

**ANALISA ALIRAN DAYA PADA SISTEM KELISTRIKAN
GARDU INDUK MOLIBAGU AKIBAT PENAMBAHAN
PENYULANG BARU**

Oleh :

**RIVALDI BULUMUNGO
T21 18 003**

USULAN PENELITIAN



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ICHSAN
GORONTALO
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA ALIRAN DAYA PADA SISTEM KELISTRIKAN GARDU INDUK MOLIBAGU AKIBAT PENAMBAHAN PENYULANG BARU

Oleh :

**RIVALDI BULUMUNGO
T21 18 003**

USULAN PENELITIAN

Telah disetujui dan siap untuk diseminarkan

Gorontalo, Maret 2023

Pembimbing I

Pembimbing II

Frengky Eka Putra Surusa, ST, MT
NIDN. 0906018504

Steven Humena, ST, MT
NIDN. 0906018901

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat limpahan Rahmat dan karunia-Nya sehingga **Usulan Penelitian** ini dapat terselesaikan dengan lancar dan tepat waktu.

Adapun penyusunan usulan penelitian ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo.

Penulis menyadari begitu banyak hambatan dan tantangan yang ditemui namun melalui bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak maka penulis dapat menyelesaikan usulan penelitian ini sebagaimana yang diharapkan. Untuk itu perkenankanlah penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ikhsan Gaffar, M. Si , selaku Ketua Yayasan Pengembangan Ilmu Pengetahuan Teknologi (YPIPT) Ichsan Gorontalo.
2. Bapak DR. Hi. Abdul Gaffar Latjokke, M.Si, selaku Rektor Universitas Ichsan Gorontalo.
3. Kedua Orang Tua/Wali yang senantiasa memberikan dorongan, motivasi dan bantuan materiil selama proses perkuliahan sampai saat sekarang
4. Ibu Amelya Indah Pratiwi, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik UNISAN Gorontalo
5. Bapak Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro UNISAN Gorontalo sekaligus Pembimbing I

6. Bapak Steven Humena, ST, MT, Pembimbing II
7. Bapak Ibu Dosen se-lingkup UNISAN Gorontalo
8. Teman-teman di Prodi Teknik Elektro

Akan menjadi sesuatu yang sangat berarti guna menyempurnakan usulan penelitian ini bila kritikan dan saran disampaikan pada penulis. Semoga Allah SWT yang membala budi baik dan kerelaan saudara.

Gorontalo, Maret 2023

RVALDI BULUMUNGO

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
HALAMAN PERSETUJUAN	II
HALAMAN PENGESAHAN.....	III
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	IV
KATA PENGANTAR.....	V
ABSTRAK.....	VII
DAFTAR ISI.....	VIII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Literature Review.....	6
2.2 Dasar Teori.....	10
2.2.1 Rekonfigurasi Jaringan.....	10
2.2.2 Sistem Tenaga Listrik	10
2.2.2.1 Pembangkit.....	11
2.2.2.2 Gardu Induk	11
2.2.2.3 Jaringan Transmisi	11

2.2.2.4 Gardu Hubung.....	12
2.2.2.5 Jaringan Distribusi Primer.....	12
2.2.2.6 Transformator Distribusi.....	12
2.2.2.7 Jaringan Distribusi Sekunder	13
2.2.2.8 Konsumen	13
2.2.3 Jaringan Distribusi	13
2.2.4 Transformator Daya	15
2.2.5 Jatuh Tegangan.....	18
2.2.6 Impedansi Saluran.....	19
2.2.6.1 Resistansi Penghantar.....	20
2.2.6.2 Reaktansi Penghantar	21
2.2.7 Studi Aliran Daya.....	22
2.2.7.1 Metode Analisa Aliran Daya.....	23
2.2.7.2 Metode Newton-Raphson.....	24
2.2.8 Susut Energi	27
2.2.8.1 Susut Teknis	28
2.2.8.2 Susut Non Teknis	28
2.2.9 Tegangan Pada Sistem Tenaga Listrik.....	28
2.2.10 Standar Tegangan.....	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Kerangka Konsep Penellitian.....	35
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	36
3.3 Tahapan Alur Penelitian.....	37

3.3.1 Studi Literatur	37
3.3.2 Pengumpulan Data	37
3.3.3 Proses Pengolahan Data	37
3.3.4 Simulasi Aliran Daya	38
3.3.5 Analisa Hasil Simulasi	39
3.3.6 Skenario Simulasi	39
3.8 Flow Chart Penelitian.....	44
BAB IV PEMBAHASAN.....	41
4.3 Sistem Kelistrikan Gorontalo.....	41
4.2.1 Analisis Data Pembangkit Listrik.....	41
4.2.1 Analisis Data Pembangkit Listrik.....	42
4.2.2 Analisa Data Beban.....	42
4.3 Simulasi dan Pembahasan.....	43
4.3.1 Hasil simulasi Tegangan Sebelum Masuknya Penyulang baru	43
4.3.2 Hasil Simulasi Aliran Beban Sebelum Masuknya Penyulang baru.....	44
4.3.3 Rugi-rugi Daya Sebelum Masuknya Penyulang baru.....	45
4.3.4 Simulasi Tegangan Setelah Masuknya Penyulang Baru	45
4.3.5 Hasil Simulasi Aliran Beban Setelah Masuknya Beban Penyulang Baru.	46
4.3.6 Rugi-rugi Daya Setelah Interkoneksi PLTS Isimu (Newton-Raphson)....	47
4.3.7 Perbandingan Hasil Simulasi Aliran Daya Sebelum dan Setelah Masuknya Beban Penyulang Baru 20 Kv.....	48
BAB V PENUTUP.....	52
Kesimpulan.....	52

Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sistem kelistrikan di Indonesia saat ini telah mengarah pada peningkatan efisiensi dalam penyaluran energi listrik oleh karena listrik telah menjadi kebutuhan listrik bagi masyarakat. Peningkatan pemakaian energi yang dibarengi oleh peningkatan ekonomi suatu daerah, sehingga diharapkan kepada penyedia listrik agar dalam sistem penyaluran menjadi efisien dan handal. Permintaan konsumen akan energi listrik dari tahun ke tahun yang semakin meningkat, salah satu contohnya disektor industri (Putra, 2016).

Sistem distribusi listrik harus sistematik agar memperoleh pelayanan yang optimal. Untuk mengatasi peningkatan kebutuhan akan energi listrik dibutuhkan sistem distribusi yang esensial. Tujuan pengembangan sistem distribusi yang harus memenuhi beberapa kriteria teknis dan ekonomis. Sistem distribusi harus mampu memberikan gambaran besarnya beban pada lokasi geografis tertentu, sehingga dapat ditentukan dengan baik letak dan kapasitas gardu-gardu distribusi yang akan melayani areal beban tersebut dengan mempertimbangkan minimisasi susut energi dan investasi konstruksi, tanpa mengurangi kriteria teknis yang diperlukan (RH, 2016).

Sistem energi listrik yang berperan langsung menyalurkan energi listrik ke konsumen. Sistem penyalurannya dimulai dari pusat-pusat listrik dalam hal ini adalah sistem pembangkitan energi listrik. Setelah dari pembangkit energi listrik dikirim melalui jaringan tegangan tinggi yang kemudian didistribusikan ke jaringan

tegangan menengah. Setelah itu di disalurkan lagi melalui saluran tegangan rendah sampai pada sambung rumah dan berakhir pada alat pembatas dan pengukuran (APP) yang ada pada konsumen (Nelwan et al., 2015).

Sistem kelistrikan di Bolaang Mongondow Selatan saat ini belum memiliki pusat-pusat listrik dalam hal ini pembangkit listrik skala besar. Supplay energi listrik pada daerah kabupaten Bolaang Mongondow Selatan adalah melalui jaringan transmisi tegangan tinggi (150 kV) ke pusat-pusat beban yang dalam hal ini adalah Gardu Induk (GI).

Terdapat 1 (satu) Pusat beban Gardu Induk (GI) di Wilayah kerja Bolaang Mongondow Selatan yakni GI Molibagu. Setelah dari GI Molibagu tersebut energi listrik disalurkan melalui penyulang jaringan tegangan menengah 20 kV yang kemudian disalurkan ke jaringan tegangan rendah dan konsumen. Seiring dengan bertambahnya permintaan akan energi listrik di daerah Bolaang Mongondow Selatan maka sistem kelistrikan haruslah direncanakan dengan baik dan handal.

Sesuai data beban dari PLN ULP Molibagu bahwa Beban pada daerah Bolaang Mongondow Selatan terbesar terdapat pada wilayah Molibagu yang merupakan pusat ibu kota dari Kabupataen Bolaang Mongondow Selatan. Mengingat perkembangan ekonomi didaerah tersebut sangat tinggi, sehingga permintaan akan energi listrik juga meningkat. Selain itu sistem penyaluran yang panjang dan jauh dari pusat pembangkit. Sehingga dituntut agar dapat memberikan pelayanan kontuinitas akan energi listrik yang baik dan handal.

Unit Layanan Pelanggan (ULP) Molibagu berencana untuk dapat segera melakukan penambahan penyulang baru pada Gardu Induk Molibagu guna

mengantisipasi permintaan akan energi listrik. Sehingga dibutuhkan penambahan penyulang baru. Akibat dari penambahan jaringan baru tersebut akan memberikan pengaruh pada pola aliran daya sistem kelistrikan di system kelistrikan Bolaang Mongondow Selatan terhadap tegangan dan rugi-rugi daya system. Berdasarkan permasalahan di atas maka penulis mengangkat judul penelitian ini yaitu : **“Analisis Aliran Daya Pada Sistem Kelistrikan Gardu Induk Molibagu Akibat Penambahan Penyulang Baru”**.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah adalah:

- a. Bagaimana kondisi tegangan dan rugi rugi daya pada system Gardu Induk Molibagu sebelum penambahan penyulang baru.
- b. Bagaimana kondisi tegangan dan rugi rugi daya pada system Gardu Induk Molibagu setelah penambahan penyulang baru.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah :

- a. Mengetahui kondisi tegangan dan rugi-rugi daya terhadap penyulang pada Gardu Induk Molibagu sebelum penambahan penyulang baru .
- b. Mengetahui kondisi tegangan dan rugi-rugi daya terhadap penyulang pada Gardu Induk Molibagu setelah penambahan penyulang baru.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah adalah:

- a. Analisis sistem kelistrikan dilakukan sebelum dan setelah adanya penambahan penyulang baru pada system kelistrikan Gardu Induk Molibagu .
- b. Simulasi Aliran Daya Menggunakan bantuan software ETAP 19.0
- c. Metode yang digunakan adalah metode *Newton-Raphson*.
- d. Data beban yang di gunakan adalah data beban puncak malam.
- e. Tidak membahas system proteksinya

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian diharapkan sebagai bahan evaluasi terhadap perencanaan dan pengembangan sistem dimasa yang akan datang apabila terdapat penambahan beban penyulang dan rekonfigurasi jaringan sistem distribusi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa kajian dari penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini, sehingga dapat dijadikan referensi. Kajian-kajian penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Bayu Pradana Putra Purba dkk yaitu Analisa Perhitungan Susut Teknis Dengan Pendekatan Kurva Beban Pada Jaringan Distribus PT. PLN (PERSERO) Rayon Medan Kota. Metode yang digunakan dalam menganalisa penelitian ini dengan cara mengumpulkan data, data tersebut didapatkan dengan mengambil data pada PT. PLN (PERSERO) Rayon Medan Kota. Data yang dikumpulkan adalah data pada Gardu Induk Glugur TD II. Setelah itu mencari daya input ke penyulang JTM, lalu menghitung susut teknis JTM, selanjutnya mencari daya input ketrafo distribusi sekalian menghitung susut teknis trafo dan menghitung susut total (Purba & Warman, 2014).

Kartoni S dkk telah melakukan penelitian yang berjudul Analisa Rekonfigurasi Pembebanan Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi 20 kV. Lokasi yang dipilih untuk penelitian ini adalah penyulang bangau sakti rayon Panam Pekanbaru. Analisa dalam penelitian ini dengan melakukan pengumpulan data dari PLN kemudian disimulasikan menggunakan *softwere* ETAP 12.6. Metode yang digunakan adalah pemodelan sistem tenaga listrik sesuai dengan one line diagram dengan *softwere* ETAP 12.6, lalu memasukan data trafo, bus, status switch (pemutus yang di pakai), parameter saluran (panjang saluran, jenis penghantar). Kemudian

melakukan simulasi aliran daya, dari simulasi bisa dilakukan analisa tentang losses pada feeder dan menghitung presentase losses dan drop tegangan. Setelah di analisa dilakukan rekonfigurasi dan dianalisa kembali sampai mendapatkan hasil yang di inginkan (Kartoni S & Ervianto, 2016)

Hari Prasetijo dalam penelitian tentang rekonfigurasi jaringan distribusi 20 kV menjelaskan Susut tegangan dan daya yang terjadi pada dasarnya disebabkan oleh beberapa faktor seperti : panjang jaringan, penampang kabel yang digunakan, arus beban yang mengalir, dan sebaginya. Dengan meningkatnya permintaan energi listrik (Pertumbuhan kebutuhan tenaga listrik di daerah Purwokerto mencapai 8,35% per tahun) jaringan listrik mengalami perluasan dan menjadi lebih kompleks. Bertambahnya beban juga akan menaikkan susut tegangan dan daya pada jaringan jika tidak direncanakan atau diantisipasi dengan baik. selain karena saluran menjadi lebih panjang, arus beban yang mengalir menjadi lebih besar (Hari Presetijo,2011)

Erhaneli dan Ade Rizki dalam penelitiannya tentang pengaruh penambahan jaringan terhadap drop tegangan pada SUTM 20 kV menjelaskan bahwa pada Feeder Kersik Tuo mempunyai jenis jaringan radial murni. Dimana pada jenis jaringan ini transformator distribusi yang terhubung dengan sebuah feeder tegangan menengah yang keluar dari pembangkit tidak memiliki alternatif suplai sehingga jika gangguan terjadi sulit untuk mengantisipasinya. Feeder kersik tuo mempunyai saluran sepanjang (96,8 kms) dalam mengalirkan listrik terhadap konsumen dan akan dilakukan lagi penambahan jaringan distribusi sepanjang (10,2 kms). Sehingga dengan saluran yang panjang tentu akan terjadi drop tegangan karena dipengaruhi oleh impedansi saluran. Selain itu gangguan luar juga dapat mempengaruhi tegangan

yang diterima oleh pelanggan. Pada saat ini tegangan yang ada pada ujung jaringan adalah sebesar ± 17 kV. Beban puncak pada feeder kersik tuo terjadi pada jam 18:00 sampai dengan 22:00. Pada saat selain beban puncak tegangan pada ujung feeder kersik tuo menjadi 18 kV, hal ini disebabkan karena pemakaian energi listrik yang berkurang pada konsumen (Erhaneli, 2013).

