



**ANALISIS PERHITUNGAN RUGI- RUGI DAYA PADA  
JALUR MRANGGEN–PURWODADI DENGAN  
MENGUNAKAN PROGRAM SIMULASI  
*ELECTRICAL TRANSIENT ANALYZER***

**Skripsi**

**Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro**

**Oleh**

**Lusiana Tyas Utami**

**NIM. 5301415016**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2020**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Lusiana Tyas Utami

NIM : 5301415016

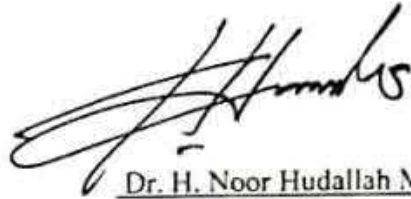
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Judul : Analisis Perhitungan Rugi- Rugi Daya Pada Gardu Induk Purwodadi  
Jalur Mranggen–Purwodadi. Dengan Menggunakan Program Simulasi  
*Electrical Transient Analyzer*

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi  
Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Semarang, 8 Januari 2020

Dosen Pembimbing,



Dr. H. Noor Hudallah M.T.

NIP. 196410161989011001

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "Analisis Perhitungan Rugi- Rugi Daya Pada Gardu Induk Purwodadi Jalur Mranggen–Purwodadi Dengan Menggunakan Program Simulasi *Electrical Transient Analyzer*" telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal bulan Januari tahun 2020.

Oleh:

Nama : Lusiana Tyas Utami  
NIM : 5301415016  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

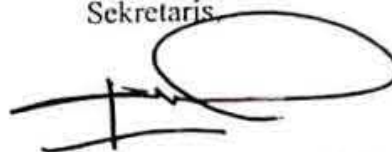
Panitia:

Ketua,



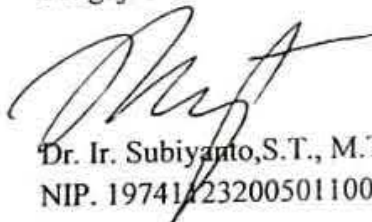
Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T.  
NIP. 196605051997022001

Sekretaris



Drs. Sri Sukamta, M.Si  
NIP. 196505081991031003

Penguji I



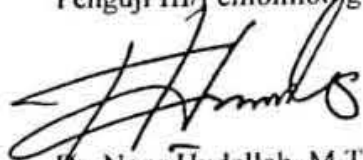
Dr. Ir. Subiyanto, S.T., M.T.  
NIP. 197411232005011001

Penguji II



Drs. Sutarno, M.T.  
NIP. 195510051984031001

Penguji III/Pembimbing



Dr. Noor Hudallah, M.T.  
NIP. 196410161989011001

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik



UNNES  
Dr. Nur Qudus, M.T.  
NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing dan masukan tim penguji
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpanan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 8 Januari 2020



Lusiana Tyas Utami

NIM. 5301415016

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### **Motto:**

- ❖ “Rajin, disiplin, masa depan terjamin”. (Penulis)
- ❖ “Orang yang tidak pernah melakukan kesalahan biasanya tidak pernah berbuat apa-apa”. (William Connor Magee)
- ❖ Orang yang tidak pernah melakukan kesalahan adalah orang yang tidak pernah mencoba melakukan hal baru (A. Einstein)
- ❖ “Sebaik-baik kalian adalah yang bermanfaat dan berguna bagi orang lain”. (HR.Tirmidzi).

### **Persembahan :**

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT, kupersembahkan skripsi ini untuk:

- ❖ Orangtua tercinta, ibu (Muntiah) dan bapak (Sunarto) atas segala doa, dukungan moral dan moril yang tak pernah lelah dan terhenti.
- ❖ Teman-teman Pendidikan Teknik Elektro 2015, khususnya ROMBEL 1
- ❖ Sahabat dan teman yang selalu ada setiap saat.

## RANGKUMAN

Lusiana Tyas Utami, 2019, Analisis Perhitungan Rugi- Rugi Daya Pada Gardu Induk Purwodadi Jalur Mranggen–Purwodadi Dengan Menggunakan Program Simulasi *Electrical Transient Analyzer*, Noor Hudallah, Pendidikan Teknik Elektro.

Penyaluran sistem tenaga listrik, efisiensi sangatlah diperlukan. Permasalahan pada penelitian ini adalah belum dilakukan perhitungan rugi daya penghantar Gardu Induk Purwodadi, sehingga diperlukan perhitungan faktual rugi daya. Melalui ETAP akan mudah diperoleh perhitungan rugi daya. Rugi penghantar saluran disebabkan karena korona, kerugian magnetis, *skin effect* dan baut klem yang kendur. Penelitian ini membahas analisis perhitungan rugi daya pada Gardu Induk Purwodadi Jalur Mranggen-Purwodadi dengan menggunakan program simulasi *electrical transient analyzer*. Penelitian dilakukan untuk mengetahui rugi daya secara faktual, rugi daya dengan simulasi ETAP, akurasi ETAP dalam menghitung rugi daya dan selisih antara perhitungan manual dan ETAP.

Metode penelitian menggunakan metode penelitian deskriptif. Variabel yang dibutuhkan adalah variabel bebas yaitu spesifikasi kabel, jarak penghantar, *single line diagram*, tegangan, arus dan daya. Variabel terikat yaitu perhitungan rugi daya pada Gardu Induk Purwodadi saluran Mranggen-Purwodadi. Pengambilan data dilakukan pada bulan Juli 2018-Juni 2019. Prosedur penelitian adalah pengambilan data, pengolahan data, menganalisis data dan membuat laporan.

Rugi daya dihitung manual dalam setahun sebesar 4,74275 MW, sedangkan dengan simulasi ETAP sebesar 4,9275 MW. Keakurasian Etap dalam menghitung rugi daya adalah + 3,9509% dari hasil perhitungan manual yaitu sebesar 0,18738 MW dan selisih perhitungan sebesar 0,18475 MW. Jadi ETAP bisa menjadi alternatif dalam perhitungan rugi daya karena memiliki nilai akurasi bagus, mudah, praktis dan cepat.

**Kata Kunci**— *Rugi-rugi daya, Transmisi, ETAO 12.6.0, Akurasi, Selisih*

## PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Perhitungan Rugi- Rugi Daya Pada Gardu Induk Purwodadi Jalur Mranggen– Purwodadi Dengan Menggunakan Program Simulasi *Electrical Transient Analyzer*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro Univeritas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudahmudahan kita semua mendapatkan safaat Nya di yaumil akhir nanti, Aamiin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Muntiah dan Sunarto kedua orangtua yang telah menyayangi penulis dengan dukungan moral dan moril sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Nur Qudus, MT, Dekan Fakultas Teknik, Ir. Ulfah Mediaty Arief M.T. IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Elektro atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
4. Dr. H. Noor Hudallah Dosen Pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
5. Dr. Ir. Subiyanto, S.T., M.T. selaku Penguji 1 dan Drs Sutarno, M.T selaku dosen penguji 2 yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.
6. Sarji dan Umam selaku pegawai PLN yang telah memberikan arahan dan ilmu dalam pengambilan data di PT.PLN Gardu Induk Purwodadi.

7. Semua dosen jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
8. Shofie Maulani, Zumrotun dan Melinda selaku sahabat yang selalu memberikan semangat dan doa tak kenal waktu
9. Teman-teman Rombel 1 PTE 2015 yang selalu memberikan semangat dan candaan setiap saat.
10. Berbagai pihak yang telah memberikan bantuan yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Penulis harap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk lembaga pendidikan, pengembang dan masyarakat.

Semarang, 8 Januari 2020



Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTO DAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>RANGKUMAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	5
1.3 Pembatasan Masalah .....	5
1.4 Rumusan Masalah .....	6
1.5 Tujuan Penelitian .....	7
1.6 Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....</b>	<b>8</b>
2.1 Kajian Pustaka .....	8
2.2 Landasan Teori .....	11
2.2.1 Sistem Tenaga Listrik .....	11
2.2.2 Sistem Transmisi Tenaga Listrik .....	13
2.2.3 Gardu Induk .....	16

2.2.4 Kabel TACSR .....	17
2.2.5 Komponen Penghantar .....	20
2.2.6 Faktor Daya .....	20
2.2.7 Jatuh Tegangan ( <i>Drop Voltage</i> ) .....	23
2.2.8 Rugi Daya .....	25
2.2.9 Rugi-Rugi Daya Reaktif .....	27
2.2.10 Klasifikasi Saluran Transmisi .....	31
2.2.11 Etap 12.6.0 .....	34
2.2.12 Kerangka Berfikir .....	37
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
3.1 Penelitian Deskriptif .....	39
3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....	40
3.3 Alat dan Bahan .....	40
3.4 Variabel Penelitian .....	40
3.5 Sumber Penelitian .....	41
3.6 Prosedur Penelitian .....	41
3.7 Teknik Pengumpulan Data .....	44
3.8 Teknik Analisis Data .....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>47</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	47
4.2 Pembahasan .....	71
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>74</b>
5.1 Simpulan .....	74
5.2 Saran .....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>76</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Dimensional & Electrical Data TACSR .....	19
Tabel 4.1 Data Kabel Penghantar Mranggen-Purwodadi .....	47
Tabel 4.2 Data Tegangan, Arus dan Daya Saluran Mranggen-Purwodadi dari Bulan Juli 2018-Juni 2019 .....	48
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Daya Perbulan Secara Manual .....	50
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan $V_s$ dan Perhitungan Regulasi pada Penghantar Mranggen- Purwodadi Juli 2018-Juni 2019 .....	53
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan dan pembacaan $V_s$ dan Perhitungan Regulasi pada Pengahantar Mranggen-Purwodadi Juli 2018-Juni 2019 .....	54
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Daya dengan Simulasi Etap 12.6.0 Dalam Waktu Satu Tahun .....	66
Tabel 4.7 Hasil Perbandingan Perhitungan Manual dengan ETAP 12.6.0 .....	68
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Manual dengan Simulasi ETAP .....	70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik .....	12
Gambar 2.2 Penghantar TACSR .....	18
Gambar 2.3 Segitiga Daya .....	21
Gambar 2.4 Diagram Pengganti Saluran Transmisi .....	31
Gambar 2.5 Diagram fassor tegangan dan arus saluran transmisi pendek .....	32
Gambar 2.6 Diagram fasor saluran transmisi pendek .....	32
Gambar 2.7 Rangkaian Ekuivalen Saluran Transmisi Menengah Nominal T .....	33
Gambar 2.8 Rangkaian Ekuivalen Saluran Transmisi Menengah Nominal Phi .....	34
Gambar 2.9 Diagram Pengganti Saluran Transmisi Panjang .....	34
Gambar 2.10 Kerangka Berfikir .....	38
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	43
Gambar 4.1 <i>Single Line Diagram</i> .....	47
Gambar 4.2 Diagram Fasor Regulasi Bulan Juli 2018 .....	52
Gambar 4.3 Diagram hasil perbandingan perhitungan tegangan pengirim sesuai data dan sesuai dengan hasil perhitungan .....	54
Gambar 4.4 Halaman Utama ETAP 12.6.0 .....	55
Gambar 4.5 Dialog Judul Projek baru .....	56
Gambar 4.6 Dialog Informasi User .....	56
Gambar 4.7 Lembar Kerja ETAP 12.6.0 .....	57
Gambar 4.8 Simulasi Rugi-Rugi Daya ETAP .....	58
Gambar 4.9 Dialog Memasukkan Data Kabel .....	58
Gambar 4.10 Pilihan Perhitungan dengan Simulasi ETAP 12.6.0 .....	59
Gambar 4.11 Tampilan Report Manager Hasil Perhitungan Losses .....	59

