listrik ke beban yang terlalu jauh. Dikarenakan Beban Transformator tidak seimbang maka menghitung rugi daya per Fasa dengan persamaan (2.33) menggunakan Rumus Rugi Daya sebagai berikut :

$$I^2 \times R$$

dengan :

- $\Delta P$  = Losses yang timbul pada konektor (watt)
- $I$  = Arus yang mengalir pada penghantar (ampere)
- $R$  = Tahanan penghantar (ohm/km)

Untuk mempermudah perhitungan serta lebih memahami maka setiap titik diganti dengan abjad A sampai L, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.3. Berikut ini merupakan perhitungan Rugi daya tiap Fasa R, S, T.

Menghitung Rugi Fasa R

$$\begin{aligned} P_{AB(R)} &= I^2 \times R \\ &= (574)^2 \times 0,107 \\ &= 35.253,9 \text{ W} \\ &= 35,2539 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{BC(R)} &= I^2 \times R \\ &= (385,7)^2 \times 0,035 \\ &= 5.206,7 \text{ W} \\ &= 5,2067 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{CD(R)} &= I^2 \times R \\ &= (199,2)^2 \times 0,083 \\ &= 3.293,4 \text{ W} \\ &= 3,2934 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{A-D(R)} &= P_{AB(R)} + P_{BC(R)} + P_{CD(R)} \\ &= 35,2539 + 5,2067 + 3.293,4 \\ &= 43,754 \text{ KW} \end{aligned}$$

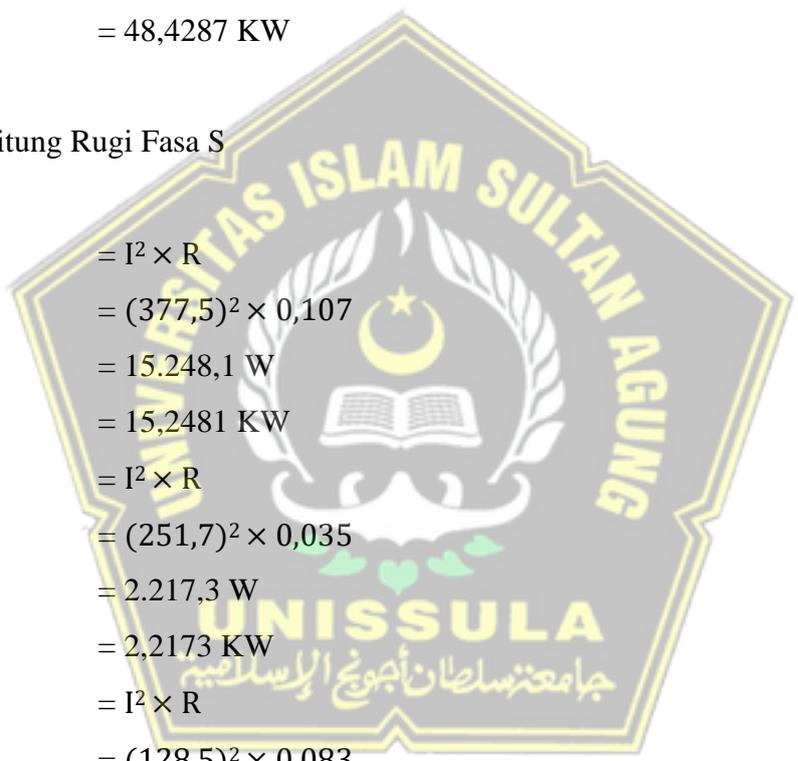
$$\begin{aligned} P_{EF(R)} &= I^2 \times R \\ &= (192,8)^2 \times 0,046 \\ &= 1.709,9 \text{ W} \\ &= 1,7099 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{GH(R)} &= I^2 \times R \\ &= (144,5)^2 \times 0,046 \\ &= 960,4 \text{ W} \\ &= 0,9604 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$P_{IJ(R)} = I^2 \times R$$

$$\begin{aligned}
 &= (198.1)^2 \times 0,049 \\
 &= 1.922,9 \text{ W} \\
 &= 1,9229 \text{ KW} \\
 P_{KL(R)} &= I^2 \times R \\
 &= (142,8)^2 \times 0,004 \\
 &= 81,5 \text{ W} \\
 &= 0,0815 \text{ KW} \\
 P_{TOTAL(R)} &= 43,754 + 1,7099 + 0,9604 + 1,9229 + 0,0815 \\
 &= 48,4287 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

