

SKRIPSI

**ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA TRANSMISI TEGANGAN TINGGI
150 KV DI PLN SUNGGUMINASA**



AGUS SETIAWAN
10582156615

ANGGIT PRIATAMA
10582156315

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2021**

**ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA TRANSMISI TEGANGAN TINGGI
150 KV DI PLN SUNGGUMINASA**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik**

Disusun dan diajukan oleh

**AGUS SETIAWAN
10582156615**

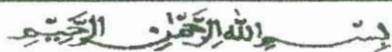
**ANGGIT PRIATAMA
10582156315**

**PADA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
MAKASSAR
2021**

10/05/2021

1 cap
Sub. Alumi

R/016/ELT/21 CD
SET
a'



HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : **ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV DI PLN SUNGGUMINASA**

Nama : 1. Anggit Priatama

2. Agus Setiawan

Stambuk : 1. 105 82 1563 15

2. 105 82 1566 15

Makassar, 01 April 2021

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Pembimbing II

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

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro

Adriani, S.T., M.T.

NBM : 1044 202



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Anggit Priatama** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 1563 15 dan **Agus Setiawan** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 1566 15, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/20201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 27 Februari 2021.

Panitia Ujian :

Makassar, 19 Sya'ban 1442 H
01 April 2021 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

2. Penguji

a. Ketua : Rizal Ahdiyat Duyo, S.T.,M.T

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

3. Anggota

: 1. Suryani, S.T.,M.T

2. Ir. Abdul Hafid, M.T

3. Andi Fajaruddin, S.T.,M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

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

Dekan



Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T., I.P.M

NBM : 855 500

KATA PENGANTAR

Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh...

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Yang Maha segalanya yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, Shalawat serta salam tak henti-hentinya kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW beserta seluruh keluarga dan sahabatnya, karena syafa'atnya kita dapat hijrah dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang-benderang seperti sekarang ini, sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini berjudul Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Di PLN Sungguminasa, penulisan skripsi ini merupakan sebuah fase terakhir dalam prosesi pendidikan di perguruan tinggi, guna meraih gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar. Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan serta kerjasama dari berbagai pihak akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang tak terhingga kepada kedua Orang Tuaku tercinta, Ayah Handa Dan Ibunda yang telah mengasuh penulis sejak lahir dengan penuh cinta dan kasih sayang, doa-doa yang tiada hentinya dan senantiasa memberikan tuntunan hidup serta kesempatan untuk memperoleh pendidikan yang terbaik.

Penulis yakin sepenuhnya bahwa skripsi ini tidak mungkin dapat terselesaikan tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, karenanya penulis

juga ingin mengucapkan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

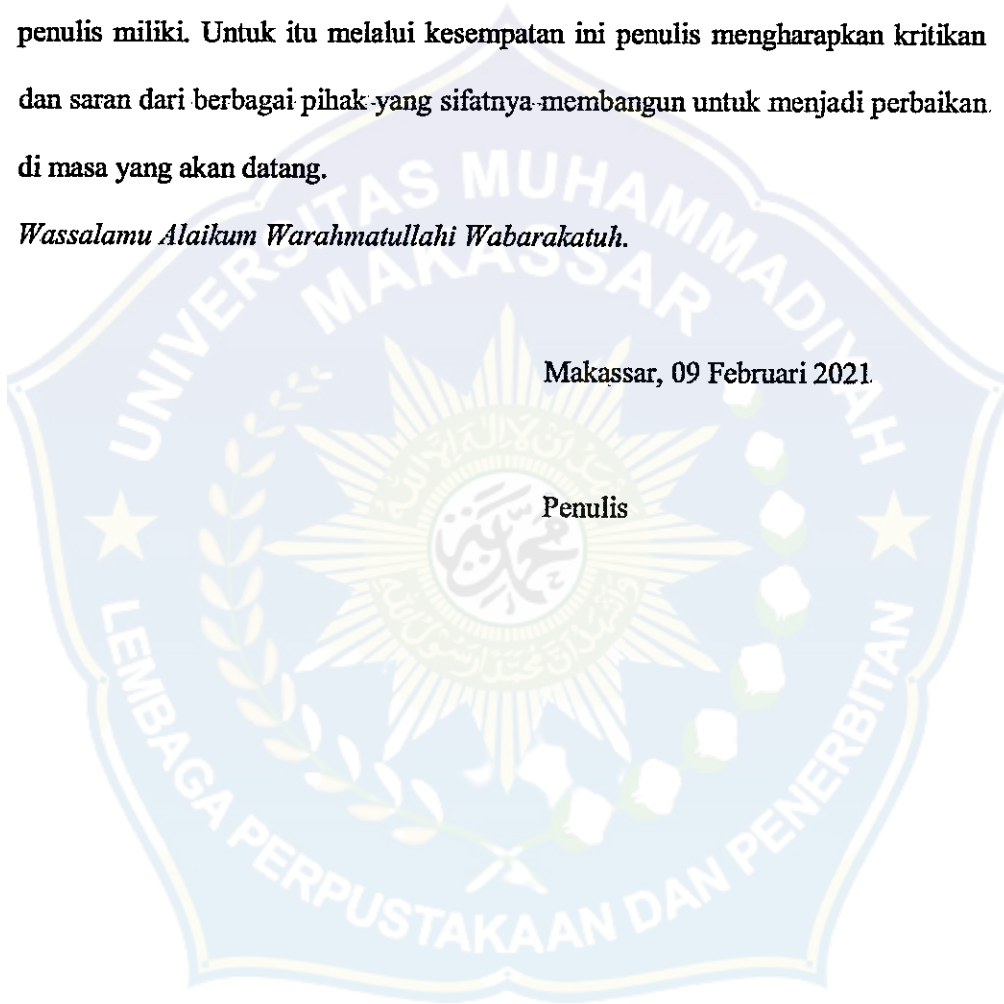
1. **Allah SWT** yang memberikan kehidupan, keselamatan, dan kesehatan baik jasmani dan rohani.
2. **Nabi Muhammad SAW** yang senantiasa menjadi panutan kita semua.
3. **Bapak Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag**, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. **Bapak Ir. Hamzah Al Imran, S.T.,M.T** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. **Ibu Adriani, S.T.,M.T** selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. **Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc** selaku Pembimbing Utama yang telah membimbing, mengarahkan dan memberikan banyak pengetahuan yang sangat bermanfaat kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
7. **Bapak Dr. Ir H. Antarissubhi, S.T.,M.T** selaku pembimbing anggota yang telah membimbing penulis dalam menyusun skripsi ini, memberikan banyak saran, kritik, arahan dan juga ilmu pengetahuan selama penulis belajar di UNISMUH.
8. Teman saya, **Suriana, S.Pi** yang ikut menemani, membantu selama penyusunan skripsi berlangsung dari awal hingga akhir penyusunan skripsi ini.
9. Teman-teman seperjuangan Mahasiswa Elektro yang telah banyak membantu penulis selama menempuh masa perkuliahan, terima kasih atas pengalaman dan kerjasamanya selama ini.

Akhir kata hanya kepada Allah SWT segalanya dikembalikan. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan yang disebabkan oleh keterbatasan yang penulis miliki. Untuk itu melalui kesempatan ini penulis mengharapkan kritikan dan saran dari berbagai pihak yang sifatnya membangun untuk menjadi perbaikan di masa yang akan datang.

Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, 09 Februari 2021.