Gambar 4. 12 Hasil Perhitungan Losses Bulan Juli 2018 .....	60
Gambar 4. 13 Hasil Perhitungan Losses Bulan Agustus 2018 .....	60
Gambar 4. 14 Hasil Perhitungan Losses Bulan September 2018 .....	61
Gambar 4. 15 Hasil Perhitungan Losses Bulan Oktober 2018 .....	61
Gambar 4. 16 Hasil Perhitungan Losses Bulan November 2018 .....	62
Gambar 4. 17 Hasil Perhitungan Losses Bulan Desember 2018 .....	62
Gambar 4. 18 Hasil Perhitungan Losses Bulan Januari 2019 .....	63
Gambar 4. 19 Hasil Perhitungan Losses Bulan Februari 2019 .....	63
Gambar 4. 20 Hasil Perhitungan Losses Bulan Maret 2019 .....	64
Gambar 4. 21 Hasil Perhitungan Losses Bulan April 2019 .....	64
Gambar 4. 22 Hasil Perhitungan Losses Bulan Mei 2019 .....	65
Gambar 4. 23 Hasil Perhitungan Losses Bulan Juni 2019 .....	65
Gambar 4. 24 Grafik Perbandingan Perhitungan Secara Manual Dengan Perhitungan Simulasi ETAP 12.6.0 .....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rugi-rugi daya bulan Juli 2018 .....	78
Lampiran 2 Rugi-rugi daya bulan Agustus 2018 .....	82
Lampiran 3 Rugi-rugi daya bulan September 2018 .....	86
Lampiran 4 Rugi-rugi daya bulan Oktober 2018 .....	90
Lampiran 5 Rugi-rugi daya bulan November 2018 .....	94
Lampiran 6 Rugi-rugi daya bulan Desember 2018 .....	98
Lampiran 7 Rugi-rugi daya bulan Januari 2019 .....	102
Lampiran 8 Rugi-rugi daya bulan Februari 2019 .....	106
Lampiran 9 Rugi-rugi daya bulan Maret 2019 .....	110
Lampiran 10 Rugi-rugi daya bulan April 2019 .....	114
Lampiran 11 Rugi-rugi daya bulan Mei 2019 .....	118
Lampiran 12 Rugi-rugi daya bulan Juni 2019 .....	122
Lampiran 13 Perhitungan Diagram Fasor Regulasi Arus dan Tegangan Bulan Juli 2018 .....	126
Lampiran 14 Perhitungan Diagram Fasor Regulasi Arus dan Tegangan Bulan Agustus 2018 .....	128
Lampiran 15 Perhitungan Diagram Fasor Regulasi Arus dan Tegangan Bulan September 2018 .....	130
Lampiran 16 Perhitungan Diagram Fasor Regulasi Arus dan Tegangan Bulan Oktober 2018 .....	132
Lampiran 17 Perhitungan Diagram Fasor Regulasi Arus dan Tegangan Bulan Noveber 2018 .....	134

Lampiran 18 Perhitungan Diagram Fasor Regulasi Arus dan Tegangan Bulan Desember	
2018 .....	136
Lampiran 19 Perhitungan Diagram Fasor Regulasi Arus dan Tegangan Bulan Januari	
2019 .....	138
Lampiran 20 Perhitungan Diagram Fasor Regulasi Arus dan Tegangan Bulan Februari	
2019 .....	140
Lampiran 21 Perhitungan Diagram Fasor Regulasi Arus dan Tegangan Bulan Maret	
2019 .....	142
Lampiran 22 Perhitungan Diagram Fasor Regulasi Arus dan Tegangan Bulan April	
2019 .....	144
Lampiran 23 Perhitungan Diagram Fasor Regulasi Arus dan Tegangan Bulan Mei	
2019 .....	146
Lampiran 24 Perhitungan Diagram Fasor Regulasi Arus dan Tegangan Bulan Juni	
2019 .....	148

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi manusia, sehingga dalam penyalurannya harus efisien dan berkualitas. Patras (dalam Ghofur, 2017: 2) menjelaskan bahwa efisien dalam arti, energi yang dibangkitkan dapat didistribusikan secara maksimal kepada konsumen tanpa kehilangan energi. Seiring dengan perkembangan zaman dan semakin meningkatnya jumlah masyarakat maka kebutuhan akan listrikpun meningkat, sehingga ketersediaan sumber tenaga listrik harus memenuhi kebutuhan masyarakat secara maksimal.

PLN (Perusahaan Listrik Negara) merupakan perusahaan milik Negara yang menyediakan kebutuhan listrik untuk masyarakat. Dalam penyaluran tenaga listrik PLN dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian pembangkit, bagian transmisi dan bagian distribusi. Sumber tenaga listrik dari bagian pembangkit menuju pusat beban atau gardu induk dengan kawat-kawat saluran transmisi sehingga dapat didistribusikan kepada konsumen. Saluran transmisi didistribusikan melalui saluran udara tegangan tinggi (SUTT), saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET), dan saluran kabel tegangan tinggi (SKTT) (Ghofur, 2017: 2).

Barbulescu & Fati (dalam Dewantara Mahardira, 2018: 3) menjelaskan bahwa dalam penyaluran energi listrik ke beban akan mengalami rugi-rugi teknis (*losses*), yaitu rugi daya dan rugi energi, mulai dari pembangkit, transmisi dan distribusi. Rugi-rugi daya yang dapat disebabkan karena adanya korona, arus lebih,



isolasi, jarak. Rugi daya pada saluran transmisi sangat perlu diperhatikan karena dapat menyebabkan hilangnya daya yang cukup besar. Tuegeh (dalam Ghofur, 2017: 2) menjelaskan bahwa rugi daya merupakan kehilangan energi yang sangat tidak mungkin dihindari.

Tenaga listrik di wilayah Purwodadi dilayani oleh Gardu Induk 150 KV Purwodadi yang terdiri dari tiga buah trafo yaitu trafo 60 MVA, trafo 60 MVA dan trafo 30 MVA. Masing-masing trafo disalurkan ke *Incoming* trafo yang selanjutnya didistribusikan ke konsumen melalui penyulang tegangan menengah yang terhubung secara *loop* dan dipisahkan dengan saklar pemisah.

Jaringan transmisi Gardu Induk Purwodadi menggunakan kabel jenis TACSR (*Thermal Resistant Aluminium Alloy Conductor Steel Reinforced*) yaitu konduktor yang konstruksinya mirip dengan ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*) namun kabel aluminium *Grade EC* pada TACSR diganti dengan kabel aluminium keras ditarik dari Aluminium Paduan Tahan Panas (Anonym, 2018: 1). Gardu Induk Mranggen–Purwodadi merupakan saluran transmisi pendek karena memiliki panjang saluran kurang dari 80 KM yaitu sepanjang 48,9 KM yang dihubungkan dengan 147 tower SUTT.

Pada penelitian ini penulis mengambil permasalahan yang terdapat pada Gardu Induk Purwodadi yaitu rugi-rugi daya pada saluran transmisi jalur Mranggen-Purwodadi. Rugi-rugi daya pada Gardu Induk Purwodadi terjadi diantaranya karena rugi teknik yaitu akibat korona, kerugian magnetic dan *skin effect* (dalam Alumona, et al, 2014:26) serta rugi non teknik karena adanya klem sambungan kawat penghantar yang kendur sehingga mengakibatkan timbulnya panas bahkan

percikan api. Rugi-rugi daya perlu dianalisis agar kerugian yang dialami tidak melebihi batas wajar, karena apabila pasokan listrik kurang maka dapat berakibat jatuh tegangan, *overheat*, *malfunction* bahkan padam (Ghofur :2017). Upaya yang telah dilakukan Gardu Induk Purwodadi adalah dengan pemeliharaan secara rutin pada peralatan listrik dan melakukan *thermovision* setiap dua minggu sekali untuk mengurangi rugi-rugi daya. Namun di Gardu Induk Purwodadi belum pernah melakukan perhitungan rugi-rugi daya baik secara manual maupun perhitungan dengan menggunakan simulasi sehingga tidak diketahui besar rugi daya apakah sesuai dengan standar PLN atau tidak.

Dalam melakukan penelitian penulis mengacu pada penelitian Remanda Damas Setyawan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta pada tahun 2018 yang berjudul “Analisa Susut Energi Penghantar TACSR Pada Jaringan Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Pada Gardu Induk Palur – Solobaru Dengan ETAP 12.6”, penelitian dilakukan dengan simulasi ETAP 12.6 dengan pengambilan data bulan Januari 2018. Pada penelitian Mahardira Dewantara, mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta pada tahun 2018, dengan judul “Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Dari Gardu Induk Wonogiri Sampai Gardu Induk Wonosari”. Penelitian dilakukan secara manual dengan rumus  $P_{losses} = 3 \cdot I^2 \cdot R$ . Serta pada penelitian Rahmadhian, Ir. Cahyahati, MT dan Ir. Ija Darmana, MT, mahasiswa dan dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta tahun 2015, dengan penelitian berjudul “Evaluasi Losses Daya Pada Sistem Transmisi 150 KV Sumatera Barat”. Penelitian dilakukan untuk

menghitung *losses* saluran transmisi 150 KV dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0.