Menghitung Rugi Fasa S



$$\begin{aligned}
 P_{AB(S)} &= I^2 \times R \\
 &= (377,5)^2 \times 0,107 \\
 &= 15.248,1 \text{ W} \\
 &= 15,2481 \text{ KW} \\
 P_{BC(S)} &= I^2 \times R \\
 &= (251,7)^2 \times 0,035 \\
 &= 2.217,3 \text{ W} \\
 &= 2,2173 \text{ KW} \\
 P_{CD(S)} &= I^2 \times R \\
 &= (128,5)^2 \times 0,083 \\
 &= 1.370,5 \text{ W} \\
 &= 1,3705 \text{ KW} \\
 P_{A-D(S)} &= P_{AB(S)} + P_{BC(S)} + P_{CD(S)} \\
 &= 15,2481 + 2,2173 + 1,3705 \\
 &= 18,8359 \text{ KW} \\
 P_{EF(S)} &= I^2 \times R \\
 &= (121,8)^2 \times 0,046 \\
 &= 682,4 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,6824 \text{ KW} \\
 P_{GH(S)} &= I^2 \times R \\
 &= (125,1)^2 \times 0,046 \\
 &= 719,9 \text{ W} \\
 &= 0,7199 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{II(S)} &= I^2 \times R \\
 &= (132,3)^2 \times 0,049 \\
 &= 857,6 \text{ W} \\
 &= 0,8576 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{KL(S)} &= I^2 \times R \\
 &= (122,7)^2 \times 0,004 \\
 &= 60,2 \text{ W} \\
 &= 0,0602 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{TOTAL(S)} &= 18,8359 + 0,6824 + 0,7199 + 0,8576 + 0,0602 \\
 &= 21,156 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

Menghitung Rugi Fasa T

$$\begin{aligned}
 P_{AB(T)} &= I^2 \times R \\
 &= (578,1)^2 \times 0,107 \\
 &= 35.759,3 \text{ W} \\
 &= 35,7593 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{BC(T)} &= I^2 \times R \\
 &= (393)^2 \times 0,035 \\
 &= 5.405,7 \text{ W} \\
 &= 5,4057 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{CD(T)} &= I^2 \times R \\
 &= (201,6)^2 \times 0,083 \\
 &= 3.373,3 \text{ W} \\
 &= 3,3733 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{A-D(T)} &= P_{AB(T)} + P_{BC(T)} + P_{CD(T)} \\
 &= 35,7593 + 5,4057 + 3,3733 \\
 &= 44,5383 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{EF(T)} &= I^2 \times R \\
 &= (199,1)^2 \times 0,046 \\
 &= 1.823,4 \text{ W} \\
 &= 1,8234 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{GH(T)} &= I^2 \times R \\
 &= (141,5)^2 \times 0,046 \\
 &= 921,0 \text{ W} \\
 &= 0,921 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{IJ(T)} &= I^2 \times R \\
 &= (203,7)^2 \times 0,049 \\
 &= 2.033,1 \text{ W} \\
 &= 2,0331 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{KL(T)} &= I^2 \times R \\
 &= (149,9)^2 \times 0,004 \\
 &= 89,8 \text{ W} \\
 &= 0,0898 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{TOTAL(T)} &= 44,5383 + 1,8234 + 0,921 + 2,0331 + 0,0898 \\
 &= 49,4056 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan Rugi Daya per fasa maka selanjutnya menghitung losses dengan menjumlahkan hasil perhitungan rugi daya fasa R S T dengan persamaan (2.30).

$$\begin{aligned}
 P_{AB(3\phi)} &= P_{AB(R)} + P_{AB(S)} + P_{AB(T)} \\
 &= 35,2539 + 15,2481 + 35,7593 \\
 &= 86,2613 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{BC(3\phi)} &= P_{BC(R)} + P_{BC(S)} + P_{BC(T)} \\
 &= 5,2067 + 2,2173 + 5,4057 \\
 &= 12,8297 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{CD(3\phi)} &= P_{CD(R)} + P_{CD(S)} + P_{CD(T)} \\
 &= 3,2934 + 1,3705 + 3,3733 \\
 &= 8,0372 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{EF(3\phi)} &= P_{EF(R)} + P_{EF(S)} + P_{EF(T)} \\
 &= 1,7099 + 0,6824 + 1,8234 \\
 &= 4,2157 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{GH(3\phi)} &= P_{GH(R)} + P_{GH(S)} + P_{GH(T)} \\
 &= 0,9604 + 0,7199 + 0,921 \\
 &= 2,6013 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