Umar pada penelitiannya tentang analisa rugi daya akibat penambahan penyulang baru pada Gardu Induk (GI) menjelaskan bahwa kebutuhan energi listrik terus meningkat, hal ini bisa menjadi masalah serius jika PLN tidak membuat perencanaan yang baik. Peningkatan efisiensi harus selalu menjadi perhatian. Perencanaan pembuatan penyulang baru dari GI yang berbeda untuk mensuplai permintaan tambahan kebutuhan listrik industri merupakan langkah mengefisiensikan penyuluran energi listrik atau mengurangi rugi daya listrik PLN. Tujuan penelitian ini menganalisa perhitungan rugi daya akibat perubahan jaringan/penambahan penyulang sehingga dapat diketahui efisiensi yang bisa diperoleh. Metode analisis dilakukan dengan menggunakan software ETAP 12.6 untuk mengetahui kontribusi penyulang baru terhadap rugi-rugi daya. Analisis simulasi terhadap perencanaan penyulang baru didapatkan hasil rugi-rugi daya aktif dari semula 306 kW dan rugi-rugi daya reaktif 986 kVar menjadi 231 kW dan 786 kVar (Umar,2017).

Aditya A. Nugroho dalam penelitiannya tentang analisa pengaruh penambahan penyulang untuk mengatasi jatuh tegangan dan rugi daya menjelaskan bahwa Permasalahan yang sering terjadi yakni arus beban penyulang akan menyulai melebihi arus standar dari SPLN yaitu setengah dari 480 A. Arus yang melebihi standar tersebut merupakan salah satu faktor terjadinya jatuh tegangan yakni tegangan pada pangkal

jaringan mengalami penurunan hingga ke ujung jaringan dan juga rugi daya, dimana daya yang dikirim pada jaringan distribusi tidak semuanya sampai pada pelanggan. Penyulang SRN 03 memiliki nilai arus yang terukur pada salah satu fasanya 285A dengan panjang jaringan 22,08 km. Penambahan penyulang baru MSR 13 dilakukan untuk memecah beban SRN 03. Analisa nilai jatuh tegangan dan rugi daya pada jaringan dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual dan simulasi software ETAP 12.6.0. Perhitungan manual yang diperoleh pada penyulang SRN 03 yaitu nilai tegangan terima akibat jatuh tegangan 18,49 kV dan rugi daya 328,42 kW, setelah dilakukan pemecahan beban oleh penyulang MSR 13 nilai tegangan terima akibat jatuh tegangan menjadi 19,471 kV dan rugi daya menjadi 68,282 kW. Hasil simulasi ETAP 12.6.0 pada penyulang SRN 03 yaitu nilai tegangan terima akibat jatuh tegangan 18,39 kV dan rugi daya 344 kW, setelah dilakukan pemecahan beban oleh penyulang MSR 13 nilai tegangan terima akibat jatuh tegangan menjadi 19,439 kV dan rugi daya menjadi 66,8 kW (Aditya A. Nugraha, 2020).

Abrar Tanjung dalam penelitiannya tentang rekonfigurasi sistem distribusi 20 kV Gardu Induk Teluk Lembu dan PLTMG Langgam Power menjelaskan bahwa Feeder Cemara untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sepanjang jalan lintas timur kabupaten pelalawan sudah cukup tinggi. Sehingga menyebabkan rugi daya (*power losses*) dan jatuh tegangan (*voltage drop*) cukup tinggi. Akibatnya kualitas pelayanan listrik menjadi rendah. Untuk mengurangi beban pada Feeder Cemara, maka akan dilakukan Rekonfigurasi dari Feeder Cemara Gardu Induk teluk lembu ke Feeder Langgam PLTMG langgam Power. Berdasarkan hasil analisa pembahasan dan perhitungan menggunakan Program ETAP 7.5 tegangan terendah pada saluran Feeder Cemara terdapat pada trafo TR.1064 sebesar 16,27 kV sedangkan tegangan

terendah pada Feeder Langgam pada trafo SP.26 sebesar 19,87 kV dengan rugi daya total sebesar 731,04 kW. Setelah dilakukan rekonfigurasi, maka rekonfigurasi 2 maka tegangan terendah Feeder Cemara terdapat pada trafo TR.1102 sebesar 18,70 kV, pada saluran Feeder Langgam yaitu pada trafo SP.26 sebesar 19,05 kV dan pada saluran Feeder Pasir putih pada trafo ST.262 sebesar 18,78 kV dengan rugi daya total sebesar 410,65 kW. Penghematan rugi daya total diperoleh sebesar 320,39 kW (Abrar T, 2014).

Wahyu Belfias Eka Putra Daya dalam penelitiannya tentang Analisa Pecah Beban penyulang KB5 untuk perbaikan tegangan dan susut bahwa Permasalahan yang di hadapi PLN saat ini adalah tingginya angka susut tegangan yang melebihi standar. pembagian beban pada suatu penyulang dengan membangun penyulang baru merupakan salah satu solusi menaikan tegangan, sedangkan untuk menentukan lokasi pemecahan beban tersebut dapat di gunakan aplikasi ETAP dengan memasukan parameter - parameter yang di perlukan seperti resistansi saluran, panjang saluran dan beban penyulang dan setiap gardu, pada simulasi aplikasi ETAP dengan data Eksisting, tegangan ujung pada penyulang KB5 adalah 17 kV hal tersebut tidak sesuai dengan standar PLN minimal 5% dari 20 kV yaitu 19 kV, maka dari itu di perlukan pembangunan penyulang untuk pemecah beban penyulang KB5 tersebut untuk rencana pembangunan dibuat 3 kondisi agar didapat kenaikan tegangan paling baik, pada kondisi pertama akan di bangun jaringan sampai desa Perlang tegangan yang di dapat adalah pada KB5 yaitu 19,0 kV dan tegangan pada KB6 yaitu 19,4 kV , kondisi kedua di bangun penyulang sampai desa Lubuk tegangan pada KB 5 yaitu sebesar 19,3 kV dan tegangan pada KB6 yaitu 19,1 kV, pada kondisi ketiga dibangun

jaringan sampai desa Kulur tegangan pada KB5 yaitu 18,8 kV sedangkan tegangan pada KB6 yaitu 19,7 kV, maka kesimpulannya adalah kondisi pertama adalah kondisi paling baik untuk rencana pembangunan penyulang pecah beban.

2.2 Dasar Teori

2.2.1. Rekonfigurasi jaringan

Rekonfigurasi jaringan (*network reconfiguration*) merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran terkontrol jarak jauh (*switching remotely controlled*) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan (Fayyadl, Sukmadi, & Winardi, n.d.). Rekonfigurasi jaringan juga dapat dilakukan dengan menambahkan jaringan-jaringan baru, menyisipkan trafo distribusi pada jaringan distribusi, dapat pula dilakukan dengan memindahkan beban-beban penyulang ke penyulang yang berdekatan dengan cara mengubah status dari LBS (*load breaking switch*) dan mengubah letak posisi dari LBS.

2.2.2 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah suatu sistem yang dimulai dari gardu induk yang memiliki daya listrik besar (*bulk power source*) lalu dikirimkan langsung ke konsumen, tetapi tegangannya diturunkan terlebih dahulu oleh trafo distribusi menjadi tegangan 20 kV (Hakim, 2012). Adapun sistem distribusi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pembangkit

Pembangkit berfungsi untuk membangkitkan energi listrik yang akan disalurkan ke konsumen. Pembangkit dapat menghasilkan energi listrik memerlukan suatu sumber yang menjadi tenaga untuk pembangkit. Sumber tersebut berasal dari alam, seperti fosil-fosil berupa batu bara yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), matahari untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), air untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA), gas untuk pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) minyak bumi untuk pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), panas bumi untuk pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP), dan masih banyak lagi.

2. Gardu Induk

Gardu induk adalah salah satu unit pada sistem distribusi yang menerima energi listrik lalu kemudian di salurkan ke sistem transmisi. Pada gardu induk tegangan yang dihasilkan pembangkit dinaikan menjadi 70 kV-500 kV.

3. Jaringan Transmisi

transmisi adalah jaringan yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik yang diterima dari gardu induk dan di teruskan ke jaringan distribusi. Sebelum di teruskan ke jaringan distribusi tegangan dari jaringan transmisi di turunkan terlebih dahulu oleh trafo *step down*. Jaringan transmisi juga digunakan untuk menghubungkan pembangkit dengan gardu induk dan gardu induk yang satu dengan gardu induk yang lainnya. Jaringan transmisi memiliki dua tegangan yaitu tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi. Jaringan transmisi tegangan tinggi memiliki tegangan 70 kV sampai 150 kV, sedangkan ekstra tinggi memiliki tegangan 275 kV sampai 500 kV. Energi

listrik pada jaringan transmisi di salurkan melalui saluran udara dan saluran bawah laut.

4. Gardu Hubung

Gardu hubung berfungsi untuk menerima energi listrik yang dikirimkan oleh jaringan transmisi kemudian disalurkan ke jaringan tegangan menengah (penyalang primer). Sebelum disalurkan ke jaringan distribusi, tegangan (70 kV sampai 500 kV) pada jaringan transmisi diturunkan oleh gardu hubung menjadi tegangan 20 kV

5. Jaringan Distribusi Primer

Jaringan ini berfungsi untuk menerima energi listrik yang dikirimkan oleh gardu hubung dan di salurkan ke jaringan tegangan rendah atau dikirim langsung ke konsumen. Jaringan ini memiliki tegangan 20 kV.

6. Transformator Distribusi

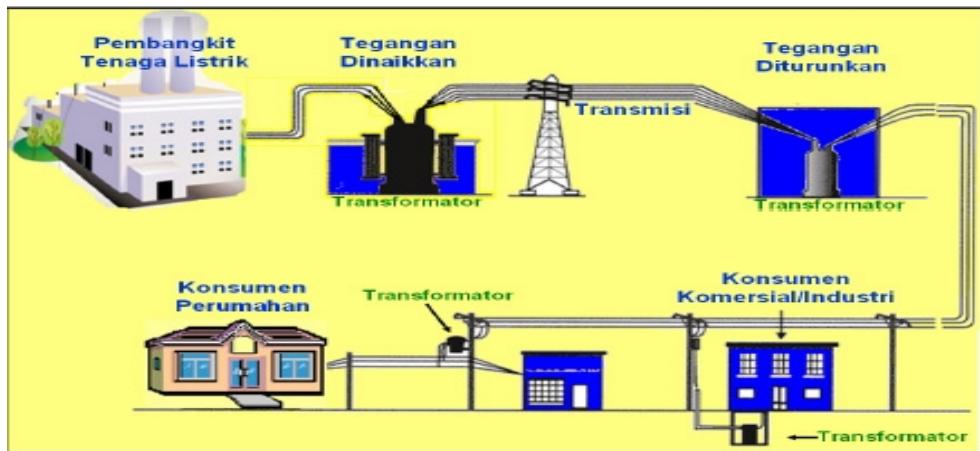
Transformator distribusi adalah transformator yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 20 kV menjadi 380V/220V kemudian di salurkan ke jaringan tegangan rendah.

7. Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan ini memiliki tegangan sebesar 380V/220V yang kemudian disalurkan pada konsumen

8. Konsumen

Konsumen adalah pengguna energi listrik. Daya listrik yang digunakan oleh konsumen tergantung dengan kWh meter yang digunakan.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

2.3 Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi merupakan sistem energi listrik yang berperan langsung untuk menyalurkan energi listrik ke konsumen. Berdasarkan tegangannya jaringan distribusi terbagi menjadi dua yaitu jaringan distribusi tegangan menengah (JTM) atau disebut dengan jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi tegangan rendah (JTR) atau distribusi sekunder.

a. Jaringan tegangan distribusi primer pada umumnya memiliki tegangan 20 kV. Energi listrik pada jaringan ini disalurkan menggunakan saluran kabel tegangan menengah (SKTM) dan saluran udara tegangan menengah (SUTM).

b. Jaringan tegangan distribusi sekunder pada umumnya memiliki tegangan 220 V sampai 380 V. Untuk saluran distribusi sekunder bisa berupa saluran kabel tegang rendah (SKTR) dan saluran udara tegangan rendah (SUTR).

Berikut ini komponen-komponen utama yang berperan penting dalam jaringan distribusi yaitu :

1. Tiang

Tiang adalah salah satu komponen pada jaringan distribusi. Tiang berfungsi untuk penyangga penghantar/konduktor pada saluran udara. Biasanya tiang yang digunakan pada jaringan distribusi yaitu tiang besi dan tiang beton.

2. Isolator

Isolator merupakan peralatan listrik yang mengisolasi penghantar/konduktor.

3. Penghantar/Konduktor

Penghantar adalah peralatan listrik yang berfungsi untuk menghantarkan/menyalurkan listrik ke konsumen.

4. Fuse Cut Out (FCO)

Fuse Cut Out adalah peralatan listrik yang berfungsi untuk memutuskan rangkaian listrik yang berbeban pada jaringan distribusi. FCO bekerja dengan cara meleburkan bagian dari komponennya (Fuse Link) yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukurannya.

5. Transformator

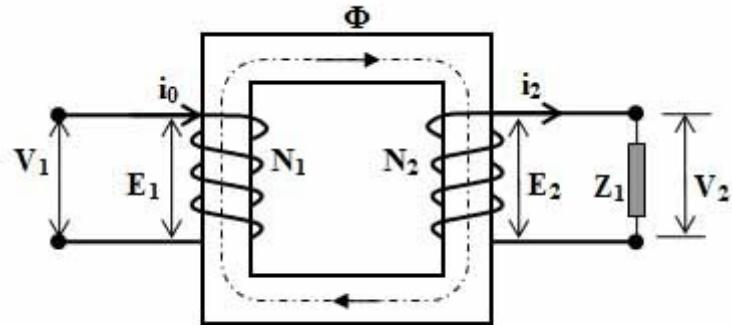
Transformator adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk menaik dan menurunkan tegangan. Pada jaringan distribusi transformator berfungsi untuk menurunkan tegangan dari tegangan tinggi atau ekstra tinggi (70 kV – 500 kV) ke tegangan menengah (20 kV), dari tegangan menengah (20 kV), ke tegangan rendah (380 V/220 V).

2.4 Transformator Daya

Transformator daya (trafo daya) merupakan alat listrik yang termasuk kedalam klasifikasi mesin listrik static yang berfungsi menaikkan tenaga listrik atau daya listrik dari pembangkit ke gardu induk (Bahri, Gianto, & Arsyad, 1986). Pengoperasian trafo pada umumnya, trafo-trafo tenaga ditanahkan pada titik netralnya sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan/proteksi. Contohnya transformator 150/70 kV ditanahkan secara langsung di sisi netral 150 kV, dan transformator 70/20 kV di tanahkan dengan tahanan di sisi netral 20 kV nya. Transformator yang telah diproduksi terlebih dahulu melalui pengujian sesuai standar yang telah ditetapkan.