Namun dalam beberapa penelitian di atas pengambilan datanya hanya selama satu bulan dan satu hari hanya dua waktu pengambilan data sehingga tidak dapat dilihat perubahan kerugian setiap bulannya serta dalam melakukan perhitungan ada yang masih secara manual. Pada penelitian Remanda Damas sudah menggunakan ETAP untuk menghitung susut energi dan kerugian dalam satu bulan, pada penelitian Mahardira perhitungan rugi-rugi daya masih secara manual dan pada penelitian Rahmadhian perhitungannya sudah menggunakan *software* ETAP namun yang dihitung adalah *losses* pada semua sistem transmisi 150 KV di Sumatera Barat. Adapun penelitian yang ditulis dalam skripsi ini adalah analisis rugi-rugi daya pada Gardu Induk Purwodadi jalur Mranggen-Purwodadi dengan menggunakan simulasi ETAP 12.6.0.

Tempat penelitian dilakukan di Gardu Induk Purwodadi, pada penelitian ini penulis memadukan antara ketiga kajian diatas untuk menganalisis data agar perhitungan rugi daya pada penghantar lebih efektif dan meminimalisir kesalahan perhitungan. Pada penelitian sebelumnya peneliti hanya menghitung rugi-rugi daya dan kerugian yang harus ditanggung selama satu bulan, untuk itu dalam penulisan skripsi ini penulis akan menghitung rugi rugi daya pada saluran transmisi selama satu tahun. Selain itu, pada penelitian ini penulis juga mengukur keakurasian simulasi ETAP 12.6.0 dalam melakukan perhitungan rugi-rugi daya saluran transmisi.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Merujuk pada latar belakang masalah diatas maka dapat diidentifikasi beberapa masalah yang berkaitan dengan latar belakang diatas, yaitu:

- 1.2.1 Belum dilakukan perhitungan rugi-rugi daya pada penghantar Gardu Induk Purwodadi.
- 1.2.2 Dibutuhkan perhitungan faktual rugi-rugi daya pada saluran Gardu Induk Mranggen-Gardu Induk Purwodadi.
- 1.2.3 Melalui ETAP akan mudah diperoleh perhitungan rugi – rugi daya pada saluran antara Gardu Induk Mranggen – Gardu Induk Purwodadi.
- 1.2.4 Rugi penghantar saluran Mranggen – purwodadi disebabkan karena korona, kerugian magnetis, *skin effect* dan baut klem yang kendur.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Supaya penelitian dapat terfokus dan mendalam maka dari permasalahan yang ada maka dibatasi variabelnya. Adapun batasan dari permasalahan penelitiannya sebagai berikut:

- 1.3.1 Pengambilan data tegangan, arus dan daya dilakukan pada bulan Juli 2018 sampai bulan Juni 2019 di Gardu Induk Purwodadi saluran Mranggen Purwodadi.
- 1.3.2 Jenis kabel yang digunakan oleh saluran transmisi Mranggen – Purwodadi adalah kabel TACSR  $2 \times 410$  mm arus 2000 A
- 1.3.3 Jarak antar penghantar 48,9 Km yang termasuk saluran transmisi pendek
- 1.3.4 Pengukuran dilakukan pada jalur Mranggen – Purwodadi 1

- 1.3.5 Rugi daya dihitung setiap bulan pada waktu satu tahun mulai bulan Juli 2018 sampai bulan Juni 2019.
- 1.3.6 Digunakan *software* ETAP 12.6.0 untuk perhitungan rugi – rugi daya pada penghantar Gardu Induk saluran Mranggen – Purwodadi.
- 1.3.7 Simulasi menggunakan ETAP bisa menjadi alternatif perhitungan rugi – rugi daya pada saluran Gardu Induk Mranggen – Gardu Induk Purwodadi.
- 1.3.8 Keakurasian simulasi ETAP merupakan perbandingan antara rata-rata rugi-rugi daya setiap bulan yang dihitung secara manual dan dihitung dengan simulasi ETAP 12.6.0.
- 1.3.9 Rugi – rugi daya yang dihitung hanya pada saluran penghantar Mranggen-Purwodadi 1 tanpa memperhitungkan rugi teknik ataupun rugi non teknik pada penghantar.
- 1.3.10 Diperhitungan rugi – rugi daya hanya fokus pada klem yang kendur.

#### **1.4 Rumusan Masalah**

Berdasarkan masalah yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- 1.4.1 Berapa besar nilai rugi-rugi daya faktual pada Gardu Induk pengantar Mranggen - Purwodadi ?
- 1.4.2 Berapa besar nilai rugi-rugi daya jaringan saat dihitung menggunakan ETAP?
- 1.4.3 Seberapa besar simulasi menggunakan ETAP memenuhi akurasi sesuai hasil faktual?

1.4.4 Berapa selisih hitung menggunakan perhitungan manual dan ETAP ?

## **1.5 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian merupakan jawaban atau sasaran yang ingin dicapai penulis dalam sebuah penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah:

1.5.1 Mengetahui besar rugi-rugi daya faktual pada saluran penghantar listrik Mranggen – Purodadi

1.5.2 Mengetahui besar rugi-rugi daya saluran Mranggen-Purwodadi saat dihitung dengan ETAP.

1.5.3 Mengetahui akurasi perhitungan menggunakan *software* simulasi ETAP.

1.5.4 Mengetahui selisih antara perhitungan menggunakan perhitungan manual dan ETAP.

## **1.6 Manfaat Penelitian**

Dalam suatu penelitaian diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pihak terkait.

1.5.1 Manfaat teoritis penelitian skripsi ini adalah penulis memberikan kontribusi pemikiran maupun memberi informasi mengenai rugi daya saluran transmisi serta memperkaya teori – teori yang berkaitan dengan perhitungan rugi – rugi daya saluran transmisi.

1.5.2 Manfaat dalam segi praktis adalah mengetahui akurasi perhitungan menggunakan simulasi ETAP berdasarkan hasil faktual.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kajian 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 untuk mendapatkan informasi yang ada sebelumnya baik dari segi teori maupun judul yang berkaitan dengan topik penelitian yang digunakan untuk mendapatkan landasan teori ilmiah.

Penelitian Remanda Damas Setyawan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta pada tahun 2018 yang berjudul “Analisa Susut Energi Penghantar TACSR Pada Jaringan Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Pada Gardu Induk Palur-Solobaru Dengan ETAP 12.6” telah melakukan perhitungan susut energi dengan menggunakan *software* ETAP, dalam penelitian Damas yang dihitung adalah susut energi gardu induk dengan pengambilan pada jam 10.00 dan 19.00 selama satu bulan. Dengan hasil perhitungan pada siang hari terbesar sebesar 0,06267757 MW dan terendah 0,02113167 MW, sedangkan pada perhitungan malam hari hasil terbesar sebesar 0,06748401 MW dan terendah 0,02876255 MV. Sehingga total susut energi pada bulan januari adalah 39.6857523 MWh.

Penelitian Mahardira Dewantara, mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta pada tahun 2018, dengan judul “Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Dari Gardu Induk Wonogiri Sampai Gardu Induk Wonosari”. Penelitian dilakukan pada saluran transmisi Gardu Induk Wonogiri sampai Gardu Induk Wonosari yang menggunakan kawat penghantar TACSR 410 mm<sup>2</sup> dengan jarak GI 31,55 Km yang dihubungkan dengan 110 tower. Pada penelitian ini rugi-rugi daya dihitung menggunakan perhitungan manual dengan rumus  $P_{losses} = 3 \cdot I^2 \cdot R$ . Pengambilan data dilakukan seriap hari selama satu bulan pada bulan Oktober 2018 pada pukul 10.00 WIB dan 19.00 WIB. Dengan hasil perhitungan rugi-rugi daya pada bulan Oktober tertinggi terjadi pada tanggal 24 Oktober rata-rata *losses* 0,22234 MW dan terendah pada tanggal 17 Oktober dengan rata-rata *losses* 0,049812 MW

Penelitian Rahmadhian, Ir. Cahyahati, MT dan Ir. Ija Darmana, MT, mahasiswa dan dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta tahun 2015, dengan penelitian berjudul “Evaluasi Losses Daya Pada Sistem Transmisi 150 KV Sumatera Barat”. Penelitian ini dilakukan pada system transmisi 150 KV Sumatera Barat yang memiliki total beban 1635,05 MVA dari 16 Gardu Induk. Pada penelitian ini rugi-rugi daya dihitung menggunakan simulasi *software* ETAP 12.6.0 yang dilakukan pada *load flow* analisis dan mempunyai *losses* daya sebesar 3243,3 KW. Nilai rugi daya terendah sebesar 0 KW pada saluran Simpang Haru-Pauh Limo dan nilai rugi tertinggi sebesar 2277,0 KW yaitu pada feeder Mininjau-Lubuk Alung.



Penelitian Arya Pamungkas dan Subuh Isnur Haryudo, mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya tahun 2019, dengan penelitian berjudul “tudi Analisis Kerugian Daya Pada Jaringan Distribusi 20 KV penyulang Modo Area Bojonegoro Menggunakan *Software* ETAP 12.6”. Penelitian ini dilakukan pada penyulang Modo area Bojonegoro. Penelitian ini melakukan perhitungan rugi-rugi daya dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Dengan hasil perhitungan kerugian daya sebesar 1,18%, kerugian daya pada saluran rata-rata sebesar 2,94%.

Penelitian Asri Akbar dan Surya Tarmizi Kasim mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara pada tahun 2015 yang berjudul “Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Daya Pada Gardu Induk PLTU 2 SUMUT Pangkalan Susu Dengan Menggunakan Program Simulasi *Electrical Transient Analyzer*” telah melakukan perhitungan rugi-rugi daya menggunakan ETAP, dalam penelitian tersebut yang dihitung adalah rugi daya pada masing masing busbar sedangkan dalam penelitian ini penulis melakukan perhitungan rugi daya pada penghantar Gardu Induk. Permasalahan ditinjau dalam keadaan normal dengan hasil rugi-rugi daya aktif dan reaktif terendah di kabel 1 dan 2 sebesar 0.1 kW dan 0,2 kVAR dan rugi-rugi daya aktif tertinggi di OHL Binjai 1 dan 2 sebesar 106,1 kW dan rugi daya reaktif tertinggi di trafo 1 dan 2 sebesar 1882,6 kVA.