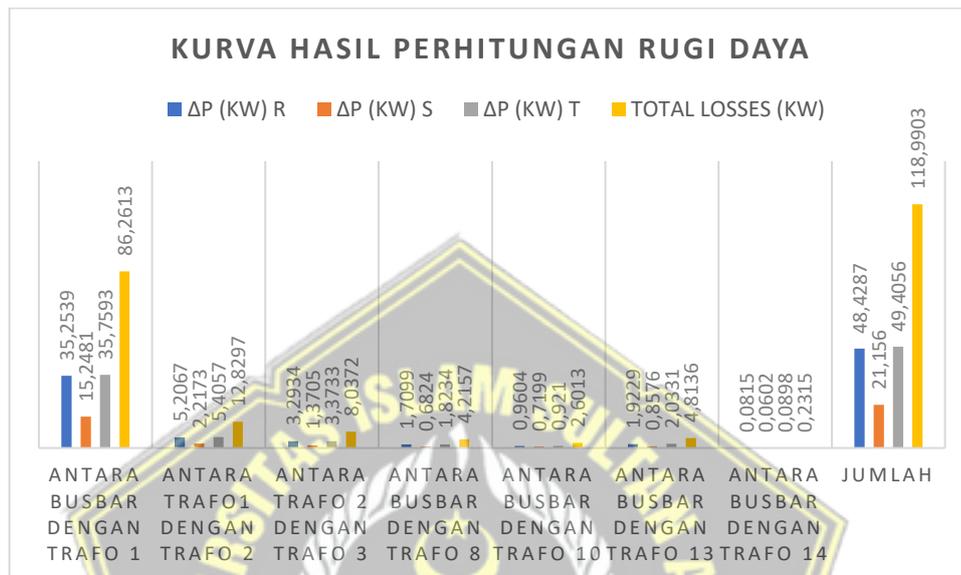
$$\begin{aligned}
 P_{IJ(3\phi)} &= P_{IJ(R)} + P_{IJ(S)} + P_{IJ(T)} \\
 &= 1,9229 + 0,8576 + 2,0331 \\
 &= 4,8136 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{KL(3\phi)} &= P_{KL(R)} + P_{KL(S)} + P_{KL(T)} \\
 &= 0,0815 + 0,0602 + 0,0898 \\
 &= 0,2315 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.1** Hasil Perhitungan Rugi Daya R S T

	$\Delta P$ (KW)			TOTAL LOSSES (KW)
	R	S	T	
Antara Busbar dengan Trafo 1	35,2539	15,2481	35,7593	86,2613
Antara Trafo1 dengan Trafo 2	5,2067	2,2173	5,4057	12,8297
Antara Trafo 2 dengan Trafo 3	3,2934	1,3705	3,3733	8,0372
Antara Busbar dengan Trafo 8	1,7099	0,6824	1,8234	4,2157
Antara busbar dengan Trafo 10	0,9604	0,7199	0,921	2,6013
Antara busbar dengan Trafo 13	1,9229	0,8576	2,0331	4,8136
Antara busbar dengan Trafo 14	0,0815	0,0602	0,0898	0,2315
<b>JUMLAH</b>	<b>48,4287</b>	<b>21,156</b>	<b>49,4056</b>	<b>118,9903</b>

Dari perhitungan yang didapat, diperoleh total rugi daya pada PPSDM MIGAS Cepu yaitu Fasa R sebesar 48,4287 KW, Fasa S 21,156 KW, dan Fasa T 49,4056 KW. Sehingga Rugi-Rugi Daya total saluran 118,9903 KW.



**Gambar 4.1** Kurva Hasil Perhitungan Rugi Daya

### 4.3 Perhitungan Daya Beban

Berikut ini perhitungan Daya beban, daya merupakan daya yang diterima dijumlahkan dengan nilai rugi daya, tujuan perhitungan daya beban ini untuk mengetahui persentase dari nilai rugi daya. Untuk menghitung beban awal menggunakan rumus sesuai dengan persamaan (2.36).