Penulis



Agus Setiawan¹. Anggit Priatama²

Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar¹

E_mail: setiawanagus0616@gmail.com

Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar²

E_mail: tamapriatama@gmail.com

ABSTRAK

Abstrak; Agus Setiawan dan Anggit Priatama (2021) Seiring berjalannya waktu, perkembangan teknologi semakin pesat. Kehidupan serba modern seperti saat ini, sangat di butuhkan listrik sebagai sumber energi. Kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat, mensyaratkan ketersediaan energi listrik yang efisien dan berkualitas. PT. PLN (persero) mempunyai tiga tingkatan dalam penyaluran tenaga listrik antara lain tingkat pembangkitan, tingkat transmisi dan tingkat distribusi, sehingga menimbulkan banyak terjadi masalah di dalamnya. Masalah di antaranya pada saluran transmisi maupun distribusi terdapat rugi-rugi daya yang di sebabkan oleh beberapa faktor. Rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi perlu di perhatikan, karena bisa menyebabkan hilangnya daya yang cukup besar. Analisa perhitungan rugi-rugi daya dilakukan pada sistem transmisi tegangan tinggi 150 kv pada gardu induk Sungguminasa ke gardu induk Bollangi. Analisis dilakukan dengan melalui survei pada lokasi dan kemudian melakukan perhitungan rugi-rugi daya selama sepuluh hari secara manual. Metode yang digunakan yaitu peneliti melakukan pengambilan data tegangan dan arus yang di lakukan setiap hari. Pengambilan data ini dilakukan pada pukul 08.00 dan 12.00 WIB. Penghantar pada saluran transmisi gardu induk Sungguminasa ke gardu induk Bollangi menggunakan type ACSR yang memiliki dimensi 240/40. Hasil kesimpulan analisis rugi-rugi daya adalah puncak rugi-rugi daya tertinggi yang terjadi pada tanggal 25 september sebesar 0,074559 MW dan kehilangan daya terendah pada tanggal 22 september sebesar 0,058557 MW dengan rugi-rugi daya lebih besar pada tanggal 27 september sebesar 0,084322 MW dan kehilangan daya terendah pada tanggal 23 september sebesar 0,059428 MW.

Kata Kunci : Transmisi, Analisis, Rugi-rugi daya.

Agus Setiawan¹. Anggit Priatama²

Product Of Electrical Engineering, Faculty Of Engineering Unismuh Makassar¹

E_mail: setiawanagus0616@gmail.com

Product Of Electrical Engineering, Faculty Of Engineering Unismuh Makassar²

E_mail: tamapriatama@gmail.com

ABSTRACT

Abstract; Agus Setiawan and Anggit Priatama (2021) Over time, the development of technology is getting faster. In modern life like today, electricity is very much needed as an energy source. The increasing need for electricity requires the availability of efficient and quality electrical energy. PT PLN (Persero) has three levels in the distribution of electricity, including the generation level, transmission rate and distribution level, causing many problems in it. The problems, including in the transmission and distribution lines, are power losses caused by several factors. The power loss that occurs in the transmission line needs to be considered, because it can cause a considerable loss of power. Analysis of power loss calculations carried out on a 150 kv high voltage transmission system at the Sungguminasa substation to the Bollangi substation. The analysis was carried out by surveying the location and then calculating the power losses for ten days manually. The method used was that the researcher collected voltage and current data which was done every day. This data was collected at 08.00 and 12.00 WIB. The conductor on the Sungguminasa substation transmission line to the Bollangi substation uses the ACSR type which has dimensions of 240/40. The conclusion of the power loss analysis is that the highest power loss peak that occurs on September 25 is 0.074559 MW and the lowest power loss on September 22 is 0.058557 MW with greater power losses on September 27, 0.084322 MW and the lowest power loss on September 23 is 0.059428 MW.

Keywords: transmission, analysis, power losses.

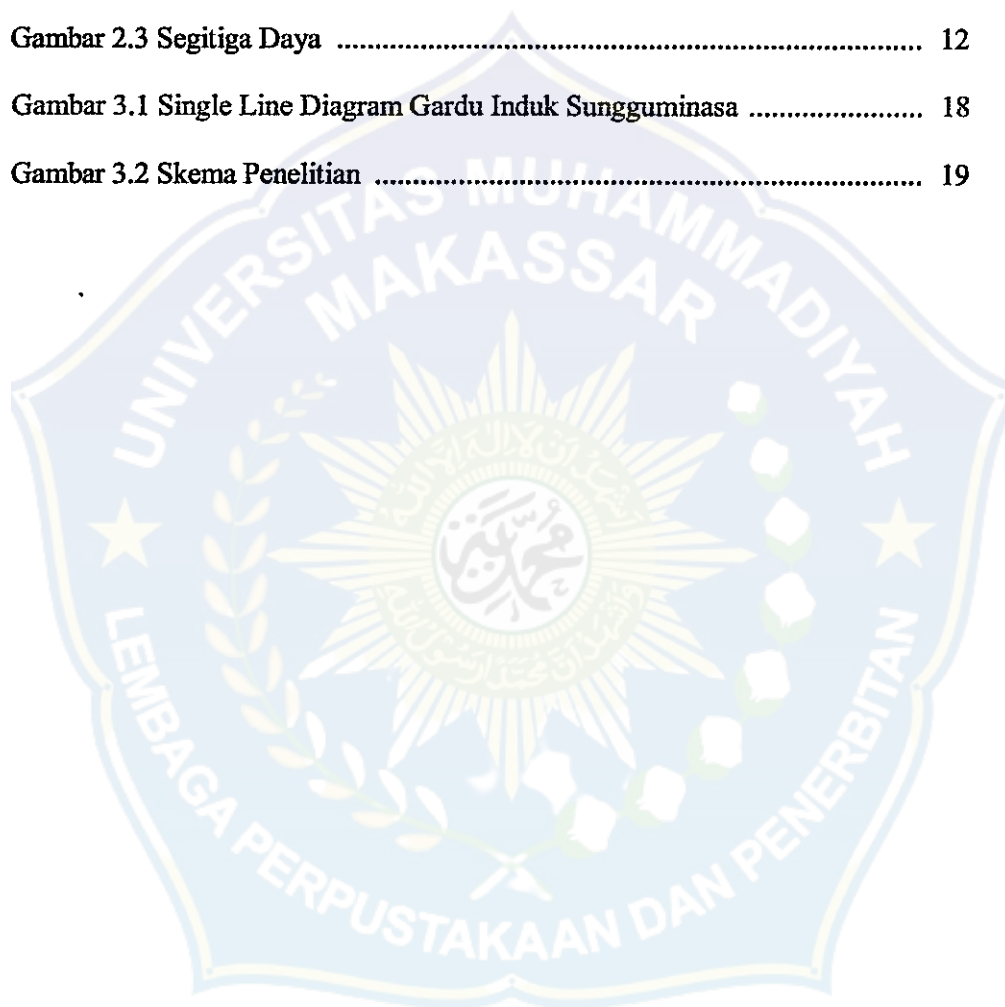
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Pengertian Sistem Distribusi Tenaga Listrik	4
B. Parameter-Parameter Saluran Distribusi	9
C. Faktor Daya.....	10
D. Rugi Daya (Power Losses)	13
E. Strategi Penurunan Rugi-Rugi	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19

A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
B. Skema Penelitian.....	20
C. Analisis Data.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
A. Faktor Penyebab Rugi-Rugi Daya	23
B. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Daya.....	24
BAB V PENUTUP	30
A. Kesimpulan	30
B. Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Sistem Penyaluran Tenaga Listrik	8
Gambar 2.2 Aljabar Fasor	10
Gambar 2.3 Segitiga Daya	12
Gambar 3.1 Single Line Diagram Gardu Induk Sungguminasa	18
Gambar 3.2 Skema Penelitian	19



DAFTAR TABEL

Table 1 Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Daya Pada Penghantar 27



DAFTAR GRAFIK

Grafik 1 Rugi-Rugi Daya	28
-------------------------------	----



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu, teknologi berkembang semakin pesat. Kehidupan serba modern seperti saat ini, sangat di butuhkannya listrik sebagai sumber energi. Listrik merupakan energi yang dapat di ubah menjadi energi lain, seperti panas, cahaya, kimia atau gerak (Sugiono 2014).

Kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat, mensyaratkan ketersediaan energi listrik yang efisien dan berkualitas. Efisien dalam arti, energi yang di bangkitkan dapat di distribusikan secara maksimal kepada konsumen tanpa kehilangan energi seperti pada sistem jaringan maupun peralatan listrik seperti pada trafo (Marsudi Djiten. 2015).

. Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN Persero) adalah satu perusahaan yang diberi wewenang oleh pemerintah untuk menangani kelistrikan di Indonesia. PT.PLN (persero) mempunyai tiga tingkatan dalam penyaluran tenaga listrik antara lain tingkat pembangkitan, tingkat transmisi dan tingkat distribusi, sehingga menimbulkan banyak terjadi masalah di dalamnya. Ketersediaan listrik yang cukup dan berkualitas merupakan hal yang harus di penuhi oleh Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN Persero).

Sistem kelistrikan antar pusat-pusat pembangkit dan pusat- pusat beban pada umumnya terpisah dalam ratusan bahkan ribuan kilometer, sehingga tenaga listrik yang di bangkitkan harus disalurkan melalui kawat-

kawat saluran transmisi. Transmisi tenaga listrik yaitu proses penyaluran listrik ke berbagai tempat sehingga dapat di distribusikan kepada pelanggan-pelanggan listrik. Saluran transmisi mendistribusikan energi listrik melalui saluran udara tegangan tinggi (SUTT), saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET), saluran kabel tegangan tinggi (SKTT). Proses penyaluran tenaga listrik terdapat beberapa masalah, masalah diantaranya yaitu terdapat rugi-rugi daya. Rugi-rugi daya terjadi karena beberapa faktor yaitu faktor korona, kebocoran isolator, jarak dan lain-lain. Rugi daya dapat di ketahui apabila tegangan pada pangkal pengirim (pembangkit) dan pangkal penerima terjadi perbedaan (Sujatmiko, 2009).

Rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi sangat perlu di perhatikan, karena bisa menyebabkan hilangnya daya yang cukup besar. Rugi daya merupakan kehilangan energi yang sama sekali tidak mungkin di hindari. Kehilangan energi perlu di prediksi dan di analisa agar tidak melebihi batas wajar. Kekurangan pasokan listrik pada suatu daerah akan mengakibatkan tegangan rendah bahkan pemadaman listrik (Marsudi Djiteng. 2015).

Maka dari itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang "Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Transmisi Tegangan Tinggi 150 Kv Di PLN Sungguminasa". Analisis dilakukan dengan melalui pengambilan data pada lokasi dan kemudian melakukan perhitungan rugi-rugi daya selama sepuluh hari secara manual.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat di ketahui beberapa permasalahan yaitu sebagai berikut:

1. Berapa rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kv di PLN Sungguminasa.
2. Berapa besar daya kirim dari gardu induk Sungguminasa ke gardu induk Bollangi.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Luas lingkup tentang kerugian yang dialami oleh PLN Sungguminasa.
2. Informasi yang disajikan yaitu besar daya yang dikirim dari PLN Sungguminasa ke PLN Bollangi.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kv di PLN Sungguminasa.
2. Mengetahui besar daya kirim dari gardu induk Sungguminasa ke gardu induk Bollangi

E. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terbagi dalam beberapa bagian yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, alasan memilih judul, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan tentang teori-teori yang berkaitan dengan judul penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, diagram balok, dan gambar rangkaian penelitian serta metode penelitian yang berisi langkah-langkah dalam proses melakukan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil dan analisa/pembahasan.

BAB V PENUTUP

Penutup yang terdiri dari kesimpulan dan saran-saran.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang daftar referensi penulis dalam memilih teori yang relevan dengan judul penelitian.

LAMPIRAN

Bagian ini berisi tentang gambar dan dokumentasi yang dilakukan selama penelitian di lapangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi tenaga listrik juga dapat didefinisikan sebagai semua bagian dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan sumber daya besar (big power source) dengan rangkaian pelayanan pada konsumen (Cekmas Cekdin, 2013) Sumber daya besar tersebut sebagai berikut:

1. Pusat pembangkit tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan jaringan distribusi.
2. Gardu induk, yaitu gardu yang disuplai dari pusat pembangkit tenaga listrik melalui jaringan transmisi dan sub transmisi. Salah satu fungsi dari gardu induk adalah menyuplai tenaga listrik ke gardu distribusi melalui jaringan distribusi.
3. Gardu distribusi, merupakan gardu yang disuplai dari gardu induk melalui jaringan distribusi. Salah satu fungsi dari gardu distribusi adalah sebagai penyuplai tenaga listrik kepada konsumen yang letaknya jauh dari gardu induk maupun pusat pembangkit tenaga listrik.

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik hingga ke saluran distribusi listrik sehingga dapat disalurkan ke konsumen.

Ada dua kategori saluran transmisi yaitu saluran udara (overhead line) dan saluran bawah-tanah (underground), (Kawulur C. L dkk, 2013).

Konduktor yang digunakan pada saluran transmisi bukanlah hal yang mudah untuk ditentukan karena dengan jenis tertentu konduktor itu sangat berpengaruh dalam penyaluran daya dari pembangkitnya. Konduktor yang sering digunakan adalah tembaga, tetapi sekarang konduktor-konduktor aluminium telah lama sekali menggantikan tembaga karena jauh lebih murah dan lebih ringan dari pada tembaga serta diameter yang lebih besar juga dari tembaga sehingga lebih menguntungkan, (Mismail, 1982).

Kawat tembaga banyak dipakai pada saluran transmisi karena konduktivitasnya yang tinggi. Kawat tembaga ini mempunyai kelemahan yaitu untuk besar tahanan yang sama, kawat tembaga lebih berat dan lebih mahal dibanding kawat aluminium, untuk memperbesar kuat tarik dari kawat aluminium, digunakan campuran aluminium (aluminium alloy). Saluran transmisi tegangan tinggi, dimana jarak antara menara/tiang berjauhan, maka dibutuhkan kuat tarik yang lebih tinggi oleh karena itu digunakan kawat penghantar ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) (Kawulur C. L dkk, 2013).

Saluran transmisi yang menggunakan jenis konduktor aluminium pun selalu mengalami perubahan arus dan tegangan sehingga menimbulkan hilangnya sebagian daya tetapi lebih kecil dari tembaga peristiwa ini dikenal dengan rugi-rugi daya pada konduktor (Kawulur C. L dkk, 2013).