Dari kelima kajian pustaka di atas perbedaan terhadap skripsi ini adalah metode yang digunakan, banyaknya data yang dikumpulkan dan penghantar kawat yang menghubungkan gardu induk. Pada kajian pertama peneliti pengambilan datanya hanya selama satu bulan dan tidak menghitung kerugian yang harus ditanggung setiap bulannya. Pada penelitian kedua metode perhitungannya masih

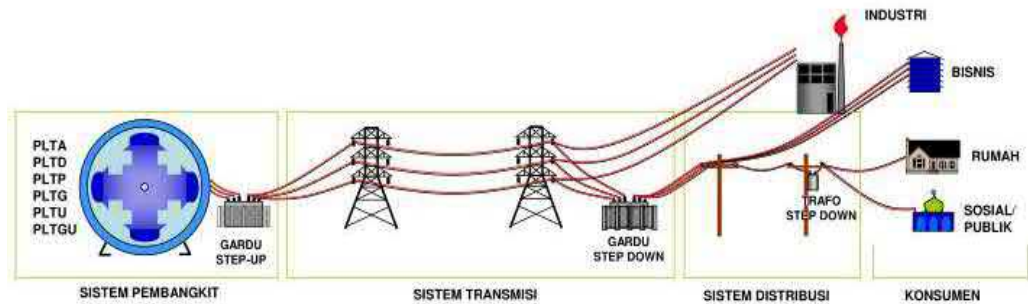
manual. Penelitian ketiga dan keempat perhitungan rugi daya menggunakan ETAP namaun yang diukur bukan rugi daya pada saluran secara spesifik namun rugi pada sistem transmisi secara keseluruhan dan rugi saluran pada jaringan distribusi. Sedangkan pada penelitian kelima peneliti telah menggunakan *software* ETAP untuk menganalisis data namun yang diukur adalah busbar trafo bukan penghantar Transmisi. Pada penelitian ini peneliti mengambil data empat kali sehari dalam waktu satu tahun kemudian menganalisis dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0, selain itu penulis juga menghitung kerugian yang harus ditanggung setiap bulannya dalam waktu satu tahun serta mengukur keakurasian *software* ETAP dalam melakukan perhitungan rugi daya saluran transmisi.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Sistem Tenaga Listrik**

Sistem tenaga listrik yaitu kumpulan dari komponen-komponen atau peralatan listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi, dan beban, yang dihubung-hubungkan dan membentuk suatu sistem.

Sistem tenaga listrik secara garis besar terdiri dari tiga bagian yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Suatu sistem dapat terdiri dari beberapa sub sistem yang saling terhubung atau sering disebut sistem interkoneksi.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sumber : <https://image2.slideserve.com/4616244/sistem-tenaga-listrik-n.jpg>

Pembangkit listrik merupakan tempat dibangkitkannya energi listrik, peralatan utama pada pembangkit adalah turbin dan generator. Tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit itu biasanya tegangan menengah (TM) yaitu antara 6 sampai 20 KV. Peralatan utama pada Gardu Induk antara lain adalah transformator yang berfungsi menaikkan tegangan dari generator menjadi tegangan transmisi/ tegangan tinggi (70 – 150 KV dan 500 KV) dan peralatan pengaman serta pengatur. Jenis pembangkit yaitu PLTA, PLTU, PLTG, PLTN.

Saluran transmisi adalah kawat - kawat yang dipasang pada menara atau tiang dan bisa juga melalui kabel tanah. Saluran transmisi berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari pembangkit ke pusat beban melalui saluran tegangan tinggi 150 KV atau saluran tegangan ekstra tinggi 500 KV (Zuhal, 1995: 148). Saluran transmisi mempunyai tegangan tinggi agar dapat meminimalisir rugi-rugi daya di saluran. Contoh saluran transmisi di Indonesia adalah SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) dengan tegangan kerja 70-50 kV dan SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi) dengan tegangan kerja 500 KV (Gusti, 2014: 1)

Saluran Distribusi merupakan sub sistem yang terdiri dari pusat pengatur distribusi (*Distribution Control Centre*), saluran tegangan menengah (6 KV dan

20 KV) (Gusti, 2014: 1), gardu distribusi tegangan menengah yang terdiri dari panel – panel pengatur tegangan menengah dan trafo samapi dengan panel distribusi tegangan rendah (220 V, 380 V) yang menghasilkan tegangan kerja/ tegangan jala-jala untuk industry dan konsumen.(Gusti, 2014: 1)

Sistem tenaga listrik sering kali terjadi gangguan yang dapat merusak peralatan dan mengganggu proses penyaluran listrik kepada konsumen. Untuk itu didalam sistem tenaga listrik juga terdapat sistem proteksi yang berfungsi untuk melindungi dan mencegah sistem tenaga listrik dari kerusakan akibat terjadinya gangguan.

### **2.2.2 Sistem Transmisi Tenaga Listrik**

Sistem transmisi adalah suatu sistem penyaluran listrik dari pembangkit ke distribusi listrik. Tenaga listrik disalurkan dengan suatu bahan konduktor yang mengalirkan tipe saluran transmisi listrik. Sistem transmisi menyalurkan daya dengan tegangan tinggi yang digunakan untuk mengurangi rugi-rugi daya akibat jatuh tegangan. Pemakaian sistem transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari pusat pembangkit ke pusat beban dan jarak penyaluran antara pusat pembangkit dengan pusat beban tersebut.

Konstruksi saluran transmisi ada dua yaitu saluran udara dan saluran kabel. Berdasarkan kapasitas tegangan sistem transmisi dibagi menjadi saluran udara tegangan tinggi (SUTT)/ saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) dengan kapasitas tegangan 200 KV-500 KV , saluran udara tegangan tinggi (SUTT) dengan kapasitas tegangan 30 KV-50 KV, saluran kabel tanah tegangan tinggi (SKTT)

dengan kapasitas tegangan 30 KV-150 KV, serta saluran kabel laut tegangan tinggi (SKLTT). Penentuan konstruksi disesuaikan dengan lokasi saluran tersebut misalnya di daerah perkotaan agar tidak memakan banyak lahan maka dipilih saluran kabel bawah tanah.

Saluran transmisi bawah tanah terdapat kelebihan dan kekurangan, seperti jika terjadi gangguan akan lebih rumit dalam penanganannya daripada saluran udara, selain itu kabel bawah tanah dan bawah laut konduktor untuk penyalurannya harus berisolasi karena menyentuh tanah dan air, sehingga membutuhkan biaya yang lebih mahal dalam perawatannya. Kelebihannya tidak terpengaruh oleh perubahan cuaca seperti yang dikeluhkan pada saluran udara. Sedangkan saluran udara konduktornya tidak berisolasi sehingga bahaya apabila dipegang langsung dalam keadaan bertegangan.

Pada saluran udara transmisi terdapat komponen pendukung yang penting yaitu:

### **1. Konduktor**

Konduktor yaitu media penyalur listrik, ada beberapa jenis konduktor yaitu bahan tembaga, baja dan aluminium. Kawat konduktor pada saluran transmisi biasanya adalah kawat telanjang tanpa isolasi dan hanya mengandalkan udara sebagai media isolasi antar kawat penghantar. Konduktor aluminium ada banyak jenis diantaranya adalah ACC (*All Aluminium Conductor*), AAAC (*All-Aluminium-Alloy Conductor*), ACSR (*Alluminium Conductor Steel Reinforced*), ACAR (*Aluminium Conductor, Alloy-Reinforced*), dll. Untuk saluran transmisi tegangan tinggi dimana jarak tiang berjauhan biasanya menggunakan penghantar

dengan kemampuan yang lebih baik dalam menyalurkan listrik maka digunakan penghantar ACSR (*Alluminium Conductor Steel Reinforced*).

## **2. Tower/ Tiang Penyangga**

Tower adalah komponen penyangga fisik konduktor, untuk menyanggah atau merentangakan kawat penghantar dengan ketinggian dan jarak yang aman bagi manusia dan lingkungan sekitar. Antara tower penyangga dan kawat penghantar diberi sekat isolator untuk keamanan. Menurut bentuk jenis konstruksinya tower dibagi menjadi empat yaitu *lattice tower*, *tubular steel pole*, *concrete pole*, dan *wooden pole*.

## **3. Isolator**

Isolator adalah penahan konduktor terhadap tower atau tiang agar tidak terjadi gangguan tanah karena tower bersentuhan dengan tanah, isolator biasanya terbuat dari porselin, gelas ataupun sintetik. Isolator pada transmisi biasanya menggunakan isolator gantung yang dapat ditambah dengan digandeng kebawah. Bahan isolator harus memiliki resistansi yang tinggi yang bertujuan untuk melindungi kebocoran arus dan memiliki ketebalan sesuai standart untuk mencegah *breakdown* pada tekanan listrik tegangan tinggi sebagai pertahanan isolator tersebut serta isolator harus tahan terhadap guncangan dan beban konduktor.

## **4. Kawat Tanah**

Kawat tanah biasa disebut dengan GSW (*Ground Steel Wiring*) tertelak paling atas suatu tower atau tiang transmisi yang berfungsi sebagai penangkap petir agar tidak terkena konduktor dan langsung ditanahkan untuk memproteksi peralatan dari kerusakan akibat petir

### 2.2.3 Gardu Induk

Gardu induk adalah gabungan dalam satu kesatuan antara transformator dan rangkaian *switchgear* melalui sistem control yang saling mendukung untuk keperluan operasional. Gardu induk bekerja dengan mengubah tegangan dari tegangan pembangkit ke tegangan transmisi dan merubah tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi (David, 2017: 6). Peralatan Gardu Induk diantaranya adalah transformer, pemutus (PMT), pemisah (PMS), *lightning arrester* (LA), kubikel, peralatan proteksi seperti relai-relai, ruang DC, *cell* 20 KV, dll.

Fungsi dari Gardu Induk atau *sub-station* secara umum dijelaskan sebagai berikut:

1. Mentransformasikan tegangan listrik, gardu induk dari tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi dan dari tegangan tinggi ke tegangan lebih rendah serta dari tegangan tinggi ke tegangan menengah dengan frekuensi tetap.
2. Sebagai media pengukuran, pengawasan operasi sistem tenaga dari sistem tenaga listrik
3. Sebagai sarana telekomunikasi, di PLN sendiri menggunakan SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) untuk mengontrol suatu proses dan mendapatkan data yang akurat secara *real time*.
4. Sebagai pengatur layanan beban ke Gardu Induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu distribusi, setelah melalui proses penurunan tegangan melalui penyulang tegangan menengah yang ada di gardu induk.

5. Menyalurkan tenaga listrik sesuai kebutuhan tegangan tertentu. Tenaga listrik yang disalurkan dapat berasal dari pembangkiti ataupun dari gardu induk lain.

Gardu induk dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis menurut fungsi, pemasangan dan lain – lain. Berikut adalah klasifikasi gardu induk:

1. Jenis gardu induk berdasarkan pemasangan peralatan yaitu gardu induk pasangan luar, gardu induk pasangan dalam, gardu induk semi- pasangan luar dan gardu induk pasangan bawah tanah.
2. Jenis gardu induk berdasarkan tegangan yaitu gardu induk transmisi dan gardu induk distribusi. Gardu induk transmisi yang ada di PLN adalah tegangan tinggi 150 KV dan 30 KV.