Dalam menyalurkan daya transformator menggunakan prinsip hukum induksi *faraday* dan hukum *lorentz*, dimana arus bolak balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan menjadi magnet. Apabila magnet tersebut dikelilingi oleh belitan maka pada kedua ujung belitan akan terjadi beda potensial.

Arus yang mengalir pada belitan primer akan menginduksi inti besi transformator sehingga inti besi akan mengalir flux magnetic dan flux magnetik ini akan menginduksi belitan sekunder, sehingga pada ujung belitan sekunder ini akan terdapat beda potensial. (Safala, 2016)



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Transformator

Berikut ini rumus tegangan transformator yaitu

$$E_1 = 44,4 \times N_1 \times F_1 \times \Phi_{\max} \times 10^{-8} \quad (2.1)$$

Maka untuk transformator rumus tersebut sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E_1 &= 44,4 \times N_1 \times F_1 \times \Phi_{\max} \times 10^{-8} \\ E_2 &= 44,4 \times N_2 \times F_2 \times \Phi_{\max} \times 10^{-8} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Karena $f_1 = f_2$

Dimana :

E_1 = tegangan primer (volt)

E_2 = tegangan sekunder (volt)

f_1 = frekuensi primer (Hz)

f_2 = frekuensi sekunder (Hz)

maka :

$$E_1 : E_2 = N_1 : N_2 \quad (2.3)$$

$$E_1 \times E_2 = N_1 \times N_2 \quad (2.4)$$

$$E_2 = (N_2 / N_1) \times E_1 \quad (2.5)$$

Dimana :

E_1 = tegangan primer (volt)

E_2 = tegangan sekunder (volt)

N_1 = belitan primer

N_2 = belitan sekunder

VA primer = VA sekunder

$$I_1 \times E_1 = I_2 \times E_2 \quad (2.6)$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} \text{ maka } I_1 = I_2 \frac{E_2}{E_1} \quad (2.7)$$

Dimana :

I_1 = Arus primer (ampere)

I_2 = Arus sekunder (ampere)

E_1 = Tegangan primer (volt)

E_2 = Tegangan sekunder (volt)

Rumus umum menjadi :

$$a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (2.8)$$

Maka :

$$E_1 = \frac{E_2 \times N_1}{N_2} \quad (2.9)$$

Pada transformator diharuskan tegangan keluarannya adalah konstan sedangkan tegangan yang masuk ke transformator selalu berubah-ubah. Dengan demikian ketika tegangan masuk ke transformator (E_1) mengalami penurunan, agar

tegangan keluaran transformator (E_2) konstan maka perlu di tambahkan belitan (N_1) maupun sebaliknya.

2.5 Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan adalah besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang. Untuk mengetahui besar tegangan pada sisi beban maka dihitung terlebih dahulu besar jatuh tegangan yang terjadi di sepanjang saluran sebelum masuk ke beban. Jatuh tegangan ini dapat di tentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (2.10)$$

Dimana:

ΔV = Jatuh tegangan

V_s = Tegangan kirim

V_r = Tegangan terima

Karena pada penghantar terdapat resistansi maka tegangan yang diterima konsumen (V_r) akan lebih kecil dari tegangan kirim (V_s), sehingga jatuh tegangan (V_{drop}) merupakan selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (*sending end*) dan tegangan pada ujung penerima (*receiving end*) tenaga listrik. Tegangan jatuh relatif dinamakan regulasi tegangan (V_R) dan dapat dijabarkan dengan rumus (Hariyadi, 2017) :

$$V\% = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \quad (2.11)$$

Dimana :

$V\%$ = jatuh tegangan dalam %

V_s = Tegangan kirim

V_r = Tegangan terima

Menghitung jatuh tegangan dalam persen menggunakan rumus sebagai berikut:

Perhitungan jatuh tegangan 3 fasa

$$(\Delta V) = \sqrt{3} \times I \times L (R \times \cos \varphi + X \times \sin \varphi) \quad (2.12)$$

Perhitungan jatuh tegangan 1 fasa

$$(\Delta V) = I \times L (R \times \cos \varphi + X \times \sin \varphi) \quad (2.13)$$

Dimana :

I = Arus beban (A)

R = Tahanan rangkaian (ohm)

X = Reaktansi rangkaian (ohm)

L = Panjang penghantar (Km)

2.6 Impedansi Saluran

Impedansi merupakan parameter utama suatu saluran transmisi atau distribusi. Impedansi (Z) terdiri dari Resistansi (R) dan Reaktansi (X). Penjumlahan antara resistansi dan reaktansi disebut dengan impedansi. Impedansi pada saluran transmisi atau distribusi perlu diketahui untuk melakukan analisa sistem, baik untuk analisa aliran daya, hubung singkat, proteksi, dan kestabilan sistem maupun kontrol sistem. Salam mencari nilai resistansi dan reaktansi (induktif dan kapasitif) ditentukan oleh jarak antar saluran dan jumlah serat kawat penghantarnya. Biasanya

reaktansi kapasitif dapat diabaikan untuk sistem bertegangan rendah dan menengah, karena nilainya relatif kecil dibandingkan dengan reaktansi induktif.

$$Z = R + jX \quad (2.14)$$

Dimana :

Z = Impedansi saluran (ohm)

R = Tahanan Saluran (ohm)

jX = Reaktansi (ohm)

1. Resistansi Penghantar

Tembaga dan aluminum merupakan material yang biasa digunakan sebagai konduktor. Untuk saluran transmisi dan distribusi banyak digunakan aluminum. Berikut jenis-jenis konduktor aluminum (Sudirham, 2012).

- Aluminum: AAL (*all aluminum conductor*)
- Alloy aluminum: AAAL (*all aluminum alloy conductor*)
- Aluminum dengan penguatan kawat baja: ACSR (*aluminum conductor steel reinforced*)

Data mengenai ukuran, konstruksi, resistansi [Ω per km], radius [cm], GMR [cm] (*Geometric Mean Radius*), serta kemampuan mengalirkan arus [A], dapat kita peroleh dari standar/spesifikasi peralatan.

Tiap konduktor memberi perlawanan atau tahanan terhadap mengalirnya arus listrik dan hal ini dinamakan resistansi. Resistansi atau tahanan dari suatu konduktor (kawat penghantar) adalah penyebab terpenting dari rugi daya (*power losses*) pada saluran transmisi, resistansi yang dimaksud adalah

resistansi efektif yaitu perbandingan rugi daya pada penghantar dengan arus pangkat dua (Tanjung, 2012).

Relasi resistansi untuk arus searah adalah

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2.15)$$

dengan l panjang konduktor [m], A luas penampang konduktor [m^2], dan ρ adalah resistivitas bahan.

2. Reaktansi Penghantar

Konduktor yang dialiri oleh arus listrik dikelilingi oleh garis-garis magnetik yang berbentuk lingkaran-lingkaran konsentrik. Arus bolak-balik medan yang berada disekeliling konduktor tidaklah konstan melainkan akan selalu berubah-ubah dan akan mengait konduktor itu sendiri maupun dengan konduktor-konduktor lainnya yang terletak berdekatan. Dengan adanya kaitan-kaitan fluks tersebut maka saluran akan memiliki sifat induktansi. Reaktansi pada saluran transmisi atau distribusi terdiri dari reaktansi induktif (jX) dan reaktansi kapasitif ($-jX$). Namun pada saluran distribusi, reaktansi kapasitif sangat kecil, sehingga biasanya diabaikan.

Tabel 2.1 Impedansi Saluran

Luas Penampang (mm^2)	Jari ² (mm)	Urat (buah)	GMR (mm)	KHA penghantar AAAC	Impedansi urutan positif (Ohm / km)	Impedansi urutan Nol (Ohm / km)
16	2,2563	7	1,6380	105	$2,0161 + j 0,4036$	$2,1641 + j 1,6911$
25	2,8203	7	2,0475	135	$1,2903 + j 0,3895$	$1,4384 + j 1,6770$
35	3,3371	7	2,4227	170	$0,9217 + j 0,3790$	$1,0697 + j$

						1,6665
50	3,9886	7	2,8957	210	$0,6452 + j 0,3678$	$0,7932 + j 1,6553$
70	4,7193	7	3,4262	255	$0,4608 + j 03572$	$0,6088 + j 1,6447$
95	5,4979	19	4,1674	320	$0,3096 + j 0,3449$	$0,4876 + j 1,6324$
120	6,1791	19	4,6837	365	$0,2688 + j 0,3376$	$0,4168 + j 1,6324$
150	6,9084	19	5,2365	425	$0,2162 + j 0,3305$	$0,3631 + j 1,6180$
185	7,6722	19	5,8155	490	$0,1744 + j 0,3239$	$0,3224 + j 1,6114$
240	8,7386	19	6,6238	585	$0,1344 + j 0,3158$	$0,2824 + j 1,6034$

Sumber: (SPLN 64:1985, 1985)

Besarnya reaktansi induktif (X) diformulasikan sebagai berikut (RH, 2016) :

$$X = 2\pi fL \quad (2.16)$$

Dimana :

$$f = \text{Frekuensi (Hz)}$$

$$L = \text{Induktansi (Henry)}$$

$$X = \text{Reaktansi Induktif (ohm)}$$

2.7 Studi Aliran Daya

Aliran daya merupakan studi dasar dalam menganalisa suatu sistem tenaga listrik, baik untuk perencanaan maupun operasi. Pada dasarnya sasaran utama dari semua analisa aliran daya adalah untuk menentukan besar dan sudut fasa tegangan pada setiap bus, dengan diketahuinya tegangan maka daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dapat di hitung. Jika P dan Q pada dua buah bus diketahui maka aliran daya

saluran penghubung dan rugi-rugi daya saluran penghubung dapat diketahui. Tujuan aliran daya adalah untuk mengetahui besar vektor tegangan pada setiap bus dan besar aliran daya pada setiap cabang suatu jaringan untuk suatu kondisi tertentu dalam kondisi normal. Aliran daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan aplikasi hukum arus kirchoff yaitu (Ir. Marada Sitompul, n.d.) :

$$\begin{aligned} I_i &= y_{i0}v_i + y_{i1}(v_i + v_1) + y_{i2}(V_i - v_2) + \dots + y_{in}(v_i - v_n) \\ &= (y_{i0} + y_{i1} + y_{i2} + \dots + y_{in})v_i - y_{i1}v_1 - y_{i2}v_2 - \dots - y_{in}v_n \end{aligned} \quad (2.17)$$

Atau:

$$I_i v_i - \sum_{j=0}^n y_{ij}v_j, j \neq i \quad (2.18)$$

Daya aktif dan daya reaktif pada bus i adalah

$$P_i + jQ_i = V_i \cdot I_i^* \quad (2.19)$$

Atau

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad (2.20)$$

Dari persamaan 2.19 dan 2.20 diperoleh:

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij}v_j, j \neq i \quad (2.21)$$

Dari persamaan aliran daya di atas merupakan persamaan matematis yang harus diselesaikan dengan teknik iterasi.

1. Metode analisa aliran daya

Sebelum tahun 1929, semua perhitungan aliran daya dilakukan dengan tangan. Pada tahun 1929, *network calculators* (dari *wasting house*) atau *network analyzers* (dari *General Electric*) digunakan untuk perhitungan aliran

daya. Namun demikian, metode digital pertama yang sukses dikembangkan adalah oleh Ward dan Hale pada tahun 1956. Metode iteratif yang digunakan pada awalnya didasarkan pada matriks-Y dari *Gauss-Seidel*. Kekurangan dari metoda *Gauss-Seidel* memicu dikembangkannya metoda *Newton-Raphson*. Metoda ini awalnya dikembangkan oleh van Nesh dan Griffin dan kemudian dikembangkan lagi oleh peneliti-peneliti lain seperti Tinney dan Stot. Metoda ini didasarkan pada algoritma *Newton-Raphson* untuk penyelesaian persamaan kuadratik simultan dari jaringan daya. Oleh karena itu, masalah aliran daya yang tidak dapat diselesaikan dengan metoda *Gauss-Seidel* (misalnya sistem dengan inpedansi negatif) dapat diselesaikan secara mudah dengan metoda *Newton-Raphson*. Metoda ini dasarkan pada fakta bahwa pada setiap jaringan daya yang beroperasi pada keadaan mantap, kopling antara P-θ (daya aktif dan sudut tegangan bus) dan Q-V (daya reaktif dan besar tegangan bus) adalah cukup lemah (Ardi Travolta, Dr. Ir. Rudy Gianto, 2006) dan (Steven Humena, Frengki E.P Surusa, 2018).

2. Metode Newton-Raphson

Metode *Newton-Raphson* adalah metode yang diciptakan oleh Isaac Newton dan Joseph Raphson. Metode *Newton-Raphson* merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk menyelesaikan persamaan aljabar nonlinier simultan dibandingkan dengan metoda *Gauss-Seidel*. Metoda ini pertama yang populer digunakan dalam perhitungan load flow. Metoda *Newton-Raphson* memiliki karakteristik konvergensi yang lebih cepat, waktu yang lebih cepat, dan iterasi yang lebih sedikit dibandingkan dengan metoda *Gauss-Seidel*.

Newton-Raphson salah satu metode yang digunakan untuk menganalisa aliran daya. Langkah pertama dalam menyelesaikan persamaan aliran daya yaitu membentuk matrik admitansi bus (Y bus). Rumus menghitung admitansi bus ditunjukan pada persamaan berikut (Manuel, 2016):

$$y_{ij} = \frac{1}{z_{ij}} = \frac{1}{r_{ij} + jx_{ij}} \quad (2.22)$$

Dimana:

y_{ij} : admitansi saluran dari bus i ke bus j

z_{ij} : impedansi saluran dari bus i ke bus j

r_{ij} : resistansi saluran dari bus i ke bus j

jx_{ij} : reaktansi saluran dari bus i ke bus j

Setelah menghitung admitansi bus, nilai admitansi di konversikan ke model *rectangular* pada persamaan (2.24) selanjutnya membuat persamaan arus yang ditunjukan pada persamaan (2.23) :

$$I_{-i} = \sum_{j \neq i}^n V_{-i} \cdot Y_{-ij} \quad (2.23)$$

$$Y_{ij} = G_{ij} + B_{ij} \quad (2.24)$$

Dimana :

I_{ij} : Arus yang mengalir dari bus i

G_{ij} : Tegangan di bus i

B_{ij} : admitansi saluran antara bus i dan bus j

Seperti pada persamaan (2.24), yaitu bentuk *rectangular* dari admitansi, pada persamaan (2.25) merupakan bentuk rectangular dari tegangan.

$$V_i = e_i + jf_i \quad (2.25)$$

Dimana:

V_i : tegangan pada bus i

$(e_i + jf_i)$: Komponen rectangular tegangan

Setelah didapatkan persamaan (2.23) dan (2.25), selanjutnya dimasukan ke persamaan aliran daya. Persamaan (2.26) adalah persamaan aliran daya.

$$S_i = P_i + jQ_i = V_i I_i^* \quad (2.26)$$

$$S_i = V_i \sum_{j \neq i}^n (V_j \cdot Y_{ij})^* \quad (2.27)$$

$$P_i + jQ_i = (e_i + jf_i) \sum_{j \neq i} (G_{ij} - jB_{ij})(e_i - jf_i) \quad (2.28)$$

Persamaan (2.27) dan (2.28) merupakan hasil substitusi persamaan (12) dan (14) ke persamaan (2.26) pada perhitungan daya.

Dimana:

S_i : Kapasitas pada bus i

P_i : Daya aktif pada bus i

jQ_i : Daya reaktif pada bus i

$(G_{ij} - jB_{ij})$: Komponen rectangular pada admitansi saluran

Setelah menghitung persamaan aliran daya pada persamaan (17), dilakukan hasil pemecahan persamaan (17) ke dalam 2 persamaan yaitu persamaan daya aktif dan daya reaktif.

Daya aktif ditunjukan pada persamaan (2.29) dan persamaan (2.30) :

$$P_i^{act} = e_i \sum_{j \neq i} (G_{ij} e_j - B_{ij} f_j) + f_i \sum_{j \neq i} (G_{ij} f_j + B_{ij} e_j) \quad (2.29)$$

$$Q_i^{act} = f_i \sum_{j \neq i} (G_{ij} e_j - B_{ij} f_j) - e_i \sum_{j \neq i} (G_{ij} f_j + B_{ij} e_j) \quad (2.30)$$

Dimana:

P_i^{rect} : Daya aktif pada bus i dengan komponen rectangular

Q_i^{rect} : Daya reaktif pada bus i dengan komponen rectangular.

2.8 Susut Energi

Susut energi dapat dinyatakan dengan selisih energi antara energi beli dan energi jual. Energi jual adalah energi yang dikonsumsi oleh pelanggan secara tercatat. Sedangkan energi beli adalah energi yang disuply P3B (Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban). Kondisi ideal adalah energi beli sama dengan energi jual (energi yang sebenarnya digunakan oleh konsumen yang teradministrasi dengan benar) ditambah susut energi teknis akibat jaringan distribusi tersebut di lewati arus.

Persamaan susut jaringan distribusi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Susut (dist)} = \text{Susut (trafo)} + \text{Susut (JTM)} + \text{Susut (JTR+SR)} \quad (2.31)$$

Atau dalam bentuk energi :

$$\text{Susut Energi (Dist)} = \frac{E_{in(Dist)} - E_{out(Dist)}}{E_{in(Dist)}} \times 100\% \quad (2.32)$$

Susut energi berdasarkan sifatnya dapat dibedakan menjadi dua yaitu susut teknis dan susut non teknis.

1. Susut Teknis

Susut teknis adalah energi yang hilang pada saluran akibat adanya penyaluran energi ke konsumen. Susut teknis terjadi biasanya diakibatkan oleh panjang jaringan semakin lama semakin bertambah, sehingga mengakibatkan energi listrik yang diterima oleh konsumen tidak sama lagi dengan energi yang

telah disalurkan oleh peralatan listrik. Susut teknis dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Susut teknis} = I_k^2 \cdot r_k \cdot t \quad (2.33)$$

Dimana :

I_k^2 = Arus mengalir dikomponen jarigan distribusi

r_k = Resistansi komponen

t = periode waktu pengamatan

2. Susut Non Teknis

Susut energi non teknis merupakan selisih energi dari energi beli dikurangi energi jual. Susut non teknis disebabkan oleh masalah administrasi dalam pencatatan meter/pengukuran sistem billing. Disamping adanya pelanggaran penggunaan energi listrik (pencurian energi listrik) oleh pelanggan liar (Daniel Dalam, 2013).

2.9 Tegangan Pada Sistem Tenaga Listrik

1. Tegangan pengenalan pada sistem

Berdasarkan SPLN T6.001: 2013 PT. PLN (Persero) menetapkan standard tegangan untuk sistem tenaga listrik sebagai berikut

a. Tegangan Rendah

Pada tegangan rendah tegangan sistem yang berlaku antara 100 V sampai dengan 1000 v

b. Tegangan Menengah

Tegangan pada sistem tegangan menengah adalah di atas dari 1000 V sampai dengan 35. 000 V

c. Tegangan Tinggi

Tegangan tinggi memiliki standar tegangan sistem di atas 35. 000 V sampai dengan 245. 000 V

d. Tegangan Ekstra tinggi

Tegangan Ekstra tinggi memiliki tegangan sistem di atas 245. 000V

e. Tegangan tertinggi dan terendah suatu sistem

1. Tegangan tertinggi suatu sistem

Tegangan ini adalah tegangan tertinggi yang terjadi dalam keadaan kerja normal pada setiap saat dan di setiap titik pada sistem itu.

Hal ini tidak mencakup transien tegangan, misalnya karena variasi switsing sistem dan variasi tegangan temporer.

2. Tegangan terendah suatu sistem

Tegangan ini adalah tegangan yang terjadi pada kondisi operasi normal disetiap saat dan disetiap pada sistem itu hal ini tidak mencakup transien tegangan, misalnya karena variasi switsing sistem dan variasi tegangan temporer.

f. Terminal pasok

Titik hubung antara sistem listrik distribusi pemasok listrik tegangan sistem listrik konsumen

g. Tegangan pasok

Tegangan fase ke fase atau fase ke netral pada terminal pasok

h. Julat tegangan pasok

Julat tegangan ini berada pada terminal pasok.

i. Tegangan pemanfaatan

Tegangan ini berada pada tegangan fase ke fase, fase ke netral pada kotak kontak atau terminal perlengkapan

j. Julat tegangan pemanfaatan

Julat tegangan ini berada pada kotak kontak atau ada pada terminal perlengkapan

k. Tegangan pengenal (perlengkapan)

Tegangan yang ditetapkan umumnya oleh pabrikan, untuk kondisi operasi yang ditentukan dalam suatu komponen, gawai atau perlengkapan. Tegangan tertinggi pada perlengkapan hanya ditunjukkan untuk tegangan sistem nominal yang lebih tinggi dan 1.000 V. Hal itu dapat dimengerti terutama untuk tegangan sistem nominal tertentu. Dalam operasi normal, untuk perlengkapan yang mempunyai kaitan dengan karakteristik peka tegangan tidak dapat dijamin sampai dengan tegangan tertinggi. Seperti susut kapasitor, arus magnetisasi transformator dan sebagainya. Pada kasus tersebut, rekomendasi yang relevan harus menentukan batas untuk dapat menjamin operasi normal perlengkapan. Hal itu dapat dimengerti karena perlengkapan yang digunakan dalam sistem yang mempunyai tegangan nominal tidak melebihi 1.000 V, sebaiknya hanya ditentukan dengan acuan tegangan sistem nominal yang berlaku untuk operasi dan untuk insulasi. Pada

tegangan perlengkapan perlu memperhatikan standar perlengkapan (misalnya IEC 60335-1 dan IEC 60071) istilah “julat tegangan” mempunyai pengertian yang berbeda.

2.10. Standard Tegangan

Dibawah ini menunjukkan tabel nilai tegangan sistem 3 fase-tiga empat-kawat dan sistem fase tunggal tiga-kawat termasuk rangakaian fase-tunggal (perluasan, pelayanan dan sebagainya) yang dihubungkan ke sistem tersebut. Nilai yang lebih rendah dalam kolom adalah tegangan ke netral dan nilai yang lebih tinggi adalah tegangan antar fase. Jika hanya satu nilai yang ditunjukkan, maka nilai tersebut mengacu pada sistem tiga kawat dan menunjukkan tegangan antar fase (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2013). Seperti terlihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Sistem Yang Diterapkan Pada Sistem Distribusi Tegangan Rendah

Sistem fase-tiga empat-kawat	Sistem fase-tunggal tiga-kawat
Tegangan nominal (V)	Tegangan nominal (V)
230 / 400	2 x 230
	Sistem fase-tunggal tiga kawat tidak dikembangkan.

Dengan memperhatikan julat tegangan pasok, pada kondisi pelayanan normal direkomendasikan bahwa tegangan pada terminal pasok perbedaannya tidak boleh lebih besar $\pm 10\%$ dari tegangan nominal sistem. Untuk jatuh tegangan pemanfaatan, selain variasi tegangan pada terminal pasok, jatuh tegangan mungkin terjadi pada instalasi konsumen. Untuk instalasi tegangan rendah, turun tegangan ini dibatasi sampai dengan 5% (4% IEC) yang berarti

turun tegangannya dari 220/380 menjadi 219/389, oleh karena itu julat tegangan pemanfaatan adalah + 10 %, - 15 %, yang artinya julat (batasan) tegangan pemanfaatannya dari 220/380 menjadi + 222/382 dan - 223/388, seperti terlihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sistem Fase Tiga Yang Bertegangan Nominal Antara 1 kV Sampai Dengan 35kV dan Perlengkapan Terkait.

Tegangan tertinggi untuk perlengkapan (kV)	Tegangan nominal sistem (kV)	Pemanfaat
7,2	6	Pembangkit
12	11	Pembangkit
24	20	Distribusi & pembangkit
Sistem fase-tiga tiga-kawat kecuali dinyatakan lain. Nilai yang ditunjukkan adalah tegangan antar fase Tegangan tertinggi dan tegangan terendah perbedaannya tidak boleh lebih besar $\pm 10\%$ dari tegangan nominal sistem		
1) Nilai ini tidak digunakan untuk sistem distribusi umum. 2) Tidak dikembangkan lagi. 3) Untuk sistem fase tiga empat kawat		

CATATAN 1: Rasio antara dua tegangan nominal yang berdekatan pada satu sistem sebaiknya tidak kurang dari dua.

CATATAN 2: Dalam sistem normal, tegangan tertinggi dan terendah perbedaannya tidak lebih $\pm 10\%$ dari tegangan nominal sistem, seperti terlihat pada Tabel 2.4, Tabel 2.5 dan Tabel 2.6.

Tabel 2.4 Sistem Fase Tiga Yang Bertegangan Nominal Diatas 35 kV Sampai Dengan 230 kV dan Perlengkapan Terkait

Tegangan tertinggi untuk perlengkapan (kV)	Tegangan nominal sistem (kV)
--	------------------------------

72,5	66
170	150
Nilai tersebut di atas adalah nilai tegangan antar fase	

Tabel 2.5 Sistem Fase Tiga Yang Bertegangan Tertinggi

Untuk Perlengkapan Melebihi 245 kV

Tegangan tertinggi untuk perlengkapan (kV)	Tegangan nominal sistem (kV)
300	275
550	500
Nilai tersebut di atas adalah nilai tegangan antar fase	

Tabel 2.6 Perlengkapan Yang Mempunyai Tegangan Sampai Dengan 220 V a.s

Atau Sampai Dengan 400 V a.b

A.S		A.B	
Nilai nominal		Nilai nominal	
Lebih disukai (V)	Pemanfaat	Lebih disukai (V)	Pemanfaat
12	Telekom,SCADA, Radio, GH & KIT		
24	Telekom,SCADA, Radio, GH & KIT		
48	Telekom,SCADA, Radio,TP,SCADA	230/400	Rumah, Kantor, Gardu, Pusat Listrik
110	Kontrol GI & KIT		
220	Kontrol GI & KIT		

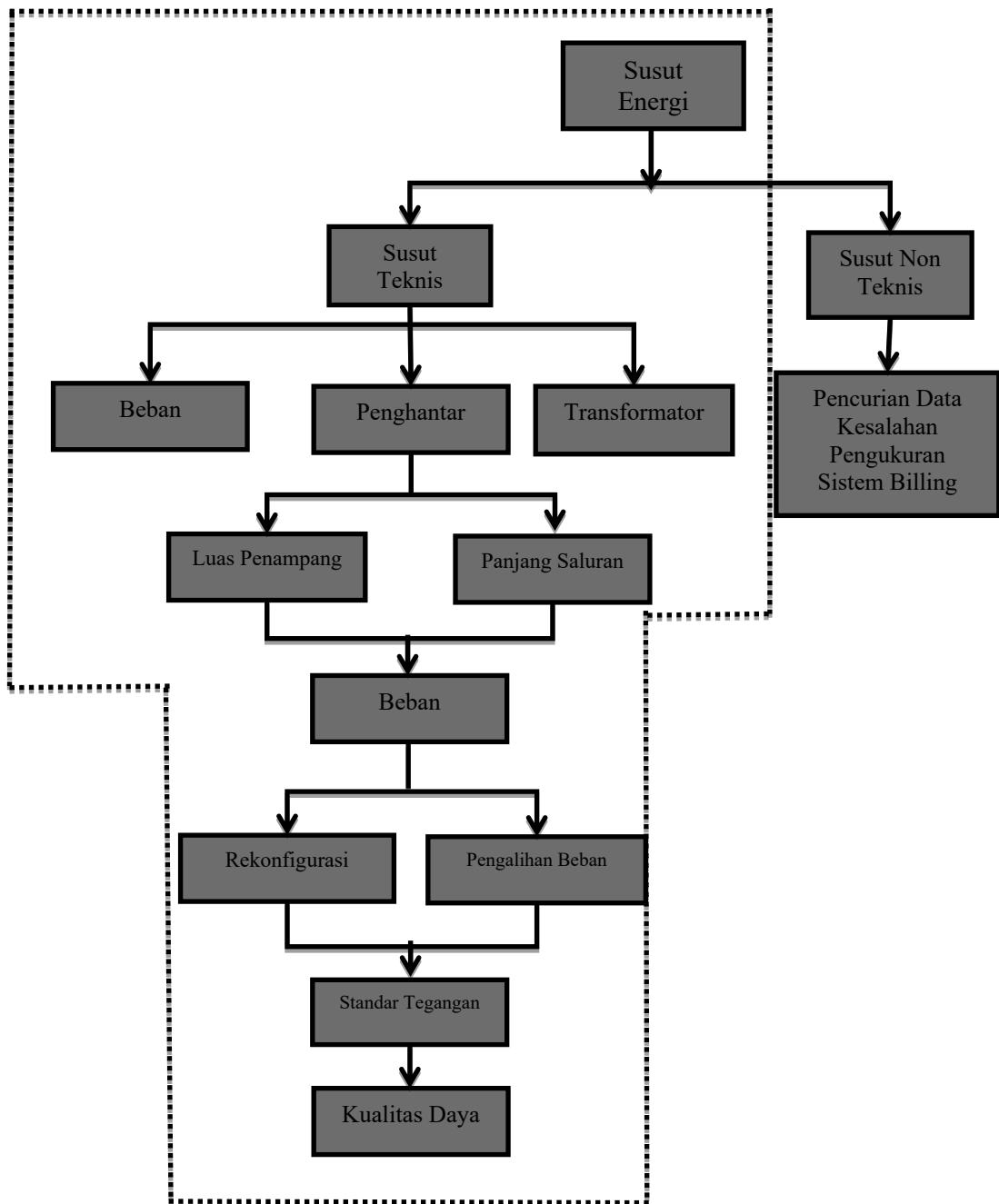
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Kerangka Konsep Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan penyulang pada sistem kelistrikan Gardu Induk (GI) Molibagu. Pada Gambar (3.1) di perlihatkan kerangka konsep penelitian yang menjelaskan tentang profil tegangan dan rugi-rugi daya teknis setelah penambahan penyulang baru. Drop tegangan dan Rugi-rugi daya teknis merupakan salah satu sifat dari susut energi.

Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan rekonfigurasi, rekonfigurasi adalah salah satu cara menambah atau merubah jaringan agar dapat meminimalisir drop tegangan dan susut energi yang di akibatkan oleh padatnya beban pada jaringan. Selain melakukan rekonfigurasi permasalahan ini dapat di lakukan dengan pengalihan manuver beban, pengalihan manuver beban merupakan cara dengan memindahkan beban dari jaringan yang bermasalah ke jaringan lain atau ke jaringan yang baru ditambahkan. Setelah melakukan ke dua cara tersebut maka akan di lihat standar tegangannya, jika standar tegangannya sudah memenuhi standar kelayakan maka akan menghasilkan kualitas daya yang di tetapkan.



Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian

3.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini berlokasi di wilayah kelistrikan ULP Molibagu dan lokasi yang akan dilakukan rekonfigurasi jaringan atau penambahan penyulang baru adalah pada Gardu Induk (GI) Molibagu. Rencananya kedepan bahwa tidak ada lagi beban

penyulang yang mengalami drop tegangan. Waktu penelitian dilaksanakan selama 3 bulan terhitung dari Maret 2023 sampai dengan Juni 2023.

3.3 Tahapan Alur Penelitian

3.3.1 Study Literatur

Study literatur ini dilakukan untuk pembelajaran terhadap referensi, jurnal serta teori-teori dasar yang behubungan objek yang diteliti terhadap penelitian-penelitian sebelumnya.

3.3.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data yang diterima dari Unit Layanan Transmisi Gardu Induk ULTG Lopana yaitu pada Gardu Induk Molibagu dan Unit Layanan Pelanggan (ULP) Molibagu. Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Diagram satu garis (*one line diagram*) sistem GI Molibagu, yakni peta jaringan/jalur layanan sistem.
2. Generator yang tersambung dengan sistem GI Molibagu, data yang dibutuhkan adalah : rating tegangan (kV), kapasitas daya terpasang dalam (MW) dan daya mampu dari masing-masing pembangkit dalam satuan MW.
3. Transformator daya di GI Molibagu
4. penghantar yang digunakan
5. Beban, yakni beban puncak malam sesaat.

3.3.3 Proses Pengolahan Data

Data-data yang didapatkan dari lapangan masih berupa data mentah. Sebelum dilakukan simulasi, data-data tersebut masih melalui tahap perhitungan-perhitungan manual untuk mendapatkan nilai parameter sistem yang akan menjadi input pada simulasi. Selanjutnya dilakukan permodelan sistem dengan menggunakan bantuan software ETAP 19.0. Selanjutnya dilakukan simulasi aliran daya pada sistem kelistrikan Gardu Induk (GI) Molibagu menggunakan metode *Newton-Raphson*.

3.3.4 Simulasi Aliran Daya

Adapun data-data yang menjadi input pada simulasi aliran daya adalah sebagai berikut:

1. Nama Busbar
2. Tipe Busbar (bus referensi, bus beban dan bus pembangkit)
3. Rating tegangan busbar
4. Data transformator daya pada GI Molibagu
5. Data penghantar pada saluran distribusi
6. Daya semu (beban yang tersambung pada bus beban satuan MVA)
7. Daya aktif
8. Faktor daya yakni pembangkit 0,85 dan beban 0,95

Simulasi dilakukan untuk mengetahui nilai profil tegangan pada setiap bus, aliran beban dan rugi-rugi daya total pada sistem kelistrikan GI Molibagu sebelum dan sesudah adanya rekonfigurasi/penambahan penyulang baru. Skenario simulasi adalah dengan menambahkan penyulang baru ke GI Molibagu dengan

memperhatikan standar tegangan jaringan yang di izinkan. Setelah dilakukan simulasi tersebut, dilakukan analisis hasil.

3.3.5 Analisa Hasil Simulasi

Analisa hasil simulasi berupa profil tegangan pada setiap bus, rugi rugi daya total sebelum dan setelah adanya penambahan penyulang baru pada system kelistrikan GI Molibagu. Analisa hasil ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan profil tegangan dan rugi rugi daya total. Dilakukan perbandingan ini yaitu untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada bus penyulang 20 kV GI Molibagu berupa nilai tegangan dan rugi-rugi daya. Dalam analisis ini juga dilakukan evaluasi hasil aliran daya guna melihat apabila sudah memenuhi standart yang ditetapkan. Jika sudah memenuhi standart maka akan ditarik kesimpulan.

3.3.6 Skenario Simulasi

Simulasi aliran daya menggunakan bantuan *software* ETAP yang terintegrasi dan metode *Newton-Raphson*.

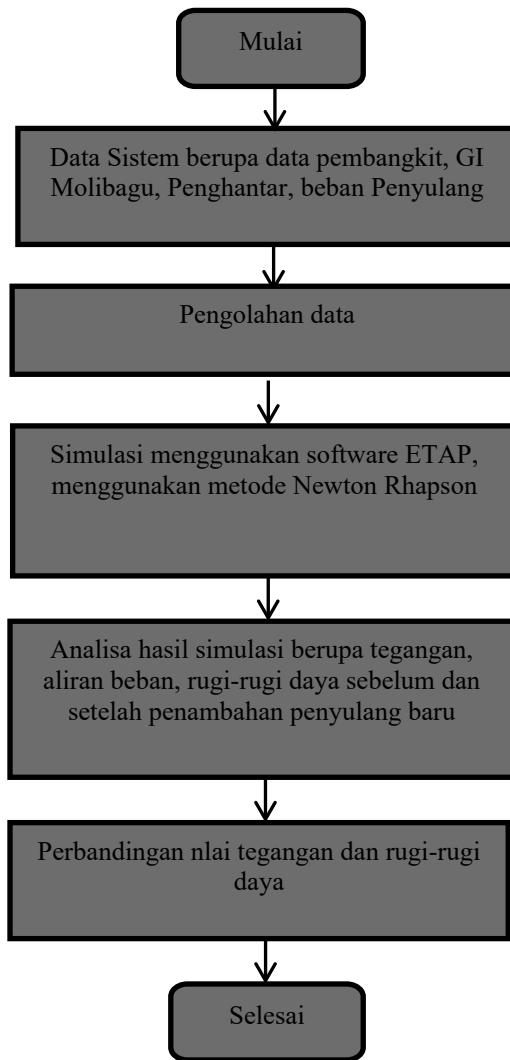
1. Skenario Pertama (sebelum rekonfigurasi)
 - a) Daya terpasang berdasarkan daya mampu pembangkit mengikuti daya yang diberikan pada Tabel 3.1.
 - b) Beban penyulang yang digunakan adalah data beban puncak malam pada bulan Januari 2023 yang diberikan pada Tabel 3.3.
2. Skenario kedua (setelah rekonfigurasi)
 - a) Daya terpasang berdasarkan daya mampu pembangkit mengikuti daya yang diberikan pada Tabel 3.1.

- b) Beban penyulang yang digunakan adalah data beban puncak malam pada bulan Januari 2023 yang diberikan pada Tabel 3.3.
- c) Melakukan pemindahan beban pada penyulang yang mengalami drop tegangan (rekonfigurasi jaringan)

Kedua skenario tersebut disimulasikan dalam 1 (satu) pola operasi sistem, yakni pada saat sistem kelistrikan Bolaang Mongondow Selatan yaitu penyulang 20 kV GI Molibagu pada kondisi beban puncak malam. Asumsi dan batasan yang digunakan dalam simulasi sebagai berikut:

- a) Ketelitian yang digunakan dalam simulasi aliran daya adalah 0.0001, dengan metode analisis menggunakan metode *Newton-Rhapson*
- b) Studi aliran daya dilakukan pada kondisi sistem tanpa gangguan
- c) Memindahkan beban penyulang MR.03 pada penyulang lainnya.

3.4 Flow Chart Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sistem Kelistrikan Gorontalo

Sistem Kelistrikan Gardu Induk (GI) Molibagu merupakan satu kesatuan interkoneksi dengan sistem kelistrikan Minahasa, Kotamobagu dan Gorontalo melalui saluran transmisi 150 kV. GI Molibagu saat ini menyuplai energi listrik di daerah Kabupaten Bolaang Mongodow Selatan dengan memiliki 2 dua penyulang 20 kV. Dengan pertumbuhan ekonomi di wilayah Kabupaten tersebut maka direncanakan untuk menambah beban penyulang.

Masuknya beban penyulang baru pada GI Molibagu diharapkan dapat membantu kebutuhan akan energy listrik di wilayah Kabupaten Bolsel dan juga dapat memperbaiki profil tegangan dengan memperhitungkan rugi-rugi daya. Sehingga perlu analisis aliran daya pada kondisi sebelum masuknya beban penyulang baru dan sesudah masuknya beban penyulang baru. Dalam analisis aliran daya perlu data sistem kelistrikan GI Molibagu. Adapun data tersebut berupa data Pembangkit listrik dalam hal ini adalah supplay energi melalui saluran transmisi 150 kV GI Otam, data transformator Gardu induk, beban penyulang 20 kV.

4.2 Analisis Data Sistem Kelistrikan GI Molibagu

Data sistem kelistrikan GI Molibagu untuk beban penyulang masih berupa data mentah sehingga masih diperlukan pengolahan data sebagai input dalam simulasi. Untuk simulasi menggunakan bantuan software ETAP 19.0. Setelah itu dianalisis hasil simulasi tersebut

4.2.1 Analisis Data Pembangkit Listrik

Daya pembangkit diperoleh berdasarkan beban yang ada pada transformator daya di GI Molibagu. Sedangkan bus referensi atau slac bus digunakan nilai 100 MVasc. Cos phi yang digunakan adalah 0.85 berdasarkan kapasitas transformator daya. Untuk menentukan nilai parameter daya aktif dapat dicari dengan :

$$P = S \times \cos \phi$$

$$P = 30 \text{ MVA} \times 0,85 = 25,5 \text{ MW}$$

Untuk daya aktif pembebanan transformator daya adalah 80 persen dari daya aktif dapat dihitung dengan:

$$P = 80\% \times \text{daya terpasang} = 80\% \times 25,5 = 20,4 \text{ MW}$$

4.2.2 Analisa Data Beban

Dalam menganalisis data beban kedalam bentuk daya aktif (MW) dan daya semu (MVA) maka data yang diperoleh dari lapangan berupa data beban amper dirubah kedalam bentuk daya aktif dan daya semu. Perhitungan parameter beban dalam bentuk beban daya aktif adalah beban daya semu pada masing-masing penyulang GI. Contohnya untuk beban penyulang 1 MB.5 diketahui beban amper adalah 202 A, dengan cos phi untuk beban penyulang GI Molibahgu adalah 0,95 maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$S_{MVA} = \frac{I \times V}{1000} = \frac{202 \times 20 \times \sqrt{3}}{1000} = 6,989 \text{ MVA}$$

$$P_{MW} = \frac{S \times \cos \phi}{1000} = \frac{6639,74}{1000} = 6,64 \text{ MW}$$

$$Q_{MVAR} = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{6,989^2 - 6,64^2} = 2,18 \text{ MVAR}$$

4.4 Simulasi dan Pembahasan

4.4.1 Hasil simulasi Tegangan Sebelum Masuknya Penyulang baru

Simulasi aliran daya menggunakan metode Newton-Raphson, pertama-tama system dimodelkan sesuai dengan *single line* system kelistrikan GI Molibagu sebelum masuknya beban penyulang baru pada penyulang 20 kV. Setelah system dimodelkan, selanjutnya dilakukan penginputan data dari masing-masing parameter sesuai dengan hasil pengolahan data dan referensi system. Penginputan data hasil perhitungan parameter pembangkit, slack bus, transformator, penghantar dan beban kedalam software ETAP 19.0.

Setelah penginputan data, selanjutnya dilakukan proses simulasi. Hasil dari simulasi tegangan sebelum masuknya beban penyulang baru merupakan hasil tegangan pada bus Gardu Induk di sisi 150 kV dan penyulang 20 kV dengan menggunakan metode Newton-Raphson. Setelah didapatkan hasilnya maka dilakukan analisis tegangan yang terdapat pada setiap bus beban, bus beban tersebut terdapat pada masing-masing bus Gardu Induk (GI). Beban pada masing-masing GI terbaca pada bus tegangan 150 kV dan 20 kV. Sehingga hasil simulasi tegangan sebelum masuknya beban penyulang baru dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Simulasi Tegangan Sebelum Masuk Penyulang Baru

Bus	Tegangan		
	%	Angle	Volt
GI MB 150	100	0,0	20
GI MB 20	98,438	-2,4	19,69
MB.05	98,388	-2,4	19,68
MB.06	98,414	-2,0	19,68

Pada Tabel 4.1 terlihat bahwa hasil simulasi tegangan system kelistrikan GI Molibagu sebelum masuknya penyulang baru 20 kV dengan menggunakan metode Newton Raphson yang tertinggi terdapat pada bus GI MB 20 kV sebesar 19,69 kV dengan persentase tegangan 98,438% dan tegangan terendah terdapat pada bus MB.05 yaitu sebesar 19,68 kV dengan persentase tegangan 98,388. Hal ini menandakan bahwa tegangan yang ada pada bus GI MB 20 kV maupun pada bus masing masing penyulang masih dalam batas standar SPLN yaitu 105 % (+ 5 %) dan 90 % (- 10%).

4.4.2 Hasil Simulasi Aliran Beban Sebelum Masuknya Penyulang baru

Hasil simulasi aliran beban sebelum masuknya beban penyulang baru pada GI Molibagu 20 kV dengan menggunakan metode Newton-Raphson dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Aliran Beban Sebelum Masuknya Penyulang Baru

Bus		Load Flow		
From	To	MW	MVAR	Ampere
GI MB 150	GI MB 20	9,939	3,734	40,9
GI MB 20	MB.05	6,707	2,205	207,1
GI MB 20	MB.06	3,221	1,059	99,4

Dari Tabel 4.2 terlihat bahwa hasil simulasi aliran beban sebelum masuknya beban penyulang baru dengan menggunakan metode Newton-Raphson terbesar terdapat pada bus GI MB 20 kV menuju bus MB.05 yaitu daya aktif sebesar 6,707 MW dan daya reaktif sebesar -2,205 MVar. Sedangkan aliran beban terendah terdapat pada bus GI MB 20 kV menuju bus MB.06 yaitu daya aktif sebesar 3,221 MW dan daya reaktif yaitu sebesar 1,059 MVar.

4.4.3 Rugi-rugi Daya Sebelum Masuknya Penyalang baru

Hasil simulasi rugi-rugi daya sebelum masuknya beban penyulang baru dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Simulasi Rugi-rugi Daya Sebelum masuknya beban penyulang baru

ID	Daya Aktif MW	Daya Reaktif MVAR
Total Demand	9,939	3,734
Total Load	9,924	3,262
Apparent Losses	0,014	0,472
Percent Losses (%)	0,14%	12,64%

Dari Tabel 4.3 terlihat bahwa hasil simulasi rugi-rugi daya total sebelum masuknya beban penyulang baru menggunakan metode Newton-Raphson untuk daya aktif sebesar 0,014 MW dan untuk daya reaktif sebesar 0,472 MVar. Sedangkan perbandingan persentase rugi-rugi daya dengan pembangkitan total adalah untuk daya aktif sebesar 0,14% dan daya reaktif sebesar 12,64%.

4.4.4 Simulasi Tegangan Setelah Masuknya Penyalang Baru

Dalam simulasi analisa aliran daya menggunakan metode Newton-Raphson, system dimodelkan sesuai dengan diagram satu garis system kelistrikan GI Molibagu dengan masuknya beban penyulang baru dari *out going* 20 kV Gardu Induk molibagu menuju arah pusat kota Molibagu. Kawat penghantar yang digunakan adalah jenis kawat AAACS ukuran 150 mm² dengan panjang penghantar 4,8 km.

Setelah system dimodelkan, selanjutnya dilakukan penginputan data dari masing-masing parameter sesuai dengan hasil pengolahan data dan referensi system.

Hasil simulasi tegangan setelah masuknya beban penyulang baru merupakan hasil tegangan pada setiap bus Gardu Induk di sisi 150 kV dan 20 kV. Hasil simulasi tegangan setelah masuknya beban penyulang baru dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Simulasi Tegangan Setelah masuknya beban penyulang baru

Bus	Tegangan		
	%	Angle	Volt
GI MB 150	100	0,0	20
GI MB 20	98,102	-2,9	19,62
MB.05	98,052	-2,9	19,61
MB.06	98,078	-2,9	19,62
MB.03	98,087	-2,9	19,62

Pada Tabel 4.4 terlihat bahwa hasil simulasi tegangan system kelistrikan GI Molibagu setelah masuknya beban penyulang baru dengan menggunakan metode Newton Raphson yang tertinggi terdapat pada bus beban MB.03 yaitu sebesar 19,62 kV dengan persentase 98, 087 %. Tegangan terendah terdapat pada bus MB.05 yaitu 19,61 kV Degnan persentase 98,052%. Hal ini menandakan bahwa tegangan yang ada pada masing-masing bus setelah masuk beban penyulang baru masih dalam batas standar SPLN yaitu 105 % (+ 5 %) dan 90 % (- 10%).

4.4.5 Hasil Simulasi Aliran Beban Setelah Masuknya Beban Penyulang Baru

Hasil simulasi aliran beban setelah masuknya beban penyulang baru dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Simulasi Aliran Beban Setelah masuknya beban penyulang baru

Bus		Load Flow		
From	To	MW	MVAR	Ampere
GI MB 150	GI MB 20	11,905	4,587	49,1
GI MB 20	MB.05	6,662	2,19	207,1
GI MB 20	MB.06	3,199	1,052	99,1
GI MB 20	MB.03	2,029	0,667	62,9

Dari Tabel 4.5 terlihat bahwa hasil simulasi aliran beban setelah masuknya beban penyulang baru dengan menggunakan metode Newton-Raphson terbesar terdapat pada bus GI MB 20 menuju bus GI MB.05 yaitu daya aktif sebesar 6,662 MW dan daya reaktif sebesar 2,19 MVar. Sedangkan aliran beban terendah terdapat pada bus GI MB20 menuju bus GI MB.03 yaitu daya aktif sebesar 2,029 MW dan daya reaktif yaitu sebesar 0,667 MVar.

4.4.6 Rugi-rugi Daya Setelah Interkoneksi PLTS Isimu (Newton-Raphson)

Hasil simulasi rugi-rugi daya sebelum masuknya beban penyulang baru dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Simulasi Rugi-rugi Daya Setelah masuknya beban penyulang baru

ID	Daya Aktif MW	Daya Reaktif MVAR
Total Demand	11,905	4,587
Total Load	11,886	3,907
Apparent Losses	0,019	0,68
Percent Losses (%)	0,16%	14,82%

Dari Tabel 4.6 terlihat bahwa hasil simulasi rugi-rugi daya total setelah masuknya beban penyulang baru menggunakan metode Newton-Raphson untuk daya aktif sebesar 0,019 MW dan untuk daya reaktif sebesar 0,68 MVar. Sedangkan perbandingan persentase rugi-rugi daya dengan pembangkitan total adalah untuk daya aktif sebesar 0,16% dan daya reaktif sebesar 14,82%.

4.4.7 Perbandingan Hasil Simulasi Aliran Daya Sebelum dan Setelah Masuknya Beban Penyulang Baru 20 kV

Perbandingan simulasi aliran daya dengan metode Newton Raphson sebelum dan setelah masuknya beban penyulang baru 20 kV untuk tegangan disetiap bus dapat dilihat pada Tabel 4.7, untuk aliran beban dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan rugi-rugi daya dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Simulasi Tegangan Sebelum dan Setelah Masuknya Beban Penyulang Baru

Bus	Tegangan (Sebelum)			Tegangan (Setelah)		
	%	Angle	Volt	%	Angle	Volt
GI MB 150	100	0,0	20	100	0,0	20
GI MB 20	98,438	-2,4	19,69	98,102	-2,9	19,62
MB.05	98,388	-2,4	19,68	98,052	-2,9	19,61
MB.06	98,414	-2,0	19,68	98,078	-2,9	19,62
MB.03	-			98,087	-2,9	19,62

Pada Tabel 4.7 terlihat bahwa perbandingan hasil simulasi tegangan sebelum dan setelah masuknya beban penyulang baru 20 kV dengan menggunakan metode Newton Raphson, yakni sebelum masuknya beban penyulang baru, tegangan yang berada pada bus GI MB 20 kV adalah sebesar 19,69 kV dengan persentase 98,438 %, Setelah masuknya beban penyulang baru maka tegangan yang ada pada bus GI MB 20 turun menjadi 19,62 kV dengan persentase 98,102 %. Sama halnya dengan tegangan pada bus penyulang lainnya yang mengalami penurunan tegangan dari sebelum masuknya beban penyulang baru. Rata- rata penurunan tegangan pada bus GI MB 20 kV adalah sebesar 0,07 kV dengan persentase 0,336%. Dengan masuknya beban penyulang baru pada sistem kelistrikan di GI Molibagu dapat memberikan pengaruh terhadap profil tegangan. Pengaruhnya adalah berupa penurunan tegangan

pada setiap bus penyulang. Sehingga membuat tegangan pada setiap bus pada sistem kelistrikan di GI Molibagu menjadi drop. Walaupun terjadi penurunan, akan tetapi tidak berpengaruh secara signifikan dan masih dalam batas-batas yang diizinkan menurut standar SPLN yaitu 105 % (+ 5 %) dan 90 % (- 10%).

Skenario Pertama (sebelum rekonfigurasi)

Daya terpasang berdasarkan daya mampu pembangkit mengikuti daya yang diberikan pada Tabel 3.1.

Beban penyulang yang digunakan adalah data beban puncak malam pada bulan Januari 2023 yang diberikan pada Tabel 3.3.

Skenario kedua (setelah rekonfigurasi)

Daya terpasang berdasarkan daya mampu pembangkit mengikuti daya yang diberikan pada Tabel 3.1.

Beban penyulang yang digunakan adalah data beban puncak malam pada bulan Januari 2023 yang diberikan pada Tabel 3.3.

Melakukan pemindahan beban pada penyulang yang mengalami drop tegangan (rekonfigurasi jaringan)

Kedua skenario tersebut disimulasikan dalam 1 (satu) pola operasi sistem, yakni pada saat sistem kelistrikan Bolaang Mongondow Selatan yaitu penyulang 20 kV GI Molibagu pada kondisi beban puncak malam. Asumsi dan batasan yang digunakan dalam simulasi sebagai berikut:

Ketelitian yang digunakan dalam simulasi aliran daya adalah 0.0001, dengan metode analisis menggunakan metode *Newton-Raphson*

Studi aliran daya dilakukan pada kondisi sistem tanpa gangguan

Memindahkan beban penyulang MR.03 pada penyulang lainnya.

Sedangkan Perbandingan hasil simulasi aliran beban sebelum dan setelah masuknya beban penyulang baru dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Simulasi Aliran Beban sebelum dan setelah masuknya beban penyulang baru

Bus		Load Flow (Sebelum)			Load Flow (Setelah)		
From	To	MW	MVAR	Ampere	MW	MVAR	Ampere
GI MB 150	GI MB 20	9,939	3,734	40,9	11,905	4,587	49,1
GI MB 20	MB.05	6,707	2,205	207,1	6,662	2,19	207,1
GI MB 20	MB.06	3,221	1,059	99,4	3,199	1,052	99,1
GI MB 20	MB.03		-		2,029	0,667	62,9

Dari Tabel 4.8 terlihat bahwa hasil perbandingan simulasi aliran beban sebelum dan setelah masuknya beban penyulang baru dengan menggunakan metode Newton Raphson yakni aliran beban sebelum masuknya beban penyulang baru dari bus GI MB 20 menuju bus GI MB.05 untuk daya aktif adalah sebesar 6,707 MW dan untuk daya reaktif adalah 2,205 MVar. Setelah masuknya beban penyulang baru maka aliran beban dari GI MB 20 menuju bus GI MB.05 untuk daya aktif adalah sebesar 6,662 MW dan untuk daya reaktif adalah 2,19 MVar. Terlihat terjadi penurunan aliran beban untuk daya aktif dan daya reaktif dari GI MB 20 menuju bus MB.05. Hal tersebut terjadi hampir pada setiap aliran beban antar bus GI MB 20 menuju bus penyulang. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan beban penyulang baru pada system kelistrikan GI Molibagu, sehingga memperlihatkan adanya penurunan aliran beban daya aktif dan reaktif terhadap GI MB 20 menuju masing masing beban penyulang.

Perbandingan hasil simulasi tegangan sebelum dan setelah masuknya beban penyulang baru 20 kV dengan menggunakan metode Newton Raphson, yakni sebelum masuknya beban penyulang baru, tegangan yang berada pada bus GI MB 20 kV adalah sebesar 19,69 kV dengan persentase 98,438 %, Setelah masuknya beban penyulang baru maka tegangan yang ada pada bus GI MB 20 turun menjadi 19,62 kV dengan persentase 98,102 %. Sama halnya dengan tegangan pada bus penyulang lainnya yang mengalami penurunan tegangan dari sebelum masuknya beban penyulang baru. Rata-rata penurunan tegangan pada bus GI MB 20 kV adalah sebesar 0,07 kV dengan persentase 0,336%. Dengan masuknya beban penyulang baru pada sistem kelistrikan di GI Molibagu dapat memberikan pengaruh terhadap profil tegangan. Pengaruhnya adalah berupa penurunan tegangan pada setiap bus penyulang. Sehingga membuat tegangan pada setiap bus pada sistem kelistrikan di GI Molibagu menjadi drop. Walaupun terjadi penurunan, akan tetapi tidak berpengaruh secara signifikan dan masih dalam batas-batas yang diizinkan menurut standar SPLN yaitu 105 % (+ 5 %) dan 90 % (10%).

Perbandingan hasil simulasi rugi-rugi daya sebelum dan setelah masuknya beban penyulang baru dengan menggunakan metode Newton Raphson dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Simulasi Rugi-rugi daya sebelum dan setelah masuknya beban penyulang baru

ID	Rugi rugi daya (Sebelum)		Rugi rugi daya (Sesudah)	
	Daya Aktif MW	Daya Reaktif MVAR	Daya Aktif MW	Daya Reaktif MVAR
Total Demand	9,939	3,734	11,905	4,587
Total Load	9,924	3,262	11,886	3,907
Apparent Losses	0,014	0,472	0,019	0,68
Percent Losses (%)	0,14%	12,64%	0,16%	14,82%

Dari Tabel 4.9 terlihat bahwa perbandingan hasil simulasi rugi-rugi daya sebelum dan setelah masuknya beban penyulang baru dengan menggunakan metode Newton Rhapsone yakni sebelum masuknya beban penyulang baru untuk daya aktif sebesar 0,014 MW dan daya reaktif sebesar 0,472 MVar. Setelah masuknya beban penyulang baru rugi-rugi daya untuk daya aktif adalah sebesar 0,019 MW dan untuk daya reaktif sebesar 0,68 MVar. Terjadi kenaikan rugi-rugi daya setelah masuknya beban penyulang baru yaitu untuk daya aktif sebesar 0,005 MW atau sebesar 5 kW dan daya reaktif sebesar 0,208 MVar atau sebesar 208 kVar. Sedangkan perbandingan persentase kenaikan rugi-rugi daya sebelum dan setelah masuknya beban penyulang baru untuk daya aktif adalah sebesar 0,02 % dan daya reaktif 2,18 %. Dengan adanya penambahan beban penyulang yang baru ini, terlihat dapat memberikan pengaruh terhadap sistem kelistrikan di GI Molibagu dengan kenaikan rugi-rugi daya total. Walaupun nilai kenaikan tersebut terlalu signifikan masih dapat memberikan performance sistem kelistrikan yang ada di GI Molibagu yang baik.

Hasil simulasi rugi-rugi daya total setelah masuknya beban penyulang baru menggunakan metode Newton-Rhapsone untuk daya aktif sebesar 0,019 MW dan untuk daya reaktif sebesar 0,68 MVar. Sedangkan perbandingan persentase rugi-rugi daya dengan pembangkitan total adalah untuk daya aktif sebesar 0,16% dan daya reaktif sebesar 14,82%

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis sistem kelistrikan di GI Molotabu dengan masuknya beban penyulang baru, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Masuknya beban penyulang baru pada sistem kelistrikan di GI Molibagu sisi 20 kV mengalami penurunan secara tidak signifikan, akan tetapi masih dalam batas standar SPLN max 5% dan min 10%.
2. Setelah Masuknya beban penyulang baru pada sistem kelistrikan di GI Molibagu dapat memberikan rugi-rugi daya total sangat kecil walaupun mengalami kenaikan 0,02% untuk daya aktif dan masih memberikan performance sistem kelistrikan yang baik.

5.2 Saran

DAFTAR PUSTAKA

- Nelwan, M. N., Tuegeh, M., & Lisi, I. F. (2015). *Penyusutan Energi Listrik Pada Penyulang SU2 Jaringan Distribusi Minahasa Utara*. 67–76.
- Putra, D. E. K. A. (2016). *Analisa Pengaruh Penambahan Jaringan Baru Dari Gardu Induk Masaran Ke PT. Sinar Agungn Selalu Sukses Terhadap Susut Daya*.
- RH, N. S. (2016). *Analisa Susut Daya Pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) 20 KV Penyulang Ekspress PT. PLN (Persero) Area Gorontalo (Studi Kasus Pada Penyulang BP.07-LT.11)*.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2013). *Tegangan standar*. (391).
- Bahri, S., Gianto, R., & Arsyad, M. I. (1986). *Studi Pertambahan Beban Transformator Daya Pada Gardu Induk Parit Baru PT . PLN (Persero) Cabang Pontianak*.
- Daniel Dalam, H. (2013). Analisis Susut Energi Pada Sistem Jaringan Distribusi Di Pt. Pln Apj Yogyakarta Upj Wonosari Unit Semanu. *Seminar Nasional Informatika Yogyakarta, 2013*(semnasIF), 1979–2328.
- Fayyadl, M., Sukmadi, I. T., & Winardi, I. B. (n.d.). *REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI DAYA LISTRIK DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA*.
- Hakim, H. (2012). *Studi susut energi pada saluran distribusi dengan variasi beban pelanggan bisnis skripsi*. (1–74).
- Hariyadi, S. (2017). *ANALISIS RUGI-RUGI DAYA DAN JATUH TEGANGAN PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV PADA GARUDU INDUK PALUR – MASARAN Disusun*. (1–16).
- Made Suartika, I. W. A. W. (2010). Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) Untuk Memperbaiki Drop Tegangan Di Daerah Banjar Tulangnyuh Klungkung. *Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Rendah ...*, 9(2).
- Putra, D. E. K. A. (2016). *Analisa Pengaruh Penambahan Jaringan Baru Dari Gardu Induk Masaran Ke PT. Sinar Agungn Selalu Sukses Terhadap Susut Daya*.
- RH, N. S. (2016). *Analisa Susut Daya Pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) 20 KV Penyulang Ekspress PT. PLN (Persero) Area Gorontalo (Studi Kasus Pada Penyulang BP.07-LT.11)*.
- Safala, M. F. (2016). *Penstabilan Tegangan Sekunder Pada Transformator Daya 150/20 KV Akibat Jatuh Tegangan*.

SPLN 64:1985. (1985). *Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*. Jakarta.

Steven Humena, Frengki E.P Surusa, H. A. (2018). *Dampak Masuknya PLTS Isimu 10 MW Terhadap Profil Tegangan Pada Sistem Kelistrikan 150 KV Gorontalo*. (September).

Sudirham, S. (2012). *Analisis Sistem Tenaga*.

Cahyanto, R. D. (2008). Rugi-Rugi Daya Pada Penyalang Pupur Dan Studi Perbaikan Kualitas Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyalang Pupur Dan. *Departeman Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia*. Retrieved from <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/123971-R030808.pdf>

Dewantara, M., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2018). Analisis rugi-rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kv dari gardu induk wonogiri sampai gardu induk wonosari. *TK Electrical Engineering. Electronics Nuclear Engineering*. Retrieved from <http://eprints.ums.ac.id/60172/>

Dr. Ir. Rudy Gianto, M. (1999). *Bab ii studi pustaka 2.1*.

Ervan Hasan Harun, ST.,MT dan Taufiq Ismail Yusuf, ST., M. S. (2012). *Analisa Aliran Daya pada Sistem Tenaga Listrik 150 kV Gorontalo Menggunakan Metode Newton Raphson*

Frengki, suyono, W. (2016). Analisis Steady State dan Dinamik pada Perencanaan Pengembangan Pembangkit Sistem Gorontalo. *E-JAEI*, 9–14.

Gautam, L. K., Mishra, M., & Bisht, T. (2015). a Methodology for Power Flow & Voltage Stability Analysis. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2(2), 321–326. Retrieved from www.irjet.net

Gultom, T. T. (2015). Pemanfaatan Photovoltaic Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Mudira Indure*, 1(3), 33–42.

Gupta, S., & Tripathi, R. K. (2014). Two-area power system stability improvement using a robust controller-based CSC-STATCOM. *Acta Polytechnica Hungarica*, 11(7), 135–155. <https://doi.org/10.12700/aph.11.07.2014.07.9>

Hadi Suyono, Muhammad Fauzan E.P., Hari Santoso. (2013). Analysis of Mini Hydro Power and Photovoltaic Injection Into The Grid System. *International Conference on Education, Technology, and Science NETS 2013*, 208–212. Retrieved from cholar.google.co.id/citations?user=gTv0iPMAAAAJ&hl=id#d=gs_md_cita-d&u=%2Fcitations%3Fview_op%3Dview_citation%26hl%3Did%26user%3DgTv0iPMAAAAJ%26citation_for_view%3DgTv0iPMAAAJ%3A2osOgNQ5qMEC%26tzom%3D-480

Hariyadi, S. (2017). Analisa Rugi-rugi daya dan Jatuh Tegangan pada Saluran

Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV pada Gardu Induk Salur-Masaran Disusun. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*, (1–16). Retrieved from <https://docplayer.info/65922513-Analisis-rugi-rugi-daya-dan-jatuh-tegangan-pada-saluran-transmisi-tegangan-tinggi-150-kv-pada-gardu-induk-palur-masaran.html>

John J. Grainger and William D. Stevenson, J. (1994). Power System Analysis. *Power System Analysis*. Retrieved from http://bank.engzenon.com/download/4f8aebfd-dd9c-4adb-a56c-58fb4ad0ed3b/Power_System_Analysis_John_Grainger_1st.pdf

Kundur, P. (1994). *[Prabha Kundur] Power System Stability And Control.pdf*. Retrieved from <http://southern-alberta.ieee.ca/files/2016/03/Power-System-Stability-and-Control.pdf>

Kundur, P., Paserba, J., Ajjarapu, V., Andersson, G., Bose, A., Canizares, C., ... Vittal, V. (2004). Definition and classification of power system stability. *IEEE Transactions on Power Systems*, 19(3), 1387–1401. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2004.825981>

Leonard L. Grigsby. (2007). Electric Power Generation, Transmission, and Distribution. In *Power System Stability and Control*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-248291-5/50004-3>

Muhammad Radil, Riad Syech, S. (2014). *Analisis Rugi-rugi Daya pada Saluran Transmisi Tegangan 150 kV dari Gardu Induk Koto Panjang ke Gardu Induk Garuda Sakti Pekan Baru*. 1(2), 193–198.

Muslimin, M., Suyono, H., & Hasanah, R. (2013). Perbaikan Profil Tegangan Pada Feeder Harapan Baru Lima (H5) Area Samarinda Untuk Pengurangan Susut Energi. *Jurnal EECCIS*, 7(2), pp.131-136.

Reza, M., Schavemaker, P. H., Slootweg, J. G., Kling, W. L., & Van Der Sluis, L. (2004). Impacts of distributed generation penetration levels on power systems transient stability. *2004 IEEE Power Engineering Society General Meeting*, 2(2004), 2150–2155. <https://doi.org/10.1109/pes.2004.1373261>

Rizki Tirta Nurgraha. (2014). Injeksi Jumlah Pembangkit Tersebar Publikasi Jurnal Skripsi. *Universitas Brawijaya Malang*.

Stevenson Jr., W. D. (1996). Analisis Sistem Tenaga Listrik. In 4 (p. 191).

Suyono, H., & Zainuddin, M. (2015). Injection Impact of Photovoltaic Distributed Generations (PVDG) on Power Distribution System Stability. *Applied Mechanics and Materials*, 785(June 2016), 403–408. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.785.403>

Zainuddin, M. (2017). Pengaruh Masuknya PLTS on Grid Skala Besar Pada Sistem Distribusi 20 KV Terhadap Kualitas Tegangan dan Rugi-rugi Daya. *Prosiding*

Seminar Nasional FORTEI, (October 2017), 131–136.

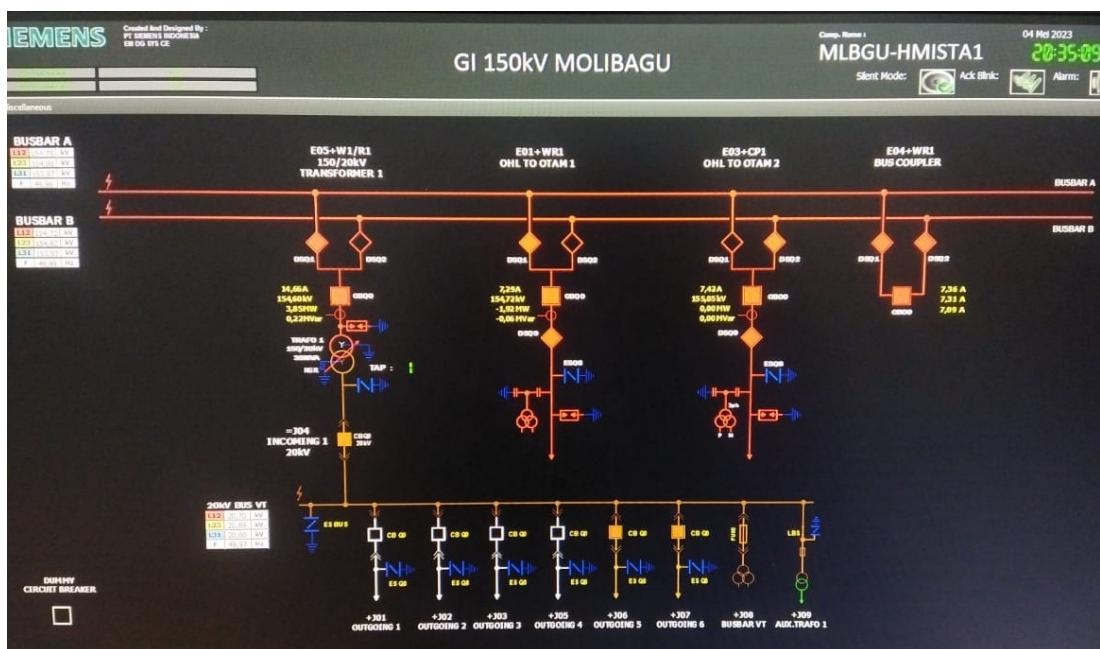
Zainuddin, M., Sarjiya, Handayani, T. P., Sunanda, W., & Surusa, F. E. P. (2018). Transient Stability Assessment of Large Scale Grid-Connected Photovoltaic on Transmission System. *Proceedings - 2018 2nd International Conference on Green Energy and Applications, ICGEA 2018*, (March), 113–118. <https://doi.org/10.1109/ICGEA.2018.8356270>

PT. PLN (PERSERO) ULP Molibagu 2022

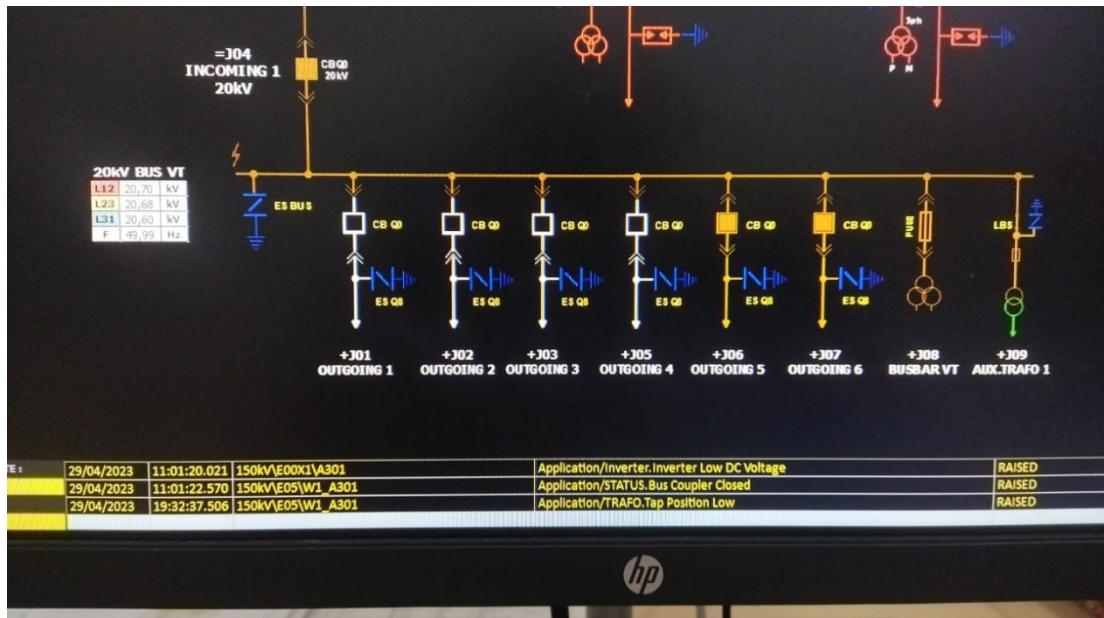
PLN ULTG Lopana GI Molibagu, 202

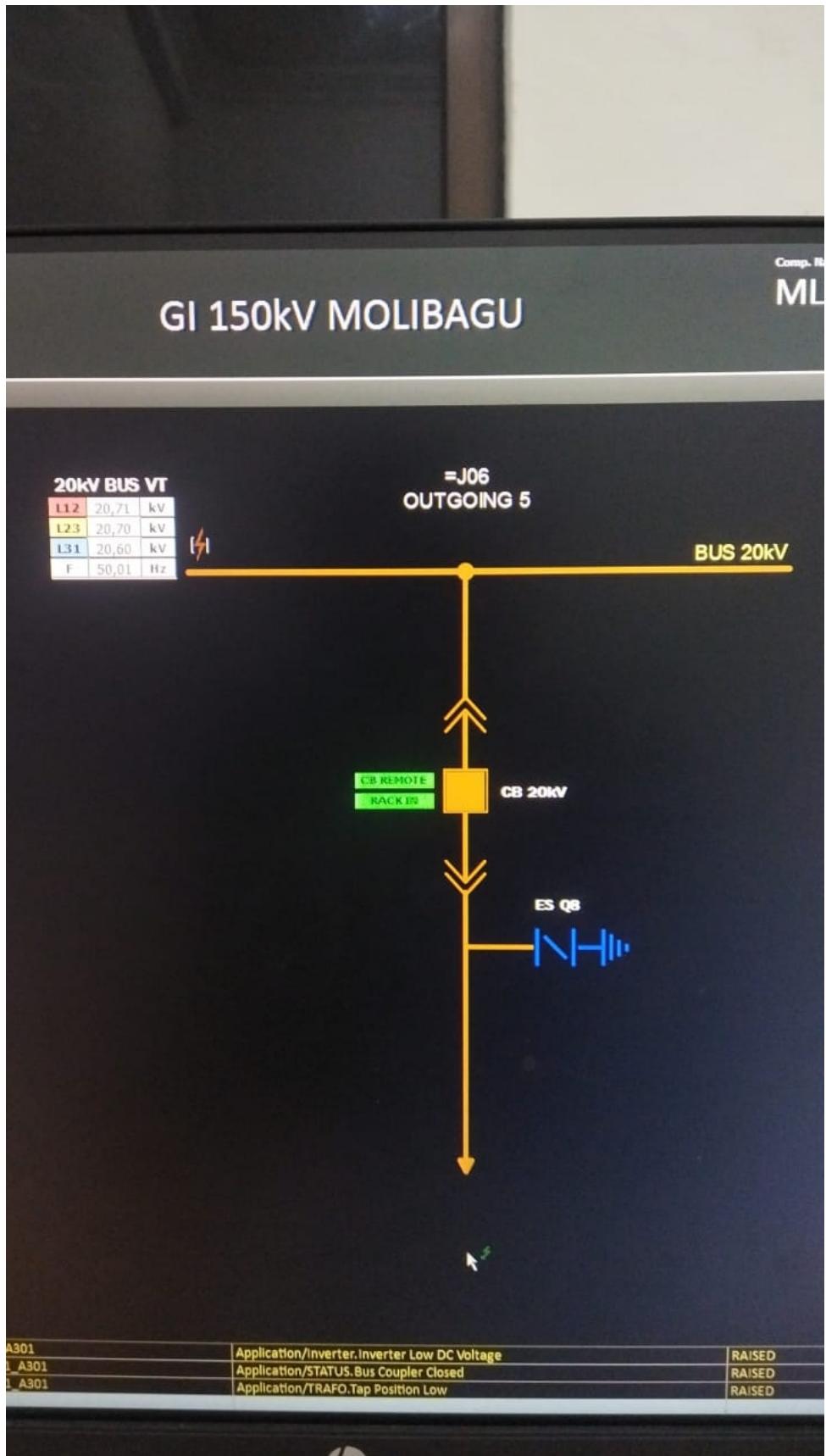
LAMPIRAN

Single line distribusi

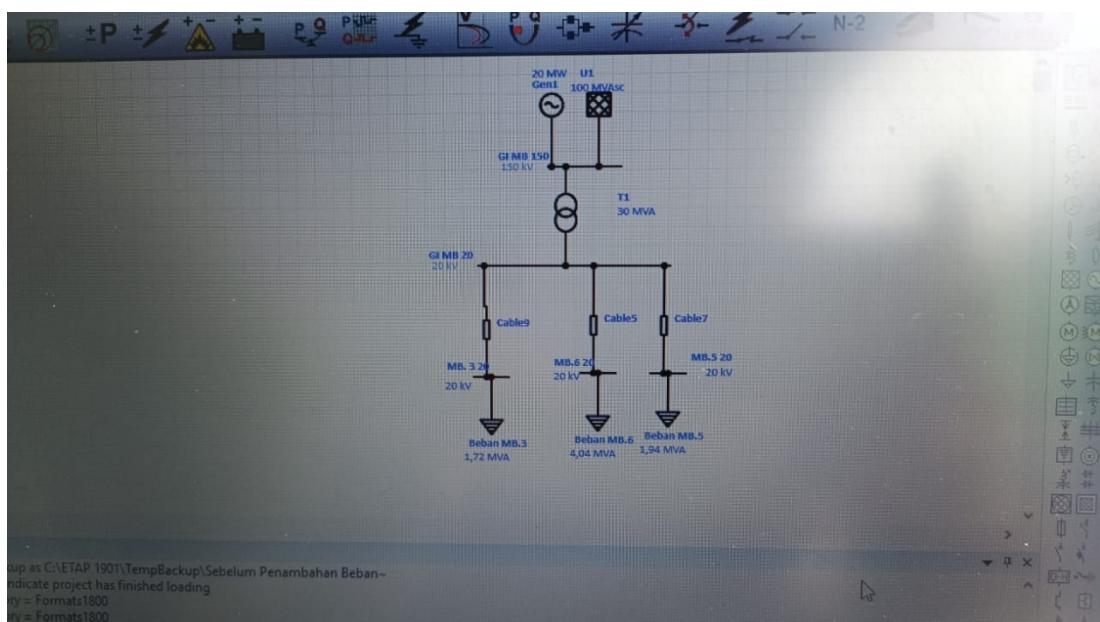


Single line distribusi

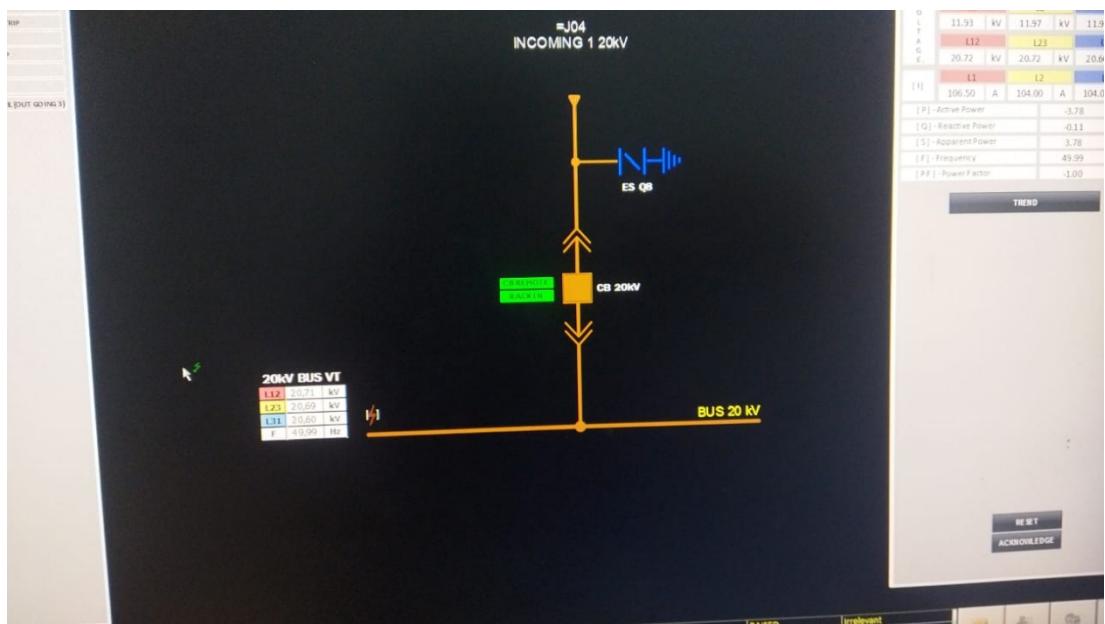




Rangkaian Trafo 150 Kv Dan 20 Kv



Incomming



Overall Measurement

OVERALL MEASUREMENT									
GARDU INDUK 150kV MOLIBAGU									
MEASUREMENTS 150kV		TRANSFORMERS 1		TRANSFORMERS 2		TRANSFORMERS 3		MEASUREMENTS 20kV	
Phase R	Amps	10,52	5,25	5,36	5,37	Phase R	Amp	77,50	0,00
Phase S	Amps	10,64	5,26	5,37	5,39	Phase S	Amp	76,50	0,00
Phase T	Amps	10,37	5,22	5,48	5,20	Phase T	Amp	77,00	0,00
Frequency	Hz	50,00	50,00	50,04		Frequency	Hz	50,00	49,98
PF	Deg	0,99	-0,99	0,00		PF	Deg	-1,00	1,00
Phase R	kV	90,67	90,70	90,96		Phase R	kV	12,16	12,12
Phase S	kV	91,38	91,44	91,66		Phase S	kV	12,23	12,21
Phase T	kV	90,71	90,85	91,01		Phase T	kV	12,13	12,10
Phase R - S	kV	157,80	157,93	158,34		Phase R - S	kV	21,14	21,09
Phase S - T	kV	157,94	158,07	158,46		Phase S - T	kV	21,14	21,09
Phase T - R	kV	156,65	156,78	157,15		Phase T - R	kV	20,98	20,93
Active Power	MW	2,85	1,42	0,00		Active Power	MW	-2,81	0,00
Reactive Power	MVar	0,28	-0,19	0,00		Reactive Power	MVar	0,22	0,00
Apparent Power	MVA	2,87	1,43	0,00		Apparent Power	MVA	***	0,00
Oil Temp. Alarm	°C	41,00							
Winding Temp. HV	°C	41,00							
Winding Temp. LV	°C	42,00							
BUSES A		BUSES B							
Voltage	kV	157,94	157,97	Voltage	kV	157,97			
Frequency	Hz	49,98	50,00	Frequency	Hz	50,00			
08/01/2023 05:27:01,577 150kV/E05/W1_A801 Application/TRAFO_Tap Position Low									
08/01/2023 05:27:01,577 150kV/E05/W1_A801 LDO/SG104/level/Check Synchro in Prog/W1									
08/01/2023 05:27:01,577 150kV/E05/W1_A801 Application/TRAFO_Tap Position Low									
RAISED irrelevant									
RAISED irrelevant									
RAISED irrelevant									

Data Dari 20 Kv

HARI: 11/11/2014 TANGGAL: 01/11/2014 08:23

GARDU INDUK MOULBAGU

20 KV

0.4 KV

JAM	MB.2.1				MB.1				MB.2				MB.3				MB.4				MB.5				MB.6				TRAKO				BATTERAY			
	INCOMING I		TEGANGAN (KV)		ARUS (I)		ARUS (I)		PENY. PENY.		ARUS (I)		ARUS (I)		ARUS (I)		PENY. PENY.		ARUS (I)		ARUS (I)		ARUS (I)		ARUS (I)		ARUS (I)		ARUS (I)		PROTESI		PIC			
	R	S	T	RS	ST	TR	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	V	A	V	A					
00:00	9.0	9.9	9.7	21.1	21.1	21.0													5.1	5.4	5.3	2.0	2.6	2.2	46.1	14.0	11	5.0	4							
01:00	9.8	9.9	9.5	21.1	21.1	21.0													4.0	4.0	4.0	2.0	2.0	2.0	46.1	14.0	11	5.0	4							
02:00	6.0	6.7	6.9	21.1	21.1	21.0													47.1	44.9	42.8	2.5	2.6	2.3	16.1	1.26	11	5.2	4							
03:00	6.6	6.9	6.0	21.1	21.1	21.0													4.6	4.0	4.6	2.0	2.6	2.1	46.1	12.6	11	5.5	4							
04:00	6.2	6.6	6.4	21.1	21.1	21.0													4.7	4.0	4.2	2.0	2.2	2.2	46.1	12.6	11	5.8	4							
05:00	6.2	6.0	6.3	21.1	21.1	21.0													47.0	46.6	46.0	2.0	2.0	2.0	46.1	12.0	11	5.0	4							
06:00	6.2	6.7	6.6	21.1	21.1	21.0													8.1	8.4	8.2	2.0	2.6	2.0	46.1	12.0	11	5.0	4							
07:00	7.0	7.0	7.7	21.1	21.1	21.0													47.0	47.0	47.0	2.0	2.2	2.2	39.4	12.0	11	5.0	4							
08:00	6.6	6.5	6.6	20.9	20.9	20.9													5.0	5.3	5.1	2.4	2.2	2.2	39.3	12.0	11	5.0	4							
09:00	6.9	6.9	6.7	20.8	20.8	20.6													5.0	5.2	5.1	2.4	2.2	2.2	39.5	12.0	11	5.0	4							
10:00	7.0	7.0	7.0	20.7	20.7	20.6													47.0	47.0	47.0	2.0	2.2	2.2	39.4	12.0	11	5.0	4							
11:00	7.3	7.3	7.3	20.7	20.7	20.5													5.0	5.2	5.1	2.4	2.2	2.2	39.3	12.0	11	5.0	4							
12:00	7.3	7.3	7.3	20.7	20.7	20.5													5.0	5.2	5.1	2.4	2.2	2.2	39.5	12.0	11	5.0	4							
13:00	7.3	7.3	7.3	20.7	20.6	20.5													5.0	5.2	5.1	2.4	2.2	2.2	39.3	12.0	11	5.0	4							
14:00	7.3	7.2	7.0	20.6	20.6	20.5													5.0	5.2	5.1	2.4	2.2	2.2	39.3	12.0	11	5.0	4							
15:00	7.4	7.1	7.2	20.6	20.6	20.5													5.0	5.2	5.0	2.4	2.2	2.2	39.2	12.0	11	5.0	4							
16:00	7.3	7.2	7.2	20.7	20.6	20.5													5.0	5.0	5.0	2.4	2.2	2.2	39.2	12.0	11	5.0	4							
17:00	7.4	7.4	7.4	20.7	20.7	20.6													5.1	5.3	5.2	2.4	2.3	2.3	39.2	12.0	11	5.0	4							
18:00	7.2	7.2	7.1	20.7	20.7	20.6													6.2	6.5	6.2	2.4	2.3	2.3	39.5	12.0	11	5.0	4							
18:15	9.6	9.7	9.7	20.7	20.7	20.7													6.5	6.8	6.6	3.5	3.5	3.3	39.6	12.0	11	5.0	4							
18:30	9.0	9.0	8.8	20.7	20.7	20.7													6.5	6.7	6.6	3.5	3.7	3.5	39.2	12.0	11	5.0	4							
18:45	9.0	8.9	8.8	20.9	20.9	20.9													6.6	6.7	6.6	3.8	3.8	3.3	39.0	12.0	11	5.0	4							
19:00	9.0	9.0	9.0	20.9	20.9	20.7													6.6	6.9	6.7	3.3	3.1	3.3	39.8	12.0	11	5.0	4							
19:15	9.7	9.7	9.7	20.9	20.9	20.7													6.6	6.8	6.8	3.3	3.1	3.3	39.5	12.0	11	5.0	4							
19:30	9.7	9.0	9.7	20.6	20.6	20.7													6.5	6.8	6.6	3.3	3.1	3.3	39.5	12.0	11	5.0	4							
19:45	9.5	9.7	9.6	20.9	20.9	20.8													6.9	6.9	6.9	3.5	3.5	3.2	39.9	12.0	11	5.0	4							
20:00	9.4	9.4	9.5	20.9	20.9	20.8													6.3	6.6	6.4	3.2	3.2	3.1	39.1	12.0	11	5.0	4							
21:00	9.0	9.0	8.9	20.9	20.9	20.9													6.0	6.3	6.1	3.1	3.0	3.0	39.8	12.0	11	5.0	4							
22:00	8.9	8.9	8.9	20.9	20.9	20.9													5.9	6.1	6.0	3.0	2.9	2.9	40.0	12.0	11	5.0	4							
23:00	8.6	8.6	8.6	20.9	20.9	20.9													8.1	7.6	7.4	2.9	2.9	2.9	40.0	12.0	11	5.0	4							

 Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Rivaldi Bulumungo, Dilahirkan di Desa Salongo, Kecamatan Bolaang-Uki, Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, Provinsi Sulawesi Utara pada tanggal 13 Mei 1997, merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Rizal Bulumungo dan Ibu Rita Abdullah.

Peneliti memulai masa pendidikan di SDN 1 Salongo, Desa Salongo, Kecamatan Bolaang-Uki, Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan (2004-2010), melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMP Cokro Aminoto Salongo (2010-2013), kemudian melanjutkan sekolah Menengah Atas di SMK Cokro Aminoto Salongo (2014-2016). Dan pada tahun 2016 setelah kelulusan, peneliti melanjutkan pendidikan terakhir di Universitas Ichsan Gorontalo, dan diterima di Jurusan Tehnik Elektro Fakultas Tehnik.