Adapun fungsi utama dari sistem distribusi adalah menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya (pembangkit) ke pelanggan atau konsumen, baik buruk suatu jaringan distribusi dapat dinilai dari bermacam-macam faktor,

antara lain mengenai hal-hal sebagai berikut:

1. Regulasi Tegangan
2. Kontinuitas Pelayanan
3. Efisiensi
4. Fleksibilitas
5. Harga Sistem

Dari 5 faktor diatas, masalah-masalah yang dihadapi dalam suatu sistem jaringan distribusi adalah bagaimana menyalurkan tenaga listrik ke konsumen dengan cara sebaik mungkin untuk saat tertentu dan juga untuk masa yang akan datang. Sistem distribusi tenaga listrik harus memenuhi beberapa syarat sebagai berikut:

1. Gangguan terhadap pelayanan (interruption) pada sistem tidak boleh terlalu lama.
2. Gangguan terhadap pelayanan tidak boleh terlalu sering.
3. Sistem bersifat fleksibel (mudah dalam menyesuaikan diri dengan keadaan yang terjadi, seperti perubahan beban dan lainnya yang tidak menelan biaya yang tinggi).
4. Regulasi tegangan tidak terlampau besar.
5. Biaya sistem operasional harus seminimal mungkin.

Bagian-bagian dari sistem jaringan distribusi tenaga listrik pada umumnya terdiri dari dua bagian besar, yaitu sebagai berikut:

1. Jaringan distribusi primer

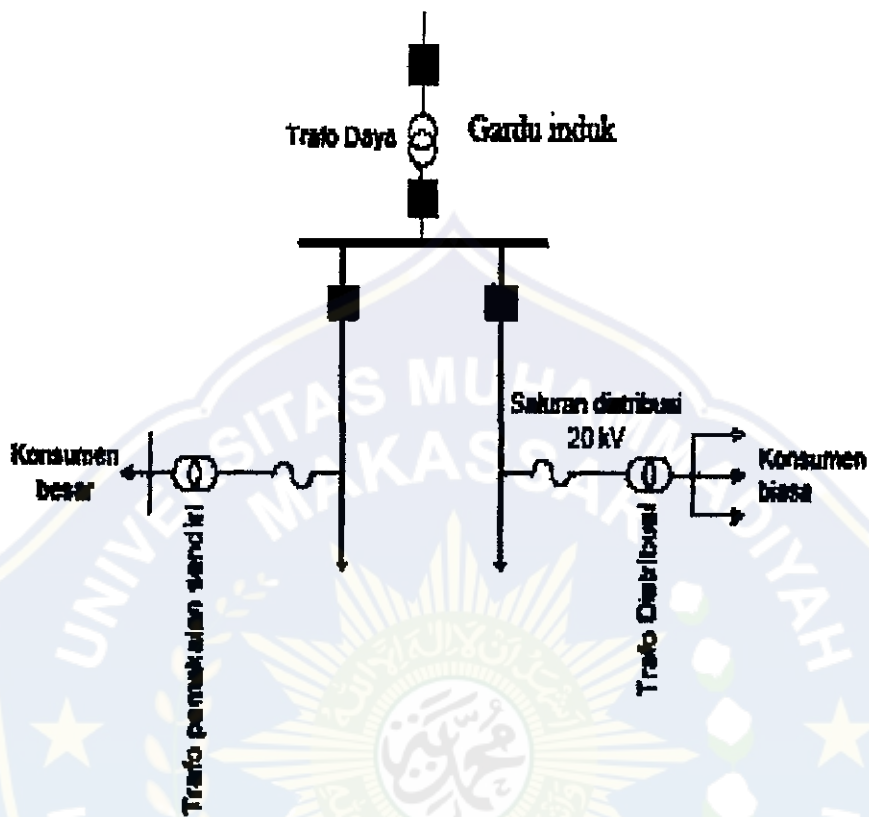
Jaringan distribusi primer, yaitu terletak diantara sisi sekunder trafo

substation (gardu induk) sampai dengan sisi primer trafo distribusi. Pada umumnya saluran distribusi primer mempunyai nilai tegangan menengah sebesar 6 dan 20 kV. Jaringan distribusi primer pada umumnya mempunyai 5 jenis jaringan yaitu sistem radial, sistem lingkaran (loop), sistem hantaran hubung (tie line), sistem spindel dan sistem cluster.

2. Jaringan distribusi sekunder

Jaringan distribusi sekunder, yaitu terletak pada sisi sekunder trafo distribusi sampai titik cabang menuju beban. Level tegangan yang digunakan pada umumnya yaitu 380/220 V.

Sistem jaringan distribusi primer dan sekunder seperti pada gambar 2.1 merupakan bagian dari sistem distribusi tenaga listrik yang pada umumnya daya yang sampai ke titik-titik beban lebih kecil dari pada daya yang dibangkitkan. Hal ini disebabkan karena adanya rugi-rugi daya sepanjang jaringan yang disebabkan pemakaian beban konsumen, panjang saluran yang dipakai dan luas penampang penghantar. Rugi-rugi daya ini akan berbeda pada tiap-tiap penyulang, tergantung dari besarnya pemakaian beban dan luasnya daerah pelayanan dari masing-masing penyulang. Dari rugi-rugi daya inilah yang akan mempengaruhi nilai efisiensi penyaluran untuk menentukan besar energi listrik yang sampai ke konsumen.



Gambar 2.1 Skema sistem penyaluran tenaga listrik

B. Parameter-Parameter Saluran Distribusi

Dalam penyaluran daya listrik dari pembangkit sampai ke konsumen melalui suatu sistem yang panjang, terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi besaran tenaga listrik yang diterima (Afandi, AN. 2011) yaitu:

1. Resistansi Saluran

Nilai tahanan saluran transmisi dipengaruhi oleh resistivitas konduktor, suhu, dan efek kulit (skin effect). Tahanan merupakan sebab utama timbulnya susut tegangan pada saluran transmisi. Dikenal dua macam tahanan, yaitu tahanan arus searah dan tahanan arus bolak-balik (Afandi, AN. 2011).

2. Reaktansi Saluran

Dalam hal arus bolak-balik medan sekeliling konduktor tidaklah konstan melainkan berubah-ubah dan mengait dengan konduktor itu sendiri maupun konduktor lain yang berdekatan oleh karena adanya fluks yang memiliki sifat induktansi (Afandi, AN. 2011).

3. Induktansi Saluran

Suatu penghantar yang membawa arus menghasilkan suatu medan magnetik di sekeliling penghantar. Fluks magnetik saluran merupakan lingkaran konsentris tertutup dengan arah yang diberikan oleh kaidah tangan kanan. Dengan penunjukan ibu jari sebagai arah arus, jari tangan kanan yang melingkari titik kawat sebagai arah medan magnetic (Afandi, AN. 2011).

C. Faktor Daya

Faktor daya atau biasa disebut dengan $\cos \varphi$ didefinisikan sebagai

perbandingan daya aktif dengan daya semu. Factor daya dirumuskan (Afandi, AN. 2011) sebagai berikut:

$$\text{Factor daya} = \text{PS} = \frac{V.I.\cos\phi}{V.I} \dots\dots\dots (2.1)$$

Faktor daya menentukan nilai guna dari daya yang dapat dipakai/digunakan. Faktor daya yang optimal adalah sama dengan satu. Faktor daya lagging maupun leading bersifat memperkecil nilai guna tersebut. Umumnya pemakaian tenaga di industry sebagian besar bersifat lagging.



- a. Beban bersifat kapasitif (leading) b. Beban bersifat induktif (lagging)

Gambar 2.2 Aljabar Fasor

Daya listrik adalah laju hantaran energi listrik yang mengalir pada suatu penghantar. Daya listrik dapat dibagi menjadi tiga, yaitu daya semu (S), daya aktif (P), dan daya reaktif (Q).