#### **2.2.4 Kabel TACSR**

Dalam G (Z) jenis konduktor TACSR dikenal sebagai *Thermal Resistance Alumunium* yang merupakan paduan dari konduktor baja penguatan, dimana inti batin terdiri dari baja galvanis dan lapisan luar terdiri dari konduktor aluminium tahan panas. Didalam penghantar TACSR (*Thermal Resistant Alumunium Alloy Conductor Steel Reinforced*) terdapat sebuah celah kecil antara inti baja dan lapisan aluminium terdalam, dan celah tersebut diisi dengan lemak tahan panas untuk mengurangi gesekan antara inti baja dan lapisan alumunium serta mencegah masuknya air yang meningkatkan resistansi korosi. (Kumar dan Roshi, 2018: 30)





Gambar 2.2 Penghantar TACSR

<https://mkmkabel.com/product/tacsr/>

Penghantar kawat transmisi jenis TACSR (*Thermal Resistant Aluminium Alloy Conductor Steel Reinforced*) merupakan jenis kawat yang konstruksinya mirip dengan konstruksi untuk konduktor ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*) konvensional tapi kabel EG Grade aluminium digantikan dengan kabel aluminium ditarik keras dari *Heat resistant aluminium alloy*.

TACSR dapat dioperasikan samapai suhu  $150^{\circ}\text{C}$  sehingga memungkinkan untuk memompa lebih banyak arus melalui konduktor. Kemampuan paduan aluminium dan didoping Zirkonium untuk mempertahankan sifat kelistrikan dan mekanisnya pada suhu tinggi menjadikan TACSR menjadi solusi dalam perbaikan jalur yang ada dengan meningkatkan nilai kapasitif. TACSR (*Thermal Resistant Aluminium Alloy Conductor Steel Reinforced*) berdimensi 480 merupakan kawat penghantar ber-resistansi 0,0610 Ohm dimana resistansi konduktor dihitung tiap 1 Km. Konduktor TACSR telah memenuhi standart internasional yang relevan seperti ASTM B232/ B941 dan IEC 61089/62004.

Table 2.1 Dimensional &amp; Electrical Data TACSR

Cross Section Area			No. of Wire/Diameter		Approx. Overall Diameter	Approx. Net Weight	Max. DC Conductor Resistance at 20 °C	Calculated Breaking Force	Current Carrying Capacity	Standard Quantity Per Drum	
Nominal Size	Actual		AL	St							
mm <sup>2</sup>	TAL mm <sup>2</sup>	Steel mm <sup>2</sup>	Total mm <sup>2</sup>	pcs/mm	pcs/mm	mm	kg/km	Ohm/km	kg	A	m
160	159,3	37,2	196,5	30/2.6			733	0,185	6.980	745	2.000
240	241,3	56,3	297,6	30/3.2			1110	0,122	10.170	980	2.000
330	326,7	52,8	379,5	26/4.0			1318	0,0904	10.940	1.190	2.000
410	413,5	67,3	480,8	26/4.5			1672	0,0714	13.900	1.390	2.000
520	519,5	67,3	586,8	54/3.5			1964	0,0545	15.590	1.610	2.000
610	612,4	79,4	691,8	54/3.8			2315	0,0481	18.380	1.795	2.000
680	684,2	46,2	730,4	45/4.4			2252	0,0431	15.590	1.910	2.000
810	814,3	56,3	870,6	45/4.8			2690	0,0363	18.460	2.145	1.000
1160	1163,8	97,0	1260,8	84/4.2			3974	0,0254	27.870	2.700	1.000
1520	1520,0	126,7	1646,7	84/4.8			5191	0,0195	36.410	3.185	1.000

### 2.2.5 Komponen Penghantar

#### A. Tahanan (R)

Tahanan (R) suatu penghantar sebanding dengan panjangnya ( $\ell$ ) dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya (A), sehingga dapat ditulis dengan persamaan:

$$\mathbf{R = \frac{\rho \ell}{A}} \quad (1)$$

Keterangan :

R = Tahanan ( Ohm)

$\rho$  = Resistivitas

$\ell$  = Panjang (m)

A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

### 2.2.6 Faktor Daya

Faktor daya atau *power faktor* (pf) merupakan rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya nyata (VA) biasanya dinyatakan dalam  $\cos \phi$ . Faktor daya mempunyai nilai *range* antara 0-1 dan juga dinyatakan dalam persen.

Faktor daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mathbf{Faktor\ Daya} &= \frac{\mathbf{Daya\ Aktif\ (P)}}{\mathbf{Daya\ Nyata\ (S)}} & (2) \\ &= \frac{\mathbf{KW}}{\mathbf{KVA}} \end{aligned}$$

$$= \frac{V.I \cos\varphi}{V.I}$$

$$= \cos\varphi$$

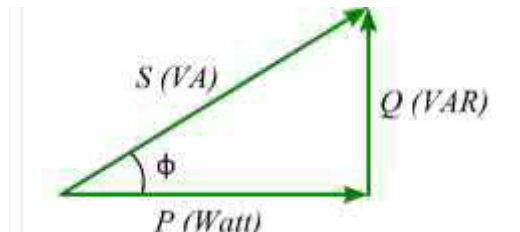
Faktor daya menentukan nilai guna dari daya yang dapat dipakai/ digunakan. Jika faktor daya lebih kecil dari 0,85 maka kapasitas daya aktif yang digunakan berkurang, sehingga timbul beberapa persoalan yaitu membesarnya penggunaan daya listrik kVAR karena rugi-rugi dan mutu listrik menjadi rendah karena jatuh tegangan. Penyebab faktor daya jaringan listrik menjadi rendah adalah beban induktif. Karena pada rangkaian induktif murni arus akan tertinggal  $90^0$  terhadap tegangan, perbedaan sudut fase arus dan tegangan ini yang menyebabkan faktor daya mendekati nilai 0 (nol).

#### **2.2.6.1 Daya Listrik**

Daya listrik yang dibangkitkan dari sebuah perangkat listrik akan sebanding dengan besarnya arus yang mengalir melewatinya. Daya juga sebanding dengan tegangan yang menggerakkan arus tersebut. Sehingga semakin besar arus dan gaya gerak listriknya maka, semakin besar pulalah daya yang dihasilkan oleh perangkat listrik tersebut.

Daya Listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik. Satuan SI (satuan internasional) daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (*joule/detik*) (Melipurbowo, 2016: 19).

Daya dapat dibagi menjadi tiga macam yang terbentuk menjadi segitiga daya yaitu:



Gambar 2.3 Segitiga Daya

<https://www.bing.com/images/>

### 1. Daya Nyata/Semu (S)

Daya nyata 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. Daya nyata didapat dari persamaan 2 yaitu:

$$S = V \cdot I \quad (3)$$

Keterangan:

S = Daya nyata atau semu ( VA)

V = Tegangan (Volt)

A = Arus ( *Ampere* )

### 2. Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya yang digunakan secara umum oleh konsumen. Daya aktif merupakan daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan mesin

- mesin listrik atau peralatan lainnya. Satuan daya aktif dinyatakan dalam Watt.

Daya aktif didapat dari persamaan 3 yaitu:

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi \quad (4)$$

Keterangan:

P = Daya Aktif (Watt/W)

V = Tegangan (Volt)

A = Arus (*Ampere*)

$\cos\phi$  = Rasio perbandingan sudut daya aktif dan daya nyata

### 3. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah Daya reaktif adalah daya yang timbul akibat adanya efek induksi elektromagnetik oleh beban yang mempunyai nilai induktif (fase arus tertinggal/lagging atau kapasitif (fase arus mendahului/leading). Satuan daya reaktif dinyatakan dalam VAr. Daya reaktif didapat dari persamaan 4 yaitu:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin\phi \quad (5)$$

Keterangan :

Q = Daya Aktif (VAr)

V = Tegangan (Volt)

A = Arus (*Ampere*)

$\sin\phi$  = Rasio perbandingan sudut daya aktif dan daya reaktif (KVAR)

#### 2.2.7 Jatuh Tegangan (*Drop Voltage*)

Jatuh tegangan adalah selisih antara tegangan ujung pengirim dengan tegangan ujung penerima (Shahlan, 2017: 13). Jatuh tegangan merupakan besar

tegangan yang hilang pada penghantar listrik. Besar jatuh tegangan dapat dinyatakan dalam persen atau volt. (Winardi, et al., 2018: 66). Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Nilai toleransi menurut standar PLN (SPLN) perancangan transmisi dibuat agar jatuh tegangan diujung diterima 10%. Menurut Shahlan Hariadi (2017: 5) secara matematis dapat dituliskan seperti persamaan 6 yaitu:

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (6)$$

Keterangan :

$\Delta V$  = Jatuh tegangan (volt)

$V_s$  = Tegangan di sisi pengirim (volt)

$V_r$  = Tegangan di sisi penerima (volt)

Atau dapat juga ditulis dalam bentuk persentase dalam persamaan 7 yaitu:

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan :

$\Delta V (\%)$  = Rugi tegangan dalam persen (volt)

$\Delta V$  = Rugi tegangan (volt)

$V$  = Tegangan kerja (volt)

Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Tegangan jatuh ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Tegangan jatuh ( $\Delta V$ ) semakin besar jika arus ( $I$ ) didalam penghantar senajun besar dan jika tahanan penghantar ( $R$ ) semakin kecil.

Jatuh tegangan pada saluran disuatu lokasi disebabkan oleh bagian yang berbeda tegangan didalam suatu sistem daya tersebut dan dipengaruhi oleh resistansi, reaktansi dan impedansi pada saluran. Penurunan tegangan terdiri dari dua komponen yaitu rugi – rugi tegangan akibat tahanan saluran dan rugi rugi tegangan akibat reaktansi induktif saluran.

#### **2.2.7.1 Penyebab Terjadinya Jatuh Tegangan**

Jatuh Tegangan dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu panjang saluran, besar beban pada suatu titik, pembagian beban, tahanan saluran, arus saluran dan faktor daya.

1. Panjang saluran, dengan adanya impedansi saluran maka antara tegangan sumber dan tegangan penerima ada perbedaan. Dimana tegangan penerima lebih kecil dibanding tegangan sumber, selisih antar tegangan tersebut yang dinamakan jatuh tegangan.
2. Besar beban pada suatu titik berbeda antara fasa satu dan fasa lainnya.
3. Pembagian atau penempatan beban dimasing-masing fasa tidak sama.

#### **2.2.8 Rugi Daya**

Rugi daya (*Power 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. Daya listrik yang dikirim dan disalurkan dari gardu induk/ trafo distribusi ke



pemakai mengalami rugi tegangan dan rugi daya, ini disebabkan karena saluran distribusi mempunyai tahanan, induktansi, dan kapasitas.