$$S = V_{LL} \times I \times \cos \varphi$$

$$V_{LL} = 6,1 \text{ KV}$$

$$V_{LN} = \frac{6,1}{\sqrt{3}} = 3,5218366421 \text{ KV}$$

Perhitungan Daya Beban FASA R

$$\begin{aligned} P_R \text{ Trafo 1} &= V_{LN} \times I_R \times \cos \varphi \\ &= 3,5218366421 \text{ KV} \times 188,3 \times 0,85 \\ &= 563,6875 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$P_R \text{ Trafo 2} = V_{LN} \times I_R \times \cos \varphi$$

$$= 3,5218366421 \text{ KV} \times 186,5 \times 0,85$$

$$= 558,2991 \text{ KW}$$

$$P_R \text{ Trafo 3} = V_{LN} \times I_R \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 3,5218366421 \text{ KV} \times 199,2 \times 0,85$$

$$= 596,3173 \text{ KW}$$

$$P_R \text{ Trafo 8} = V_{LN} \times I_R \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 3,5218366421 \text{ KV} \times 192,8 \times 0,85$$

$$= 577,1585 \text{ KW}$$

$$P_R \text{ Trafo 10} = V_{LN} \times I_R \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 3,5218366421 \text{ KV} \times 144,5 \times 0,85$$

$$= 432,5695 \text{ KW}$$

$$P_R \text{ Trafo 13} = V_{LN} \times I_R \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 3,5218366421 \text{ KV} \times 198,1 \times 0,85$$

$$= 593,0244 \text{ KW}$$

$$P_R \text{ Trafo 14} = V_{LN} \times I_R \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 3,5218366421 \text{ KV} \times 142,8 \times 0,85$$

$$= 427,4805 \text{ KW}$$

Perhitungan Daya Beban FASA S

$$P_S \text{ Trafo 1} = V_{LN} \times I_S \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 3,5218366421 \text{ KV} \times 125,8 \times 0,85$$

$$= 376,5899 \text{ KW}$$

$$P_S \text{ Trafo 2} = V_{LN} \times I_S \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 3,5218366421 \text{ KV} \times 123,3 \times 0,85$$

$$= 369,1060 \text{ KW}$$

$$P_S \text{ Trafo 3} = V_{LN} \times I_S \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 3,5218366421 \text{ KV} \times 128,5 \times 0,85$$

$$= 384,6726 \text{ KW}$$

$$\begin{aligned}
 P_S \text{ Trafo 8} &= V_{LN} \times I_S \times \text{Cos } \varphi \\
 &= 3,5218366421 \text{ KV} \times 121,8 \times 0,85 \\
 &= 364,6157 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_S \text{ Trafo 10} &= V_{LN} \times I_S \times \text{Cos } \varphi \\
 &= 3,5218366421 \text{ KV} \times 125,1 \times 0,85 \\
 &= 374,4944 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_S \text{ Trafo 13} &= V_{LN} \times I_S \times \text{Cos } \varphi \\
 &= 3,5218366421 \text{ KV} \times 132,3 \times 0,85 \\
 &= 396,0481 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_S \text{ Trafo 14} &= V_{LN} \times I_S \times \text{Cos } \varphi \\
 &= 3,5218366421 \text{ KV} \times 122,7 \times 0,85 \\
 &= 367,3099 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Daya Beban FASA T

$$\begin{aligned}
 P_T \text{ Trafo 1} &= V_{LN} \times I_T \times \text{Cos } \varphi \\
 &= 3,5218366421 \text{ KV} \times 185,1 \times 0,85 \\
 &= 554,1081 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_T \text{ Trafo 2} &= V_{LN} \times I_T \times \text{Cos } \varphi \\
 &= 3,5218366421 \text{ KV} \times 191,4 \times 0,85 \\
 &= 572,9676 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_T \text{ Trafo 3} &= V_{LN} \times I_T \times \text{Cos } \varphi \\
 &= 3,5218366421 \text{ KV} \times 201,6 \times 0,85 \\
 &= 603,5019 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_T \text{ Trafo 8} &= V_{LN} \times I_T \times \text{Cos } \varphi \\
 &= 3,5218366421 \text{ KV} \times 199,1 \times 0,85 \\
 &= 596,0180 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_T \text{ Trafo 10} &= V_{LN} \times I_T \times \text{Cos } \varphi \\
 &= 3,5218366421 \text{ KV} \times 141,5 \times 0,85
 \end{aligned}$$

$$= 423,5889 \text{ KW}$$

$$\begin{aligned} P_T \text{ Trafo 13} &= V_{LN} \times I_T \times \text{Cos } \varphi \\ &= 3,5218366421 \text{ KV} \times 203,7 \times 0,85 \\ &= 609,7884 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_T \text{ Trafo 14} &= V_{LN} \times I_T \times \text{Cos } \varphi \\ &= 3,5218366421 \text{ KV} \times 149,9 \times 0,85 \\ &= 448,7348 \text{ KW} \end{aligned}$$

**Tabel 4.2** Hasil Perhitungan Beban Trafo

TRAFO	ARUS (KW)		
	R	S	T
Trafo 1 (500 kVA)	563,6875	376,5899	554,1081
Trafo 2 (500 kVA)	558,2991	369,1060	572,9676
Trafo 3 (630 kVA)	596,3173	384,6726	603,5019
Trafo 8 (500 kVA)	577,1585	364,6157	596,0180
Trafo 10 (200 kVA)	432,5695	374,4944	423,5889
Trafo 13 (630 kVA)	593,0244	396,0481	609,7884
Trafo 14 (200 kVA)	427,4805	367,3099	448,7348
Jumlah	3748,5368	2632,8366	3808,7077

Dari perhitungan yang didapat, diperoleh total daya aktif dari kapasitas trafo yang terpakai pada PPSDM MIGAS Cepu yaitu Fasa R sebesar 3748,5368 KW, Fasa S 2632,8366 KW, dan Fasa T 3808,7077 KW. Selanjutnya menjumlahkan total daya aktif dari kapasitas trafo yang terpakai dengan total rugi daya pada PPSDM MIGAS Cepu.

#### 4.4 Perhitungan Persentase Rugi Daya

$$\begin{aligned} \text{Daya Sumber Fasa R } (\Sigma P) &= \text{Total Beban Fasa R} + \text{Total Rugi Daya Fasa R} \\ &= 3748,5368 \text{ kW} + 48,4287 \text{ kW} \\ &= 3796,9655 \text{ kW} \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung persentasi dari total nilai rugi daya Fasa R

$$\begin{aligned} \% \Delta P &= \frac{\Sigma \Delta P}{\Sigma P} \times 100\% \\ \% \Delta P &= \frac{48,4287}{3796,9655} \times 100\% \\ &= 1,2754 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, dapat diketahui besar persentase dari total rugi daya Fasa R pada PPSDM Migas Cepu sebesar 1,2754 %. Selanjutnya dilakukan perhitungan persentase rugi daya tiap sesi

Perhitungan % $\Delta P$  pada Fasa R dari Busbar ke Trafo 1

$$\begin{aligned}\% \Delta P &= \frac{35,2539}{3796,9655} \times 100\% \\ &= 0,9284 \%\end{aligned}$$

Perhitungan % $\Delta P$  pada Fasa R dari Trafo 1 ke Trafo 2

$$\begin{aligned}\% \Delta P &= \frac{5,2067}{3796,9655} \times 100\% \\ &= 0,1371 \%\end{aligned}$$

Perhitungan % $\Delta P$  pada Fasa R dari Trafo 2 ke Trafo 3

$$\begin{aligned}\% \Delta P &= \frac{3,2934}{3796,9655} \times 100\% \\ &= 0,0867 \%\end{aligned}$$

Perhitungan % $\Delta P$  pada Fasa R dari Busbar ke Trafo 8

$$\begin{aligned}\% \Delta P &= \frac{1,7099}{3796,9655} \times 100\% \\ &= 0,0450 \%\end{aligned}$$

Perhitungan % $\Delta P$  pada Fasa R dari Busbar ke Trafo 10

$$\begin{aligned}\% \Delta P &= \frac{0,9604}{3796,9655} \times 100\% \\ &= 0,0252 \%\end{aligned}$$

Perhitungan % $\Delta P$  pada Fasa R dari Busbar ke Trafo 13

$$\begin{aligned}\% \Delta P &= \frac{1,9229}{3796,9655} \times 100\% \\ &= 0,0506 \%\end{aligned}$$

Perhitungan % $\Delta P$  pada Fasa R dari Busbar ke Trafo 14

$$\begin{aligned}\% \Delta P &= \frac{0,0815}{3796,9655} \times 100\% \\ &= 0,0021 \%\end{aligned}$$

Daya Sumber Fasa S ( $\Sigma P$ ) = Total Beban Fasa S + Total Rugi daya Fasa S

$$= 2632,8366 \text{ kW} + 21,156 \text{ kW}$$

$$= 2653,9926 \text{ kW}$$

Selanjutnya menghitung persentasi dari total nilai rugi daya Fasa S

$$\% \Delta P = \frac{\Sigma \Delta P}{\Sigma P} \times 100\%$$

$$\% \Delta P = \frac{21,156}{2653,9926} \times 100\%$$

$$= 0,7971 \%$$

Dari hasil perhitungan diatas, dapat diketahui besar persentase dari total rugi daya Fasa S pada PPSDM Migas Cepu sebesar 0,7971 %. Selanjutnya dilakukan perhitungan persentase rugi daya tiap sesi

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa S dari Busbar ke Trafo 1

$$\% \Delta P = \frac{15,2481}{2653,9926} \times 100\%$$

$$= 0,5745 \%$$

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa S dari Trafo 1 ke Trafo 2

$$\% \Delta P = \frac{2,2173}{2653,9926} \times 100\%$$

$$= 0,0835 \%$$

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa S dari Trafo 2 ke Trafo 3

$$\% \Delta P = \frac{1,3705}{2653,9926} \times 100\%$$

$$= 0,0516 \%$$

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa S dari Busbar ke Trafo 8

$$\% \Delta P = \frac{0,6824}{2653,9926} \times 100\%$$

$$= 0,0257 \%$$

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa S dari Busbar ke Trafo 10

$$\% \Delta P = \frac{0,7199}{2653,9926} \times 100\%$$

$$= 0,0271 \%$$

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa S dari Busbar ke Trafo 13

$$\begin{aligned} \% \Delta P &= \frac{0,8576}{2653,9926} \times 100\% \\ &= 0,0323 \% \end{aligned}$$

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa S dari Busbar ke Trafo 14

$$\begin{aligned} \% \Delta P &= \frac{0,0602}{2653,9926} \times 100\% \\ &= 0,0022 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Sumber Fasa T } (\Sigma P) &= \text{Total Beban Fasa T} + \text{Total Rugi daya Fasa T} \\ &= 3808,7077 \text{ kW} + 49,4056 \text{ kW} \\ &= 3858,1133 \text{ kW} \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung persentasi dari total nilai rugi daya Fasa T

$$\begin{aligned} \% \Delta P &= \frac{\Sigma \Delta P}{\Sigma P} \times 100\% \\ \% \Delta P &= \frac{49,4056}{3858,1133} \times 100\% \\ &= 1,2805 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, dapat diketahui besar persentase dari total rugi daya Fasa T pada PPSDM Migas Cepu sebesar 1,2805 %. Selanjutnya dilakukan perhitungan persentase rugi daya tiap sesi.

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa T dari Busbar ke Trafo 1

$$\begin{aligned} \% \Delta P &= \frac{35,7593}{3858,1133} \times 100\% \\ &= 0,9268 \% \end{aligned}$$

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa T dari Trafo 1 ke Trafo 2

$$\begin{aligned} \% \Delta P &= \frac{5,4057}{3858,1133} \times 100\% \\ &= 0,1401 \% \end{aligned}$$

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa T dari Trafo 2 ke Trafo 3

$$\% \Delta P = \frac{3,3733}{3858,1133} \times 100\%$$

$$= 0,0874\%$$

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa T dari Busbar ke Trafo 8

$$\begin{aligned} \% \Delta P &= \frac{1,8234}{3858,1133} \times 100\% \\ &= 0,0472\% \end{aligned}$$

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa T dari Busbar ke Trafo 10

$$\begin{aligned} \% \Delta P &= \frac{0,921}{3858,1133} \times 100\% \\ &= 0,0238\% \end{aligned}$$

Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa T dari Busbar ke Trafo 13

$$\begin{aligned} \% \Delta P &= \frac{2,0331}{3858,1133} \times 100\% \\ &= 0,0526\% \end{aligned}$$

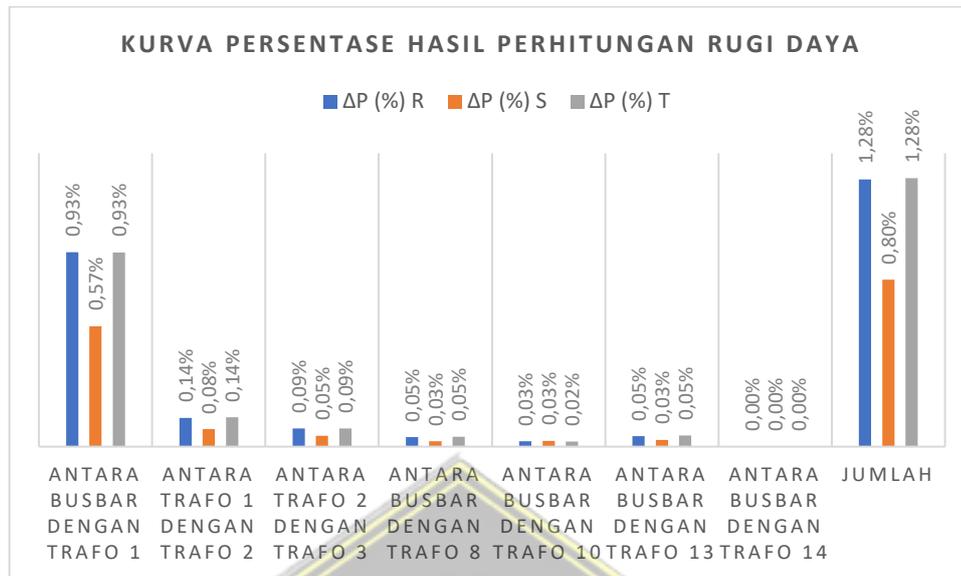
Perhitungan  $\% \Delta P$  pada Fasa T dari Busbar ke Trafo 14

$$\begin{aligned} \% \Delta P &= \frac{0,0898}{3858,1133} \times 100\% \\ &= 0,0023\% \end{aligned}$$

**Tabel 4.3** Hasil Perhitungan Persentase Rugi Daya

	$\Delta P$ (%)		
	R	S	T
Antara Busbar dengan Trafo 1	0,9284 %	0,5745 %	0,9268 %
Antara Trafo 1 dengan Trafo 2	0,1371 %	0,0835 %	0,1401 %
Antara Trafo 2 dengan Trafo 3	0,0867 %	0,0516 %	0,0874 %
Antara Busbar dengan Trafo 8	0,0450 %	0,0257 %	0,0472 %
Antara busbar dengan Trafo 10	0,0252 %	0,0271 %	0,0238 %
Antara busbar dengan Trafo 13	0,0506 %	0,0323 %	0,0526 %
Antara busbar dengan Trafo 14	0,0021 %	0,0022 %	0,0023 %
<b>Jumlah</b>	<b>1,2754 %</b>	<b>0,7971 %</b>	<b>1,2805 %</b>

Dari hasil perhitungan persentase rugi daya di atas pada **Tabel 4.3**, diketahui besar nilai total rugi daya pada PPSDM Migas Cepu adalah Fasa R 1,2754 %, Fasa S 0,7971 % dan Fasa T 1,2805 % berikut adalah kurva persentase hasil perhitungan rugi daya.



**Gambar 4.2** Kurva Persentase Hasil Perhitungan Rugi Daya

#### 4.4 Analisa

Sesuai dengan judul penelitian ini, yaitu Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Tegangan Menengah 6,1 KV di PPSDM Migas Cepu. Pada PPSDM Migas Cepu, sistem distribusi primer menggunakan sistem distribusi radial, sedangkan distribusi sekunder menggunakan sistem loop/ring. Untuk distribusi baik primer ataupun sekunder menggunakan saluran bawah tanah,

Distribusi primer merupakan sarana penyaluran tenaga listrik dari generator ke saluran utama (busbar). Pada PPSDM Migas Cepu terdapat 3 buah trafo step up, dua diantaranya dipasang paralel baru terhubung ke busbar, sedangkan yang satunya langsung terhubung ke busbar. Trafo step up berguna untuk menaikkan tegangan keluaran sebesar 0,4 kV menjadi 6,1 kV. Sedangkan distribusi sekunder merupakan sarana penyaluran tenaga listrik dari saluran utama (busbar) ke beban. Pada PPSDM Migas Cepu menggunakan distribusi sekunder dengan sistem loop/ring sehingga jika salah satu sisi mengalami gangguan, listrik masih dapat diambil dari sisi lainnya tanpa harus melakukan pemadaman listrik.

Hasil perhitungan Rugi Daya di PPSDM Migas Cepu yaitu sebesar Fasa R sebesar 48,4287 KW, Fasa S 21,156 KW, dan Fasa T 49,4056 KW, dan Rugi-Rugi Daya total saluran 118,9903 KW. Dari Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Rugi daya dapat

dilihat sesi yang memiliki rugi daya terbesar adalah Antara Busbar dengan Trafo 1 yaitu Fasa R 35,2539 KW, Fasa S 15,2481 KW, Fasa T 35,7593 KW, disebabkan karena pada sesi Antara Busbar dengan Trafo 1 merupakan jarak saluran yang paling Panjang, sehingga Rugi Daya pada sesi tersebut paling besar ruginya, itulah yang membuat sesi tersebut memiliki nilai rugi daya yang paling besar diantar sesi-sesi yang lain. Jika hasil perhitungan Rugi Daya melebihi batas toleransi, maka perlu dilakukan langkah perbaikan untuk meminimalisir rugi daya yang terjadi, dapat melakukan beberapa langkah yaitu pertama dilakukan tap changer di bagian primer pada trafo agar tegangan yang dihasilkan pada bagian sekunder lebih besar sehingga tegangan yang dikirim sesuai dengan tegangan yang diterima, lalu yang kedua bisa dengan mengganti saluran dengan saluran yang luas penampangnya lebih besar agar tahanan semakin kecil.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Hasil total perhitungan Rugi - Rugi Daya PPSDM Migas Cepu yaitu 118,99 KW.
2. Persentase Rugi-Rugi Daya PPSDM Migas Cepu berdasarkan hasil perhitungan yaitu Fasa R 1,2754 %, Fasa S 0,7971 % dan Fasa T 1,2805 %. Berdasarkan Standart PLN No. 72 Tahun 1987, jumlah rugi daya yang diizinkan yakni tidak melebihi 10 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem di PPSDM Migas Cepu masih batas aman.
3. Rugi Daya terbesar di PPSDM Migas Cepu yaitu pada Fasa T 1,2805 %.
4. Rugi Daya Antara Busbar dan Trafo 1 Merupakan Rugi Daya paling besar diantara lainnya yaitu Fasa R 35,2539 KW, Fasa S 15,2481 KW, Fasa T 35,7593 KW.
5. Antara Busbar dan Trafo 1 merupakan Saluran paling panjang di PPSDM Migas Cepu yaitu 0,435 km.

#### **5.2 Saran**

1. Sering melakukan tindakan pemeliharaan jaringan baik itu secara berkala ataupun accident, agar jaringan tetap handal.
2. Perlu adanya evaluasi berkala untuk memastikan semua peralatan masih bekerja dengan baik dan sesuai dengan standarnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- ARISMUNANDAR, DR. A., and DR. S. KUWAHARA. n.d. *Teknik Tenaga L*.  
[https://id.m.wikipedia.org/wiki/Teknik\\_listrik](https://id.m.wikipedia.org/wiki/Teknik_listrik).
- Budiharjo. 2018. *Matematika Paket B Setara SMP/MTs Kelas VIII*. Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan Dan Kesetaraan.  
<http://nurhidayat.lecture.ub.ac.id/files/2012/01/prototipe.pdf>.
- Dr. Hantje Ponto, DEA., MAP. 2018. *DASAR TEKNIK LISTRIK*.
- Gonen, Turan. n.d. *Electric Power Distribution Engineering*.
- Hontong, Nolki Jonal. 2015. "Analisa Rugi Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di Pt. Pln Palu." *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer* 4 (1): 64–71.
- Ir. Chris Timotius, MM. 2006. "Instalasi Tegangan Menengah," 8–12.
- Kinasis, Panji, and Purnomo Willy. 2018. "ANALISA RUGI-RUGI DAYA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20 KV PADA PENYULANG JABUNG DI PT PLN (PERSERO) AREA SERPONG." Sekolah Tinggi Teknik PLN.
- Mangundap, Josafat, Sartje Silimang, and Hans Tumaliang. 2018. "Analisa Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Di PT. PLN (Persero) Area Manado 2017." *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer* 7 (3): 219–26.
- Nico Yupiter Siregar. 2020. "ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN 150 KV DI PT. PLN (PERSERO) SISTEM KHATULISTIWA." *JURNAL SI TEKNIK ELEKTRO UNTAN* 1 (72).
- Pelawi, Zulfadli, Kata-kata Kunci, Ketidakseimbangan Beban, Rugi-Rugi Daya, and Arus Netral. 2018. "Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Penghantar Netral Jaringan Distribusi Sekunder Akibat Ketidakseimbangan Beban." *Cetak) Buletin Utama Teknik* 13 (2): 1410–4520.
- Perusahaan Listrik Negara. 2010. *Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik. PT. PLN (Persero)*.
- Prasetya, Eko. 2020. "Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Instalasi Listrik Di Pt . Bev ( Batamindo Executive Village )." *Sigma Teknika* 3 (1): 61–72.

- Sukmadi, Tejo, and Bambang Winardi. 2009. "Perhitungan Dan Analisis Keseimbangan Beban Pada Sistem Distribusi 20 Kv Terhadap Rugi-Rugi Daya (Studi Kasus Pada Pt. Pln Upj Slawi)." *Transmisi* 11 (1): 47–52.
- Utami, Lusiana Tyas. 2020. "Analisis Perhitungan Rugi- Rugi Daya Pada Menggunakan Program Simulasi."