1. Daya Semu

Daya Semu (S) merupakan hasil perkalian tegangan dan arus yang melalui penghantar (Gross, Charles A. 1986)

$$S \sqrt{3} \phi = \sqrt{3} \times V \times I \dots\dots\dots (2.2)$$

$$S \phi = V \times I \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

2. Daya Aktif

Daya aktif atau daya nyata (P) adalah daya listrik yang digunakan untuk menggerakkan/mengoperasikan mesin-mesin listrik atau peralatan listrik lainnya.

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots (2.4)$$

$$P_{1\phi} = V \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

P = Daya aktif (Watt/W)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

$\cos\phi$ = faktor daya

3. Daya Reaktif

Daya reaktif (Q) merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar tersebut, dimana daya ini berguna untuk pembentukan medan magnet.

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin\phi \dots\dots\dots (2.6)$$

$$Q_{1\phi} = V \times I \times \sin\phi \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

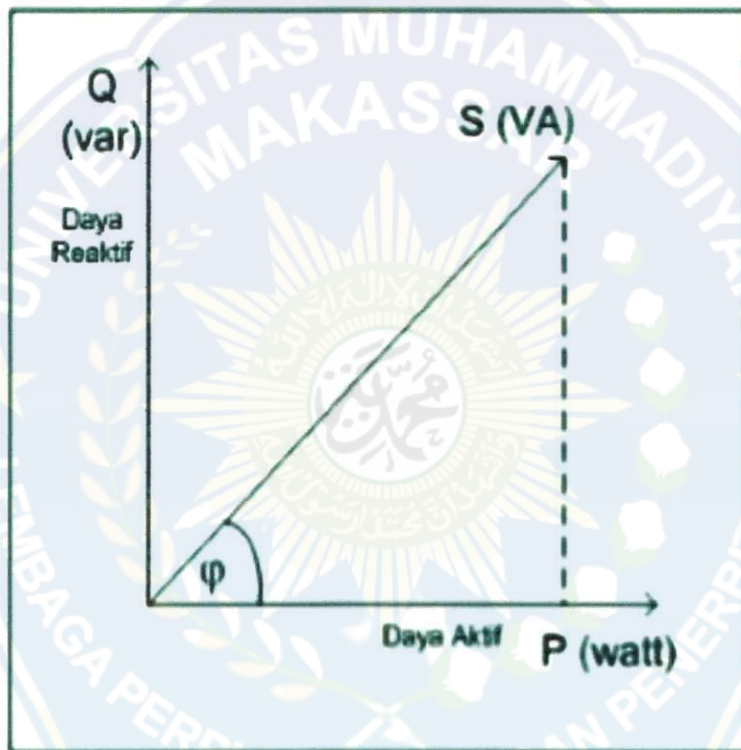
Q = Daya reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

$\sin\phi$ = faktor daya

Dari penjelasan ketiga daya diatas, maka terbentuklah suatu hubungan antara daya aktif, reaktif dan semu, atau biasa dikenal dengan istilah segitiga daya.



Gambar 2.3 Segitiga Daya

D. Rugi Daya (Power Losses)

1. Pengertian Rugi Daya Listrik

Rugi daya atau susut daya listrik merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban. Rugi daya atau susut daya listrik merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban, Dalam proses transmisi dan distribusi tenaga listrik seringkali dialami rugi-rugi daya yang cukup besar yang diakibatkan oleh rugi-rugi pada saluran dan juga rugi-rugi pada trafo yang digunakan. Kedua jenis rugi-rugi daya tersebut memberikan pengaruh yang besar terhadap kualitas daya dan tegangan yang dikirimkan ke sisi pelanggan (Kosasih, GB. 2017).

a. Rugi-Rugi Saluran

Pemilihan jenis kabel yang akan digunakan pada jaringan distribusi merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan dari suatu sistem tenaga listrik. Jenis kabel dengan nilai resistansi yang kecil akan dapat memperkecil rugi-rugi daya.

Panjang dari suatu penghantar tergantung dari jarak distribusi ke pelanggan. Sehingga nilai tersebut tidak dapat diubah secara bebas. Sedangkan resistivitas bahan tergantung dari bahan penghantar yang digunakan. Parameter ini dapat diubah-ubah tergantung dari pemilihan bahan penghantar yang digunakan. Selain itu parameter lain yang dapat diubah adalah luas penampang penghantar yang digunakan,

dimana semakin besar luas penampang penghantar yang digunakan akan mengurangi resistansi saluran. Akan tetapi dalam pengubahan luas penampang harus memperhatikan faktor efisiensinya.

b. Rugi-Rugi Transformator

Dalam unjuk kerjanya, trafo memiliki rugi-rugi yang harus diperhatikan. Rugi-rugi tersebut (Sugianto,dkk 2014) adalah sebagai berikut:

- **Rugi-rugi Tembaga (I^2R)**

Rugi-rugi tembaga merupakan rugi-rugi yang diakibatkan oleh adanya tahanan resistif yang dimiliki oleh tembaga yang digunakan pada bagian lilitan trafo, baik pada bagian primer maupun sekunder trafo (Sugianto,dkk 2014).

- **Eddy Current (arus eddy)**

Rugi-rugi arus eddy merupakan rugi-rugi panas yang terjadi pada bagian inti trafo. Perubahan fluks menyebabkan induksi tegangan pada bagian inti besi trafo dengan cara yang sama seperti kawat yang mengelilinginya. Tegangan tersebut menyebabkan arus berputar pada bagian inti trafo. Arus eddy akan mengalir pada bagian inti trafo yang bersifat resistif. Arus eddy akan mendisipasikan energi kedalam inti besi trafo yang kemudian akan menimbulkan panas (Sugianto,dkk 2014).

- **Rugi-rugi Hysteresis**

Rugi-rugi histerisis merupakan rugi-rugi yang berhubungan dengan

pengaturan daerah magnetik pada bagian inti trafo. Dalam pengaturan daerah magnetik tersebut dibutuhkan energi. Akibatnya akan menimbulkan rugi-rugi terhadap daya yang melalui trafo. Rugi-rugi tersebut menimbulkan panas pada bagian inti trafo (Sugianto,dkk 2014)..

- **Fluks bocor**

Fluks bocor merupakan fluks yang terdapat pada bagian primer maupun sekunder trafo yang lepas dari bagian inti dan kemudian bergerak melalui salah satu lilitan trafo. Fluks lepas tersebut akan menimbulkan self-inductance pada lilitan primer dan sekunder trafo (Sugianto,dkk 2014).

E. Strategi Penurunan Rugi-Rugi

Banyak faktor-faktor yang mempengaruhi besar rugi-rugi baik secara langsung maupun tidak langsung dan didalam usaha untuk menurunkan rugi-rugi maka semua faktor tersebut harus mendapatkan perhatian dan dapat dikendalikan.

Ada beberapa macam strategi yang digunakan untuk mengurangi nilai rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi,(Sugianto,dkk 2014) yaitu:

1. Melakukan Penggantian Penghantar Saluran

Penggantian Penghantar saluran yang tepat sesuai dengan keadaan sistem dapat dapat menekan nilai rugi-rugi daya yang terjadi pada penghantar. Pemilihan jenis penghantar, luas penampang, mempengaruhi

nilai resistansi pada penghantar saluran. Namun dalam pemilihan jenis dan luas penampang tetap harus memperhatikan faktor ekonomis (Sugianto,dkk 2014).