Rugi-rugi daya adalah besarnya daya yang hilang pada suatu jaringan, yang besarnya sama dengan daya yang disalurkan dikurangi besarnya daya yang diterima. Rugi-rugi daya dapat menyebabkan kerugian perusahaan pemasok listrik. Kerugian tersebut diakibatkan karena energi yang disalurkan tidak sama dengan besarnya energi yang diterima.

Rugi rugi daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 8 yaitu:

$$P_{losses} = 3 \cdot I^2 \cdot R \quad (8)$$

Keterangan :

$P_{losses}$  = Rugi rugi daya (Watt)

$I$  = Arus yang mengalir (*Ampere*)

$R$  = Tahanan saluran (Ohm/meter)

Rugi – rugi daya menurut Alumona, et al., (2014: 24) dibedakan menjadi dua yaitu kerugian teknis dan kerugian non teknis. Kerugian teknis terdiri dari kerugian korona, *joule effect*, kerugian magnetic dan *skin effect*. Menurut Curt (dalam Alumona, et al, 2014: 26) Kerugian korona dapat terjadi jika tegangan saluran ke saluran melebihi ambang korona. Efek *joule* pada kabel transmisi mengalami kerugian sekitar 2,5% Alumona, et al., (2014: 25). Menurut Alumona, et al., (2014: 25) menyatakan meskipun konduktor dalam saluran transmisi memiliki resistivitas yang sangat rendah, itu juga tidak sempurna. Rendahnya resistivitas ini merupakan bagian sebagai upaya mengukur kerugian melalui perhitungan kedalaman kulit dan faktor peredaman daya.

Sedangkan kerugian non-teknik merupakan kerugian yang dapat dapat dihindari untuk utilitas (Alumona, et al.2014: 29) menurut Eseosa, et al.,(2015: 89) kerugian non teknis ini disebabkan oleh tindakan eksternal yang tidak berhubungan fisik dan fungsi dari sistem daya, terutama ileh kesalahan manusia dan dapat disebabkan oleh kondisi dan beban yang tidak dipertimbangkan selama evaluasi kerugian teknis. Rugi non teknis yaitu terdiri dari baut klem kendur, perhitungan dan pencatatan buruk serta kondisi aman jaringan transmisi.

Menurut O.M. Bamigbola et al. (2014: 220) Nilai rugi – rugi daya pada saluran transmisi akan turun apabila:

1. Daya yang ditransmisikan pada arus yang sangat rendah di sepanjang saluran transmisi. Hal ini dapat mengurangi rugi daya pada konduktor, sesuai deangan prinsip transmisi tenaga listrik.
2. Tegangan operasi sama dengan tegangan kritis yang mengganggu. Hal ini terjadi karena tidak ada ionisasi udara di sekitar konduktor sehingga tidak terbentuk korona.
3. Jarak antar saluran transmisi harus lebih besar dari nilai  $r.e\frac{Up}{18r}$ , karena jarak antar konduktor dapat mengurangi tekanan elektro statis dan berdampak pada korona.

### **2.2.9 Rugi – Rugi Daya Reaktif**

Rugi-rugi daya pada saluran transmisi dipengaruhi oleh kuadrat arus saluran ( $I^2$ ), reaktansi saluran ( $X$ ) dan panjang saluran ( $l$ ). Rugi-rugi daya pada saluran

transmisi secara umum berbanding lurus dengan arus saluran dan reaktansi saluran yang besarnya dipengaruhi panjang saluran.

### 2.2.9.1 Rugi Rugi Daya Saluran Transmisi Pendek

Rugi-rugi daya reaktif pada saluran transmisi pendek, hanya memperhitungkan rugi-rugi daya reaktif induktif ( $XL$ ) yang disebabkan oleh induktansi ( $L$ ) karena nilai kapasitansi ( $C$ ) ke tanah sangat kecil, dengan demikian besar arus bocor ke tanah kecil terhadap arus beban, maka dalam hal ini kapasitansi ke tanah dapat diabaikan (Nurdin et al, 2018: 149).

Menurut Arismunandar dan Kuwahara (1975: 3) rugi daya saluran tiga fasa pada saluran transmisi pendek dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan:

$$P_l = 3.I^2.R.l \quad (9)$$

Keterangan :

$P_l$  = Rugi rugi daya (Watt)

$I$  = Arus beban (*Ampere*)

$R$  = Tahanan kawat per fasa (Ohm/meter)

$l$  = Panjang saluran (Km)

### 2.2.9.2 Rugi Rugi Daya Saluran Transmisi Menengah

Menurut Hutaeruk (1996: 61) Pada saluran menengah kapasitansi dapat dipusatkan pada satu titik (nominal T) dan dipusatkan pada dua titik (nominal Phi)

Daya pada ujung kirim dengan persamaan nominal T dapat ditulis dengan persamaan :

$$P_s = \sqrt{3} \times V_s \times I \cos\phi \quad (10)$$

Daya pada ujung kirim dengan persamaan nominal Phi dapat ditulis dengan persamaan :

$$P_s = 3 \times V_s \times I \cos\phi \quad (11)$$

Rugi daya pada saluran transmisi menengah dapat ditulis dengan persamaan:

$$P_l = P_s - P_r \quad (12)$$

Keterangan :

$P_l$  = Rugi rugi daya (Watt)

$P_r$  = daya ujung beban pengirim (Watt)

$P_s$  = daya ujung beban penerima (Watt)

$I$  = Arus beban (*Ampere*)

$V_s$  = Tegangan pada ujung kirim (Ohm/meter)

$\cos\phi$  = Faktor daya

### 2.2.9.3 Rugi Rugi Daya Saluran Transmisi Panjang

Menurut Arismunandar dan Kuwahara (1975: 3) rugi daya saluran tiga fasa pada saluran transmisi pendek dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan:

$$P_l = 3.R.l (I^2 - I \times I_c \sin \phi_r + \frac{1}{3} I_c^2) \quad (13)$$

Keterangan :

$P_l$  = Rugi rugi daya (Watt)

- $I$  = Arus beban (*Ampere*)  
 $R$  = Tahanan kawat per fasa (*Ohm/meter*)  
 $l$  = Panjang saluran (*Km*)  
 $I_c$  = Arus pemuat pada titik pengiriman (*A*)  
 $\cos \phi_r$  = Faktor daya beban

Menurut Arismunandar dan Kuwahara (1975: 62) untuk menghitung saluran transmisi panjang juga dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P_l = P_s - P_r \quad (14)$$

$$P_l = m'm'E_s^2 + m'E_r^2 - 2\rho \sin(90^\circ - \beta) \cos\phi$$

Bila tegangan saluran konstan, maka hilangnya daya dapat dinyatakan hanya sebagai fungsi dari sudut fasa  $\phi$ . Hilangnya daya seperti yang dinyatakan dalam persamaan diatas dihitung atas dasar  $I$  (arus) pada waktu tertentu. Faktor rugi tahunan adalah perbandingan antara rugi energi tahunan rata – rata dan rugi daya pada beban maksimum, sehingga dapat ditulis menjadi:

$$\text{Faktor Rugi Tahunan} = \frac{\text{Rugi Energi Tahunan (KWh)}}{\text{Rugi daya beban maksimum (KW)} \times 8760 \text{ (h)}} \quad (15)$$

#### 2.2.9.4 Daya Guna Transmisi

Daya guna (*efficiency*) saluran transmisi adalah perbandingan Antara daya yang diterima dan daya yang disalurkan.

$$\eta = \frac{P_r}{P_s} \times 100 \% = \frac{P_r}{P_s + P_l} \times 100 \% \quad (16)$$

Keterangan:

- $P_l$  = Rugi rugi daya (*Watt*)  
 $P_r$  = daya ujung beban pengirim (*Watt*)

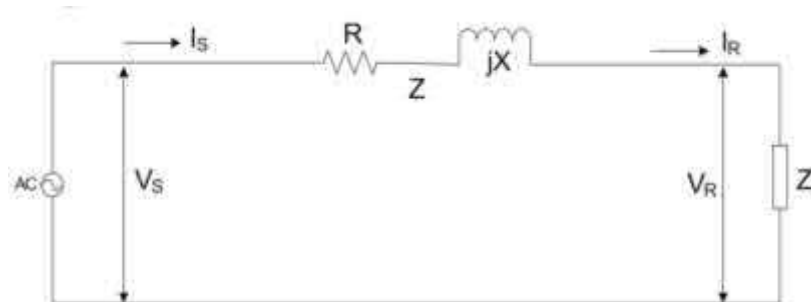
$P_s$  = daya ujung beban penerima (Watt)

### 2.2.10 Klasifikasi Saluran Transmisi

Saluran transmisi berdasarkan panjang atau jarak penghantar dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu:

#### 1. Saluran transmisi jarak pendek

Saluran transmisi jarak pendek adalah saluran yang memiliki jarak kurang dari 80 Km. Saluran transmisi pendek memiliki kapasitansi ke tanah sangat kecil dan beban arus bocor kecil.



Gambar 2.4. Diagram Pengganti Saluran Transmisi  
Hubungan tengangan dan arus adalah

$$\mathbf{V_S = V_R + ZI_R} \quad (17)$$

$$\mathbf{I_S = I_R} \quad (18)$$

Keterangan:

$V_S$  = Tegangan pada ujung kirim (Volt)

$V_R$  = Tegangan pada ujung penerima (Volt)

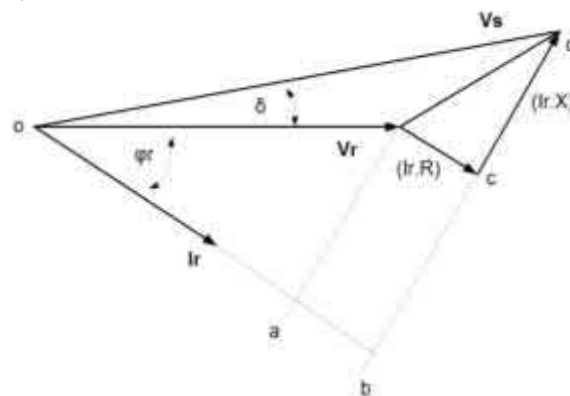
$I_S$  = Arus pada ujung kirim (Ampere)

$I_R$  = Arus pada ujung penerima (Ohm/meter)

$Z$  = Impedansi saluran

Menurut William dan Kamal (1993: 87) pengaruh perubahan faktor daya beban terhadap regulasi tegangan saluran yang paling mudah dimengerti untuk saluran transmisi pendek. Regulasi tegangan pada saluran transmisi adalah kenaikan tegangan pada ujung penerima. Regulasi adalah yang terbesar untuk faktor daya yang tertinggal (*lagging*) dan paling kecil bahkan negative untuk faktor daya yang mendahului (*leading*).

Saluran transmisi pendek dimisalkan beban listriknya merupakan beban yang bersifat induktif. Dibawah ini adalah gambar diagram fasor tegangan saluran transmisi pendek.

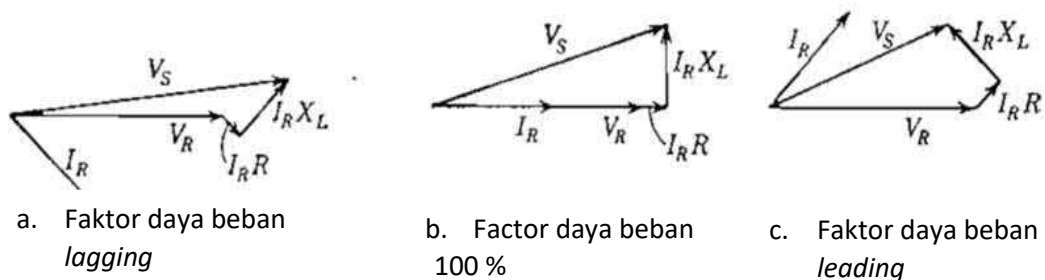


Gambar 2.5 Diagram fasor tegangan dan arus saluran transmisi pendek

Keterangan:

$\delta$  = sudut daya (power angel)

$\phi_r$  = sudut fasa pada sisi terima



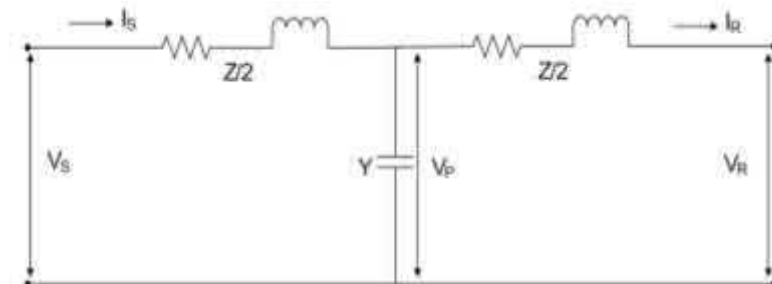
Gambar 2.6 Diagram fasor saluran transmisi pendek

Diagram fasor untuk besar tegangan dan arus penerima yang sama, dan terlihat bahwa diperlukan tegangan ujung pengirim yang lebih besar mempertahankan tegangan suatu penerima tertentu, jika arus pada ujung penerima tertinggal dari tegangannya, daripada arus dan tegangan tersebut sefasa. Suatu tegangan pengirim yang lebih kecil diperlukan untuk mempertahankan tegangan penerima tertentu jika arus penerima mendahului penerimanya

## 2. Saluran transmisi jarak menengah

Saluran transmisi jarak menengah yaitu saluran transmisi yang memiliki jarak 80-250 Km. saluran transmisi menengah memiliki kapasitansi cukup besar. Saluran menengah dibedakan menjadi dua model yaitu saluran transmisi menengah nominal T dan saluran transmisi menengah nominal PI.

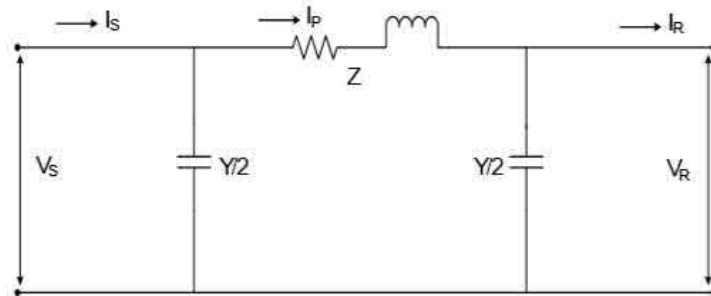
- a. Saluran menengah T yaitu saluran transmisi dengan kapasitansi dipusatkan pada satu titik dan impedansi serinya terbagi dua pada kedua cabang serinya.



Gambar 2.7 Rangkaian Ekivalen Saluran Transmisi Menengah Nominal T

- b. Saluran transmisi menengah nominal Phi yaitu saluran transmisi dengan kapasitansi dipusatkan pada dua titik dan impedansi serinya dipusatkan satu titik pada cabang serinya.

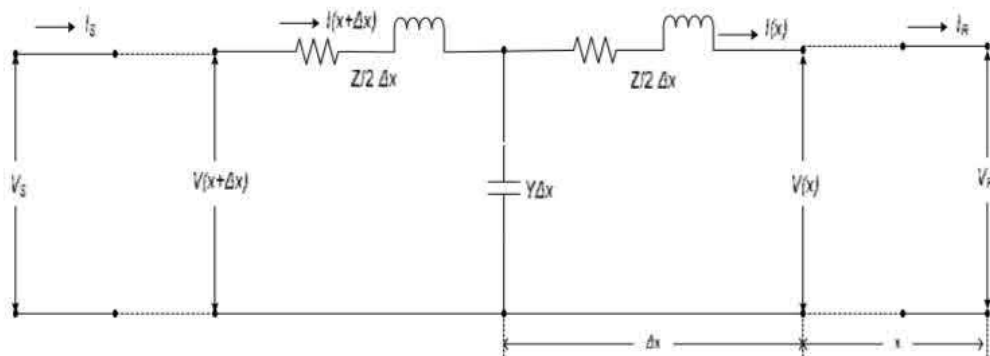




Gambar 2.8 Rangkaian Ekuivalen Saluran Transmisi Menengah Nominal Phi

### 3. Saluran transmisi jarak panjang

Saluran transmisi jarak panjang yaitu saluran transmisi yang memiliki jarak lebih dari 250 Km. Besarnya reaktansi kapasitif paralel dan konduktansi semakin kecil sehingga arus bocor semakin besar.



Gambar 2.9 Diagram Pengganti Saluran Transmisi Panjang

#### 2.2.11 ETAP 12.6.0 (*Electrical Transient Analysis Program*)

ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) adalah suatu program yang terintegrasi yang mendesain dan mensimulasikan untuk menyelesaikan permasalahan *Analysis Harmonic*, *Analysis Transient Stability*, *Analysis Load Flow* (Aliran Daya), *ShortCircuit* (ANSI and IEC), *Optimal Power Flow*, *Ground Grid Systems*, *Manuver Jaringan Sistem Transmisi dan Distribusi*, Mengurangi *Losses*

pada sistem Transmisi dan Distribusi, Pemasangan Kapasitor pada sistem Transmisi dan Distribusi. ETAP dapat dijalankan dengan mikrosoft, windows, XP, Vista 7 dan 8.

Program ETAP dibuat oleh perusahaan *Operation Technology Inc (OTI)* pada tahun 1983. Tujuan program ETAP untuk memperoleh perhitungan dan analisis sistem tenaga listrik pada sistem yang besar pada computer. ETAP pertama kali dikembangkan oleh Brown, K, Shokooh, F, Abcede, H, dan Donner, G, pada Oper. Technology. Inc, Irvine, CA. USA,1990 pada paper “*Interactive Simulation of Power System: ETAP Application and Techniques*”. Program ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) kemudian digunakan untuk studi analisis stabilitas transient dalam sistem tenaga listrik oleh Ramasudha, K; Prakash, V V S, 2003 pada paper “*Power System Simulation Using Electrical Transient Analysis Program (ETAP)*”.

ETAP memungkinkan untuk bekerja secara langsung dengan diagram satu garis grafis dan system kabel bawah tanah *raceway*. ETAP telah dirancang dengan tiga konsep kunci:

- 1. *Virtual reality operasi***

ETAP menggabungkan konsep-konsep baru untuk menentukan perangkat pelindung koordinasi langsung dari diagram satu garis. Program yang memiliki sistem operasi listrik nyata sedekat mungkin. Contohnya ketika membuka atau menutup pemutus, megubah status operasi dari motor, dan under *de-energized* dan sub-sistem yang ditunjukkan dengan diagram satu baris bewarna abu- abu.

## 2. *Total Integration Data*

ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) menggabungkan listrik, atribut logis, mekanik dan fisik dari elemen sistem dalam *database* yang sama. Contohnya kabel tidak hanya berisi data yang mewakili sifat listrik dan dimensi fisik tapi juga informasi yang menunjukkan *raceways* yang dilewati kabel tersebut.

## 3. *Simplicity in Data Entry*

ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Editor data dapat mempercepat proses entri data dengan meminta data minimum untuk studi tertentu. ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) diagram satu garis mendukung sejumlah fitur untuk membantu dalam membangun jaringan dari berbagai kompleksitas. Contohnya setiap elemen secara individu dapat memiliki berbagai orientasi, ukuran dan symbol-simbol display (IEC atau ANSI). Diagram satu garis memungkinkan untuk menempatkan beberapa alat pelindung antara sirkuit cabang dan bus.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menjalankan ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) adalah:

1. *Single line diagram*, menunjukkan hubungan antar komponen peralatan listrik sehingga membentuk sebuah system kelistrikan.
2. *Library*, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. *Library* terdapat data elektris maupun mekanis yang detail sehingga mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi.
3. Standar yang dipakai biasanya IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode-metode yang dipakai.

4. *Study Case* berisi parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

#### **2.2.12 Kerangka Berfikir**

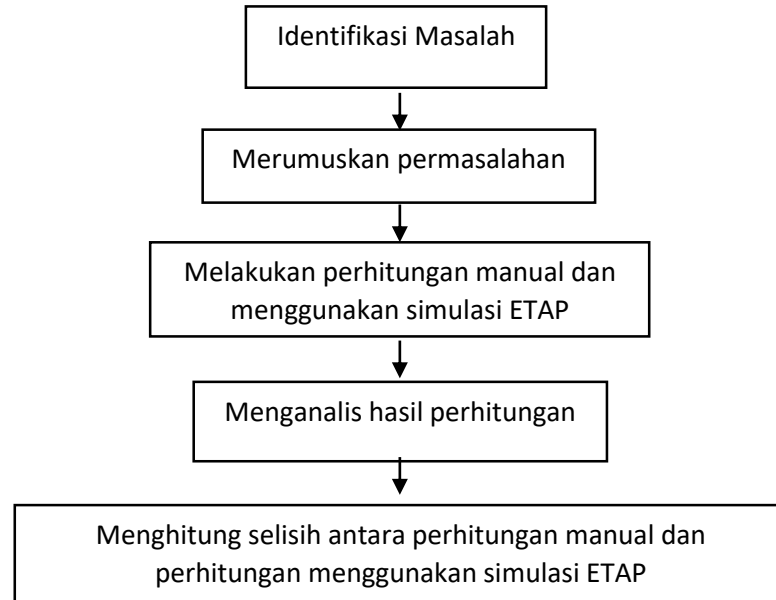
Sugiyono (2016: 38) mengatakan bahwa kerangka berfikir merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting.