2. Pemasangan Kapasitor

Pemasangan kapasitor pada jaringan distribusi berfungsi untuk memperbaiki faktor daya. Faktor daya menggambarkan sudut phasa antara daya aktif (P) dengan daya semu (S). Faktor daya yang rendah akan bersifat merugikan karena mengakibatkan arus beban yang tinggi. Kapasitor bertindak sebagai pembangkit daya reaktif sehingga akan mengurangi jumlah daya reaktif dan daya semu yang dihasilkan oleh bagian utilitas (Sugianto,dkk 2014).

3. Perawatan Sambungan

Pemeliharaan rutin sambungan pada saluran dapat menekan nilai rugi-rugi daya pada jaringan, dikarenakan sambungan yang tidak baik dapat mengakibatkan loss contact dan menaikkan nilai R pada penghantar sehingga rugi I^2R menjadi lebih besar. Sambungan kawat yang tidak rapat sehingga terdapat celah udara yang seharusnya kedap udara, sehingga dapat menyebabkan alat cepat rusak. Sambungan yang tidak baik juga dapat disebabkan ranting pohon atau layang- layang yang menempel pada pada penghantar (Sugianto,dkk 2014).

4. Rekonfigurasi Jaringan

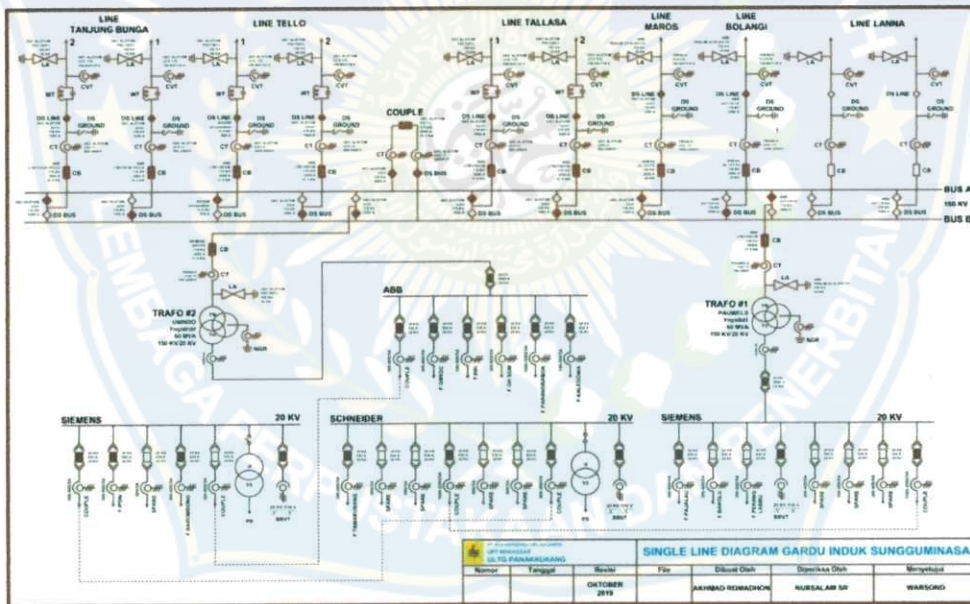
Rekonfigurasi jaringan yaitu mengatur ulang konfigurasi jaringan dengan jalan membuka dan menutup switch yang terdapat pada jaringan distribusi untuk mengurangi rugi-rugi daya. Biasanya dilakukan di feeder dengan beban yang besar dengan mengendalikan aliran beban pada masing-masing feeder dengan cara mensuplai daya dari feeder terdekat (Sugianto,dkk 2014).



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Pengukuran tegangan dan arus yang ditransmisikan ke beban dilakukan setiap harinya. Pengukuran ini dilakukan secara terus menerus Gardu Induk. Sistem control panel berfungsi sebagai pembacaan sekaligus penyimpanan data arus dan tegangan setiap jam nya pada siang hari selama kurang lebih sepuluh hari (10 hari). Berikut single line diagram gardu induk sungguminasa.



Gambar 3.1 Single line Diagram Gardu Induk Sungguminasa

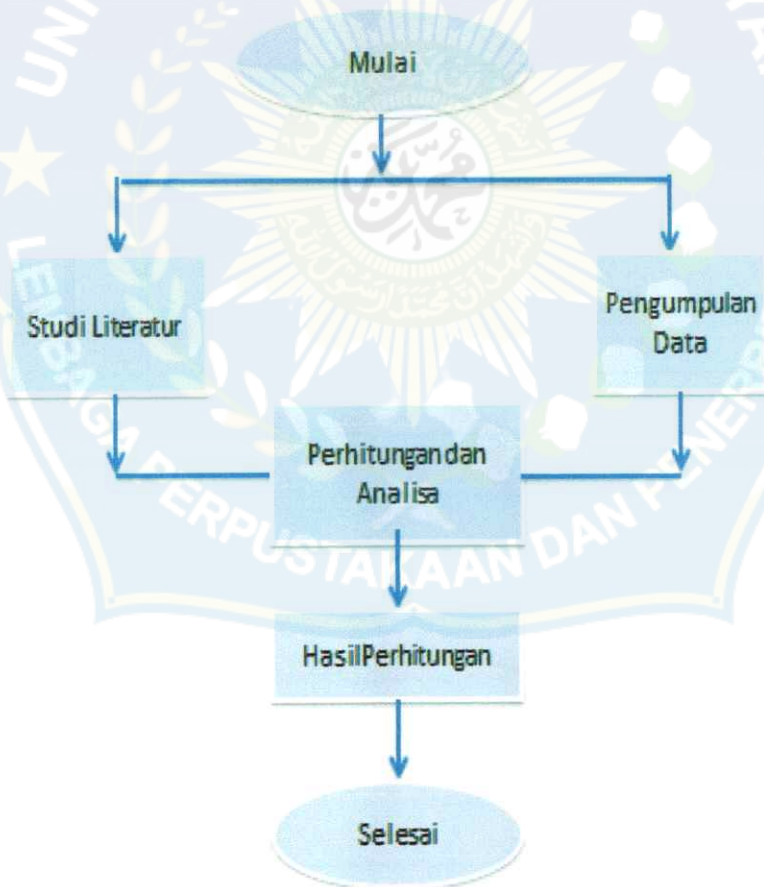
A. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu : 1 September sampai dengan 31 Oktober 2020

Tempat : Kantor PLN Sungguminasa dan PLN Bollangi

B. Flowchart Penelitian

Pengambilan data pada penelitian kali ini dilakukan di PT.PLN (persero) Sungguminasa, adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2 Skema penelitian

C. Analisis Data

Untuk menghitung rugi-rugi daya pada penghantar jaringan tiga fasa dari gardu induk menggunakan persamaan I :

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

Keterangan :

P_{losses} = rugi-rugi daya (watt)

I = arus yang disalurkan (watt)

R = tahanan saluran (Ω /meter)

Kehilangan energy akibat rugi-rugi daya menyebabkan perusahaan pemasok listrik mengalami kerugian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Faktor Penyebab Rugi-Rugi Daya

Rugi daya disebabkan oleh faktor tahanan dari bahan penghantar yang dipakai, sehingga timbulah tahanan yang menghambat arus yang akan mengalir pada penghantar tersebut. Saluran transmisi antara gardu induk sungguminasa dan gardu induk bollangi terhitung cukup jauh sehingga dapat memicu kerugian yang cukup besar. Peneliti telah melakukan survey dan pengambilan data yang diharapkan dapat menjadi referensi untuk mengetahui jumlah rugi-rugi daya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi penyaluran daya listrik yang menyebabkan rugi-rugi daya adalah:

1. Pengaruh Eksternal

Pengaruh ekstenal adalah pengaruh lingkungan yang sering mengakibatkan terjadinya gangguan – gangguan pada sistem sehingga menyebabkan pemadaman listrik, tingkat tegangan yang menurun, serta ayunan tegangan yang diakibatkan oleh faktor alam seperti angin, gempa bumi, badai dan gunung meletus. Sedangkan pengaruh hewan dan manusia terjadi perusakan alam seperti penebangan pohon didekat jarring listrik.

2. Pengaruh Internal

Pengaruh internal adalah pengaruh yang dialami oleh saluran listrik

tegangan menengah akibat dari kondisi penyaluran tenaga listrik. pengaruh internal dapat menyebabkan terjadi perubahan listrik yang dikirim dari pusat pembangkitan ke konsumen tenaga listrik. Sehingga untuk memperbaiki perlu dikompensasi dengan peralatan – peralatan bantu distribusi. Pengaruh pengaruh internal yang dimaksud adalah resistansi, induktansi, dan kapasitansi.

3. Resistansi

Resistansi penghantar berpengaruh dominan yaitu diakibatkan oleh resistansi yang dimiliki oleh material penghantar. Pada penghantar tersebut resistansi yang baik, sehingga jika digunakan sebagai bahan penghantar akan sangat baik, karena rugi – rugi akibat penghantar yang kecil namun untuk dipergunakan sebagai penghantar jaring listrik membutuhkan material yang banyak sehingga tidak ekonomis, sebagai alternatif dipakai penghantar aluminium dan tembaga yang perbandingan secara langsung dengan panjang saluran, makin panjang saluran, maka makin besar pengaruh yang tidak dikompensasi dengan peralatan lain kecuali dengan pengganti jenis dan penampang penghantar.

4. Induktansi

Pengaruh induktansi pada panjang jarring tenaga listrik adalah akibat dari penghantar yang diberi aliran listrik sehingga terjadi saling mempengaruhi antara penghantar itu sendiri. Apabila penghantar dialiri arus listrik, maka besar tegangan yang ditimbulkan adalah akibat dari perubahan fluks magnetik yang terjadi. Induktansi yang ditimbulkan oleh

penghantar tersebut merupakan jumlah fluks yang timbul (fluks gandeng) per satuan dalam penghantar.

5. Kapasitansi

Pengaruh kapasitansi pada saluran tenaga listrik dapat didefinisikan sebagai muatan – muatan antara dua penghantar per satuan beda potensial. Pengaruh kapasitansi antara dua penghantar dengan netral (bumi) untuk jarak saluran yang panjang sangat mempengaruhi besaran perubahan tenaga listrik.

B. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Daya

Perhitungan Rugi-Rugi Daya penghantar ACSR 240/40 dengan Resistensi 0,119 Ω pada setiap jarak 1000 meter untuk Bulan September 2020.

Pukul 08:00

Tanggal 18 september	: $3 \times 435^2 \times 0,119$	= 67553 W
	: 1000000	= 0,067553 MW
Tanggal 19 september	: $3 \times 424^2 \times 0,119$	= 64180 W
	: 1000000	= 0,06418 MW
Tanggal 20 september	: $3 \times 402^2 \times 0,119$	= 57692 W
	: 1000000	= 0,057693 MW
Tanggal 21 september	: $3 \times 423^2 \times 0,119$	= 63877 W
	: 1000000	= 0,063878 MW
Tanggal 22 september	: $3 \times 405^2 \times 0,119$	= 58556 W
	: 1000000	= 0,058557 MW

Tanggal 23 september	: $3 \times 413^2 \times 0,119$	= 60893 W
	: 1000000	= 0,060893 MW
Tanggal 24 september	: $3 \times 436^2 \times 0,119$	= 67864 W
	: 1000000	= 0,067864 MW
Tanggal 25 september	: $3 \times 457^2 \times 0,119$	= 74559 W
	: 1000000	= 0,074559 MW
Tanggal 26 september	: $3 \times 436^2 \times 0,119$	= 67864 W
	: 1000000	= 0,067864 MW
Tanggal 27 september	: $3 \times 425^2 \times 0,119$	= 64483 W
	: 1000000	= 0,064483 MW
Pukul 12:00		
Tanggal 18 september	: $3 \times 445^2 \times 0,119$	= 70694 W
	: 1000000	= 0,070695 MW
Tanggal 19 september	: $3 \times 473^2 \times 0,119$	= 79871 W
	: 1000000	= 0,079871 MW
Tanggal 20 september	: $3 \times 465^2 \times 0,119$	= 77192 W
	: 1000000	= 0,077192 MW
Tanggal 21 september	: $3 \times 455^2 \times 0,119$	= 73907 W
	: 1000000	= 0,073908 MW
Tanggal 22 september	: $3 \times 452^2 \times 0,119$	= 72936 W
	: 1000000	= 0,072937 MW
Tanggal 23 september	: $3 \times 408^2 \times 0,119$	= 59427 W
	: 1000000	= 0,059428 MW
Tanggal 24 september	: $3 \times 479^2 \times 0,119$	= 81910 W

	: 1000000	= 0,08191 MW
Tanggal 25 september	: $3 \times 480^2 \times 0,119$	= 82252 W
	: 1000000	= 0,082253 MW
Tanggal 26 september	: $3 \times 442^2 \times 0,119$	= 69744 W
	: 1000000	= 0,069745 MW
Tanggal 27 september	: $3 \times 486^2 \times 0,119$	= 84321 W
	: 1000000	= 0,084322 MW

Rata-rata P_{losses} Per Hari

18 september	: $\frac{0,067553 + 0,070695}{2}$	= 0,069124 MW x 24 jam
		= 1,658979 MWh
19 september	: $\frac{0,064180 + 0,079871}{2}$	= 0,072026 MW x 24 jam
		= 1,728615 MWh
20 september	: $\frac{0,057693 + 0,077192}{2}$	= 0,067442 MW x 24 jam
		= 1,618619 MWh
21 september	: $\frac{0,063878 + 0,073908}{2}$	= 0,068893 MW x 24 jam
		= 1,653427 MWh
22 september	: $\frac{0,058557 + 0,072937}{2}$	= 0,065747 MW x 24 jam
		= 1,577921 MWh
23 september	: $\frac{0,060893 + 0,059427}{2}$	= 0,06016 MW x 24 jam
		= 1,443849 MWh
24 september	: $\frac{0,067864 + 0,08191}{2}$	= 0,074887 MW x 24 jam
		= 1,797297 MWh
25 september	: $\frac{0,074559 + 0,082253}{2}$	= 0,078406 MW x 24 jam
		= 1,881743 MWh
26 september	: $\frac{0,067864 + 0,069745}{2}$	= 0,068805 MW x 24 jam

$$\begin{aligned}
 &= 1,651311 \text{ MWh} \\
 27 \text{ september} &: \frac{0,064483 + 0,084322}{2} = 0,074403 \text{ MW} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 1,785661 \text{ MWh}
 \end{aligned}$$

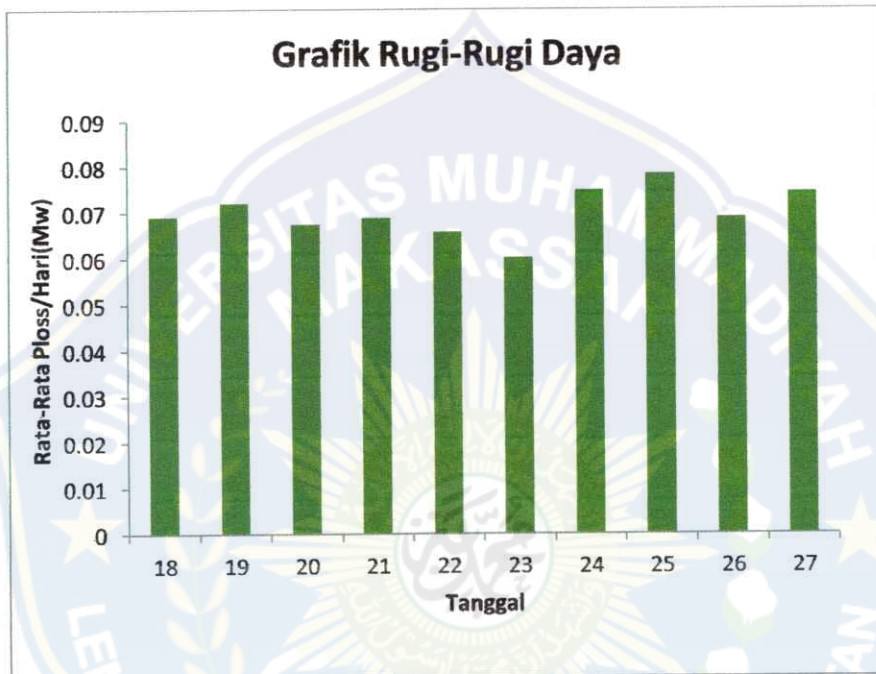


Hasil perhitungan rugi-rugi daya pada penghantar ACSR 240/40 dengan resistensi 0.119Ω setiap jarak 1000 meter untuk bulan september tahun 2020.

Tabel 1.

Tanggal	I	P _{loss}	I	P _{loss}	Rata-rata	Rugi
	(A)	08:00	(A)	12:00	P _{loss} /hari	Energi/Hari
		(MW)		(MW)	(MW)	
18	435	0,067553	445	0,070695	0,069124	1,658979
19	424	0,064180	473	0,079871	0,072026	1,728615
20	402	0,057693	465	0,077192	0,067442	1,618619
21	423	0,063878	455	0,073908	0,068893	1,653427
22	405	0,058557	452	0,072937	0,065747	1,577921
23	413	0,060893	408	0,059428	0,06016	1,443849
24	436	0,067864	479	0,08191	0,074887	1,797297
25	457	0,074559	480	0,082253	0,078406	1,881743
26	436	0,067864	442	0,069745	0,068805	1,651311
27	425	0,064483	486	0,084322	0,074403	1,785661

Grafik 1. hasil perhitungan rugi-rugi daya pada penghantar ACSR 240/40 dengan resistensi 0.119Ω setiap jarak 1000 meter untuk bulan September – Oktober tahun 2020 adalah sebagai berikut:



Grafik 1. Rugi Rugi daya

Grafik 1. Memperlihatkan bahwa losses yang terjadi pada pengiriman daya dari gardu induk sungguminasa ke gardu induk bollangi cukup besar. kehilangan daya cukup besar terjadi pada tanggal 25 September dengan losses mencapai 0,074559 MW dan untuk kehilangan daya terendah terjadi pada tanggal 23 September dengan losses mencapai 0,058557 MW, sedangkan losses tertinggi pada siang hari terjadi pada tanggal 27 September dengan losses mencapai 0,084322 MW dan kehilangan daya terendah terjadi pada tanggal 23 September dengan losses mencapai 0,059428 MW, dengan Rata-

rata Ploss. tertinggi terjadi pada tanggal 25. September mencapai 0,078406 MW, sedangkan Rata-rata Ploss terendah terjadi pada tanggal 23 September mencapai 0,06016 MW. Terjadinya rugi-rugi daya pada saluran transmisi ini menunjukkan bahwa tidak semua daya yang dikirimkan oleh gardu induk sungguhnya diterima seutuhnya oleh gardu induk bllangi. Rugi-rugi daya tersebut dikarenakan pada proses pengiriman, tekanan arus mengalir melebihi batas resistansi sehingga mengakibatkan penghantar menjadi panas.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Rugi daya yang terjadi pada saat proses pengiriman dari G.I sunguminasa ke G.I bollangi selama sepuluh hari (10 hari) sebesar 16,797422 kWh. Rugi-rugi daya pada sistem transmisi merupakan hilangnya daya yang berakibatkan kerugian materi.

Losses yang terjadi pada pengiriman daya dari gardu induk sunguminasa ke gardu induk bollangi cukup besar. kehilangan daya cukup besar terjadi pada tanggal 25 september dengan losses mencapai 0,074559 MW dan untuk kehilangan daya terendah terjadi pada tanggal 22 September dengan losses mencapai 0,058557 MW, sedangkan losses tertinggi pada siang hari terjadi pada tanggal 27 September dengan losses mencapai 0,084322 MW dan kehilangan daya terendah terjadi pada tanggal 23 September dengan losses mencapai 0,059428 MW. Terjadinya rugi-rugi daya pada saluran transmisi ini menunjukkan bahwa tidak semua daya yang dikirimkan oleh gardu induk sungumiasa diterima seutuhnya oleh gardu induk bollangi.

B. Saran

Dengan adanya penelitian tentang rugi-rugi daya semoga yang membacanya mendapatkan informasi serta semoga kedepannya para peneliti tentang rugi daya semakin bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, AN. 2011. *Evaluasi Rugi Daya Saluran Transmisi 150 kv Pada Penyulang Kebonagung-Sengkaling*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang.
- Cekdin Cekmas, Barlian Taufik. 2013. (Nolki Jonal Hontong, Maickel Tuegeh, Lily.S. Patras) *"Transmisi Daya Listrik"* Yogyakarta. Andi
- Gross, Charles A. 1986. (*"Power System Analysis"*. John Wiley & Sons. Singapore.
- Kawulur C. L, Lily S. Patras, Maickel Tuegeh, Fielman Lisi. 2013. *Aplikasi Perhitungan Biaya Pokok Penyediaan Tenaga Listrik di Sulawesi Utara Sub Sistem Transmisi*. Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115.
- Kosasih, GB. (2017). *Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150kV Pada Gardu Induk jajar – Gondangrejo*. Jurusan. Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Marsudi Djiteng. 2015. (Nolki Jonal Hontong, Maickel Tuegeh, dan Lily.S. Patras) , Skripsi. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta. Grahilimu.
- Mismail Budiono. 1981. (Citra paripurna), Skripsi. *Analisa Sistem Tenaga*. Universitas Brawijaya: Jakarta timur.
- Sugianto, dkk. 2014. *Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Penghantar Saluran Transmisi Tegangan Menengah 150 KV Dari Gardu Induk Koto Panjang ke Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau Kampus Bina Widya Pekanbaru.
- Sujatmiko, Hermawan. 2009. *Analisis Kerugian Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV di PT. PLN (Persero) Penyaluran & Pusat Pengaturan Beban (P3B) Jawa Bali Regional Jawa Tengah & DIY Unit Pelayanan Transmisi Semarang*. Jurnal Teknik Elektro. Universitas Negeri Semarang

LAMPIRAN





Gambar Kegiatan Penelitian



Gambar Penelitian di Ruang Kontrol Panel



Gambar Penelitian di Gardu Induk