Kerangka berfikir dimulai dengan mengidentifikasi masalah, kerangka berfikir dalam penelitian ini yaitu saluran transmisi tahanan tinggi banyak mengalami kerugian daya yang dapat disebabkan oleh korona, kerugian magnetis, *skin effect* dan baut klem kendur. Untuk itu perlu mengetahui besarnya rugi – rugi daya pada saluran penghantar Gardu Induk baik perhitungan manual sesuai dengan data faktual atau perhitungan menggunakan ETAP.

Identifikasi masalah mendasari untuk melakukan analisis masalah, yaitu bagaimana cara untuk mengetahui rugi daya pada saluran penghantar Gardu Induk Purwodadi yaitu dengan perhitungan manual sesuai dengan rumus rugi rugi daya dan menggunakan simulasi ETAP.

Langkah terakhir yaitu menganalisis hasil perhitungan rugi daya sesuai data faktual dengan menggunakan perhitungan manual dan perhitungan menggunakan simulasi ETAP. Kemudian menghitung selisih antara perhitungan manual dan ETAP serta keakuratan simulasi ETAP dalam perhitungan rugi – rugi daya.

Pada penelitian ini alur kerangka berfikir ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.10 Kerangka Berfikir

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Rugi-rugi daya saluran penghantar Mranggen – Purwodadi berdasarkan data faktual dari Gardu Induk Purwodadi dihitung secara manual selama satu tahun sebesar 4,74275 MW dengan rata-rata 0,39523 MW perbulan dengan nilai rata-rata daya 38,867 sehingga persentase rugi daya sebesar 1,0169%.
2. Rugi-rugi daya saluran penghantar Mranggen – Purwodadi berdasarkan data faktual dari Gardu Induk Purwodadi dihitung menggunakan simulasi ETAP 12.6.0 selama satu tahun sebesar 4,9267 MW dengan rata-rata 0,41056 MW per bulan. Karena rata-rata daya perbulan 38,867 MW sehingga presentase rugi daya sebesar 1,0563%.
3. Penggunaan ETAP 12.6.0 bisa menjadi alternatif dalam menghitung rugi-rugi daya saluran transmisi karena memiliki akurasi perhitungan 103,9509% atau + 3,9509 % dari hasil perhitungan manual dengan selisih perhitungan 0,18738 MW. Selain itu menggunakan ETAP dalam menghitung rugi-rugi daya mudah, praktis dan cepat.
4. Selisih antara perhitungan manual dengan perhitungan menggunakan simulasi ETAP 12.6.0 rata-rata dalam satu tahun yaitu 0,18475 MW.

## **5.2 Saran**

Dari hasil penelitian ETAP memiliki nilai akurasi yang baik, lebih mudah, praktis dan cepat dalam menghitung rugi-rugi daya saluran transmisi, sehingga bisa menjadi alternatif dalam perhitungan rugi-rugi daya saluran transmisi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A., dan S.T. Kasim. 2015. **Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Daya pada Gardu Induk PLTU 2 Sumut Pangkalan Susu dengan Menggunakan Program Simulasi Electrical Transient Analyzer**. *Singuda Ensikom*, 12(32): 7-11
- Albaroka Guton, & Gatot Widodo. 2017. **Analisis Rugi Daya pada Jaringan Distribusi Penyulang Barata Jaya Surabaya Selatan Menggunakan Software ETAP 12.6**. *Teknik Elektro*. 6(2), 105 – 110
- Alumona, E., Mosses, O.N., Ezechukwu A. O., & Chijioke Jonah. 2014. **Overview Of Losses and Solutions In Power Transmission Lines**. *Network and complex systems*. 4(8), 24 -31
- Anonym. 2018. **TACSR (Thermal Resistant Aluminum Alloy Conductors Steel Reinforced)** <https://www.midalcable.com/tacsr-thermal-resistant-aluminum-alloy-conductors-steel-reinforced> (diakses pada tanggal 2 Juli 2019 pukul 11.50)
- Author. 2015. **Stop Tegangan Turun**. [http://www.listrikindonesia.com/stop\\_tegangan\\_naik\\_turun\\_744.htm](http://www.listrikindonesia.com/stop_tegangan_naik_turun_744.htm) (diakses pada tanggal 10 Oktober 2019 pukul 18.31)
- Arismunandar, dan Kuwahara. 1975. **Teknik Tenaga Listrik**. Edisi 2. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Bamigbola, O.M., Ali, M.M., & Oke, M.O. 2014. **Mathematical Modeling Of Electric Power Flow & The Minimization Of Power Losses On Transmission Line**. *Applied Mathematics And Computation*. 241: 214-221.
- Bhatti, S.S., Lodhi, E.M.U.U., & Shan ul Hag. 2015. **Electric Power Transmission and Distribution Losses Overview and Minimization in Pakistan**. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 6(4), 1108 -1112.
- Dewantara Mahardira. 2018. **Analisis Rugi – Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Dari Gardu Induk Wonogiri Sampai Gardu Induk Wonosari**.
- Dinata Irwan, Wahri Sunanda. 2015. **Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database**. *Nasional Teknik Elektro*. 4(1), 83-88



- Eseosa Omorogiuwa, & Promise Elechi. 2015. *Economic Effects of Technical and Non Technical Losses in Nigeria Power Transmission System. IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*. 10(1), 89 -100
- Fakhrian David Dhio. 2017. **Analisis Perhitungan Setting Relay Jarak pada saluran udara tegangan tinggi 150 KV gardu induk kentungan – sanggrahan**
- Febriana Ramdan. 2016. **Transmisi Tenaga Listrik**. <https://www.warriornux.com/transmisi-tenaga-listrik/> (diakses pada tanggal 5 Juli 2019 pukul 16.20)
- Gusti Mas. 2014. **Sistem Transmisi Tenaga Listrik**. <https://sayagusti.wordpress.com/2014/12/12/sistem-transmisi-tenaga-listrik/> (diakses pada tanggal 2 Juli 2019 pukul 15.17)
- Hariyadi Shahlan. 2017. **Analisis Rugi – Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Pada Gardu Induk Palur - Masaran.**
- Hakim Muhammad Fahmi. 2014. **Analisis Kebutuhan Capacitor Bank Beserta Implementasinya Untuk Memperbaiki Faktor Daya Listrik Di Politeknik Kota Malang.** *Elték*. 12(1), 105-118
- Handayani Merry.2016. **Perhitungan Rugi-Rugi Pada Simulasi Saluran Transmisi 380 Kv Jarak 300 Km Di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya**
- Hontong,N.J., Maickel Tuegeh, & Lily.S.Patras. 2015. **Analisa Rugi – Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di PT PLN Palu.** *Teknik Elektro dan Komputer*. 65-71
- Hutajulu, C.A. 2016. **Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Rugi Daya Saluran Netral Pada Jaringan Distribusi Di PT PLN (Persero) Rayon Rivai Palembang Menggunakan Sdftware Etap 12.6.0**
- Hutauruk. 1996. **Transmisi Daya Listrik**. Jakarta:Erlangga
- Kosasih Ghofur Barum. 2017. **Analisa Rugi – Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Pada Gardu Induk Jajar – Gedangrejo. Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.**

- Kumar manish, & Roshni Rehangdale. 2018. *Comparative Analysis of ACSR and HTLS Conductor. International Jurnal on Future Revolution In computer Science & Communication Engineering*. 4(5), 29 – 35
- Latupeirissa, H.L., Halamoan, M.M., & Critter, A.L. 2018. **Analisis Kerugian Tegangan Pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 Volt Gardu Distribusi Politeknik Negeri Ambon**. *Simetrik*. 8(1), 46-51
- Melipurbowo, B.G. 2016. **Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus ACS.712**. *Orbith*. 12(10), 17-23
- Nurdin A. dan Abdul A. 2018. **Pengaruh Jarak Antar Sub Konduktor Berkas Reaktansi Induktif Saluran Terhadap Transmisi 150 Kv Dari Gardu Induk Keramasan Ke Gardu Induk Mariana**. *Jurnal Ampere*. 3(2), 145-156
- Pamungkas, A., Subuh, I.H. 2019. **Studi Analisis Kerugian Daya Pada Jaringan Distribusi 20 KV Penyulang Modo Area Bojonegoro Menggunakan Software Etap 12.6**. *Teknik Elektro*. 08(2), 277-284
- Pratama Indra Yuda. 2019. **Analisis Rugi Daya Saat Manuver Jaringan Dengan Etap Power Station 12.6**
- PT. Mega Khasirma Makmur. 2017. **TACSR**. <https://mkmkabel.com/product/tacsr/>. (diakses pada 6 September 2019 pukul 9.40)
- Purnomo Hery. 2016. **Analisis Sitem Daya**
- Rahmadhian, Ir. Cahayahati, MT., dan Ir. Ija Darmana, MT., 2015. **Evaluasi Losses Daya Pada Sistem Transmisi 150 KV Sumatera Barat**.
- Tambunan, J.M., Djoko,S., & Rima,S.R. 2017. **Pengaruh Rugi – Rugi Saluran Pada Jaringan Transmisi Tegangan Menengah Penyulang E2 Gardu Induk Embalut Tenggarong**. *SUTET*. 7(2), 69-132
- Tanjung, A. 2014. **Rekonfigurasi Sistem Distribusi 20 Kv Gardu Induk Teluk Lembu Dan PLTMG Langgam Power Untuk Mengurangi Rugi Rugi Daya Dan Drop Tegangan**. *Sains, Teknologi dan Industri*. 11(2), 160 – 166
- Setyawan Remanda Damas. 2018. **Analisis Susut Energi Penggunaan Penghantar TACSR Pada Jaringan Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Pada Gardu Induk Palur – Solobaru Dengan ETAP 12.6**

- Stevenson, D.W., dan Idris Kamal. 1993. **Analisis Sistem Tenaga Listrik**. Jakarta:Erlangga
- Sugiyono.2016. **Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D**. Bandung: PT Alfabeta.
- Sugiyono. 2017. **Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D**. Bandung: PT Alfabeta.
- Syahputra Ramadoni. 2017. **Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik**. Yogyakarta: LP3M UMY
- Winardi, B., Winarno, H., and Kurnanda,R.A. 2016. **Perbaikan Losses dan Drop Tegangan PWI 9 Dengan Pemplimpahan Beban Ke Penyulang Baru PWI 11 Di PT PLN (Persero) Area Semarang**. Transmisi.18(2), 65-69
- Zuhal. 1995. **Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya**. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama