

**PENATAAN ULANG JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN
RENDAH PADA PLTMH BAYU KIDUL KABUPATEN
BANYUWANGI**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

MUHAMAD ANDRE AGESA

NIM 115060306111002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2015

LEMBAR PENGESAHAN

PENATAAN ULANG JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN
RENDAH PADA PLTMH BAYU KIDUL KABUPATEN
BANYUWANGI

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Ditunjukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MUHAMAD ANDRE AGESA
NIM. 115060306111002

Skripsi ini telah direvisi dan dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 24 Maret 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Teguh Utomo, M.T.
NIP 19650913 199103 1 003

Ir. Mahfudz Shidiq, M.T.
NIP 19580609 198703 2 003

Mengetahui
Ketua Jurusan Program Studi

M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

JUDUL SKRIPSI

PENATAAN ULANG JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN RENDAH
PADA PLTMH BAYU KIDUL KABUPATEN BANYUWANGI

Nama Mahasiswa : MUHAMAD ANDRE AGESA
NIM : 1150603060111002
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO
Minat : TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

KOMISI PEMBIMBING:

Ketua : Ir. TEGUH UTOMO, M.T.

Anggota : Ir. MAHFUDZ SHIDIQ, M.T.

TIM DOSEN PENGUJI:

Dosen Penguji 1 : Ir. HERY PURNOMO, M.T.

Dosen Penguji 2 : Drs. Ir. MOCH. DHOFIR, M.T.

Dosen Penguji 3 : Ir. SOEPRAPTO, M.T.

Tanggal Ujian : 18 MARET 2016

SK Penguji : No. 343/UN10.6/SK/2016



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang 24 Maret 2016

Mahasiswa,

Muhamad Andre Agesa
NIM. 115060306111002



RINGKASAN

Muhamad Andre Agesa, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2016, *Penataan Ulang Jaringan Distribusi Tegangan Rendah pada PLTMH Bayu Kidul Kabupaten Banyuwangi*. Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Utomo, M.T. dan Ir. Mahfudz Shidiq, M.T.

Untuk meningkatkan kualitas listrik yang ada di dusun Lider desa Sumberarum yang lebih baik dari sebelumnya maka perlu dilakukan penataan ulang jaringan untuk mendapatkan jatuh tegangan yang lebih kecil. Kualitas listrik yang ingin dicapai adalah jatuh tegangan yang seminimal mungkin pada pelanggan dengan mengikuti standar PLN yaitu dengan nilai jatuh tegangan maksimum yang diizinkan sebesar 10% dari tegangan nominal 220V. Oleh karena itu sangat diperlukan suatu penataan ulang jaringan yang memperhatikan nilai teknis yang berdasarkan pada PUIL 2000 dan standar PLN. Analisis rugi daya dan jatuh tegangan dilakukan dengan *Metode Gauss Seidel Z_{bus}* untuk jaringan radial. Nilai yang diamati adalah jatuh tegangan dan rugi daya pada setiap saluran. Tegangan pada titik terjauh dijaga agar jatuh tegangannya tidak melebihi standar dari PLN yaitu sebesar 10%. Penataan jaringan dilakukan dengan mengganti ukuran konduktor ke ukuran lebih besar agar didapatkan impedansi yang lebih kecil. Dari hasil perhitungan potensi sumber daya air yang masih dapat dibangkitkan oleh PLTMH Bayu Kidul diperoleh sebesar 37,597 kW. Dan pada hasil penataan ulang didapatkan analisis perhitungan pada jatuh tegangan maksimum yang terjadi yaitu sebesar 4,63% pada jaringan PLTMH Bayu Kidul yang baru, dengan rugi daya total yang terjadi pada saluran adalah 400,8476 Watt. Data tersebut menunjukkan kualitas listrik yang disalurkan oleh jaringan listrik baru meningkat, mengingat pada saluran lama jatuh tegangan maksimum mencapai 14.75%, dengan rugi daya pada saluran hingga 1325,7764 Watt.

Kata kunci - PLTMH, Jaringan Listrik, Jatuh Tegangan, Rugi Daya, Metode *Gauss Seidel Z_{bus}*.



SUMMARY

Muhamad Andre Agesa, *Departement of Electrical Engineering Faculty of Engineering University of Brawijaya, March 2016, Low Voltage Distribution Network Reconfiguration in PLTMH Bayu Kidul, Banyuwangi.* Academic Supervisor: Ir. Teguh Utomo, M.T. dan Ir. Mahfudz Shidiq, M.T.

To improve electricity qualities in Lider, Sumberarum village its necessary to reconfigure the network to obtain a smaller voltage drop. The electricity quality that want to be achieved is a minimal voltage drop on customers by following the PLN standard which is the value of maximum drop voltage is 10% from the 220V nominal value. Therefore, it is necessary to reconfigure the network that counts the technical value that is based on the PUIL 2000 and PLN standard. *Gauss Seidel Z_{bus}* Method is used to reconfigure the radial network. The observed values are the voltage drop and power losses on each line. The voltage of the farthest point is kept from its voltage drop not beyond PLN standard which is 10%. The reconfiguration network are done by changing the conductor type to a larger size in order to obtained a smaller impedance value. From the calculation, the energy that can be generated from the water resources is 37,597 kW. And from the result of the network reconfiguring obtained analysis calculations on the maximum voltage drop that occurs that is 4,63% in PLTMH Bayu Kidul new lines with 400,8476 Watt total line losses. These Data shows the quality of electricity transmitted by the new line is increasing, Data tersebut menunjukkan kualitas listrik yang disalurkan oleh jaringan listrik baru meningkat, whereas in the old channel reaches a maximum voltage drop of 14.75%, with a loss of power on the line is 1325,7764 Watt.

Keywords - PLTMH, Electricity Networks, Voltage Drop, Power losses, *Gauss Seidel Z_{bus}* Method



PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syujur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang telah diberikan kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Penataan Ulang Jaringan Distribusi Tegangan Rendah pada PLTMH Bayu Kidul Kabupaten Banyuwangi”**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Sungguh hanya melalui Pertolongan dan Perlindungan Allah SWT semata sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan seizin Allah SWT, di kesempatan yang baik ini saya ingin menghaturkan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar besarnya atas bantuan sehingga terselesainya skripsi ini kepada:

1. Bapak M. Aziz Muslim, S.T.,M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Bapak Hadi Suyono, S.T.,M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Ibu Rini Nur Hasanah, Dr., S.T., Msc. selaku KKDK Teknik Energi Elektrik yang telah banyak memberikan pengarahan, bimbingan, nasihat, saran dan motivasinya.
5. Bapak Ir. Teguh Utomo, M.T. dan Bapak Ir. Mahfudz Shidiq, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, nasehat, saran, masukan dan motivasinya.
6. Bapak Sucipto yang telah banyak membantu, mengajari, serta memberi ijin dalam pengambilan data dan survei lapangan di lokasi penelitian.
7. Bapak Wo selaku Kepala Dusun Lider yang telah banyak membantu memberikan tumpangan untuk tinggal dan izin dalam pengambilan data di lokasi penelitian.
8. Ayahanda Siadi dan Ibunda Hidayani tercinta yang tidak pernah lelah memberi kasih sayang, dukungan, doa, dan segala jerih payah selama ini. Serta adik-adik tercinta Indra Agasi dan Juanda Adi Kusumu Candra telah memberi dukungan dan perhatian selama ini.
9. Rekan-rekan Inverter 2011, khususnya rekan-rekan mahasiswa konsentrasi (A) Teknik Energi Elektrik, keluarga besar Front Mahasiswa Lombok Barat Malang, teman-teman dan dosen-dosen pembimbing Beasiswa Binaan PT. Pertamina.



10. Sahabat, Linda Ayu Lusiantika, Indra, Fahmy, Faishal, Romadhon, Derry, Farhan, Lalu, Warda, Yono, mas Antok dan mbak Yuni atas dukungan, doa dan kerjasamanya yang selalu membantu.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Sekiranya Allah SWT mencatat amalan *ikhlas* kami dan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, kami menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Malang, 21 Maret 2016

Penulis



DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Landasan Teori	4
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)	4
2.2.2 Prinsip Kerja PLTMH	5
2.2.3 Daya PLTMH	6
2.3 Jaringan Listrik Tegangan Rendah.....	7
2.4 Menentukan dimensi konduktor.....	7
2.5 Persamaan Sistem Daya	8
2.6 Segitiga Daya	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Studi Literatur.....	14
3.2 Survei Lapangan	14
3.3 Pengumpulan Data	14
3.3.1 Data Primer	14
3.3.2 Data Sekunder	15



3.4	Analisis Data dan Pembahasan.....	15
3.4.1	Perhitungan Potensi Sumber Daya Air yang Masih dapat Dibangkitkan	15
3.4.2	Perhitungan Data Beban yang Terpasang	16
3.4.3	Perhitungan Rugi Daya dan Jatuh Tegangan setelah Ditata Ulang.....	16
3.5	Kesimpulan.....	16
BAB IV PEMBAHASAN		17
4.1	Lokasi Jaringan Distribusi	17
4.2	Potensi Sumber Daya Air PLTMH Bayu Kidul.....	20
4.2.1	Luas Penampang Melintang Saluran.....	20
4.2.2	Kecepatan Air.....	21
4.2.3	Debit Air (Q)	22
4.2.4	Tinggi Jatuh Air	22
4.2.5	Daya Keluaran Terbangkit (Pout)	22
4.3	Analisis Jaringan Listrik PLTMH Lama	23
4.3.1	Data Jaringan.....	29
4.3.2	Perhitungan Rugi Daya dan Jatuh Tegangan	35
4.4	Penataan Ulang Jaringan Distribusi Tegangan Rendah	42
4.4.1	Penataan Ulang Jaringan dengan Memparalel Jaringan pada fasa S	42
4.4.2	Penataan Ulang Jaringan dengan Mengganti Ukuran Konduktor Keukuran yang Lebih Besar.....	44
4.5	Perbandingan Jatuh Tegangan dan Rugi Daya pada Saluran Lama dengan Hasil Rekonfigurasi yang Baru.....	59
BAB V PENUTUP		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran	61

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Kedalaman pada Tiap Titik	21
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran Waktu Tempuh Apungan (dalam detik).....	21
Tabel 4.3	Kecepatan Aliran Air (dalam m/detik)	22
Tabel 4.4	Tabel Hasil Pengukuran E, I, $\cos\theta$, dan P pada Titik Beban Fasa R	24
Tabel 4.5	Tabel Hasil Pengukuran E, I, $\cos\theta$, dan P pada Titik Beban Fasa S	25
Tabel 4.6	Tabel Hasil Pengukuran E, I, $\cos\theta$, dan P pada Titik Beban Fasa T	26
Tabel 4.7	Data Total Beban Setiap Node Fasa R	27
Tabel 4.8	Data Total Beban Setiap Node Fasa S	27
Tabel 4.9	Data Total Beban Setiap Node Fasa T.....	27
Tabel 4.10	Tabel Spesifikasi Kawat Penghantar	29
Tabel 4.11	Tabel Impedansi Saluran Lama Fasa R	31
Tabel 4.12	Tabel Impedansi Saluran Lama Fasa S.....	33
Tabel 4.13	Tabel Impedansi Saluran Lama Fasa T	35
Tabel 4.14	Matrik Y_{bus} Fasa R.....	35
Tabel 4.15	Matrik Y_{bus} Fasa S (kolom 1 – 6)	36
Tabel 4.16	Matrik Y_{bus} Fasa S (kolom 7-11).....	36
Tabel 4.17	Matrik Y_{bus} Fasa T	36
Tabel 4.18	Matrik Z_{bus} Fasa R.....	37
Tabel 4.19	Matrik Z_{bus} Fasa S (kolom 1-7)	37
Tabel 4.20	Matrik Z_{bus} Fasa S (kolom 8-11).....	37
Tabel 4.21	Matrik Z_{bus} Fasa T	37
Tabel 4.22	Arus Bus Iterasi Pertama Fasa R	38
Tabel 4.23	Tegangan Bus Iterasi Pertama Fasa R	39
Tabel 4.24	Arus Bus dan Tegangan Bus Fasa R	39
Tabel 4.25	Arus Bus dan Tegangan Bus Fasa S	40
Tabel 4.26	Arus Bus dan Tegangan Bus Fasa T	40
Tabel 4.27	Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa R pada Jaringan Lama	41
Tabel 4.28	Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa S pada Jaringan Lama	41
Tabel 4.29	Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa T pada Jaringan Lama	41
Tabel 4.30	Total Rugi Daya dan Jatuh Tegangan pada fasa R, S, dan T pada Jaringan Lama	42

Tabel 4.31 Arus Bus dan Tegangan Bus Fasa S Paralel	43
Tabel 4.32 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa S Paralel	43
Tabel 4.33 Arus dan Daya penyetimbangan	44
Tabel 4.34 Data Beban dan Pengelompokan Rumah Fasa R Setelah Distimbangkan	46
Tabel 4.35 Data Beban dan Pengelompokan Rumah Fasa S Setelah Distimbangkan.....	47
Tabel 4.36 Data Beban dan Pengelompokan Rumah Fasa T Setelah Distimbangkan	48
Tabel 4.37 Data Total Beban tiap Node Fasa R	49
Tabel 4.38 Data Total Beban tiap Node Fasa S	49
Tabel 4.39 Data Total Beban tiap Node Fasa T	50
Tabel 4.40 Tabel Hasil Perhitungan untuk Menentukan Prakiraan Jenis Kabel yang Digunakan untuk PLTMH Bayu Kidul Fasa R	52
Tabel 4.41 Tabel Hasil Perhitungan untuk Menentukan Prakiraan Jenis Kabel yang Digunakan untuk PLTMH Bayu Kidul Fasa S.....	52
Tabel 4.42 Hasil Perhitungan untuk Menentukan Prakiraan Jenis Kabel yang Digunakan untuk PLTMH Bayu Kidul Fasa R	53
Tabel 4.43 Spesifikasi Penghantar Jaringan Listrik Tegangan Rendah yang Baru	53
Tabel 4.44 Tabel Impedansi Saluran Baru Fasa R, S, dan T Baru	54
Tabel 4.45 Arus bus dan Tegangan Bus Fasa R pada Jaringan Baru - 1	54
Tabel 4.46 Arus bus dan Tegangan Bus Fasa R pada Jaringan Baru - 2	55
Tabel 4.47 Arus bus dan Tegangan Bus Fasa S pada Jaringan Baru.....	55
Tabel 4.48 Arus bus dan Tegangan Bus Fasa T pada Jaringan Baru.....	56
Tabel 4.49 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa R pada Jaringan Baru - 1	56
Tabel 4.50 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa R pada Jaringan Baru - 2.....	57
Tabel 4.51 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa S pada Jaringan Baru.....	57
Tabel 4.52 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa S pada Jaringan Baru.....	58
Tabel 4.53 Total Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa R, S, dan T pada Jaringan Baru ..	58
Tabel 4.54 Perbandingan Jatuh Tegangan Sebelum dan Sesudah Direkonfigurasi.....	59
Tabel 4.55 Perbandingan Rugi Daya Saluran pada Jaringan Lama dan Jaringan Baru....	60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Konversi Energi Air (Wibawa, 2001)	5
Gambar 2.2 Diagram Alir Langkah-langkah Perhitungan <i>Gauss Seidel Zbus</i>	10
Gambar 2.3 Segitiga Daya.....	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian.....	12
Gambar 3.2 Diagram Alir Analisis Data	13
Gambar 4.1 Foto Satelit Dari Lokasi Dusun Lider dan Dusun Bejong yang Mendapatkan Listrik PLTMH Bayu Kidul	18
Gambar 4.2 Peta Penyaluran PLTMH Bayu Kidul dan Rumah Pelanggan	19
Gambar 4.3 Luas Melintang Saluran Pembuang	20
Gambar 4.4 Peta Kondisi Awal Jaringan PLTMH Bayu Kidul Fasa R, S, dan T	28
Gambar 4.5 Peta Jaringan Listrik Lama Fasa R	30
Gambar 4.6 Peta Jaringan Listrik Lama Fasa S	32
Gambar 4.7 Peta Jaringan Listrik Lama Fasa T	34
Gambar 4.8 Peta Jaringan Listrik Fasa S Setelah Diparalel	42
Gambar 4.9 Peta Jaringan Beban Setimbang Fasa R, S, dan T	45
Gambar 4.10 Diagram Perbandingan Jatuh Tegangan Sebelum dan Setelah Ditata Ulang	59
Gambar 4.11 Diagram Perbandingan Rugi Daya Sebelum dan Setelah Ditata Ulang	60
Gambar 5.1 Peta Awal Jaringan dan Rumah Pelanggan	63
Gambar 5.2 Peta Jaringan Setimbang Fasa R	64
Gambar 5.3 Peta Jaringan Setimbang Fasa S	65
Gambar 5.4 Peta Jaringan Setimbang Fasa T	66
Gambar 5.5 Spesifikasi Teknis Kabel Yamaha LVTC NFA2X.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Awal Jaringan dan Rumah Pelanggan.....	63
Lampiran 2 Peta Jaringan Setimbang Fasa R	64
Lampiran 3 Peta Jaringan Setimbang Fasa S	65
Lampiran 4 Peta Jaringan Setimbang Fasa T	66
Lampiran 5 Spesifikasi Teknis Kabel Yamaha LVTC NFA2X	67
Lampiran 6 Hasil Penyetimbangan Beban fasa R, S, dan T.....	68
Lampiran 7 Hasil Pengukuran pada Rumah Pembangkit	71
Lampiran 8 Letak Koordinat Titik Tiang pada Jaringan PLTMH Bayu Kidul	72
Lampiran 9 Dokumentasi Kegiatan Survey dan Pengukuran.....	73
Lampiran 10 Keadaan Rumah Pembangkit dan Rumah Pelanggan.....	74
Lampiran 11 Spesifikasi Generator	75
Lampiran 12 Data Beban Selama Satu Minggu	76
Lampiran 13 Rata-Rata Beban Selama Satu Minggu	97



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di masa sekarang ini, listrik telah menjadi masalah bagi sebagian masyarakat Indonesia, khususnya masyarakat yang belum mendapatkan pasokan listrik dari PLN. Energi Listrik adalah energi yang sangat diperlukan. Penyediaan energi listrik oleh PLN cenderung tidak memenuhi permintaan energi listrik yang ada. Oleh sebab itu, desa-desa yang belum mendapatkan fasilitas listrik dari PLN harus dapat memanfaatkan sumber energi alternatif yang ada seperti matahari, air, angin, geothermal, biomassa dan biogas agar tidak bergantung pada PLN.

PLTMH merupakan salah satu pembangkit listrik bersekalai kecil, yang menggunakan air sebagai tenaga penggeraknya. Prinsip dari pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang mengalir pada aliran sungai, irigasi atau air terjun, dimana aliran ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik. Sehingga banyak masyarakat Indonesia khususnya masyarakat yang belum mendapatkan pasokan listrik dari PLN dapat memanfaatkan PLTMH ini sebagai jalan alternatif untuk mendapatkan pasokan energi listrik.

Bayu Kidul merupakan lahan perkebunan dan pertanian. Terdapat dua dusun yang ada di lokasi tersebut yaitu Dusun Lider dan Dusun Bejong. Sebelumnya di Dusun Lider memiliki dua buah unit pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan total daya sebesar 18 kW yang kemudian dimanfaatkan untuk kebutuhan perkebunan dan dusun yang ada di lokasi tersebut. Akan tetapi dengan daya sebesar itu belum mampu memenuhi pasokan atau permintaan pelanggan yang ada di lokasi dan menutup pembangkit tersebut. Oleh karena itu dibangunlah unit 3 untuk dapat memenuhi pasokan dan kebutuhan rumah-rumah yang ada di lokasi tersebut. Unit 3 ini mempunyai kapasitas pembangkit sebesar 48 kW yang dapat memenuhi pasokan listrik di lokasi tersebut.

Dalam sistem distribusi, jaringan listrik merupakan hal yang penting dalam sistem penyaluran energi listrik ke konsumen-konsumen. Oleh sebab itu, jaringan listrik bertindak sebagai sistem distribusi energi listrik. Hal ini menyebabkan beberapa hambatan dalam pendistribusian energi listrik. Satu diantaranya yaitu rugi-rugi daya (*power losses*) yang terjadi pada penghantarnya.

Saat dilakukan survei pada April 2015, PLTMH Bayu Kidul mengalami jatuh tegangan yang signifikan sehingga mengurangi kualitas PLTMH tersebut. Dikarenakan jarak yang jauh antara rumah pembangkit dengan rumah-rumah pelanggan dengan total jarak sepanjang ± 2 km. Sehingga tegangan yang terukur dibawah tegangan yang ditetapkan dan jaringan mengalami rugi daya yang cukup besar.

Untuk memperbaiki kualitas penyaluran listrik pada umumnya belum didukung dengan penataan jaringan yang baik. Oleh sebab itu, untuk memperbaiki masalah yang muncul di atas, diperlukan penataan ulang jaringan untuk memperkecil jatuh tegangan dan rugi-rugi daya. Kualitas listrik yang ingin dicapai adalah jatuh tegangan dan rugi daya yang seminimal mungkin pada pelanggan dengan mengikuti standar PLN yaitu dengan nilai jatuh tegangan mekasimal sebesar 10% dari tegangan nominal 220V sesuai SPLN, PUIL 2000. Oleh krena itu sangat diperlukan suatu penataan ulang jaringan distribusi tegangan rendah yang memperhatikan nilai teknis yang berdasarkan standar PLN.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam kajian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan ukuran konduktor yang tepat sesuai dengan standar PLN untuk mendapatkan rugi daya dan jatuh tegangan yang rendah.
2. Berapa besar jatuh tegangan pada jaringan yang terdapat pada kondisi awal jaringan listrik dan setelah jaringan ditata ulang.
3. Berapa besar rugi-rugi daya pada jaringan yang terdapat pada kondisi awal jaringan listrik dan setelah jaringan ditata ulang.
4. Membandingkan jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada beban kondisi awal jaringan listrik dan setelah jaringan ditata ulang dengan melakukan analisis aliran daya.

1.3 Batasan Masalah

Masalah pada kajian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Hal yang diamati adalah rugi-rugi daya dan jatuh tegangan.
2. Penataan ulang ukuran konduktor agar didapatkan jatuh tegangan dan rugi-rugi daya yang rendah.
3. Simulasi dan perhitungan analisis aliran daya dilakukan dengan menggunakan bantuan program komputer.
4. Faktor ekonomis tidak diperhitungkan.

5. Penyetimbangan beban tetap terjaga.

1.4 Tujuan

Tujuan kajian ini adalah:

Untuk mendapatkan hasil penataan ulang jaringan distribusi tegangan rendah pada PLTMH Bayu Kidul Kecamatan Songgon Kabupaten Banyuwangi agar sesuai standar PLN (SPLN), sehingga diharapkan saluran yang ditata ulang memiliki rugi-rugi daya serendah mungkin dan jatuh tegangan maksimum sebesar 10% dari tegangan nominal 220V sesuai SPLN, PUIL 2000.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, dan sistematika penulisan hasil skripsi.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tinjauan pustaka atau dasar teori yang digunakan untuk dasar penelitian yang dilakukan dan untuk mendukung permasalahan yang diungkapkan.

BAB III : METODE PENELITIAN

Memberikan penjelasan tentang metode yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi metode pengambilan data, pengolahan data, dan analisis data.

BAB IV : PEMBAHASAN

Berisi pembahasan dan analisis perhitungan daya teoritis dan daya sebenarnya saat beban puncak, serta analisis perhitungan harga pokok produksi

BAB V : PENUTUP

Berisi penutup yang terdiri dari kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Nugraha dkk (2013) telah melakukan penelitian mengenai optimasi kondisi jaringan listrik PLTMH di desa Andungbiru, Probolinggo dengan pengubahan fasa yang melayani titik-titik beban tertentu. Hasilnya menunjukkan bahwa titik-titik beban yang dirubah fasanya ditentukan dengan cara melihat titik beban mana yang dilewati oleh jaringan fasa-fasa yang berlainan dan dari perubahan ini didapatkan beberapa kombinasi alternatif jaringan.

Hardiyanto, 2008 juga telah melakukan penelitian mengenai evaluasi instalasi jaringan tegangan rendah untuk menekan rugi-rugi daya dan jatuh tegangan. Penelitian ini dilakukan di sebuah perusahaan yaitu PT Baristol Myers Squibb Indonesia. Dalam analisis rugi daya dan jatuh tegangan Hardiyanto menggunakan perangkat lunak ETAP 4.0.0 C untuk mengetahui load flow serta profil tegangan pada setiap bus serta rugi daya awal yang dihasilkan. Dari analisis yang dilakukannya, rugi-rugi daya yang didapat sebesar 24,5 kW dari semula 35,3 kW. Setelah dilakukan perbaikan ketiga dengan menggunakan penghantar yang tingkat resistansinya paling rendah terjadi penurunan rugi-rugi daya sebesar 10,8 kW atau menurun sebesar 69,58% pada kondisi beban 100% (1478 kW).

Berdasarkan penelitian-penelitian diatas perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengurangi rugi-rugi daya yang ada pada PLTMH. Oleh sebab itu, penelitian tentang Penataan Ulang Jaringan Distribusi Tegangan Rendah pada PLTMH Bayu Kidul Kabupaten Banyuwangi perlu diteliti.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

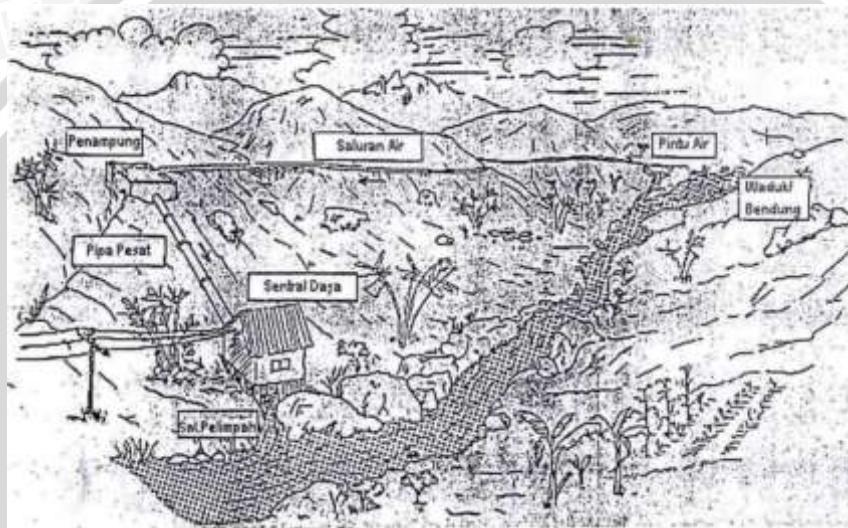
Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200 kW), yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan. Dari segi teknologi, PLTMH dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah, sedangkan biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya. Secara sosial, PLTMH mudah diterima masyarakat luas. PLTMH biasanya dibuat dalam skala desa di daerah-daerah terpencil yang



belum mendapatkan pasokan listrik dari PLN. Tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun.

2.2.2 Prinsip Kerja PLTMH

PLT Mikrohidro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Skema prinsip kerja PLTMH terlihat pada gambar.



Gambar 2.1 Sistem konversi energi air (wibawa, 2001)

Gambar 2.1 di atas menunjukkan bagian-bagian terpenting pada proses konversi energi air menjadi energi elektrik, antara lain adalah:

1. Waduk/bendung, berfungsi untuk menyimpan air yang akan dialihkan ke turbin air, sekaligus dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan air, khususnya di musim kemarau, serta menentukan ketinggian jatuh air apabila dari waduk/bendung tersebut air langsung dialirkan menuju turbin.
2. Pintu air, berfungsi menentukan jumlah atau debit air yang akan dialirkan melalui saluran, sekaligus sebagai penghalang sampah/kotoran yang akan ikut masuk ke dalam saluran.
3. Saluran air, berfungsi untuk menyalurkan air yang akan melalui pipa pesat, terutama apabila air dari pintu air tidak langsung masuk ke pipa pesat dengan alasan geografis, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1.

4. Bak penampung, berfungsi untuk mengendalikan volume dan debit air yang akan dialirkan ke turbin melalui pipa pesat, sekaligus sebagai penentu ketinggian jatuh air.
 5. Pipa pesat, berfungsi sebagai media penyalur air dari bak penampung ke turbin. Ada dua jenis pipa pesat yaitu: (a) tekanan tinggi, terbuat dari bahan logam/baja dan (b) tekanan rendah, terbuat dari kanal beton/pipa non baja. Efisiensi pipa pesat dipengaruhi oleh permukaan penampang aliran serta jumlah belokan.
 6. Sentral daya, merupakan bangunan tempat kedudukan seluruh perangkat konversi energi, mulai dari turbin air lengkap dengan *governornya* sebagai pengatur tekanan air, sistem transmisi mekanik, generator, perangkat pendukung lain, seperti: panel kontrol, panel distribusi daya, beban komplemen, dan sebagainya.

Saluran pelimpah, berfungsi sebagai penyalur air yang sudah digunakan, untuk dikembalikan ke sungai misalnya.

2.2.3 Daya PLTMH

Patty (1995:14) mengemukakan bahwa untuk mendapatkan daya hidrolik (P_h) yang merupakan potensi sumber daya energi air pada suatu wilayah, didapatkan dengan persamaan:

Keterangan:

P_h : Daya hidrolik (kW)

Q : Debit air (m^3/s)

ρ : Massa jenis air ($= 1000 \text{ kg/m}^3$)

g : Gravitasi bumi ($= 9.8 \text{ m/s}^2$)

h : Tinggi jatuh air (m)

Apabila nilai gravitasi bumi g dan massa jenis air ρ dimasukkan di persamaan (2-1), maka persamaannya menjadi:

Jika efisiensi pipa pesat (η_{pp}) dan efisiensi turbin (η_{tb}) diketahui, maka besar daya mekanik turbin adalah

Keterangan :

P_{th} : Daya mekanik turbin (kW)

P_h : Daya hidrolik (kW)

η_{tb} : Efisiensi turbin

η_{pp} : Efisiensi pipa pesat

Apabila antara turbin dan generator ada perangkat sistem transmisi mekanik (η_{tm}) dan efisiensi generator (η_g) diketahui, maka besar daya keluaran elektrik P_{out} dari generator adalah

Keterangan:

P_{out} : Daya keluaran elektrik (kW)

P_{tb} : Daya mekanik turbin (kW)

P_h : Daya hidrolik (kW)

η_{tm} : Efisiensi transmisi mekanik

η_g : Efisiensi generator

Dimana efisiensi total (η_{total}) adalah efisiensi total dari seluruh sistem dari efisiensi turbin sampai efisiensi generator ($\eta_{total} = \eta_{pp} \cdot \eta_{tb} \cdot \eta_{tm} \cdot \eta_g$), sedangkan perkalian antara efisiensi pipa pesat (η_{pp}) dan efisiensi turbin (η_{tb}) dapat disebut juga sebagai efisiensi mekanik (η_{mek}).

2.3 Jaringan Listrik Tegangan Rendah

Jaringan listrik tegangan rendah termasuk dalam saluran distribusi yang berfungsi menghantarkan energi listrik dari sumber energi listrik ke konsumen energi listrik. Saluran listrik tegangan rendah juga merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan karena catu daya pada pusat beban langsung dihubungkan pada saluran listrik tegangan rendah. Saluran listrik tegangan rendah menyalurkan tegangan sebesar 220/380V yang langsung digunakan oleh pelanggan.

2.4 Menentukan dimensi konduktor

Menurut Harten (1982:157) jika pemilihan berdasarkan rugi tegangan dan rapat arus harus digunakan luas penampang konduktor yang berbeda. Tetapi untuk pengaman lebur yang digunakan harus tetap berdasarkan beban yang dihubungkan. Rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan luas penampang konduktor yang diperlukan berdasarkan jatuh tegangan yaitu:

dimana:

A = luas penampang nominal konduktor yang diperlukan (m^2)

l = jarak permulaan konduktor hingga ujung (m)

I = kuat arus dalam konduktor (A)

v = jatuh tegangan dalam konduktor (V)

γ = daya hantar jenis dari bahan konduktor yang digunakan (S/m)

Untuk tembaga : $\gamma \approx 56,2 \cdot 10^6 \text{ S/m}$

Untuk aluminium : $\gamma \approx 33 \cdot 10^6 \text{ S/m}$

2.5 Persamaan Sistem Daya

Persamaan untuk kerja sistem tenaga listrik dapat dinyatakan dalam bentuk impedansi atau admitansi sebagai berikut:

Dalam bentuk impedansi:

Dalam bentuk admitansi:

Matrik admitansi bus dan matrik impedansi bus dapat disusun dengan atau tanpa melibatkan bus tanah. Jika bus tanah dilibatkan dalam menyusun kedua matrik tersebut, maka elemen-elemen shunt seperti static kapasitor, reaktir, line charging dan element shunt dari rangkain ekivalen trafo dilibatkan dalam menyusun kedua matrik tersebut dan elemen vektor tegangan tegangan E_{bus} dalam persamaan (2-7) dan (2-8) merupakan tegangan antara sesuatu bus terhadap tanah. Jika bus tanah tidak dilibatkan dalam menyusun matrik Z_{bus} dan Y_{bus} diatas, maka perlu dipilih satu bus sebagai acuan dan elemen vektor tegangan E_{bus} dalam kedua persamaan diatas merupakan beda tegangan antara sesuatu bus dengan acuan.

Pada suatu bus p, daya aktif dan reaktif dinyatakan sebagai:

Dan arus pada bus p adalah

I_p adalah positif jika arus itu mengalir masuk kedalam sistem.

Jika elemen-elemen shunt terhadap tanah dilibatkan dalam menyusun matrik Z_{bus} atau Y_{bus} , maka persamaan (2-10) menyatakan arus total yang mengalir dari bus p, sedangkan jika tidak dilibatkan dalam menyusun kedua matrik tersebut, maka arus total yang mengalir melalui bus p adalah

$$I_P = \frac{P_P - j Q_P}{E_P^*} \dots \dots \dots \quad (2-11)$$

Dimana y_P menyatakan total admitansi shunt bus p terhadap tanah dan $y_P E_P$ menyatakan arus yang mengalir dari bus p ke tanah.

Setelah proses iterasi mengetahui tegangan setiap bus selesai, daya yang mengalir pada setiap saluran dapat dihitung. Arus yang mengalir dari bus p ke bus q adalah

dimana:

y_{pq} Admitansi cabang yang menghubungkan bus p dengan bus q

Daya yang mengalir dari bus p ke bus q adalah

$$P_{pq} - jQ_{pq} = E_p^* i_{pq}$$

atau

Sedangkan daya yang mengalir dari bus q ke bus p adalah

$$P_{qp} - jQ_{qp} = E_q^*(E_q - E_p)y_{pq} \dots \quad (2-14)$$

Rugi daya cabang p-q merupakan jumlah aljabar dari persamaan (2-13) dan persamaan (2-14).

1. Metode Gauss Seidel Menggunakan Zbus

Persamaan jaringan sistem tenaga listrik adalah

$$E_{bus} = Z_{bus} \cdot I_{bus}$$

Jika salah satu bus (node) bukan node tanah dipakai sebagai acuan, maka Ebus adalah sebuah vektor kolom dimana elemen-elemennya adalah selisih tegangan antara sebuah bus dengan bus acuan. Matrik impedansi bus Z_{bus} disusun dengan menggunakan salah satu bus sebagai acuan dan jika tegangan bus acuan adalah E_r , maka tegangan bus p adalah

$$E_p = E_r + \sum_{q=1, q \neq r}^n Z_{pq} I_q \quad p = 1, 2, \dots, n \quad p \neq r \quad (2-15)$$

dengan

$$I_q = \frac{P_q - jQ_q}{E_q^*} \quad (2-16)$$

Berikut ditampilkan gambar diagram alir langkah-langkah perhitungan menggunakan metode *Gauss Seidel Zbus*.



Gambar 2.1 Diagram Alir Langkah-langkah Perhitungan *Gauss Seidel Zbus*

2.6 Segitiga Daya

Menurut Mismail (1981:192) bahwa dalam sistem tenaga listrik dikenal Daya komplek (S), Daya Nyata (P), dan Daya Reaktif (Q).

Dimana untuk sistem satu fasa:

$$P = E \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (W) \quad (2-17)$$

$$Q = E \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (VAR) \quad (2-18)$$

$$S = P + jQ \quad (VA) \quad (2-19)$$

Keterangan:

P : Daya Nyata (W)

Q : Daya Reaktif (VAR)

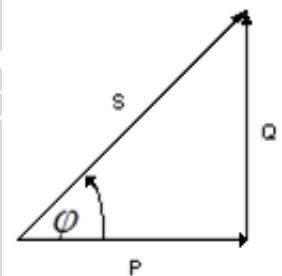
S : Daya Semu (VA)

E : Tegangan (V)

I : Arus (A)

$\cos \varphi$: Faktor Daya

Ketiga komponen daya diatas digambarkan dalam suatu segitiga daya yang menyatakan hubungan antara ketiganya seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Segitiga Daya

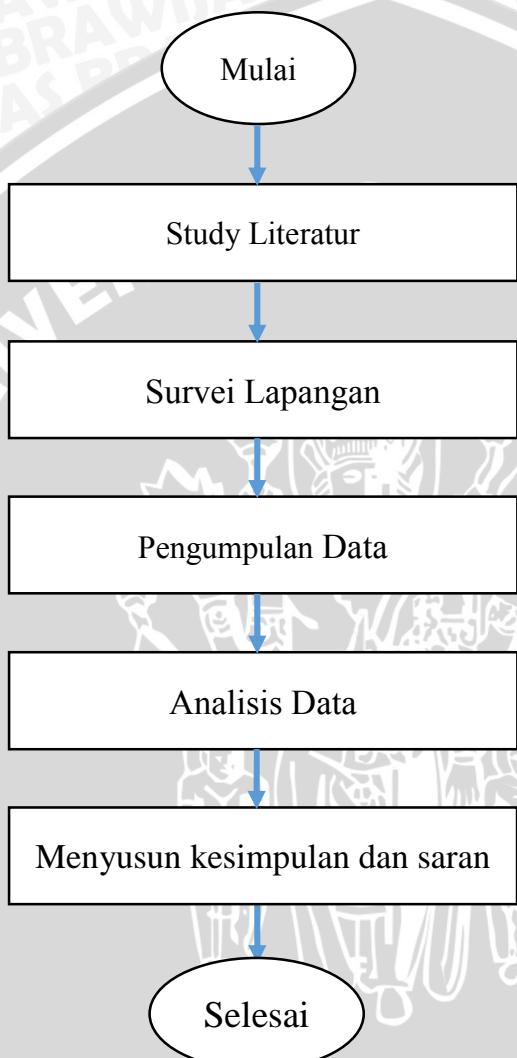
Sumber: Mismail, 1981



BAB III

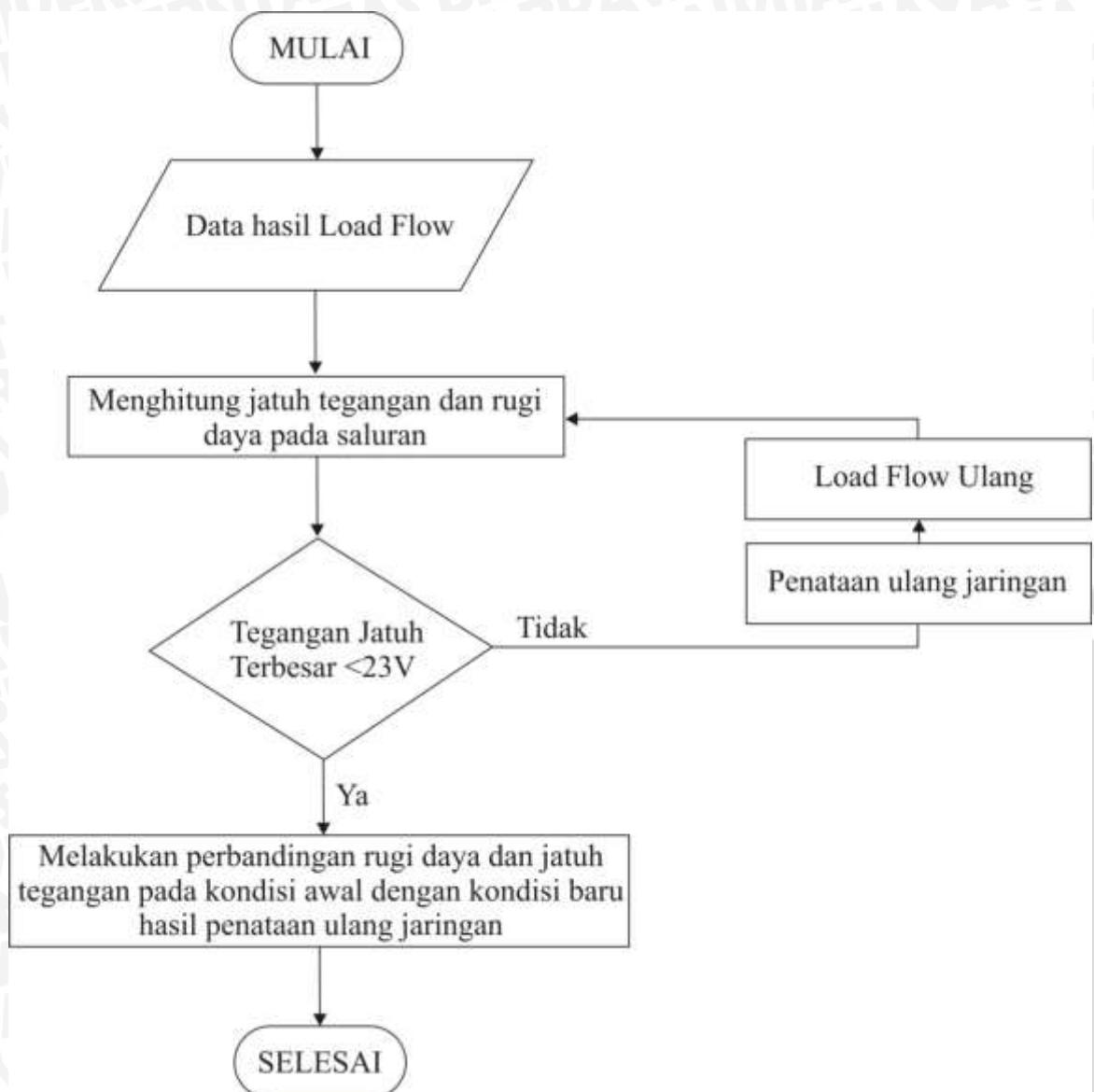
METODE PENELITIAN

Pada bab ini disajikan langkah-langkah, jenis data dan pengumpulan data, analisis data, dan kesimpulan. Dijelaskan diagram alir metode penelitian pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian





Gambar 3.2 Diagram Alir Analisis Data



3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan kegiatan mengkaji buku dan literatur yang menunjang materi dalam penyusunan penelitian ini. Materi yang menjadi fokus pada penelitian ini terkait dengan:

- a. Sistem penyaluran daya listrik.
- b. Perhitungan aliran daya dan jatuh tegangan pada jaringan distribusi tegangan rendah, dan
- c. Perhitungan rugi rugi daya pada jaringan distibusi.

3.2 Survei Lapangan

Survei lapangan merupakan kegiatan terjun langsung untuk mengobservasi keadaan riil di lapangan. Tujuan pelaksanaan survei lapangan adalah untuk mengumpulkan data dan informasi yang berkaitan dengan masalah yang dibahas. Data dan informasi ini sangat berguna dalam mengidentifikasi kondisi dan permasalahan yang ada.

3.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengukuran, perhitungan, dan pengamatan langsung di lapangan. Adapun data primer yang digunakan dalam penelitian ini terkait dengan penelitian ini adalah:

1. Data Debit Air untuk Mendapatkan Daya Terbangkit

Pada pengukuran debit air menggunakan metode apungan. Pengukuran debit air dilakukan di saluran pembuangan (*tailrace*) dari rumah turbin PLTMH Bayu Kidul. Luas penampang melintang saluran juga diukur untuk perhitungan selanjutnya. Selanjutnya yaitu menentukan panjang saluran yang akan digunakan sebagai acuan lintasan. Caranya adalah pada titik awal dan titik akhir diberi tanda.

Kecepatan aliran air diperoleh dari hasil bagi dari panjang lintasan oleh waktu tempuh apungan sepanjang lintasan dari titik awal sampai titik akhir. Selanjutnya nilai debit air diperoleh dari hasil kali kecepatan aliran air dengan luas penampang melintang saluran.





2. Data Kapasitas Daya yang Dibangkitkan oleh Generator PLTM

Daya generator merupakan daya sumber (P_G) yang akan menjadi acuan dalam menentukan beban terpasang agar tidak berlebihan (*overload*). Data ini dicari dengan cara melihat langsung nameplate pada generator di rumah pembangkit.

3. Data Beban dan Pemetaannya

Data beban dan pemetaannya yang dicari yaitu data beban puncak (P_P) dan data beban yang terpasang (P_L). Beban punca merupakan beban paling maksimum yang biasanya terjadi pada pukul 17.00 – 21.00 WIB. Untuk beban puncak dilakukan pengukuran terhadap tegangan (E), arus (I), Daya (P), dan juga $\cos \varphi$ pada waktu beban puncak.

Data beban tersebut perlu didukung dengan adanya data letak dan posisi beban guna melakukan perancangan saluran. Sehingga dibutuhkan data pemetaan beban yang menggambarkan letak dari beban tersebut. Pemetaan dilakukan dengan cara survey lapangan secara langsung dan dengan bantuan foto satelit.

4. Panjang Konduktor (kms) Saluran Listrik dan Jenis Kabel yang digunakan

Untuk melakukan analisa perhitungan pada saluran lama, panjang konduktor perlu diketahui. Data ini merupakan kilometer sirkuit (l) dan diperlukan untuk mengetahui besarnya tahanan yang ada pada konduktor. Jenis kabel juga berpengaruh pada besarnya tahanan sehingga data jenis kabel juga akan dicari. Data jenis kabel ini adalah kuat hantar arus (KHA), resistansi kabel dan jenis bahan (ρ).

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa sumber yang sudah ada seperti dari buku referensi dan/atau skripsi, jurnal, dan data yang bersumber dari perusahaan terkait. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Spesifikasi kabel saluran.
2. Spesifikasi teknis dari generator.

3.4 Analisis Data dan Pembahasan

3.4.1 Perhitungan Potensi Sumber Daya Air yang Masih dapat Dibangkitkan

Perhitungan potensi sumber daya air menggunakan persamaan konversi energi yang selanjutnya diperoleh kapasitas daya yang masih dapat dibangkitkan PLTMH Bayu Kidul. Perhitungan konversi tersebut dimasukkan nilai efisiensi sistem yang meliputi efisiensi pipa pesat, efisiensi turbin, efisiensi transmisi mekanik, dan efisiensi generator.

3.4.2 Perhitungan Data Beban yang Terpasang

Pengumpulan data berupa beban listrik terpasang bertujuan untuk mengetahui jumlah daya terpasang di tiap pelanggan. Setelah didapatkan daya terpasang tersebut maka perhitungan arus beban pada tiap rumah bisa diketahui.

3.4.3 Perhitungan Rugi Daya dan Jatuh Tegangan setelah Ditata Ulang

Setelah dilakukan penyetimbangan beban, maka selanjutnya dilakukan perhitungan rugi daya dan jatuh tegangan pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah dan Saluran Rumah.

3.5 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis, maka dapat diketahui besarnya potensi rugi daya dan jatuh tegangan pada jaringan listrik yang telah dikonfigurasi ulang.



BAB IV

PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai penataan ulang jaringan listrik PLTMH di Dusun Lider Desa Sumberarum Kecamatan Songgon Kabupaten Banyuwangi beserta dengan analisis hasil penataan ulang. Penataan ulang ini merupakan rekonfigurasi dari jaringan lama PLTMH Bayu Kidul.

Jaringan listrik yang akan ditata ulang merupakan jaringan distribusi radial, oleh karena itu analisis penataan ulang dihitung menggunakan metode *Gauss Seidel Zbus*. Perhitungan metode *Gauss Seidel Zbus* ini menggunakan bantuan komputer untuk melakukan proses perhitungan iterasi.

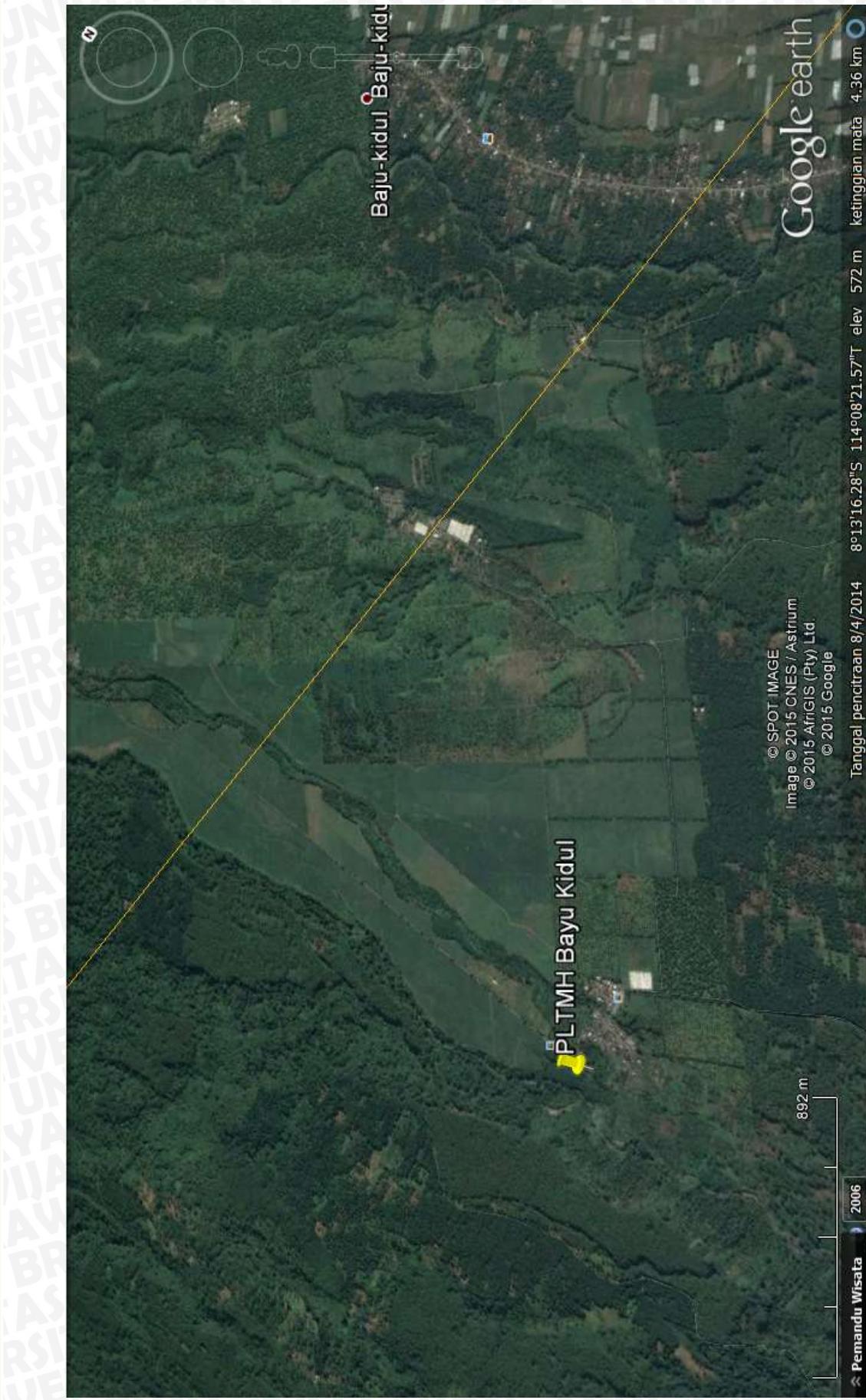
4.1 Lokasi Jaringan Distribusi

Penataan ulang jaringan listrik ini berlokasi di Dusun Lider Desa Sumberarum Kecamatan Songgon Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Lokasi tersebut merupakan daerah yang terletak didataran tinggi karena tidak jauh dari gunung raung dengan sebagian besar wilayah terdiri atas perkebunan, sawah dan hutan.

Total pelanggan yang terdata menggunakan PLTMH Bayu Kidul di dua dusun sebanyak 178 rumah dengan 88 APP (Alat Pembatas dan Pengukur). Tata letak rumah tersebut tersebar secara tidak merata dengan letak rumah terjauh dari lokasi rumah pembangkit adalah ± 2 km.

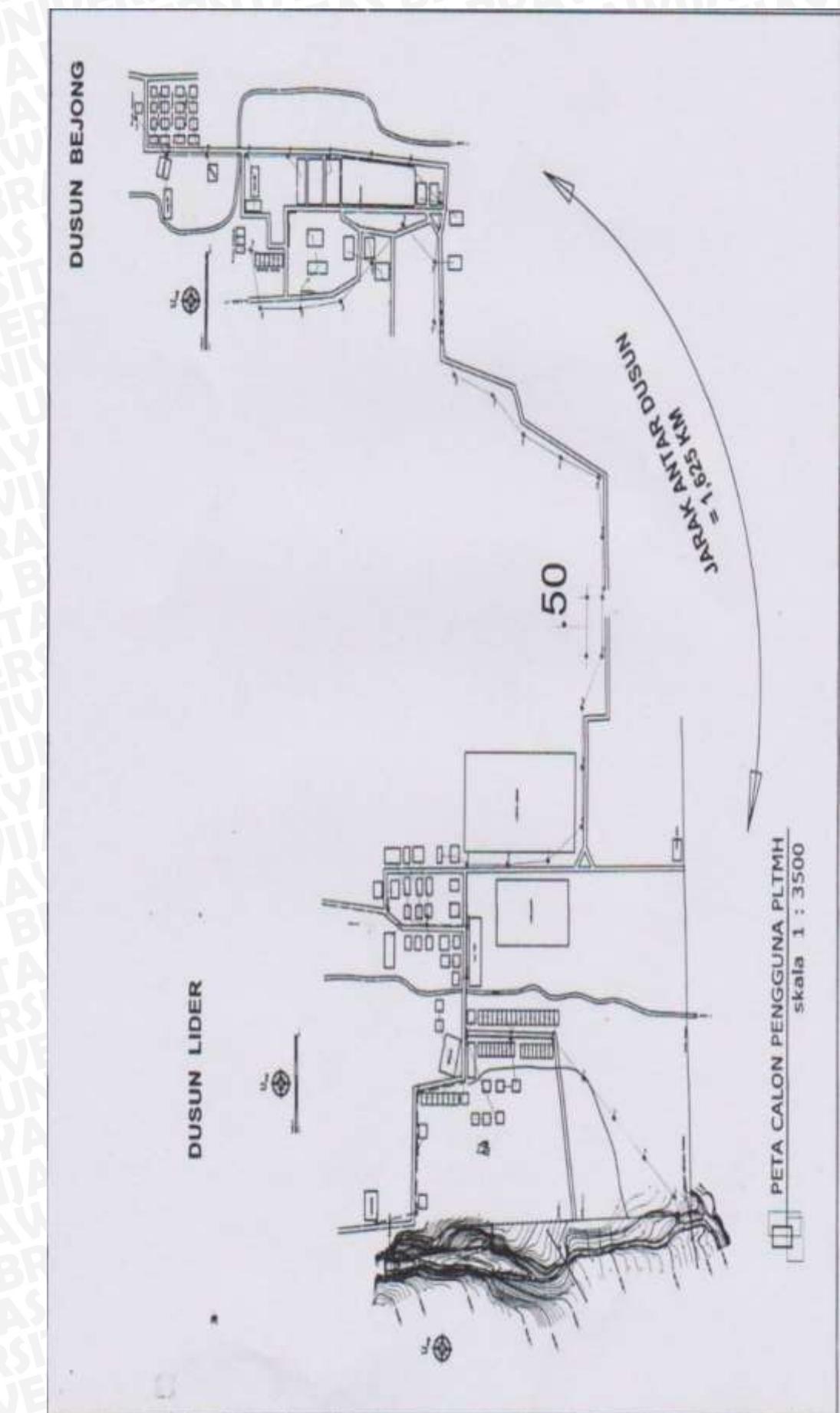
Peta keadaan lokasi penataan ulang ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 merupakan foto satelit yang diambil dari ketinggian 4,36 km dari permukaan laut. Gambar tersebut menunjukkan bahwa Dusun Lider dan Bejong sebagian besar terdiri dari perkebunan, sawah dan hutan. Sedangkan pada Gambar 2 merupakan peta pelanggan yang menggunakan PLTMH dan rumah turbin.





Gambar 4.1 Foto Satelit Lokasi Dusun Lider dan Dusun Bejong yang Mendapatkan Listrik PLTMH Bayu Kidul

Sumber: Google Earth



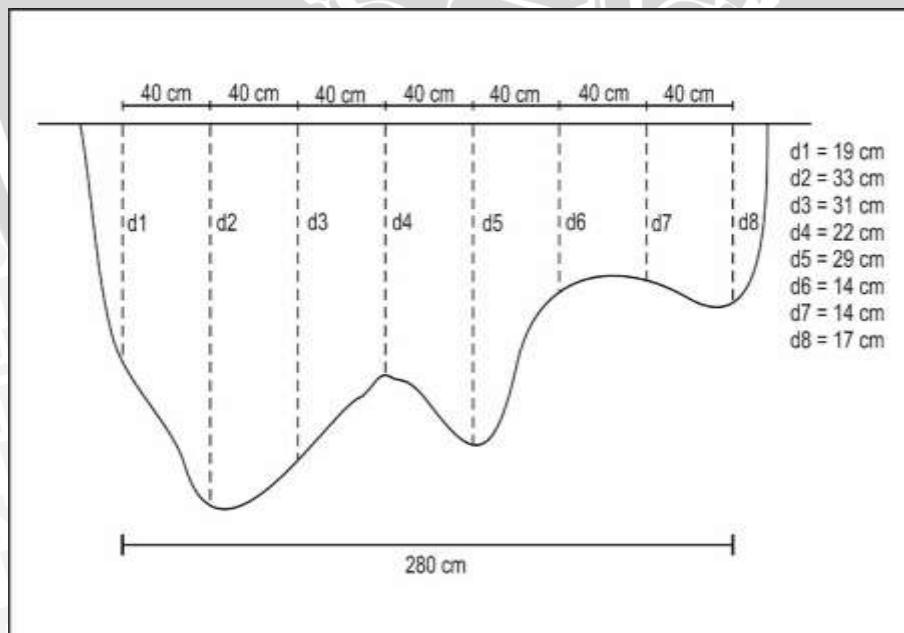
Gambar 4.2 Peta Penyaluran PLTMH Bayu Kidul dan Rumah Pelanggan
Sumber: Sucipto

4.2 Potensi Sumber Daya Air PLTMH Bayu Kidul

Untuk mengetahui potensi sumber daya air pada PLTMH Bayu Kidul maka dilakukan pengumpulan data berupa pengukuran debit air (Q). Metode yang digunakan pada pengukuran ini adalah metode apungan. Dengan menggunakan metode apungan terlebih dahulu harus diketahui luas penampang melintang saluran dan kecepatan aliran air. Panjang saluran untuk pengukuran debit adalah 4 (empat) meter. Lokasi pengukuran terletak di saluran pembuangan (tailrace) rumah turbin PLTMH Bayu Kidul. Kedalaman saluran di saluran pembuangan berbeda-beda sehingga perlu dilakukan pengukuran kedalaman di beberapa titik yang kemudian diambil nilai rata-ratanya. Waktu pengukuran debit air pada Juni 2015 pukul 16.25 WIB.

4.2.1 Luas Penampang Melintang Saluran

Luas penampang melintang saluran dapat dihitung dengan metode apung sehingga perlu dilakukan pengukuran lebar (w) dan kedalaman saluran (d). Didapatkan Lebar saluran pembuangan adalah 2,8 (dua koma delapan) meter. Pengukuran kedalaman saluran dilakukan dengan membagi lebar saluran bak penenang menjadi 7 (tujuh) ruas dengan jarak tiap ruas adalah 40 cm. Adanya perbedaan kedalaman saluran pada lima titik tersebut maka diambil nilai rata-ratanya. Gambar 4.3 menggambarkan penampang melintang saluran pembuangan.



Gambar 4. 3 Penampang Melintang Saluran Pembuangan

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kedalaman pada Tiap Titik

Titik	Kedalaman Saluran (m)
1	0,19
2	0,33
3	0,31
4	0,22
5	0,29
6	0,14
7	0,14
8	0,17

Sumber: Pengukuran pada Saluran Pembuang

Dari hasil pengukuran diatas dari 8 (delapan) titik didapatkan nilai rata-rata kedalaman saluran adalah 0,223 meter. Sesuai dengan persamaan (2-6), maka:

$$A = w \cdot d$$

$$A = 2,8 \cdot 0,223$$

$$A = 0,627 \text{ m}^2$$

4.2.2 Kecepatan Air

Untuk melakukan pengukuran kecepatan aliran air dilakukan juga pada saluran pembuangan. Jarak panjang aliran air yang gunakan sepanjang 4 (empat) meter. Metode apungan ini memiliki kelemahan yaitu tidak mewakili kecepatan aliran air pada semua titik. Metode ini hanya mewakili kecepatan aliran air di permukaan saja namun kecepatan aliran air di dasar, tengah, dan tepian aliran air tidak dapat diwakili. Maka dari itu perlu dikalikan faktor koreksi (f_k) 0,86 dengan kriteria saluran dengan dasar dan tepian yang licin. Pengukuran kecepatan aliran air dilakukan sebanyak 10 kali.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Waktu Tempuh Apungan (dalam detik)

Data ke-	Waktu tempuh (Detik)
1	3,2
2	3,2
3	2,94
4	3,14
5	2,9
6	3,11
7	2,89
8	3,2
9	3,05
10	2,93

Sumber: Pengukuran pada Saluran Pembuang

Dari hasil dari pengukuran pada Tabel 4.2 di atas maka didapatkan kecepatan aliran air adalah:

$$v_1 = \frac{l}{t} \cdot f_k$$

$$v_1 = \frac{4}{3,2} \cdot 0,86$$

$$v_1 = 1,075 \frac{m}{detik}$$

Dengan perhitungan yang sama maka diperoleh nilai kecepatan aliran air pada Tabel 4.3 di bawah.

Tabel 4.3 Kecepatan Aliran Air (dalam m/detik)

Data ke-	Waktu tempuh (m/s)
1	1,075
2	1,075
3	1,170
4	1,096
5	1,186
6	1,106
7	1,190
8	1,075
9	1,128
10	1,174

Sumber: Perhitungan

Sehingga didapatkan nilai rata-rat dari kecepatan air yaitu **1,128 m/s**.

4.2.3 Debit Air (Q)

Debit air dapat diketahui yaitu:

$$Q = v \cdot A$$

$$Q = 1,128 \cdot 0,627$$

$$Q = 0,707 m^3/s$$

4.2.4 Tinggi Jatuh Air

Untuk mendapatkan tinggi jatuh air (h) dilakukan pengukuran dengan metode water filled tube. Pengukuran dimulai dari permukaan air bagian atas yaitu pada bak penampung sampai sudu pada runner turbin. Setelah dilakukan pengukuran, didapatkan tinggi jatuh air sebesar 12 meter.

4.2.5 Daya Keluaran Terbangkit (Pout)

Setelah didapatkan data-data yang dibutuhkan seperti debit air (Q) dan tinggi jatuh air (h) maka dapat melakukan perhitungan selanjutnya yaitu daya hidrolik (P_h).

$$P_h = 9,8 \cdot Q \cdot h$$

$$P_h = 9,8 \cdot 0,707 \cdot 12$$

$$P_h = 83,143 \text{ kW}$$

Untuk efisiensi turbin Banki atau *crossflow* pada umumnya berkisar antara 60% sampai dengan 80% (Mismail, 1991/1992). Pada perhitungan ini efisiensi yang digunakan adalah 70%. Sedangkan untuk efisiensi pipa pesat pada umumnya berkisar 95% (Linsley, 1995). Apabila efisiensi pipa pesat (η_{pp}) dan efisiensi turbin (η_{tb}) sudah diketahui, maka besarnya daya mekanik turbin dapat dihitung:

$$P_{tb} = \eta_{tb} \cdot \eta_{pp} \cdot P_h$$

$$P_{tb} = 0,7 \cdot 0,95 \cdot 83,143$$

$$P_{tb} = 55,290 \text{ kW}$$

Sistem mekanik yang terletak diantara turbin dan generator. Pada umumnya mempunyai efisiensi sistem transmisi mekanik (η_{tm}) berkisar 85% (Niemann, 1992). Dan efisiensi pada generator (η_g) umumnya berkisar antara 80% sampai dengan 90%. Untuk PLTMH Bayu Kidul sendiri menggunakan sistem transmisi *pulley*. Pada perhitungan ini efisiensi sistem transmisi yang digunakan adalah 85% dan efisiensi generator yang digunakan adalah 80%. Sehingga besarnya daya keluaran terbangkitkan dari generator adalah:

$$P_{out} = \eta_{tm} \cdot \eta_g \cdot P_{tb}$$

$$P_{out} = 0,85 \cdot 0,80 \cdot 55,290$$

$$P_{out} = 37,597 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan nilai daya keluaran terbangkit yang masih dapat dibangkitkan PLTMH Bayu Kidul yaitu sebesar **37,597 kW**.

4.3 Analisis Jaringan Listrik PLTMH Lama

Jaringan listrik pada PLTMH lama merupakan jaringan listrik radial dengan kms terjauh ± 2 km. Terdapat kekurangan pada jaringan listrik lama yang berdampak cukup besar pada kualitas listrik yang disalurkan. Menurut hasil pengukuran yang dilakukan pada bulan juni 2015 dikondisi beban puncak pukul 17.00 – 21.00 WIB, tegangan pada beban terdekat sebesar 170 – 221 V, sedangkan pada beban terjauh hanya sebesar 165 V, data ini dapat dilihat pada Tabel 4 – 6 diibawah setelah dilakukan survei lapangan dapat disimpulkan beberapa faktor yang menjadi sumber masalah bagi jaringan, yaitu:

1. Kabel jaringan yang digunakan PLTMH Bayu Kidul memiliki KHA (kuat Hantar Arus) yang kecil yaitu sebesar 185.
2. Jarak yang sangat jauh mengakibatkan jatuh tegangan yang sangat tinggi.
3. Tegangan dari generator mengalami penurunan menjadi sebesar $\pm 175V$ pada kondisi beban puncak.

Metode analisis yang digunakan adalah metode *Gauss Seidel Zbus* untuk jaringan radial.

Analisis dilakukan untuk mengetahui rugi daya yang terjadi pada saluran pada saat kondisi beban puncak. Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran tegangan (E), Arus (I), $\cos \varphi$, dan daya (p) yang dilakukan pada kondisi beban puncak yaitu pada pukul 17.00 – 21.00 WIB.

Tabel 4.4 Tabel Hasil Pengukuran E, I, $\cos \theta$, dan P pada Titik Beban Fasa R

Fasa R								
No. Rumah	V (Volt)	I (A)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)	Node	Total P (Watt)	Total Q (VAR)
1	184,29	1,13	0,85	175,88	111,03	9	548,65	329,94
2	184,17	1,20	0,86	190,28	110,77			
3	184,37	1,15	0,86	182,49	108,14			
4	183,24	1,16	0,84	179,39	111,65			
5	183,37	1,13	0,86	178,40	103,97			
6	182,53	1,19	0,83	178,43	122,03			
7	182,16	1,15	0,87	180,93	103,56	10	536,22	337,65
8	182,27	1,07	0,85	165,47	101,45			
9	181,30	1,07	0,85	165,26	101,46			
10	180,63	1,14	0,86	176,81	106,89			
11	180,27	1,07	0,88	170,47	91,79			
12	180,37	1,20	0,82	177,37	122,90			
13	179,71	1,11	0,82	162,77	113,35			
14	179,26	1,14	0,82	166,97	116,82			
15	178,71	1,12	0,86	171,91	101,71			
16	178,16	1,16	0,86	177,92	103,14			
17	178,24	1,20	0,86	183,60	108,63			
18	177,96	1,14	0,85	172,33	105,59			
19	177,17	1,11	0,81	159,48	112,62	12	159,47	112,62
20	177,33	1,11	0,87	170,97	95,80	13	330,03	206,18
21	175,97	1,10	0,82	159,06	110,38			
22	175,89	1,12	0,85	166,60	103,95	14	515,69	291,9
23	175,66	1,12	0,88	173,95	90,27			
24	175,64	1,14	0,87	175,15	97,67			

Sumber: Pengukuran pada Rumah Pelanggan

Tabel 4.5 Tabel Hasil Pengukuran E, I, $\cos \theta$, dan P pada Titik Beban Fasa S

Fasa S								
No. Rumah	V (Volt)	I (A)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)	Node	Total P (Watt)	Total Q (VAR)
55	181,27	1,23	0,86	190,18	115,22	15	190,18	115,22
56	181,04	1,23	0,86	190,52	114,37	16	568,88	344,51
57	181,16	1,19	0,87	187,93	106,07			
58	180,21	1,26	0,84	190,44	124,06	17	379,81	235,40
59	180,20	1,29	0,85	198,30	121,03			
60	180,11	1,20	0,84	181,52	114,38	18	915,86	552,47
61	179,47	1,22	0,85	185,06	114,99			
62	179,10	1,19	0,86	183,26	109,73	19	559,37	334,58
63	179,04	1,15	0,86	177,98	103,35			
64	178,81	1,20	0,86	184,18	111,00	20	189,81	126,39
65	179,06	1,21	0,85	185,38	113,40			
66	178,43	1,19	0,87	184,42	104,05	21	177,64	116,29
67	177,97	1,23	0,85	187,06	113,43			
68	178,20	1,24	0,85	187,90	117,09	22	183,93	112,01
69	178,01	1,28	0,83	189,81	126,39			
70	178,06	1,20	0,83	177,64	116,29	23	1310,39	791,88
71	178,03	1,21	0,85	183,93	112,01			
72	177,60	1,24	0,84	186,11	117,97	24	1542,33	910,66
73	177,07	1,27	0,87	195,69	109,41			
74	176,67	1,22	0,84	181,40	115,21	25	163,76	96,75
75	176,59	1,28	0,85	192,91	117,48			
76	175,83	1,18	0,86	179,82	104,01	26	165,69	96,75
77	175,44	1,24	0,84	181,81	117,55			
78	174,64	1,27	0,87	192,66	110,25	27	163,76	96,75
79	174,30	1,22	0,88	187,63	100,73			
80	173,56	1,22	0,85	180,23	111,30	28	162,74	98,96
81	173,41	1,22	0,85	179,80	111,25			
82	170,76	1,15	0,84	166,30	105,13	29	164,19	93,31
83	169,81	1,14	0,85	163,69	101,21			
84	168,83	1,15	0,86	167,52	98,20	30	162,74	98,96
85	168,06	1,13	0,85	162,74	98,96			
86	167,40	1,13	0,87	164,19	93,31	31	170,22	90,56
87	165,69	1,16	0,88	170,22	90,56			
88	165,66	1,15	0,86	163,76	96,75	25	163,76	96,75

Sumber: Pengukuran pada Rumah Pelanggan

Tabel 4.6 Tabel Hasil Pengukuran E, I, $\cos \theta$, dan P pada Titik Beban Fasa T

Fasa T								
No. Rumah	V (Volt)	I (A)	$\cos \varphi$	P (Watt)	S (VA)	Node	Total P (Watt)	Total Q (VAR)
54	207,79	1,14	0,85	199,80	125,67	1	967,63	624,17
53	207,14	1,13	0,85	197,10	124,49			
52	206,94	1,10	0,85	192,06	120,29			
51	204,69	1,10	0,84	190,09	119,09			
50	200,70	1,16	0,81	188,58	134,63			
49	197,46	1,11	0,82	179,52	124,28	2	1272,53	844,75
48	196,36	1,11	0,81	176,86	126,48			
47	193,71	1,19	0,83	192,06	128,08			
46	192,09	1,08	0,86	179,31	105,63			
45	189,20	1,18	0,82	183,82	127,48			
44	187,39	1,16	0,84	183,01	117,70	3	1240,47	759,93
43	185,74	1,14	0,84	177,94	115,09			
42	183,64	1,15	0,82	173,21	119,29			
41	181,77	1,17	0,87	184,82	104,57			
40	181,76	1,12	0,83	169,30	113,39			
39	181,40	1,17	0,86	183,70	107,31	4	848,96	525,89
38	181,36	1,17	0,87	185,64	104,36			
37	181,36	1,12	0,82	167,60	114,21			
36	180,21	1,12	0,88	176,20	96,80			
35	178,57	1,20	0,84	181,22	114,72			
34	177,80	1,18	0,84	175,78	114,32	5	337,03	219,04
33	177,30	1,00	0,86	153,45	89,75			
32	176,70	1,12	0,87	171,07	97,72			
31	176,64	1,13	0,84	167,44	109,38			
30	176,30	1,15	0,85	172,26	106,21			
29	175,94	1,14	0,82	164,77	112,82	6	321,50	210,75
28	175,86	1,09	0,82	156,53	109,64			
27	175,34	1,10	0,85	164,96	101,11			
26	175,06	1,10	0,84	161,07	105,01	7	161,07	105,01
25	175,09	1,09	0,86	164,61	95,07	8	164,61	95,07

Sumber: Pengukuran pada Rumah Pelanggan

Merujuk pada data pengukuran di atas, daya yang terpasang tiap node merupakan jumlah dari seluruh daya yang terhubung pada node tersebut. Tabel menunjukkan data beban untuk masing-masing fasa pada tiap node.

Tabel 4.7 Data Total Beban Setiap Node Fasa R

Fasa R		
Node	P (Watt)	Q (VAR)
9	548,65	329,94
10	536,22	337,65
11	2071,80	1277,30
12	159,48	112,62
13	330,03	206,18
14	515,69	291,90
Total	4161,87	2555,58

Sumber: Pengukuran pada Rumah Pelanggan

Tabel 4.8 Data Total Beban Setiap Node Fasa S

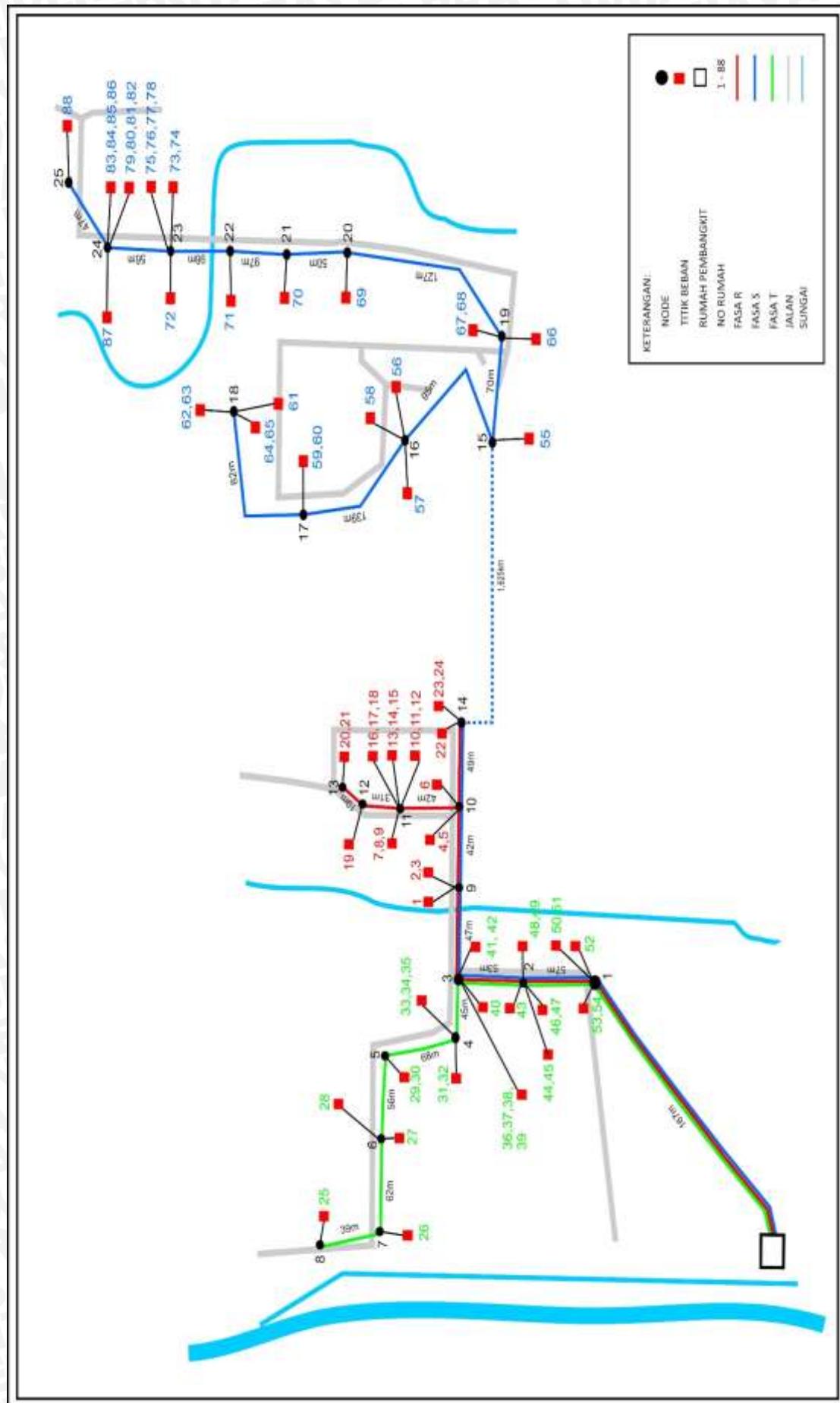
Fasa S		
Node	P (Watt)	Q (VAR)
15	190,18	115,22
16	568,88	344,51
17	379,81	235,40
18	915,86	552,47
19	559,37	334,58
20	189,81	126,39
21	177,64	116,29
22	183,93	112,01
23	1310,39	791,88
24	1542,33	910,66
25	163,76	96,75
Total	6181,96	3736,16

Sumber: Pengukuran pada Rumah Pelanggan

Tabel 4.9 Data Total Beban Setiap Node Fasa T

Fasa T		
Node	P (Watt)	Q (VAR)
1	967,63	624,17
2	1272,53	844,75
3	1240,47	759,93
4	848,96	525,89
5	337,03	219,04
6	321,50	210,75
7	161,07	105,01
8	164,61	95,07
Total	5313,79	3384,61

Sumber: Pengukuran pada Rumah Pelanggan



Gambar 4.4 Peta Kondisi Awal Jaringan PLTMH Bayu Kidul Fasa R, S, dan T

4.3.1 Data Jaringan

Data Jaringan ini bertujuan untuk mencari nilai impedansi dari tiap saluran. Impedansi dapat dihitung dengan mengetahui terlebih dahulu gambar jaringan, kms (kilometer sirkuit) kabel pengantar, dan jenis kabel pengantar yang digunakan. Gambar jaringan ditunjukkan pada Gambar 4.4 di atas.

Jaringan ini mendistribusikan setiap fasa terpisah, dengan setiap fasa menggunakan kabel fasa dan kabel netral. Berikut ini adalah spesifikasi pengantar yang dipakai:

Tabel 4.10 Tabel Spesifikasi Kawat Pengantar

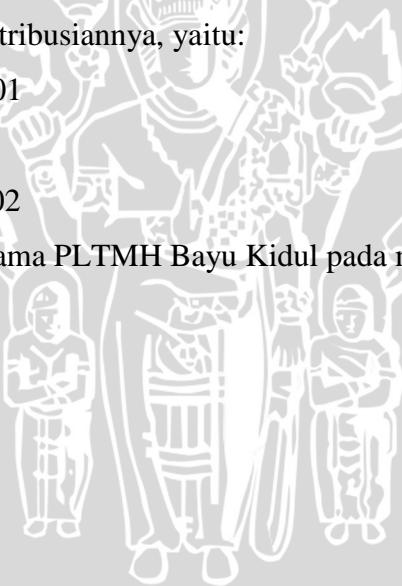
Yamanaka	Jenis Pengantar	NFA 2X-T: 3x70 mm ² +1x50 mm ²
	Tegangan	0,6/1 kv
	Resistansi (Fasa)	0,401 Ω/km
	Resistansi (Netral)	0,690 Ω/km
	Kuat Hantar Arus (KHA)	185
	Bahan Pengantar	Alumunium
	Isolasi	XLPE

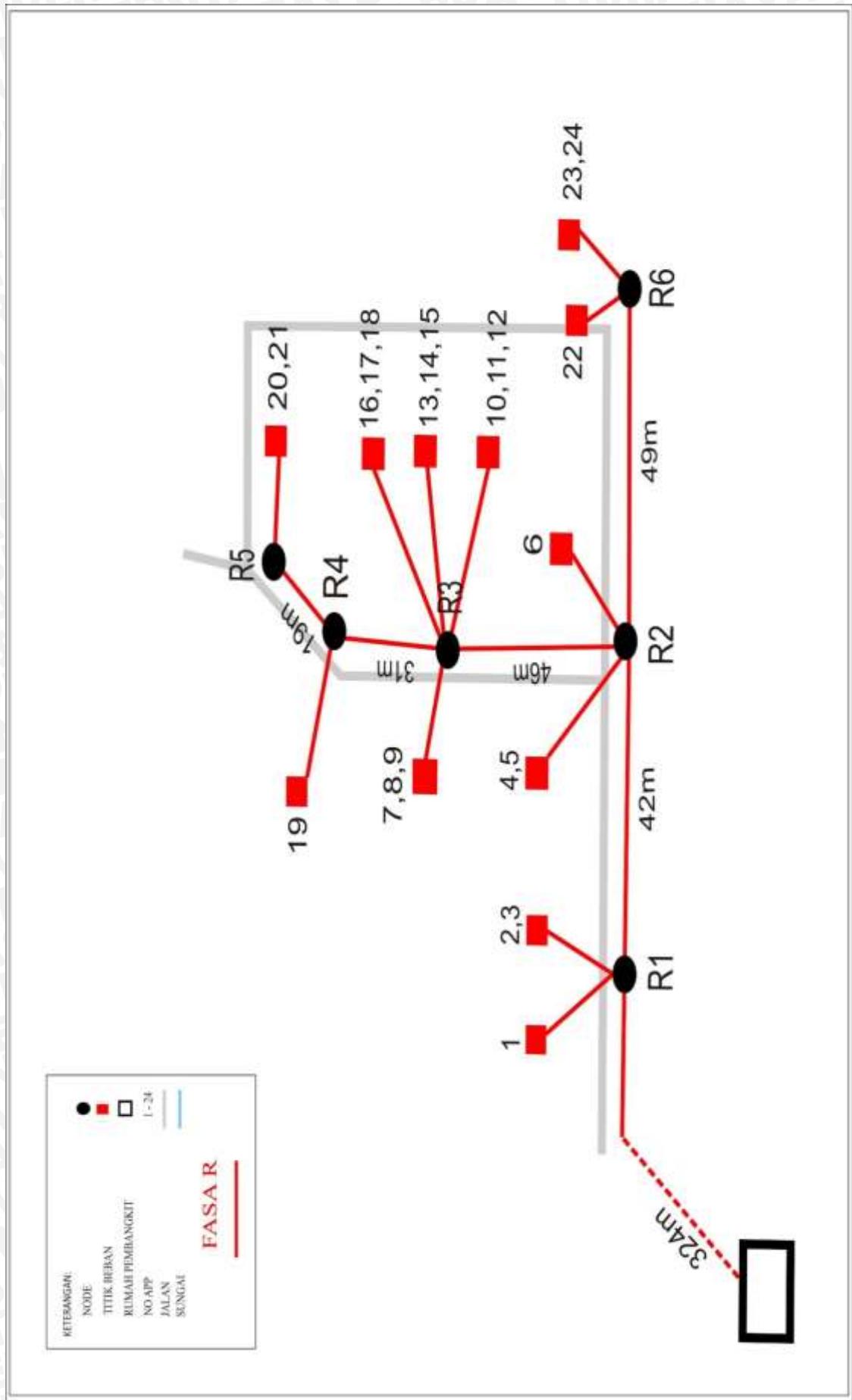
Sumber: Yamanaka *Cable*

Adapun pembagian daerah pendistribusianya, yaitu:

- Fasa R : Dusun Lider RT.01
- Fasa S : Dusun Bejong
- Fasa T : Dusun Lider RT.02

Berikut gambar jaringan listrik lama PLTMH Bayu Kidul pada masing-masing fasa:





Gambar 4.5 Peta Jaringan Listrik Lama Fasa R

Merujuk pada Gambar 4.5 jaringan listrik di atas, didapatkan data jaringan untuk impedansi saluran sebagai berikut:

$$R = l \cdot R_f$$

$$R = 0,324 \cdot 0,401$$

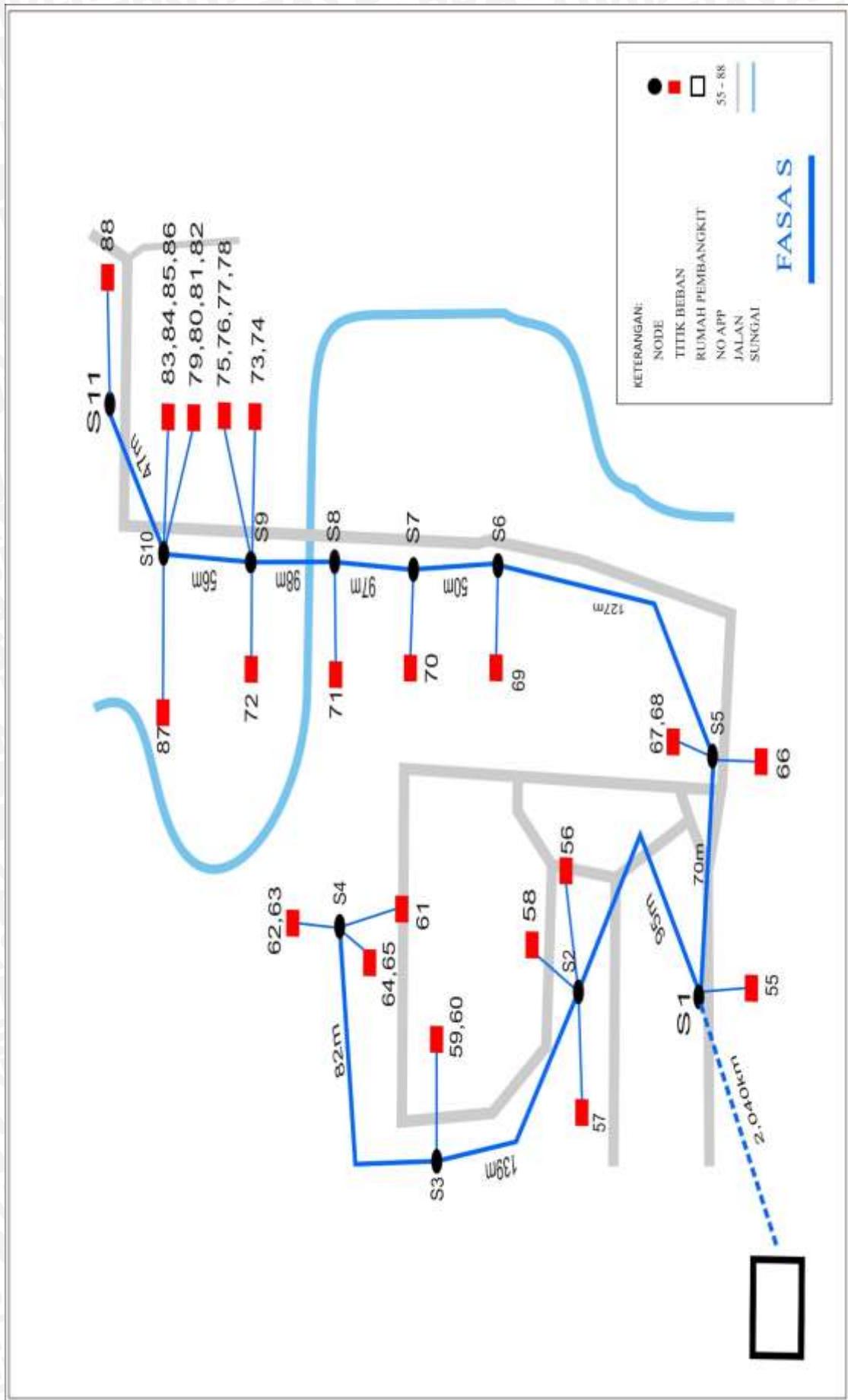
$$R = 0,1299 \Omega$$

Tabel 4.11 Tabel Impedansi Saluran Lama Fasa R

Fasa R		
Node	Panjang Saluran (kilo meter sirkuit)	R (Ω)
Gen-R1	0,324	0,1299
R1-R2	0,042	0,0168
R2-R3	0,046	0,0184
R3-R4	0,031	0,0124
R4-N5	0,019	0,0076
R2-R6	0,049	0,0196

Sumber: Perhitungan





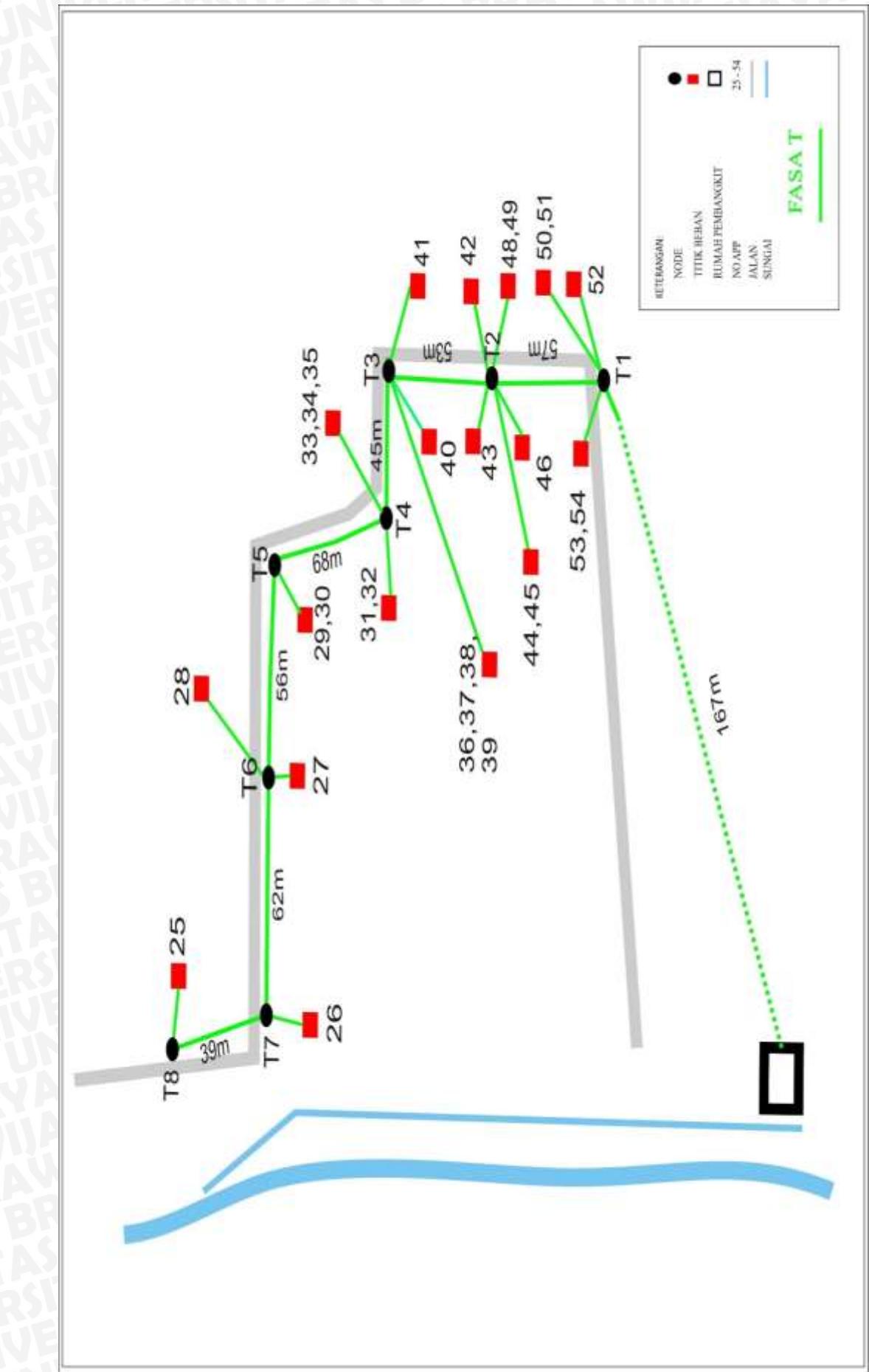
Gambar 4.1 Peta Jaringan Listrik Lama Fasa S

Tabel 4.12 Tabel Impedansi Saluran Lama Fasa S

Fasa S		
Node	Panjang Saluran (kilo meter sirkuit)	$R (\Omega)$
Gen-S1	2,04	0,8180
S1-S2	0,095	0,0381
S2-S3	0,139	0,0557
S3-S4	0,082	0,0329
S1-S5	0,07	0,0281
S5-S6	0,127	0,0509
S6-S7	0,05	0,0201
S7-S8	0,097	0,0389
S8-S9	0,098	0,0393
S9-S10	0,056	0,0225
S10-S11	0,047	0,0188

Sumber: Perhitungan





Gambar 4.2 Peta Jaringan Listrik Lama Fasa T

Tabel 4.13 Tabel Impedansi Saluran Lama Fasa T

Fasa T		
Node	Panjang Saluran (kilo meter sirkuit)	R (Ω)
Gen-T1	0,167	0,0670
T1-T2	0,057	0,0229
T2-T3	0,053	0,0213
T3-T4	0,045	0,0180
T4-T5	0,068	0,0273
T5-T6	0,056	0,0225
T6-T7	0,062	0,0249
T7-T8	0,039	0,0156

Sumber: Perhitungan

4.3.2 Perhitungan Rugi Daya dan Jatuh Tegangan

Metode perhitungan rugi daya pada saluran digunakan adalah metode *Gauss Seidel Zbus*.

4.3.2.1 Penentuan Bus Acuan (*Slack Bus*)

Tahap awal yang dilakukan dalam analisis aliran daya menggunakan metode *Gauss Seidel Zbus* adalah dengan menentukan bus acuan terlebih dahulu. Bus acuan yang ditentukan adalah bus yang terhubung langsung dengan generator yaitu bus 0 (Bus Gen). Bus 0 dipilih sebagai bus acuan agar tegangan pada bus lain lebih kecil dan mendekati tegangan di bus 0.

4.3.2.2 Menyusun Matrik Admitansi Bus (Y_{bus})

Matrik Y_{bus} dapat diturunkan langsung dari gambar jaringan. Maka penurunan langsung matrik Y_{bus} untuk masing-masing fasa adalah sebagai berikut:

Tabel 4.14 Matrik Y_{bus} Fasa R

67,222	-59,524	0	0	0	0
-59,524	164,892	-54,348	0	0	-51,020
0	-54,348	134,993	-80,645	0	0
0	0	-80,645	212,224	-131,579	0
0	0	0	-131,579	131,579	0
0	-51,020	0	0	0	51,020

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.15 Matrik Y_{bus} Fasa S (kolom 1 – 6)

63,0564	-26,247	0	0	-35,587	0
-26,247	44,2	-17,953	0	0	0
0	-17,953	48,3485	-30,395	0	0
0	0	-30,395	30,3951	0	0
-35,587	0	0	0	55,2336	-19,646
0	0	0	0	-19,646	69,3976
0	0	0	0	0	-49,751
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.16 Matrik Y_{bus} Fasa S (kolom 7-11)

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
-49,751	0	0	0	0
75,4582	-25,707	0	0	0
-25,707	51,1522	-25,445	0	0
0	-25,445	69,8897	-44,444	0
0	0	-44,444	97,6359	-53,191
0	0	0	-53,191	53,1915

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.17 Matrik Y_{bus} Fasa T

58,5935	-43,668	0	0	0	0	0	0
-43,668	90,6165	-46,948	0	0	0	0	0
0	-46,948	102,504	-55,556	0	0	0	0
0	0	-55,556	92,1856	-36,63	0	0	0
0	0	0	-36,63	81,0745	-44,444	0	0
0	0	0	0	-44,444	84,6051	-40,161	0
0	0	0	0	0	-40,161	104,263	-64,103
0	0	0	0	0	0	-64,103	64,1026

Sumber: Perhitungan

4.3.2.3 Menghitung Matrik Zbus

Matrik Zbus merupakan matrik invers dari Y_{bus} .

$$Z_{bus} = Inv(Y_{bus})$$

Sehingga didapatkan Z_{bus} masing-masing fasaa sebagai berikut:

Tabel 4.18 Matrik Z_{bus} Fasa R

0,1299	0,1299	0,1299	0,1299	0,1299	0,1299
0,1299	0,1467	0,1467	0,1467	0,1467	0,1467
0,1299	0,1467	0,1651	0,1651	0,1651	0,1467
0,1299	0,1467	0,1651	0,1775	0,1775	0,1467
0,1299	0,1467	0,1651	0,1775	0,1851	0,1467
0,1299	0,1467	0,1467	0,1467	0,1467	0,1663

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.19 Matrik Z_{bus} Fasa S (kolom 1-7)

0,818	0,818	0,818	0,818	0,818	0,818	0,818
0,818	0,8561	0,8561	0,8561	0,818	0,818	0,818
0,818	0,8561	0,9118	0,9118	0,818	0,818	0,818
0,818	0,8561	0,9118	0,9447	0,818	0,818	0,818
0,818	0,818	0,818	0,818	0,8461	0,8461	0,8461
0,818	0,818	0,818	0,818	0,8461	0,897	0,897
0,818	0,818	0,818	0,818	0,8461	0,897	0,9171
0,818	0,818	0,818	0,818	0,8461	0,897	0,9171
0,818	0,818	0,818	0,818	0,8461	0,897	0,9171
0,818	0,818	0,818	0,818	0,8461	0,897	0,9171
0,818	0,818	0,818	0,818	0,8461	0,897	0,9171

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.20 Matrik Z_{bus} Fasa S (kolom 8-11)

0,818	0,818	0,818	0,818
0,818	0,818	0,818	0,818
0,818	0,818	0,818	0,818
0,818	0,818	0,818	0,818
0,8461	0,8461	0,8461	0,8461
0,897	0,897	0,897	0,897
0,9171	0,9171	0,9171	0,9171
0,956	0,956	0,956	0,956
0,956	0,9953	0,9953	0,9953
0,956	0,9953	1,0178	1,0178
0,956	0,9953	1,0178	1,0366

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.21 Matrik Z_{bus} Fasa T

0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
0,067	0,0899	0,0899	0,0899	0,0899	0,0899	0,0899	0,0899
0,067	0,0899	0,1112	0,1112	0,1112	0,1112	0,1112	0,1112
0,067	0,0899	0,1112	0,1292	0,1292	0,1292	0,1292	0,1292
0,067	0,0899	0,1112	0,1292	0,1565	0,1565	0,1565	0,1565
0,067	0,0899	0,1112	0,1292	0,1565	0,179	0,179	0,179
0,067	0,0899	0,1112	0,1292	0,1565	0,179	0,2039	0,2039
0,067	0,0899	0,1112	0,1292	0,1565	0,179	0,2039	0,2195

Sumber: Perhitungan

4.3.2.4 Menghitung Tegangan pada Tiap Bus (Ebus)

Ebus adalah sebuah vektor kolom dimana elemen-elemenya adalah selisih tegangan antara sebuah bus dengan bus acuan. Sesuai dengan persamaan (2.14), jika tegangan bus acuan adalah E_r , maka tegangan bus p adalah:

$$E_p = E_r + \sum_{q=1, q \neq r}^n Z_{pq} I_q \quad p = 1, 2, \dots, n \quad p \neq r$$

dengan

$$I_q = \frac{P_q - jQ_q}{E_q^*}$$

Perhitungan ini dilakukan dengan proses iterasi. Dalam skripsi ini dilakukan sampai konvergen, kemudian didapatkan tegangan di masing-masing bus. Berikut dicontohkan arus bus pada iterasi pertama fasa R.

$$I_1 = \frac{-548,65 + 329,94i}{230}$$

$$I_1 = \frac{640,22 \angle 148,98}{230 \angle 0}$$

$$I_1 = 2,78 \angle 148,98$$

$$I_1 = -2,3854 + 1,4345i$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan arus bus tiap node iterasi pertama fasa R:

Tabel 4.22 Arus Bus Iterasi Pertama Fasa R

Node	I_{bus} (A)	
	Rectangular	Polar
R1	-2,3854 + 1,4345i	2,7839 \angle 148,962
R2	-2,3314 + 1,4680i	2,7551 \angle 147,8028
R3	-9,0078 + 5,5535i	10,5821 \angle 148,3452
R4	-0,6934 + 0,4897i	0,8488 \angle 144,7691
R5	-1,4349 + 0,8964i	1,9156 \angle 148,0064
R6	-2,2421 + 1,2691i	2,576 \angle 1504887

Sumber: Perhitungan

Untuk tegangan bus pada iterasi pertama fasa R tiap node didapatkan sebagai berikut:

$$E_1 = Er + ((Z_{11}I_1) + ((Z_{12}I_2) + ((Z_{13}I_3) + ((Z_{14}I_4) + ((Z_{15}I_5) + ((Z_{16}I_6))$$



$$\begin{aligned}
 E_1 = & 230 + ((0.1299 \cdot (-2,3854 + 1,4345)) + (0.1299 \cdot (-2,33 + 1,47i))) \\
 & + (0.1299 \cdot (-9,0078 + 5,55)) + (0.1299 \cdot (-0,69 + 0,48i)) \\
 & + (0.1299 \cdot (-1,43 + 0,89i)) + (0.1299 \cdot (-2,24 + 1,27i))
 \end{aligned}$$

$$E_1 = 227,7 + 1,44i$$

Dengan perhitungan yang sama, maka didapatkan nilai tegangan bus pada iterasi pertama fasa R yaitu:

Tabel 4.23 Tegangan Bus Iterasi Pertama Fasa R

Node	E_{bus} (Volt)	
	Rectangular	Polar
R1	$227,7 + 1,44i$	$227,704 \angle 0,3397$
R2	$227,29 + 1,59i$	$227,2956 \angle 0,4008$
R3	$226,98 + 1,78i$	$226,9870 \angle 0,4493$
R4	$226,96 + 1,79i$	$226,9671 \angle 0,4519$
R5	$226,95 + 1,80i$	$226,9571 \angle 0,4544$
R6	$227,24 + 1,61i$	$227,2457 \angle 0,4060$

Sumber: Perhitungan

Dari perhitungan arus bus dan tegangan bus di atas didapatkan hasil iterasi akhir pada masing-masing fasa.

Tabel 4.24 Arus Bus dan Tegangan Bus Fasa R

Node	I_{bus} (A)		E_{bus} (Volt)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
R1	$-2,4196 + 1,4342i$	$2,8127 \angle 149.342$	$227,61 + 1,44i$	$227,6149 \angle 0,3663$
R2	$-2,3690 + 1,4685i$	$2,7872 \angle 148.2067$	$227,34 + 1,61i$	$227,3475 \angle 0,4047$
R3	$-9,1639 + 5,5536i$	$10,7154 \angle 148.7828$	$227,13 + 1,73i$	$227,14 \angle 0,4373$
R4	$-0,7060 + 0,4904i$	$0,8596 \angle 145.2131$	$227,11 + 1,75i$	$227,1133 \angle 0,4417$
R5	$-1,4602 + 0,8966i$	$1,7135 \angle 148.4491$	$227,10 + 1,76i$	$227,1022 \angle 0,4434$
R6	$-2,2779 + 1,2679i$	$2,607 \angle 150.8996$	$227,30 + 1,63i$	$227,3031 \angle 0,4111$

Sumber Perhitungan



Tabel 4.25 Arus Bus dan Tegangan Bus Fasa S

Node	I_{bus} (A)		E_{bus} (Volt)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
S1	-0,9648 + 0,5019i	1,0876 ∠ 152,5169	204,0229 + 13,2878i	204,4551 ∠ 3,7263
S2	-2,8925 + 1,5002i	3,2585 ∠ 152,586	203,6609 + 13,4757i	204,1062 ∠ 3,7856
S3	-1,9374 + 1,0277i	2,1931 ∠ 152,0561	203,2928 + 13,6668i	203,7517 ∠ 3,846
S4	-4,6712 + 2,4036i	5,2533 ∠ 152,7717	203,1391 + 13,7459i	203,6037 ∠ 3,8711
S5	-2,8469 + 1,4545i	3,197 ∠ 152,9372	203,4246 + 13,5916i	203,8782 ∠ 3,8225
S6	-0,9761 + 0,5564i	1,1235 ∠ 152,3156	202,4858 + 14,0678i	202,9739 ∠ 3,9743
S7	-0,9148 + 0,5108i	1,0478 ∠ 150,8207	202,1347 + 14,2447i	202,636 ∠ 4,031
S8	-0,9481 + 0,4874i	1,066 ∠ 152,7044	201,4908 + 14,5671i	202,0167 ∠ 4,1351
S9	-6,7781 + 3,4402i	7,6012 ∠ 153,0899	200,8775 + 14,8737i	201,4274 ∠ 4,2347
S10	-7,9796 + 3,9426i	8,9004 ∠ 153,7067	200,6789 + 14,9719i	201,2366 ∠ 4,2667
S11	-0,8474 + 0,4189i	0,9453 ∠ 153,6945	200,663 + 14,9797i	201,2213 ∠ 4,2693

Sumber Perhitungan

Tabel 4.26 Arus Bus dan Tegangan Bus Fasa T

Node	I_{bus} (A)		E_{bus} (Volt)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
T1	-4,2477 + 2,7141i	5,0407 ∠ 147,4232	228,4314 + 0,986i	228,4335 ∠ 0,2473
T2	-5,6016 + 3,6742i	6,6991 ∠ 146,7386	227,9925 + 1,2608i	227,996 ∠ 0,3168
T3	-5,4687 + 3,3028i	6,3887 ∠ 148,8702	227,7036 + 1,4382i	227,7082 ∠ 0,3619
T4	-3,7461 + 2,2859i	4,3884 ∠ 148,6086	227,5579 + 1,5286i	227,5631 ∠ 0,3849
T5	-1,4886 + 0,9526i	1,7673 ∠ 147,3836	227,4392 + 1,6034i	227,4449 ∠ 0,4039
T6	-1,4206 + 0,9166i	1,6906 ∠ 147,1685	227,3749 + 1,6436i	227,3808 ∠ 0,4142
T7	-0,7118 + 0,4567i	0,8458 ∠ 147,3172	227,339 + 1,6652i	227,3451 ∠ 0,4197
T8	-0,7271 + 0,4129i	0,8362 ∠ 150,4129	227,3277 + 1,6717i	227,3338 ∠ 0,4213

Sumber Perhitungan

4.3.2.6 Menghitung Rugi Daya dan Jatuh Tegangan

Rugi daya pada cabang p-q didapatkan dari penjumlahan aljabar dari persamaan (2-12) dan persamaan (2-13) yaitu.

$$P_{pq} - jQ_{pq} = E_p^*(E_p - E_q)y_{pq}$$

Sedangkan daya yang mengalir dari bus q ke bus p adalah

$$P_{qp} - jQ_{qp} = E_q^*(E_q - E_p)y_{pq}$$

Sedangkan jatuh tegangan didapatkan dari selisih tegangan pada bus sisi kirim dengan bus sisi terima. Berikut dicontohkan perhitungan rugi daya pada bus 01 fasa R (R01).

$$P_{rugi01} = E_p^*(E_p - E_q)y_{pq} + E_q^*(E_q - E_p)y_{pq}$$

$$P_{rugi01} = 230 \cdot (230 - (227,6103 + 1,4434i)) / 0,1299$$

$$+ (227,6103 - 1,4434i) \cdot ((227,6103 + 1,4434i) - 230) / 0,1299$$

$$P_{rugi01} = 230 \cdot (2,3897 - 1,4434i) / 0,1299$$

$$+ ((227,6103 - 1,4434i) \cdot (-2,3897 - 1,4434i)) / 0,1299$$

$$P_{rugi01} = \frac{549,631 - 331,982i}{0,1299} + \frac{-541,8369 + 331,982i}{0,1299}$$



$$P_{rugi01} = \frac{7,7941}{0,1299}$$

$$P_{rugi01} = 60,0002 + 0i \text{ Watt}$$

Dengan perhitungan yang sama pada perhitungan di atas didapatkanlah rugi daya dan jatuh tegangan setiap node pada masing-masing fasa:

Tabel 4.27 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa R pada Jaringan Lama

Node	Jatuh Tegangan (Volt)		Rugi Daya (VA)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
Gen-R1	2,3897 - 1,4434i	2,792 ∠ -31,1313	60,0002 + 0i	60,0002∠0
R1-R2	0,2684 - 0,1626i	0,3138 ∠ -31,2026	5,8617 + 0i	5,8617∠0
R2-R3	0,2085 - 0,1277i	0,2445 ∠ -31,4911	3,2484 + 0i	3,2484∠0
R3-R4	0,0269 - 0,0172i	0,0319 ∠ -32,6318	0,082 + 0i	0,082∠0
R4-N5	0,0111 - 0,0068i	0,013 ∠ -31,5509	0,0223 + 0i	0,0223∠0
R2-R6	0,0446 - 0,0249i	0,0514 ∠ -29,11	0,1332 + 0i	0,1332∠0
Total	2,9492-1,7826i	3,4461 ∠ -31,1502	69,3478	69,3478∠0

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.28 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa S pada Jaringan Lama

Node	Jatuh Tegangan (Volt)		Rugi Daya (VA)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
Gen-S1	25,9771 - 13,2878i	29,1783 ∠ -27,0906	1040,8008 + 0i	1040,8008∠0
S1-S2	0,3620 - 0,1879i	0,4078 ∠ -27,4314	4,3659 + 0i	4,3659∠0
S2-S3	0,3681 - 0,1911i	0,4148 ∠ -27,4391	3,0884 + 0i	3,0884∠0
S3-S4	0,1537 - 0,0791i	0,1728 ∠ -27,2283	0,9079 + 0i	0,9079∠0
S1-S5	0,5983 - 0,3038i	0,671 ∠ -26,9199	16,022 + 0i	16,022∠0
S5-S6	0,9388 - 0,4762i	1,0527 ∠ -26,8978	21,771 + 0i	21,771∠0
S6-S7	0,3511 - 0,1769i	0,3931 ∠ -26,7378	7,6896 - 0i	7,6896∠0
S7-S8	0,6439 - 0,3224i	0,7201 ∠ -26,5997	13,3314 + 0i	13,3314∠0
S8-S9	0,6133 - 0,3066i	0,6857 ∠ -26,5627	11,9623 + 0i	11,9623∠0
S9-S10	0,1986 - 0,0981i	0,2215 ∠ -26,2944	2,1811 + 0i	2,1811∠0
S10-S11	0,0159 - 0,0079i	0,0178 ∠ -26,3055	0,0168 + 0i	0,0168∠0
Total	30,2208-15,4378i	33,9356 ∠ -27,0595	1122,1372	1122,1372∠0

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.29 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa T pada Jaringan Lama

Node	Jatuh Tegangan (Volt)		Rugi Daya (VA)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
Gen-T1	1,5686 - 0,9860i	1,8528 ∠ -32,1512	51,2341 + 0i	51,2341∠0
T1-T2	0,4389 - 0,2748i	0,5178 ∠ -32,0564	11,7093 + 0i	11,7093∠0
T2-T3	0,2889 - 0,1774i	0,339 ∠ -31,5492	53,953 + 0i	53,953∠0
T3-T4	0,1457 - 0,0904i	0,1715 ∠ -31,8304	16,337 + 0i	16,337∠0
T4-T5	0,1187 - 0,0748i	0,1403 ∠ -32,2054	0,7209 + 0i	0,7209∠0
T5-T6	0,0643 - 0,0402i	0,0759 ∠ -31,99	0,2558 + 0i	0,2558∠0
T6-T7	0,0358 - 0,0217i	0,0419 ∠ -31,1438	0,0704 + 0i	0,0704∠0
T7-T8	0,0113 - 0,0064i	0,013 ∠ -29,5871	0,0109 + 0i	0,0109∠0
Total	2,6722-1,6717i	3,152 ∠ -32,0297	134,2914	134,2914∠0

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.30 Total Rugi Daya dan Jatuh Tegangan pada fasa R, S, dan T pada Jaringan Lama

Fasa	Jatuh Tegangan (Volt)		Rugi Dya (VA)	
	Besar	Sudut	P (Watt)	Q (VAR)
R	3,4461	-31,1502	69,3478	0
S	33,9356	-27,0595	1122,1372	0
T	3,152	-32,0297	134,2914	0

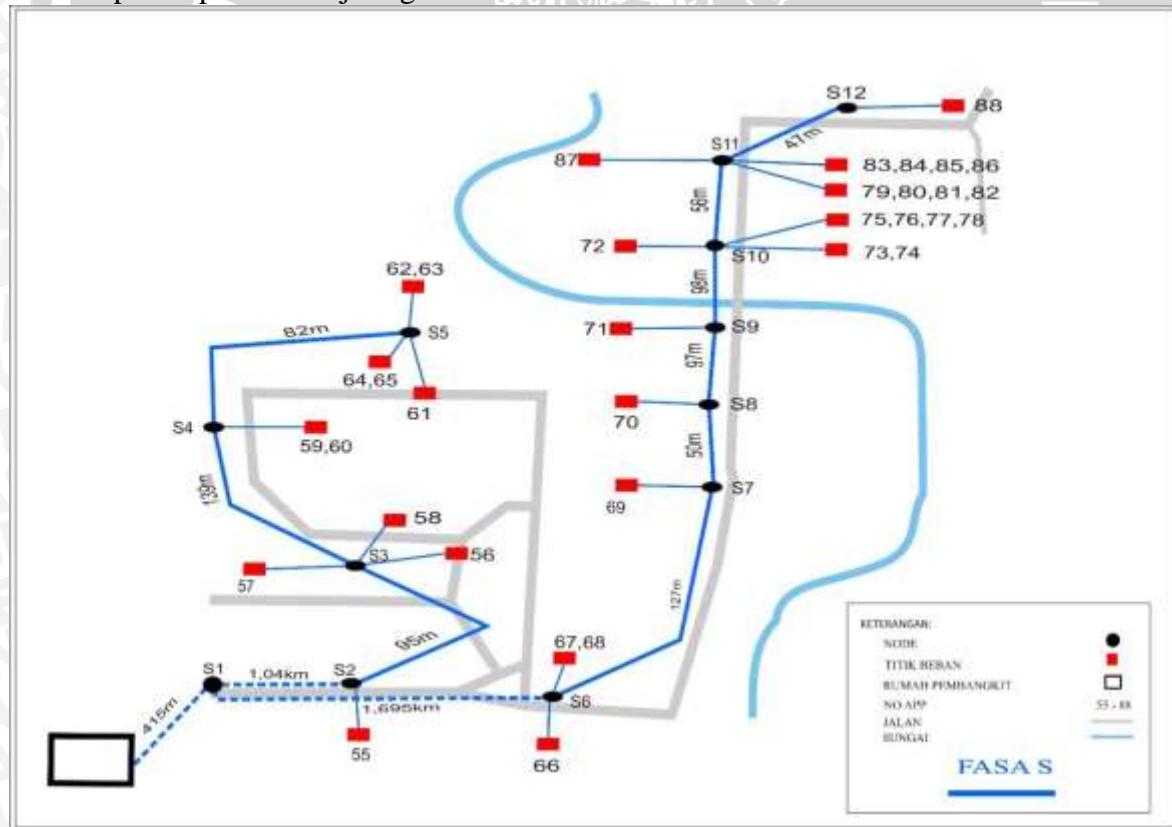
Sumber: Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.30 di atas diperoleh total rugi daya yang hilang pada jaringan tegangan rendah fasa R, S, dan T adalah 1325,7764 Watt, dan persentase jatuh tegangan masing-masing fasa yaitu 1,5%, 14.75%, dan 1,37%. Karena jatuh tegangan pada fasa S masih sangat besar dan masih di bawah setandart yang ditentukan, maka perlu dilakukan penataan ulang jaringan listrik tegangan rendah dengan cara memparalel jaringan listrik.

4.4 Penataan Ulang Jaringan Distribusi Tegangan Rendah

4.4.1 Penataan Ulang Jaringan dengan Memparalel Jaringan pada fasa S

Berikut penampakan dari jaringan listrik fasa S setelah di Paralel:



Gambar 4.8 Jaringan Listrik Fasa S Setelah Diparalel

Dengan cara perhitungan yang sama pada analisis jatuh tegangan dan rugi daya pada perhitungan sebelumnya maka didapatkan Ibus, Ebus, jatuh tegangan dan rugi daya sebagai berikut:

Tabel 4.31 Arus Bus dan Tegangan Bus Fasa S Paralel

Node	I_{bus} (A)		E_{bus} (Volt)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
S1	0	$0 \angle 0$	$225,0498 + 2,703i$	$225,066 \angle 0.6881$
S2	$-0,8714 + 0,5015i$	$1,0054 \angle 150,0775$	$221,1104 + 4,9674i$	$221,1662 \angle 1,287$
S3	$-2,6117 + 1,4995i$	$3,0115 \angle 150,138$	$220,7836 + 5,1552i$	$220,8438 \angle 1,3376$
S4	$-1,7477 + 1,0254i$	$2,0264 \angle 149,5993$	$220,4514 + 5,3462i$	$220,5163 \angle 1,3892$
S5	$-4,2163 + 2,4038i$	$4,8534 \angle 150,3112$	$220,3127 + 5,4253i$	$220,3795 \angle 1,4107$
S6	$-2,7171 + 1,4545i$	$3,0819 \angle 151,8394$	$211,2507 + 10,0533i$	$211,4898 \angle 2,7246$
S7	$-0,9301 + 0,5543i$	$1,0827 \angle 149,2069$	$210,3556 + 10,5297i$	$210,619 \angle 2,8656$
S8	$-0,8718 + 0,5093i$	$1,0096 \angle 149,7081$	$210,0209 + 10,7067i$	$210,2936 \angle 2,9184$
S9	$-0,9040 + 0,4873i$	$1,027 \angle 151,6743$	$209,4069 + 11,0294i$	$209,6972 \angle 3,015$
S10	$-6,4620 + 3,4413i$	$7,3212 \angle 151,9262$	$208,8222 + 11,3363i$	$209,1297 \angle 3,1073$
S11	$-7,6088 + 3,9479i$	$8,572 \angle 152,5771$	$208,6328 + 11,4345i$	$208,9459 \angle 3,1371$
S12	$-0,8080 + 0,4195i$	$0,9104 \angle 152,5647$	$208,6176 + 11,4424i$	$208,9312 \angle 3,1395$

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.32 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa S Paralel

Node	Jatuh Tegangan (Volt)		Rugi Daya (VA)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
Gen-S1	$4,9502 - 2,7030i$	$5,6401 \angle -28,6366$	$191,1714 + 0i$	$191,1714 \angle 0$
S1-S2	$3,9394 - 2,2644i$	$4,5439 \angle -29,8906$	$49,5123 + 0i$	$49,5123 \angle 0$
S2-S3	$0,3267 - 0,1878i$	$0,3769 \angle -29,8874$	$3,7275 + 0i$	$3,7275 \angle 0$
S3-S4	$0,3322 - 0,1910i$	$0,3832 \angle -29,8985$	$2,6362 - 0i$	$2,6362 \angle 0$
S4-S5	$0,1387 - 0,0791i$	$0,1597 \angle -29,6888$	$0,7749 - 0i$	$0,775 \angle 0$
S1-S6	$13,7991 - 7,3503i$	$15,6346 \angle -28,0425$	$359,6316 + 0i$	$359,6316 \angle 0$
S6-S7	$0,8951 - 0,4764i$	$1,0139 \angle -28,0243$	$20,1981 + 0i$	$201981 \angle 0$
S7-S8	$0,3348 - 0,1770i$	$0,3787 \angle -27,8652$	$7,1336 + 0i$	$7,1336 \angle 0$
S8-S9	$0,6140 - 0,3227i$	$0,6936 \angle -27,7278$	$12,367 - 0i$	$12,3670 \angle 0$
S9-S10	$0,5847 - 0,3069i$	$0,6604 \angle -27,6913$	$11,0965 + 0i$	$11,0965 \angle 0$
S10-S11	$0,1894 - 0,0983i$	$0,2134 \angle -27,4241$	$2,0231 - 0i$	$2,0231 \angle 0$
S11-S12	$0,0152 - 0,0079i$	$0,0171 \angle -27,4353$	$0,0156 + 0i$	$0,0156 \angle 0$
Total	$26,1043 - 14,1569i$	$29,6959 \angle -28,4719$	$660,2722$	$660,2722 \angle 0$

Sumber Perhitungan

Dari tabel rugi daya dan jatuh tegangan di atas di dapatkan total jatuh tegangan dan rugi daya fasa S, dengan persentase jatuh tegangan sebesar 12,91% dan rugi daya sebesar 660,2722Watt.

Karena jatuh tegangan masih di atas standar yang diizinkan PLN dan rugi daya yang cukup besar perlu dilakukan perbaikan lagi secara menyeluruh, yaitu dengan cara menyetimbangkan beban pada masing-masing fasa dan merubah ukuran konduktor ke ukuran yang lebih besar.

4.4.2 Penataan Ulang Jaringan dengan Mengganti Ukuran Konduktor Keukuran yang Lebih Besar

4.4.2.1 Penyetimbangan Bebaan

Berdasarkan kondisi awal beban pada PLTMH Bayu Kidul penyebaran beban masih tidak merata, maka perlu dilakukan pengaturan ulang dan usaha penyetimbangan beban tiap fasa dan untuk memperkecil rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran.

Penyetimbangan dilakukan dengan mengurangi dan memindahkan sambungan rumah. Berikut beban rumah yang dikurangi dan dipindahkan ke fasa-fasa lainnya:

1. Fasa R: Mengurangi beban rumah nomor 8, 10 samapi dengan 24, dan menambahkan beban rumah pada fasa T dan fasa S yaitu, rumah nomor 25, 28, 32, 34, 37, 40, 43, 44, 46, 49, 52, 55, 58, 61, 64, 67, 70, 73, 76, 79, dan 82.
2. Fasa S: Mengurangi beban rumah nomor 55, 58, 58, 60, 61, 63, 64, 66, 67, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 79, 81, 82, 84, 86, dan 87. Dan menambahkan beban rumah dari fasa R dan T yaitu, rumah nomor 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 26, 29, 31, 35, 38, 41, 47, 50 dan 53.
3. Fasa T: Beban pada rumah nomor 25, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 43, 44, 46, 47, 49, 50, 52, dan 53 pada fasa T dikurangi dan menambahkan beban rumah dari fasa R dan fasa T yaitu beban rumah nomor 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 57, 60, 63, 66, 69, 72, 75, 77, 81, 84, 86, dan 87.

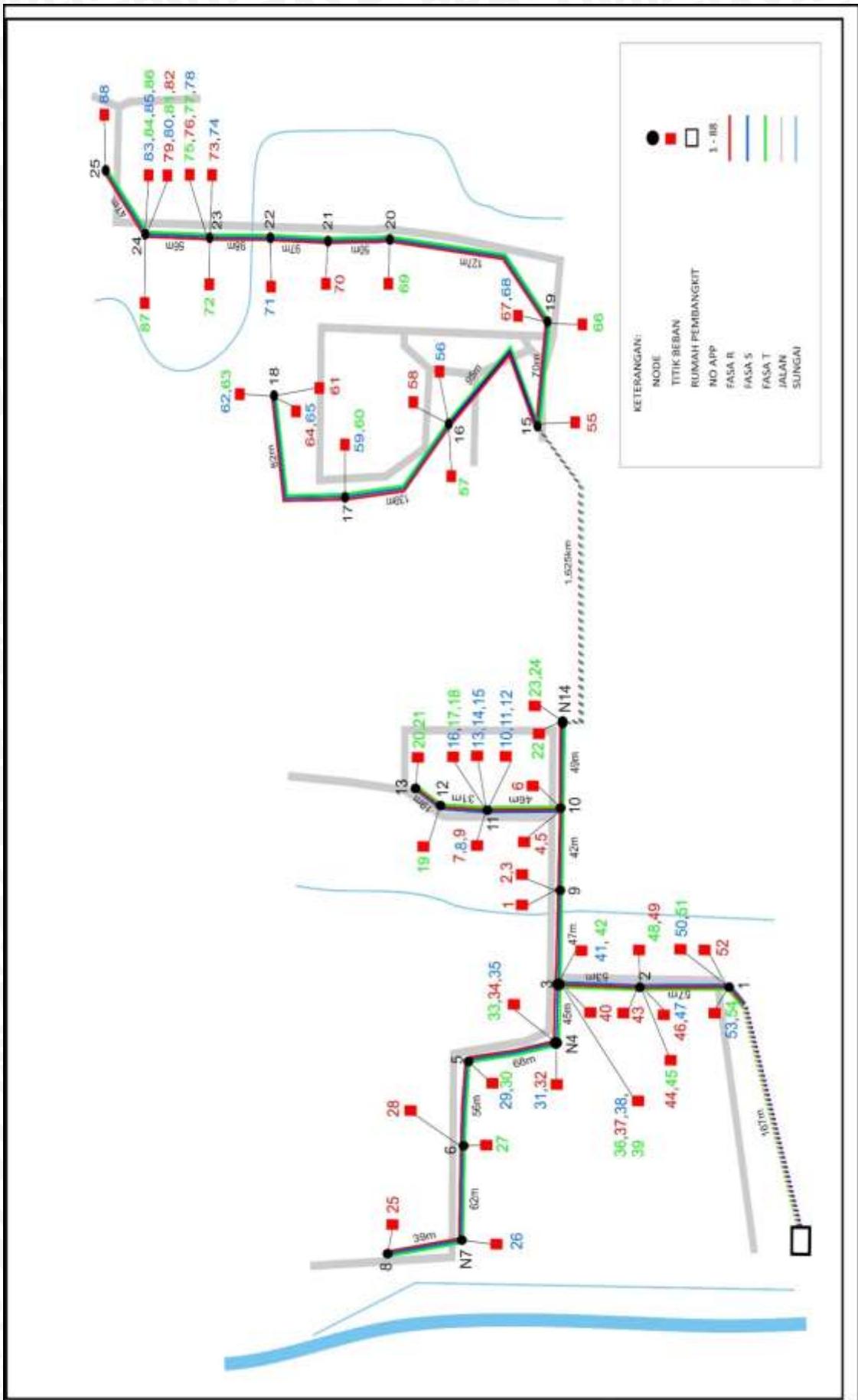
Arus beban dan daya beban hasil dari penyetimbangan beban tiap fasa ditampilkan pada Tabel 4.32. Data penyetimbangan selengkapnya terdapat pada tabel di bawah.

Tabel 4.33 Arus dan Daya penyetimbangan

Fasa	Sebelum Setimbang		Setelah Disetimbangkan	
	P (Watt)	I (A)	P (Watt)	I (A)
R	4161,8718	27,20	5245,8204	33,84
S	6181,96	41,11	5156,365	33,77
T	5313,7898	33,92	5255,4383	34,63

Sumber: Perhitungan

Berikut disajikan gambar jaringan listrik penyetimbangan beban fasa R, S, dan T.



Gambar 4.9 Peta Jaringan Beban Setimbang Fasa R, S, dan T

4.4.2.2 Pengelompokan Daya Beban Tiap Node

Pengelompokan daya tiap rumah ditunjukan untuk mendapatkan daya total yang tersambung tiap node. Berikut adalah beban yang tersambung tiap node:

Tabel 4.34 Data Beban dan Pengelompokan Rumah Fasa R Setelah Distimbangkan

No Rumah	P (watt)	Q (VAR)	I (A)	Node	Daya Total (Watt)	Total Q (VAR)
52	164,96	125,67	1,10	N2	164,96	125,67
43	176,20	115,09	1,12			
44	181,22	117,70	1,20			
46	153,45	105,63	1,00			
49	172,26	124,28	1,15			
37	173,21	114,21	1,15	N3		
40	183,70	113,39	1,17		356,91	227,61
32	192,06	97,72	1,19			
34	183,82	114,32	1,18	N4		
28	190,09	109,64	1,10		375,88	212,05
25	199,80	95,07	1,14	N8	199,80	95,07
1	175,88	111,03	1,13			
2	190,28	110,77	1,20			
3	182,49	108,14	1,15			
4	179,39	111,65	1,16			
5	178,40	103,97	1,13	N10		
6	178,43	122,03	1,19		536,22	337,65
7	180,93	103,56	1,15			
9	165,26	101,46	1,07	N11		
55	190,18	115,22	1,23		346,19	205,02
58	190,44	124,06	1,26	N15	190,18	115,22
61	185,06	114,99	1,22	N16	190,44	124,06
64	184,18	111,00	1,20			
67	187,06	113,43	1,23	N18	369,24	225,99
70	177,64	116,29	1,20	N19	187,06	113,43
73	195,69	109,41	1,27	N21	177,64	116,29
76	179,82	104,01	1,18			
79	187,63	100,73	1,22	N23	375,51	213,42
82	166,30	105,13	1,15			
				N24	353,93	205,87

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.35 Data Beban dan Pengelompokan Rumah Fasa S Setelah Distimbangkan

Fasa S						
No Rumah	P (watt)	Q (VAR)	I (A)	Node	Daya Total (Watt)	Total Q (VAR)
50	164,77	134,63	1,14	N1	325,84	259,11
53	161,07	124,49	1,10			
47	171,07	128,08	1,12	N2	171,07	128,08
38	184,82	126,48	1,17	N3	370,46	235,85
41	185,64	109,38	1,17			
31	176,86	104,57	1,11	N4	359,87	217,39
35	183,01	112,82	1,16			
29	188,58	114,72	1,16	N5	188,58	114,72
26	197,10	105,01	1,13	N7	197,10	105,01
8	165,47	101,45	1,07	N11	1369,69	858,06
10	176,81	106,89	1,14			
11	170,47	91,79	1,07			
12	177,37	122,90	1,20			
13	162,77	113,35	1,11			
14	166,97	116,82	1,14			
15	171,91	101,71	1,12			
16	177,92	103,14	1,16			
56	190,52	114,37	1,23	N16	190,52	114,37
59	198,30	121,03	1,29	N17	198,30	121,03
62	183,26	109,73	1,19	N18	368,64	223,13
65	185,38	113,40	1,21			
68	187,90	117,09	1,24	N19	187,90	117,09
71	183,93	112,01	1,21	N22	183,93	112,01
74	181,40	115,21	1,22	N23	374,05	225,46
78	192,66	110,25	1,27			
80	180,23	111,30	1,22	N24	506,66	311,48
83	163,69	101,21	1,14			
85	162,74	98,96	1,13			
88	163,76	96,75	1,15	N25	163,76	96,75

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.36 Data Beban dan Pengelompokan Rumah Fasa T Setelah Distimbangkan

Fasa T						
No Rumah	P (watt)	Q (VAR)	I (A)	Node	Daya Total (Watt)	Total Q (VAR)
51	156,53	119,09	1,09	N1	321,14	244,77
54	164,61	125,67	1,09			
45	175,78	127,48	1,18	N2	343,22	253,96
48	167,44	126,48	1,13			
36	177,94	96,80	1,14	N3		
39	169,30	107,31	1,12		514,84	323,40
42	167,60	119,29	1,12			
33	179,31	89,75	1,08	N4	179,31	89,75
30	179,52	106,21	1,11	N5	179,52	106,21
27	192,06	101,11	1,10	N6	192,06	101,11
17	183,60	108,63	1,20	N11	355,92	214,22
18	172,33	105,59	1,14			
19	159,48	112,62	1,11	N12	159,48	112,62
20	170,97	95,80	1,11	N13	330,03	206,18
21	159,06	110,38	1,10			
22	166,60	103,95	1,12	N14		
23	173,95	90,27	1,12		515,69	291,90
24	175,15	97,67	1,14			
57	187,93	106,07	1,19	N16	187,93	106,07
60	181,52	114,38	1,20	N17	181,52	114,38
63	177,98	103,35	1,15	N18	177,98	103,35
66	184,42	104,05	1,19	N19	184,42	104,05
69	189,81	126,39	1,28	N20	189,81	126,39
72	186,11	117,97	1,24	N23		
75	192,91	117,48	1,28		560,83	353,00
77	181,81	117,55	1,24			
81	179,80	111,25	1,22	N24		
84	167,52	98,20	1,15			
87	164,19	90,56	1,16			
86	170,22	93,31	1,13		681,74	393,32

Sumber: Perhitungan

Merujuk pada data penyetimbangan beban di atas, daya yang terpasang tiap node merupakan jumlah dari seluruh daya yang terhubung pada node tersebut. Tabel berikut menunjukkan data total beban untuk masing-masing fasa pada tiap node.



Tabel 4.37 Data Total Beban tiap Node Fasa R

Fasa R		
Node	P (watt)	Q (VAR)
1	164,96	125,67
2	683,13	462,71
3	356,91	227,61
4	375,88	212,05
6	190,09	109,64
8	199,80	95,07
9	548,65	329,94
10	536,22	337,65
11	346,19	205,02
15	190,18	115,22
16	190,44	124,06
18	369,24	225,99
19	187,06	113,43
21	177,64	116,29
23	375,51	213,42
24	353,93	205,87
Total	5245,82	3219,64

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.38 Data Total Beban tiap Node Fasa S

Fasa S		
Node	P (watt)	Q (VAR)
1	325,84	259,11
2	171,07	128,08
3	370,46	235,85
4	359,87	217,39
5	188,58	114,72
7	197,10	105,01
11	1369,69	858,06
16	190,52	114,37
17	198,30	121,03
18	368,64	223,13
19	187,90	117,09
22	183,93	112,01
23	374,05	225,46
24	506,66	311,48
25	163,76	96,75
Total	5156,365	3239,54

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.39 Data Total Beban tiap Node Fasa T

Fasa T		
Node	P (watt)	Q (VAR)
1	321,14	244,77
2	343,22	253,96
3	514,84	323,40
4	179,31	89,75
5	179,52	106,21
6	192,06	101,11
11	355,92	214,22
12	159,48	112,62
13	330,03	206,18
14	515,69	291,90
16	187,93	106,07
17	181,52	114,38
18	177,98	103,35
19	184,42	104,05
20	189,81	126,39
23	560,83	353,00
24	681,74	393,32
Total	5255,44	3244,68

Sumber: Perhitungan

4.4.2.3 Menentukan Ukuran Kabel Penghantar

Kabel penghantar yang digunakan adalah kabel pilin / *twisted cable* NFA2X, inti alumunium dengan isolasi XPLE. Karena kabel dapat digunakan untuk distribusi tegangan rendah (PT PLN, 2010:127). Dengan menggunakan data catalog kabel dari PT Sinar Merbabu.

Untuk menentukan prakiraan luas penampang penghantar pada saluran, terlebih dahulu harus diketahui prakiraan arus yang akan melewati saluran tersebut dengan menetapkan prosentase jatuh tegangan. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\Delta V = I_n R$$

Dimana ΔV adalah besarnya tegangan pada saluran (tegangan jatuh), I_n adalah arus yang melewati saluran dan R adalah tahanan pada saluran.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Keterangan: ρ = tahanan jenis konduktor ($\Omega\text{m/mm}^2$)

A = luas penampang konduktor (mm^2)

l = panjang (m)

$$\Delta V = I_n \rho \frac{l}{A}$$

$$A = I_n \rho \frac{l}{\Delta V}$$

$$A = \frac{I_n \rho l}{u \cdot V}$$

dan u adalah prosentase jatuh tegangan.

Agar tegangan pada titik beban terjauh tidak melebihi 10%, dengan asumsi jatuh tegangan harus terbagi rata pada setiap saluran dan berbanding lurus dengan panjang saluran tersebut, maka prosentase tegangan dapat ditentukan sebagai berikut :

1. Pembagian dilakukan terlebih dahulu pada saluran yang menuju titik beban terjauh.
 2. Panjang dari setiap saluran dibagi dengan panjang total seluruh saluran yang menuju titik beban terjauh lalu dikalikan dengan 10% (tegangan jatuh maksimum yang diijinkan).
 3. Saluran lain dihitung menggunakan cara yang sama, dengan syarat jumlah prosentase jatuh tegangan dari setiap saluran yang menuju beban terujung $\leq 10\%$.
- Menghitung prakiraan prosentase jatuh tegangan yang terjadi pada saluran gen-1 pada fasa R jaringan listrik PLTMH Bayu Kidul:

Total panjang penghantar ke beban terjauh = 2585 m

Panjang Saluran gen-1 = 167 m

Sehingga:

$$u = \frac{2585}{167} 10\% = 0,65\%$$

Dan untuk saluran lainnya adalah:

- Menghitung prakiraan arus yang melalui saluran

Total beban daya maksimum yang ditanggung bus 1: $S = 900 \text{ VA}$

$$S = VI_n$$

$$I_n = \frac{S}{V}$$

$$I_n = \frac{900}{230}$$

$$I_n = 3,91$$



- Menghitung prakiraan luas penampang penghantar :

$$A = \frac{I_n \rho l}{u.V} = \frac{3,91 \times 0,03 \times 167}{0,65\% \times 230} = 13,19 \text{ mm}^2$$

Maka jenis penampang kabel yang digunakan adalah LVTC 25mm²

Hasil seluruh perhitungannya pada masing-masing fasa disajikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.40 Tabel Hasil Perhitungan untuk Menentukan Prakiraan Jenis Kabel yang Digunakan untuk PLTMH Bayu Kidul Fasa R

Node		S (VA)	In	u%	A (mm ²)	Ukuran Penampang kabel
Gen	1	900	3,91304	0,64603	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
1	2	1800	7,82609	0,2205	26,3875	LVTC 1x35 mm ² + N 25 mm ²
2	3	900	3,91304	0,20503	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
3	4	900	3,91304	0,17408	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
4	5	900	3,91304	0,67311	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
5	6	900	3,91304	0,39072	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
3	7	1350	5,86957	0,18182	19,7906	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
7	8	1350	5,86957	0,16248	19,7906	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
8	9	900	3,91304	0,17795	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
8	10	450	1,95652	6,47582	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
10	11	900	3,91304	0,3675	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
11	12	900	3,91304	0,85493	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
10	13	450	1,95652	0,27079	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
13	14	450	1,95652	0,68472	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
14	15	900	3,91304	0,75435	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
15	16	900	3,91304	0,21663	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.41 Tabel Hasil Perhitungan untuk Menentukan Prakiraan Jenis Kabel yang Digunakan untuk PLTMH Bayu Kidul Fasa S

Node		S (VA)	In	u%	A (mm ²)	Ukuran Penampang kabel
Gen	1	900	3,91304	0,64603	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
1	2	450	1,95652	0,2205	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
2	3	900	3,91304	0,20503	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
3	4	900	3,91304	0,17408	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
4	5	450	1,95652	0,26306	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
5	6	450	1,95652	0,45648	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
3	7	4950	21,5217	0,52224	72,5657	LVTC 1x95 mm ² + N 70 mm ²
3	8	900	3,91304	6,82785	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
8	9	450	1,95652	0,53772	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
9	10	900	3,91304	0,31721	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
10	11	450	1,95652	6,74662	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
8	12	450	1,95652	1,05996	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
12	13	900	3,91304	0,37911	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
13	14	1350	5,86957	0,21663	19,7906	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
14	15	450	1,95652	0,18182	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²

Sumber: Perhitungan



Tabel 4.42 Hasil Perhitungan untuk Menentukan Prakiraan Jenis Kabel yang Digunakan untuk PLTMH Bayu Kidul Fasa R

Node		S (VA)	In	u%	A (mm ²)	Ukuran Penampang kabel
Gen	1	900	3,91304	0,64603	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
1	2	900	3,91304	0,2205	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
2	3	1350	5,86957	0,20503	19,7906	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
3	4	450	1,95652	0,17408	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
4	5	900	3,91304	0,26306	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
5	6	450	1,95652	0,21663	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
3	7	450	1,95652	0,52224	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
7	8	900	3,91304	0,11992	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
8	9	900	3,91304	0,0735	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
3	10	1350	5,86957	0,53385	19,7906	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
10	11	450	1,95652	6,65377	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
11	12	900	3,91304	0,53772	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
12	13	900	3,91304	0,31721	13,1938	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
10	14	450	1,95652	6,55706	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
14	15	450	1,95652	0,4913	6,59688	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
15	16	1350	5,86957	0,94778	19,7906	LVTC 1x25 mm ² + N 25 mm ²
16	17	2250	9,78261	0,21663	32,9844	LVTC 1x35 mm ² + N 25 mm ²

Sumber: Perhitungan

4.4.2.4 Jaringan Tegangan Rendah

Jaringan tegangan rendah yang telah direkonfigurasi menggunakan jenis penghantar, yaitu *Low Voltage Twisted Cable* NFA2X: 3x95mm²+1x70mm². Spesifikasi jenis penghantar ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4.43 Spesifikasi Penghantar Jaringan Listrik Tegangan Rendah yang Baru

Yamanaka	Jenis Penghantar	LVTC NFA2X: 3x95 mm ² +1x70 mm ²
	Tegangan	0,6/1 kv
	Resistansi (Fasa)	0,324 Ω/km
	Resistansi (Netral)	0,450 Ω/km
	Kuat Hantar Arus (KHA)	208
	Bahan Penghantar	Alumunium
	Isolasi	XLPE

Sumber: Yamanaka Cable

Dengan perhitungan impedansi saluran yang sama pada perhitungan impedansi di atas. Berikut ditampilkan impedansi saluran fasa R, S, dan T.



Tabel 4.44 Tabel Impedansi Saluran Baru Fasa R, S, dan T Baru

Node	Panjang Saluran (kilo meter sirkuit)	$R (\Omega)$
Gen-1	0,167	0,0541
1-2	0,057	0,0185
2-3	0,053	0,0172
3-4	0,045	0,0146
4-5	0,068	0,0220
5-6	0,056	0,0181
6-7	0,062	0,0201
7-8	0,039	0,0126
3-9	0,047	0,0152
9-10	0,042	0,0136
10-11	0,046	0,0149
11-12	0,031	0,0100
12-13	0,019	0,0062
10-14	0,049	0,0159
14-15	1,625	0,5265
15-16	0,095	0,0308
16-17	0,139	0,0450
17-18	0,082	0,0266
15-19	0,07	0,0227
19-20	0,127	0,0411
20-21	0,05	0,0162
21-22	0,097	0,0314
22-23	0,098	0,0317
23-24	0,056	0,0181
24-25	0,047	0,0152

Sumber: Perhitungan

4.4.2.5 Analisis Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Setelah Mengganti Kabel

Dengan cara perhitungan yang sama pada analisis rugi daya dan jatuh tegangan di atas, maka didapatkan arus bus, tegangan bus, rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran.

Tabel 4.45 Arus bus dan Tegangan Bus Fasa R pada Jaringan Baru - 1

Node	(A)		(Volt)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
R1	-0,7230 + 0,5470i	0,9066 $\angle 142,8888$	228,7368 + 0,7574i	228,7381 $\angle 0,1897$
R2	-3,0009 + 2,0134i	3,6137 $\angle 146,1411$	228,319 + 1,0058i	228,3212 $\angle 0,2524$
R3	-1,5707 + 0,9901i	1,8567 $\angle 147,7755$	227,9821 + 1,2022i	227,9853 $\angle 0,3021$
R4	-1,6540 + 0,9214i	1,8934 $\angle 150,8796$	227,9329 + 1,2287i	227,9363 $\angle 0,3088$
R5	0 + 0i	0 $\angle 0$	227,8951 + 1,2482i	227,8986 $\angle 0,3138$
R6	-0,8369 + 0,4765i	0,963 $\angle 50,3425$	227,864 + 1,2644i	227,8675 $\angle 0,3179$
R7	0 + 0i	0 $\angle 0$	227,8463 + 1,2726i	227,8499 $\angle 0,3200$

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.46 Arus bus dan Tegangan Bus Fasa R pada Jaringan Baru - 2

Node	\mathbf{I}_R (A)		E_{bus} (Volt)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
R8	-0,8793 + 0,4123i	0,9711 ∠ 154,875	227,8352 + 1,2778i	227,8388 ∠ 0,3214
R9	-2,4173 + 1,4345i	2,8109 ∠ 149,3142	227,7585 + 1,3338i	227,7624 ∠ 0,3355
R10	-2,3653 + 1,4687i	2,7842 ∠ 148,1624	227,5917 + 1,4318i	227,5962 ∠ 0,3605
R11	-1,5269 + 0,8912i	1,768 ∠ 149,729	227,5689 + 1,4451i	227,5735 ∠ 0,3638
R12	0 + 0i	0 ∠ 0	227,5689 + 1,4451i	227,5735 ∠ 0,3638
R13	0 + 0i	0 ∠ 0	227,5689 + 1,4451i	227,5735 ∠ 0,3638
R14	0 + 0i	0 ∠ 0	227,4587 + 1,5087i	227,4638 ∠ 0,3800
R15	-0,8617 + 0,5009i	0,9967 ∠ 149,833	223,0514 + 4,0587i	223,0883 ∠ 1,0425
R16	-0,8640 + 0,5405i	1,0192 ∠ 147,9731	222,9732 + 4,1056i	223,0110 ∠ 1,0549
R17	0 + 0i	0 ∠ 0	222,8978 + 4,1498i	222,9364 ∠ 1,0666
R18	-1,6753 + 0,9827i	1,9422 ∠ 149,6052	222,8533 + 4,1759i	222,8924 ∠ 1,0735
R19	-0,8482 + 0,4931i	0,9811 ∠ 147,8275	222,9386 + 4,1226i	222,9768 ∠ 1,0594
R20	0 + 0i	0 ∠ 0	222,769 + 4,2184i	222,8090 ∠ 1,0848
R21	-0,8073 + 0,5067i	0,9532 ∠ 147,8845	222,7023 + 4,256i	222,7429 ∠ 1,0948
R22	0 + 0i	0 ∠ 0	222,5981 + 4,3132i	222,6399 ∠ 1,1101
R23	-1,7059 + 0,9257i	1,9409 ∠ 151,5139	222,4929 + 4,3709i	222,5358 ∠ 1,1255
R24	-1,6086 + 0,8937i	1,8402 ∠ 150,9446	222,4637 + 4,3872i	222,5069 ∠ 1,1298
R25	0 + 0i	0 ∠ 0	222,4637 + 4,3872i	222,5069 ∠ 1,1298

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.47 Arus bus dan Tegangan Bus Fasa S pada Jaringan Baru

Node	\mathbf{I}_S (A)		E_{bus} (Volt)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
S1	-1,4282 + 1,1280i	1,8199 ∠ 141,6989	228,7513 + 0,7621i	228,7527 ∠ 0,1909
S2	-0,7516 + 0,5576i	0,9358 ∠ 143,4291	228,3516 + 1,0014i	228,3538 ∠ 0,2513
S3	-1,6303 + 1,0258i	1,9262 ∠ 147,8227	227,9927 + 1,2143i	227,996 ∠ 0,3052
S4	-1,5839 + 0,9451i	1,8444 ∠ 149,1769	227,9449 + 1,242i	227,9483 ∠ 0,3122
S5	-0,8302 + 0,4988i	0,9685 ∠ 149,0039	227,9075 + 1,263i	227,911 ∠ 0,3175
S6	0	0 ∠ 0	227,8917 + 1,2713i	227,8953 ∠ 0,3196
S7	-0,8675 + 0,4559i	0,98 ∠ 152,274	227,8743 + 1,2804i	227,878 ∠ 0,3220
S8	0	0 ∠ 0	227,8743 + 1,2804i	227,878 ∠ 0,3220
S9	0	0 ∠ 0	227,7493 + 1,3585i	227,7534 ∠ 0,3418
S10	0	0 ∠ 0	227,5318 + 1,4875i	227,5367 ∠ 0,3746
S11	-6,0475 + 3,7316i	7,1061 ∠ 148,3231	227,4417 + 1,5431i	227,447 ∠ 0,3887
S12	0	0 ∠ 0	227,4417 + 1,5431i	227,447 ∠ 0,3887
S13	0	0 ∠ 0	227,4417 + 1,5431i	227,447 ∠ 0,3887
S14	0	0 ∠ 0	227,3741 + 1,5786i	227,3796 ∠ 0,3978
S15	0	0 ∠ 0	222,1423 + 4,6019i	222,19 ∠ 1,1868
S16	-0,8685 + 0,4969i	1,0006 ∠ 150,2266	222,0359 + 4,6633i	222,0849 ∠ 1,2032
S17	-0,9048 + 0,5261i	1,0466 ∠ 149,8239	221,9194 + 4,7306i	221,9699 ∠ 1,2212
S18	-1,6823 + 0,9696i	1,9417 ∠ 150,0424	221,8747 + 4,7564i	221,9258 ∠ 1,2281
S19	-0,8572 + 0,5093i	0,9971 ∠ 149,2804	221,9953 + 4,6869i	222,0448 ∠ 1,2095
S20	0	0 ∠ 0	221,7639 + 4,8203i	221,8163 ∠ 1,2452
S21	0	0 ∠ 0	221,6728 + 4,8728i	221,7264 ∠ 1,2593
S22	-0,8413 + 0,4868i	0,9720 ∠ 149,9460	221,4961 + 4,9746i	221,5519 ∠ 1,2866
S23	-1,7123 + 0,9794i	1,9726 ∠ 150,2305	221,3442 + 5,0621i	221,4021 ∠ 1,3101
S24	-2,3208 + 1,3541i	2,6869 ∠ 149,7368	221,2885 + 5,0942i	221,3471 ∠ 1,3188
S25	-0,7497 + 0,4200i	0,8593 ∠ 150,7457	221,2771 + 5,1006i	221,3358 ∠ 1,3205

Sumber: Perhitungan



Tabel 4.48. Arus bus dan Tegangan Bus Fasa T pada Jaringan Baru

Node	(A)		E_{bus} (Volt)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
T1	-1.4076 + 1.0654i	17.653 ∠ 142,8769	228,7278 + 0,7633i	228,729 ∠ 0,1912
T2	-1.5081 + 1.1057i	18.700 ∠ 143,7530	228,3195 + 1,0042i	228,3217 ∠ 0,2520
T3	-2.2659 + 1.4066i	26.670 ∠ 148,1687	227,9658 + 1,2091i	227,969 ∠ 0,3039
T4	-0.7888 + 0.3895i	0,8797 ∠ 153,7193	227,9305 + 1,2279i	227,9338 ∠ 0,3087
T5	-0.7903 + 0.4617i	0,9153 ∠ 149,7037	227,8945 + 1,2478i	227,8979 ∠ 0,3137
T6	-0.8452 + 0.4390i	0,9525 ∠ 152,5512	227,8791 + 1,2558i	227,8826 ∠ 0,3157
T7	0 + 0i	0 ∠ 0	227,8791 + 1,2557i	227,8826 ∠ 0,3157
T8	0 + 0i	0 ∠ 0	227,8791 + 1,2557i	227,8826 ∠ 0,3157
T9	0 + 0i	0 ∠ 0	227,7236 + 1,3498i	227,7276 ∠ 0,3396
T10	0 + 0i	0 ∠ 0	227,5071 + 1,4755i	227,5119 ∠ 0,3716
T11	-1.5710 + 0.9314i	18.263 ∠ 149,3376	227,4515 + 1,5101i	227,4565 ∠ 0,3804
T12	-0.7045 + 0.4905i	0,8584 ∠ 145,1554	227,4297 + 1,5241i	227,4349 ∠ 0,3839
T13	-1.4572 + 0.8968i	17.111 ∠ 148,3911	227,4208 + 1,5295i	227,426 ∠ 0,3854
T14	-2.2775 + 1.2682i	26.068 ∠ 150,8881	227,3138 + 1,5854i	227,3194 ∠ 0,3996
T15	0 + 0i	0 ∠ 0	222,1032 + 4,5614i	222,1501 ∠ 1,1765
T16	-0.8560 + 0.4600i	0,9717 ∠ 151,7472	222,0264 + 4,6047i	222,0742 ∠ 1,1881
T17	-0.8283 + 0.4980i	0,9664 ∠ 148,9835	221,9525 + 4,6473i	222,0012 ∠ 1,1995
T18	-0.8114 + 0.4487i	0,9272 ∠ 151,0597	221,931 + 4,6592i	221,9799 ∠ 1,2027
T19	-0.8404 + 0.4512i	0,9539 ∠ 151,7705	221,9353 + 4,6577i	221,9842 ∠ 1,2023
T20	-0.8683 + 0.5513i	10.285 ∠ 147,5854	221,6654 + 4,8138i	221,7177 ∠ 1,2441
T21	0 + 0i	0 ∠ 0	221,5731 + 4,8664i	221,6266 ∠ 1,2582
T22	0 + 0i	0 ∠ 0	221,3942 + 4,9683i	221,45 ∠ 1,2856
T23	-2.5705 + 1.5368i	29.949 ∠ 149,1260	221,2135 + 5,0713i	221,2717 ∠ 1,3133
T24	-3.1220 + 1.7064i	35.579 ∠ 151,3395	221,1568 + 5,1022i	221,2157 ∠ 1,3216
T25	0 + 0i	0 ∠ 0	221,1569 + 5,1022i	221,2157 ∠ 1,3216

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.49 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa R pada Jaringan Baru - 1

Node	Jatuh Tegangan (Volt)		Rugi Daya (VA)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
Gen-R1	1,2632 - 0,7574i	1,4729 ∠ 30,948	40,0921 + 0i	40,0921 0
R1-R2	0,4178 - 0,248i	0,4861 ∠ 30,736	12,7931 + 0i	12,7931 ∠ 0
R2-R3	0,3369 - 0,1964i	0,3900 ∠ 30,239	8,8579 - 0i	8,8579 ∠ 0
R3-R4	0,0491 - 0,0264i	0,0558 ∠ 28,242	0,2133 + 0i	0,2134 ∠ 0
R4-R5	0,0378 - 0,0196i	0,0426 ∠ 27,382	0,0822 - 0i	0,0823 ∠ 0
R5-R6	0,0311 - 0,0161i	0,0351 ∠ 27,382	0,0677 + 0i	0,0678 ∠ 0
R6-R7	0,0177 - 0,0083i	0,0195 ∠ 25,125	0,01894- 0i	0,0189 ∠ 0
R7-R8	0,0111 - 0,0052i	0,0123 ∠ 25,125	0,0119 + 0i	0,0119 ∠ 0
R3-R9	0,2236 - 0,1315i	0,2594 ∠ 30,471	4,4181 + 0i	4,4181 ∠ 0
R9-R10	0,1669 - 0,098i	0,1935 ∠ 30,429	2,7525 + 0,i	2,7526 ∠ 0
R10-R11	0,0228 - 0,0133i	0,0263 ∠ 30,271	0,0465 + 0i	0,0466 ∠ 0
R11-R12	0 + 0i	0 ∠ 0	0 + 0i	0 ∠ 0
R12-R13	0 + 0i	0 ∠ 0	0 + 0,i	0 ∠ 0
R10-R14	0,1329 - 0,0769i	0,1535 ∠ 30,053	1,4849 + 0i	1,4849 ∠ 0

Sumber: Perhitungan



Tabel 4.50 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa R pada Jaringan Baru - 2

Node	Jatuh Tegangan (Volt)		Rugi Daya (VA)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
R14-R15	4,4074 - 2,5499i	5,0919 ∠30,053	49,2451 + 0i	49,2451 ∠ 0
R15-R16	0,0782 - 0,0469i	0,0911 ∠30,956	0,2698 + 0i	0,2699 ∠ 0
R16-R17	0,0754 - 0,0443i	0,0875 ∠30,395	0,1698 + 0i	0,1699 ∠ 0
R17-R18	0,0445 - 0,0261i	0,0516 ∠30,395	0,1002 + 0i	0,1002 ∠ 0
R15-R19	0,1127 - 0,0639i	0,1296 ∠29,564	0,7404 + 0i	0,7405 ∠ 0
R19-R20	0,1696 - 0,0957i	0,1948 ∠29,438	0,9217 + 0i	0,9217 ∠ 0
R20-R21	0,0668 - 0,0377i	0,0767 ∠29,438	0,3628 + 0i	0,3629 ∠ 0
R21-R22	0,1042 - 0,0572i	0,1188 ∠28,763	0,4492 + 0i	0,4493 ∠ 0
R22-R23	0,1052 - 0,0578i	0,1201 ∠28,763	0,4539 - 0i	0,4539 ∠ 0
R23-R24	0,0291 - 0,0162i	0,0334 ∠29,055	0,0614 + 0i	0,0614 ∠ 0
R24-R25	0 + 0i	0 ∠ 0	0 + 0i	0 ∠ 0
Total	7,904-4,5928i	9,1415 ∠ -30,16	123,6134	123,613 ∠ 0

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.51 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa S pada Jaringan Baru

Node	Jatuh Tegangan (Volt)		Rugi Daya (VA)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
Gen-S1	1,2486 - 0,7621i	1,4628 ∠31,3987	39,5471 + 0i	39,5471 ∠ 0
S1-S2	0,3998 - 0,2392i	0,4659 ∠ -30,902	11,7551 + 0i	11,7552 ∠ 0
S2-S3	0,3588 - 0,2129i	0,4172 ∠ -30,684	10,1383 + 0i	10,1384 ∠ 0
S3-S4	0,0478 - 0,0276i	0,055 ∠30,0671	0,2096 + 0i	0,2096 ∠ 0
S4-S5	0,0374 - 0,021i	0,0429 ∠29,3512	0,0835 + 0i	0,0836 ∠ 0
S5-S6	0,0157 - 0,0083i	0,0178 ∠27,7256	0,0174 + 0i	0,0174 ∠ 0
S6-S7	0,0174 - 0,0091i	0,0197 ∠27,7256	0,0192 + 0i	0,019294 ∠ 0
S7-S8	0 + 0i	0 ∠ 0	0 + 0i	0 ∠ 0
S3-S9	0,2434 - 0,1442i	0,2830 ∠30,6551	5,2575 + 0i	5,2575 ∠ 0
S9-S10	0,2175 - 0,1289i	0,2528 ∠30,6551	4,6981 + 0i	4,6982 ∠ 0
S10-S11	0,0901 - 0,0556i	0,1059 ∠31,6769	0,7526 - 0i	0,7526 ∠ 0
S11-S12	0 + 0i	0 ∠ 0	0 + 0i	0 ∠ 0
S12-S13	0 + 0i	0 ∠ 0	0 + 0i	0 ∠ 0
S10-S14	0,1577 - 0,0911i	0,1822 ∠30,0224	2,0911 + 0i	2,0911 ∠ 0
S14-S15	5,2317 - 3,0232i	6,0425 ∠30,0224	69,3475 + 0i	69,3475 ∠ 0
S15-S16	0,1063 - 0,0613i	0,1228 ∠29,9687	0,4897 + 0i	0,4897 ∠ 0
S16-S17	0,1165 - 0,0673i	0,1346 ∠30,0341	0,4021 + 0i	0,4022 ∠ 0
S17-S18	0,0446 - 0,0257i	0,0516 ∠29,9576	0,1002 + 0i	0,1002 ∠ 0
S15-S19	0,1469 - 0,085i	0,1698 ∠ -30,051	1,2716 + 0i	1,2716 ∠ 0
S19-S20	0,2314 - 0,1333i	0,2671 ∠29,9483	1,7336 + 0i	1,7336 ∠ 0
S20-S21	0,0911 - 0,0524i	0,1052 ∠29,9483	0,6825 + 0i	0,6825 ∠ 0
S21-S22	0,1767 - 0,1018i	0,2040 ∠29,9483	1,3241 + 0i	1,3241 ∠ 0
S22-S23	0,1518 - 0,0874i	0,1752 ∠29,9297	0,9671 + 0i	0,9671 ∠ 0
S23-S24	0,0557 - 0,0321i	0,0643 ∠-30,0187	0,2282 + 0i	0,2282 ∠ 0
S24-S25	0,0114 - 0,0063i	0,0131 ∠29,2543	0,0112 + 0i	0,011246 ∠ 0
Total	9,1983-5,3758i	10,654 ∠30,3035	151,1273	151,1273 ∠ 0

Sumber: Perhitungan



Tabel 4.52 Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa S pada Jaringan Baru

Node	Jatuh Tegangan (Volt)		Rugi Daya (VA)	
	Rectangular	Polar	Rectangular	Polar
Gen-T1	1,2722 - 0,7633i	1,4837 ∠30,9631	40,6820 + 0i	40,6821 ∠ 0
T1-T2	0,4082 - 0,2408i	0,4740 ∠30,5402	12,1654 + 0i	12,1654 ∠ 0
T2-T3	0,3536 - 0,2049i	0,4088 ∠30,0926	9,731 + 0i	9,7316 ∠ 0
T3-T4	0,0353 - 0,0188i	0,040 ∠28,0232	0,1099 + 0i	0,1100 ∠ 0
T4-T5	0,036 - 0,0198i	0,0411 ∠28,8442	0,0768 + 0i	0,0768 ∠ 0
T5-T6	0,0153 - 0,0079i	0,0173 ∠27,4488	0,0164 + 0i	0,0165 ∠ 0
T6-T7	0 + 0i	0 ∠ 0	0 + 0i	0 ∠ 0
T7-T8	0 + 0i	0 ∠ 0	0 + 0i	0 ∠ 0
T3-T9	0,2422 - 0,1406i	0,2801 ∠30,1495	5,153 + 0i	5,1531 ∠ 0
T9-T10	0,2164 - 0,1257i	0,2503 ∠30,1495	4,6048 + 0i	4,6049 ∠ 0
T10-T11	0,0556 - 0,0345i	0,0655 ∠31,8473	0,2877 + 0i	0,2878 ∠ 0
T11-T12	0,0217 - 0,0139i	0,0258 ∠32,6898	0,0662 + 0i	0,0663 ∠ 0
T12-T13	0,0089 - 0,0055i	0,0105 ∠31,6089	0,0180 + 0i	0,0180 ∠ 0
T10-T14	0,1932 - 0,1098i	0,2223 ∠29,6168	3,1133 + 0i	3,1134 ∠ 0
T14-T15	5,2106 - 2,9759i	6,0006 ∠29,7323	68,3899 + 0i	68,3899 ∠ 0
T15-T16	0,0768 - 0,0432i	0,0882 ∠29,4074	0,2526 + 0i	0,2526 ∠ 0
T16-T17	0,0738 - 0,0426i	0,0853 ∠29,9999	0,1614 + 0i	0,1614 ∠ 0
T17-T18	0,0215 - 0,0119i	0,0246 ∠28,9403	0,0228 + 0i	0,0228 ∠ 0
T15-T19	0,1678 - 0,0962i	0,1935 ∠29,8414	1,6511 + 0i	1,6512 ∠ 0
T19-T20	0,2699 - 0,1561i	0,3119 ∠30,0442	2,3636 + 0i	2,3636 ∠ 0
T20-T21	0,0922 - 0,0525i	0,1061 ∠29,6722	0,6953 + 0i	0,6953 ∠ 0
T21-T22	0,1789 - 0,1019i	0,2059 ∠29,6722	1,3489 + 0i	1,3490 ∠ 0
T22-T23	0,1807 - 0,1029i	0,2080 ∠29,6722	1,3628 + 0i	1,3629 ∠ 0
T23-T24	0,0566 - 0,0309i	0,0646 ∠28,6605	0,2296 + 0i	0,2297 ∠ 0
T24-T25	0 + 0i	0 ∠ 0	0 + 0i	0 ∠ 0
Total	9,1874-5,2996i	10,6063 ∠29,9777	152,5025	152,5025 ∠ 0

Sumber: Perhitungan

Dari tabel hasil perhitungan rugi daya dan jatuh tegangan pada fasa R, S, dan T di atas maka didapatkan total rugi daya dan jatuh tegangan tiap fasa. Berikut ditampilkan total rugi daya dan jatuh teganan pada masing-masing fasa.

Tabel 4.53 Total Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Fasa R, S, dan T pada Jaringan Baru

Fasa	Jatuh Tegangan (Volt)		Rugi Dya (VA)	
	Besar	Sudut	P (Watt)	Q (VAR)
R	9,1415	-30,16	108,0201	0
S	10,654	-30,3035	140,325	0
T	10,6063	-29,9777	152,5025	0

Sumber: Perhitungan

Dari Tabel 4.53 di atas diperoleh total rugi daya sebesar 400,8476 Watt dan persentase jatuh tegangan masing-masing fasa yaitu 3,97%, 4,63% dan 4,61%.

4.5 Perbandingan Jatuh Tegangan dan Rugi Daya pada Saluran Lama dengan Hasil Rekonfigurasi yang Baru

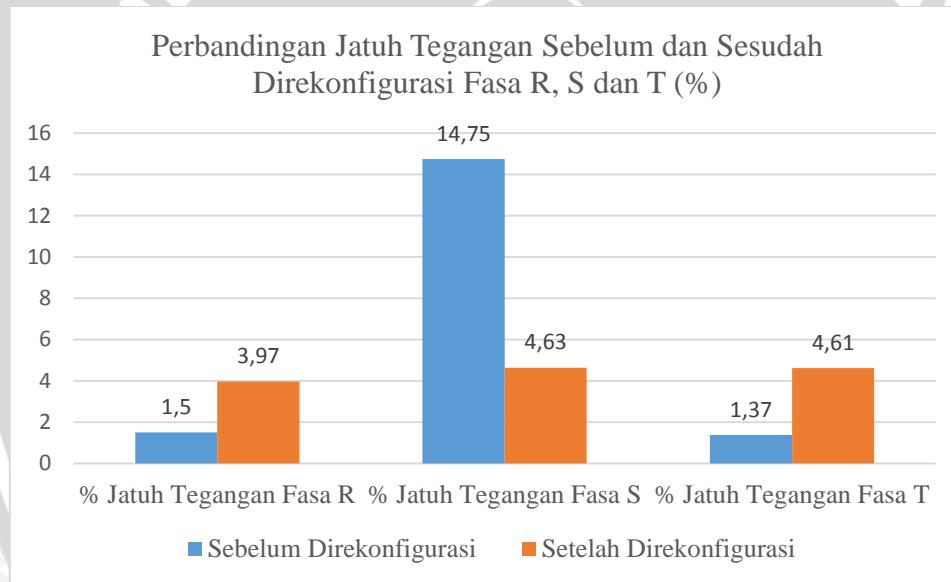
Berikut adalah hasil perbandingan jatuh tegangan sebelum direkonfigurasi dan setelah direkonfigurasi:

Tabel 4.54 Perbandingan Jatuh Tegangan Sebelum dan Sesudah Direkonfigurasi

Presentase Tiap Fasa	Sebelum Direkonfigurasi	Setelah Direkonfigurasi
% Jatuh Tegangan Fasa R	1,5	3,97
% Jatuh Tegangan Fasa S	14,75	4,63
% Jatuh Tegangan Fasa T	1,37	4,61

Sumber: Perhitungan

Pada Gambar 4.10 diapatkan gambar diagram perbandingan jatuh tegangan sebelum direkonfigurasi dengan jatuh tegangan setelah direkonfigurasi:



Gambar 4.10 Diagram Perbandingan Jatuh Tegangan Sebelum dan Setelah Ditata Ulang

Berdasarkan hasil analisis jaringan listrik lama dengan jaringan listrik baru di, jaringan listrik baru memiliki kualitas penyaluran lebih baik daripada jaringan listrik sebelumnya dengan presentase jatuh tegangan jauh lebih kecil daripada presentase jatuh tegangan yang lama.

Membandingkan besarnya rugi daya total pada fasa R, S, dan T jaringan lama dengan jaringan yang baru.

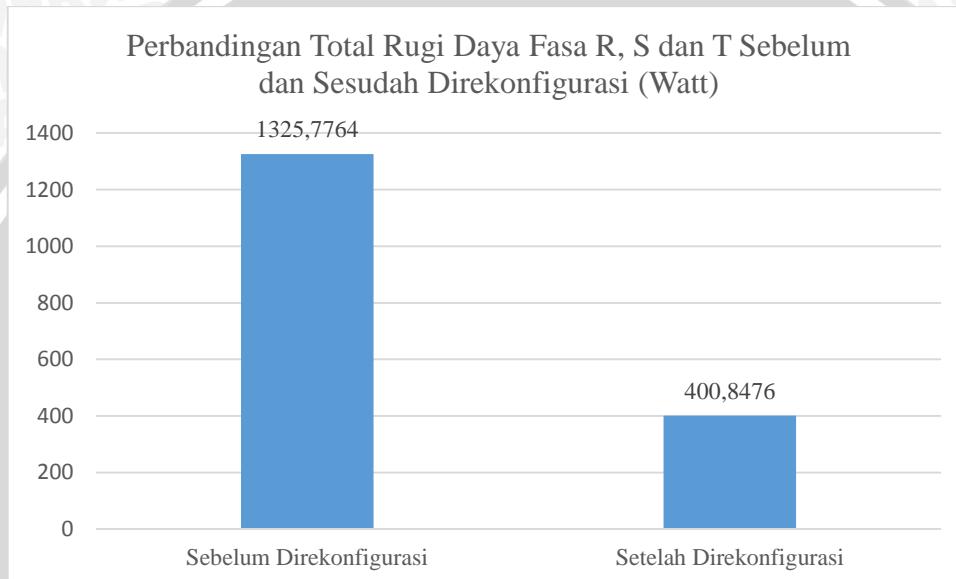


Tabel 4.55 Perbandingan Rugi Daya Saluran pada Jaringan Lama dan Jaringan Baru

	Sebelum Direkonfigurasi	Setelah Direkonfigurasi
Total Rugi Daya pada Saluran (Watt)	1325,7764	400,8476

Sumber: Perhitungan

Dengan diagram gambar perbandingan total rugi daya pada saluran lama dengan saluran yang baru dapat diketahui.



Gambar 4.31 Diagram Perbandingan Rugi Daya Sebelum dan Setelah Ditata Ulang

Terlihat pada Gambar 4.11 bahwa dengan menggunakan kabel saluran resistansi yang lebih kecil hasil penataan ulang jaringan baru ini memiliki kualitas lebih baik. Hal ini dibuktikan dengan perbandingan hasil rugi daya total pada jaringan listrik lama dengan yang baru dapat turun dari 1325,7764 Watt menjadi 400,8476 Watt atau menurun sebesar 69,77%.

Dilihat dari hasil sebelum dan sesudah tata ulang, hal ini membuktikan bahwa dengan mengganti ukuran konduktor ke ukuran yang lebih besar dapat mempengaruhi rugi daya dan jatuh tegangan.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penggunaan jaringan listrik yang terpisah setiap fasanya ternyata cukup efektif dalam meminimalisir penggunaan kabel penghantar terutama pada kondisi pegunungan dan pedesaan yang titik beban tidak terbagi dengan rata. Hal tersebut dikarenakan jalur jaringan radial dapat diatur sedemikian rupa tanpa bergantung pada jaringan fasa yang lain sehingga pembagian beban dan penggunaan kabel dapat dilakukan dengan lebih efisien. Perancangan yang mengikuti PUIL 2000 dan SPLN ini ternyata juga memberikan hasil yang cukup bagus dalam memberikan kualitas penyaluran energi listrik yang baik, dan menurut analisa perhitungan terhadap hasil perancangan didapatkan:

- Penggunaan konduktor dengan ukuran konduktor yang lebih besar dapat mempengaruhi jatuh tegangan dan rugi daya pada jaringan, karena semakin besar ukuran konduktor maka resistansi konduktor akan semakin kecil.
- Jatuh tegangan maksimum yang terjadi yaitu sebesar 4,63% pada saluran PLTMH Bayu Kidu yang baru.
- Rugi daya total yang terjadi pada saluran baru sebesar 400,8476 Watt.
- Terjadi peningkatan kualitas listrik yang disalurkan oleh jaringan listrik yang baru, mengingat pada jaringan listrik yang lama jatuh tegangan maksimum dapat mencapai 14,75%, dengan rugi daya pada saluran hingga 1325,7764 Watt.

5.2 Saran

Hasil perancangan ini masih dapat dioptimasi untuk mendapatkan sistem jaringan yang memiliki efisiensi lebih tinggi, oleh karena itu beberapa saran dibutuhkan, yaitu :

- Diharapkan adanya pembahasan lebih lanjut mengenai penataan ulang jaringan listrik agar didapatkan hasil perancangan yang lebih efisien sekaligus menjadi bahan perbandingan.
- Pembahasan mengenai nilai ekonomis sangat diperlukan untuk menunjukkan apakah perancangan tersebut dapat secara realistik diaplikasikan untuk pedesaan dengan memperhatikan aspek-aspek ekonomi.
- Mengingat jarak antar dusun yang sangat jauh dan jalannya yang berbatu maka perlu adanya penerangan jalan di sepanjang jalan antar dusun.



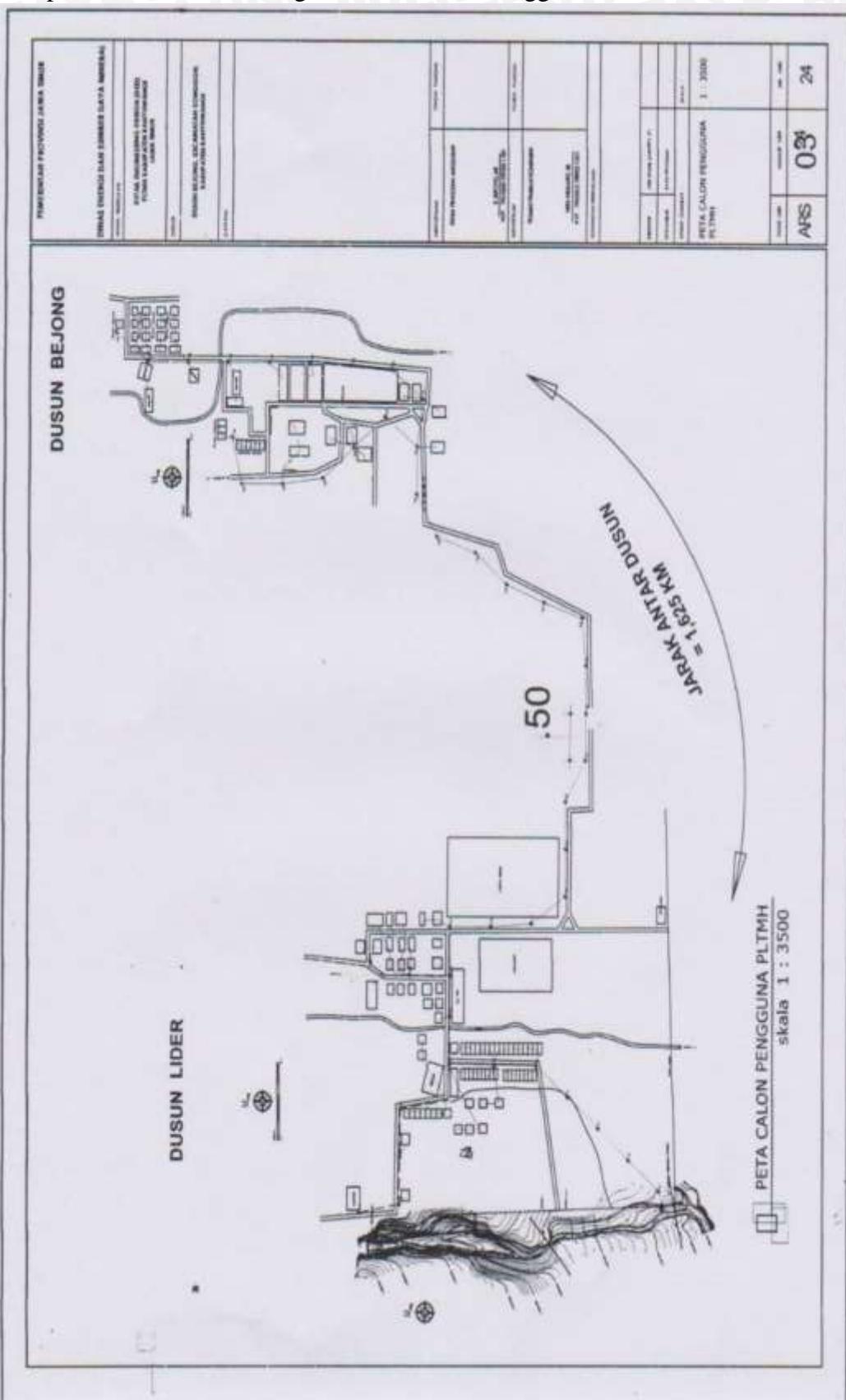
DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Hardiyanto Eko. 2008. *Evaluasi Instalasi Jaringan Tegangan Rendah untuk Menekan Rugi Daya dan Jatuh Tegangan*. UI.
- Harten, P. Van. 1985. *Instalasi Listrik Arus Kuat 3: Rangkaian Motor, Tindakan Pengamanan, Soal-soal Ujian dan Praktikum*. Jakarta: Bina Cipta.
- Linsley, K. R. (1995). *Teknik Sumber Daya Air Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Mismail, B. (1991/1992). *Pelistrikan Desa di Indonesia*. Depok: Kampus Baru UI.
- Niemann, G. (1992). *Elemen Mesin Jilid 1: Disain dan Kalkulasi dari Sambungan, Bantalan, dan Poros*. Jakarta: Erlangga.
- Patty, O. 1995. *Tenaga Air*. Jakarta: Erlangga.
- PT PLN (Persero). 2008. *Kriteria Disain Enjinering Konstruksi Jaringan Dsitrbusi Tenaga Listrik*. Jakarta: PT PLN (Persero)
- Shidiq, Mahfudz. 2009. *Operasi Sistem Daya Elektrik*. Malang. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- Sucipto. 2015. *Peta Calon Pengguna PLTMH*. Tidak dipublikasikan. Banyuwangi, Jawa Timur.
- Wibawa Ungkul. 2001. *Sumber Daya Energi Alternatif*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Yamanaka. (n.d.). Yamanaka Catalogue. Surabaya, Jawa Timur, Indonesia: PT Sinar Merbabu.



LAMPIRAN

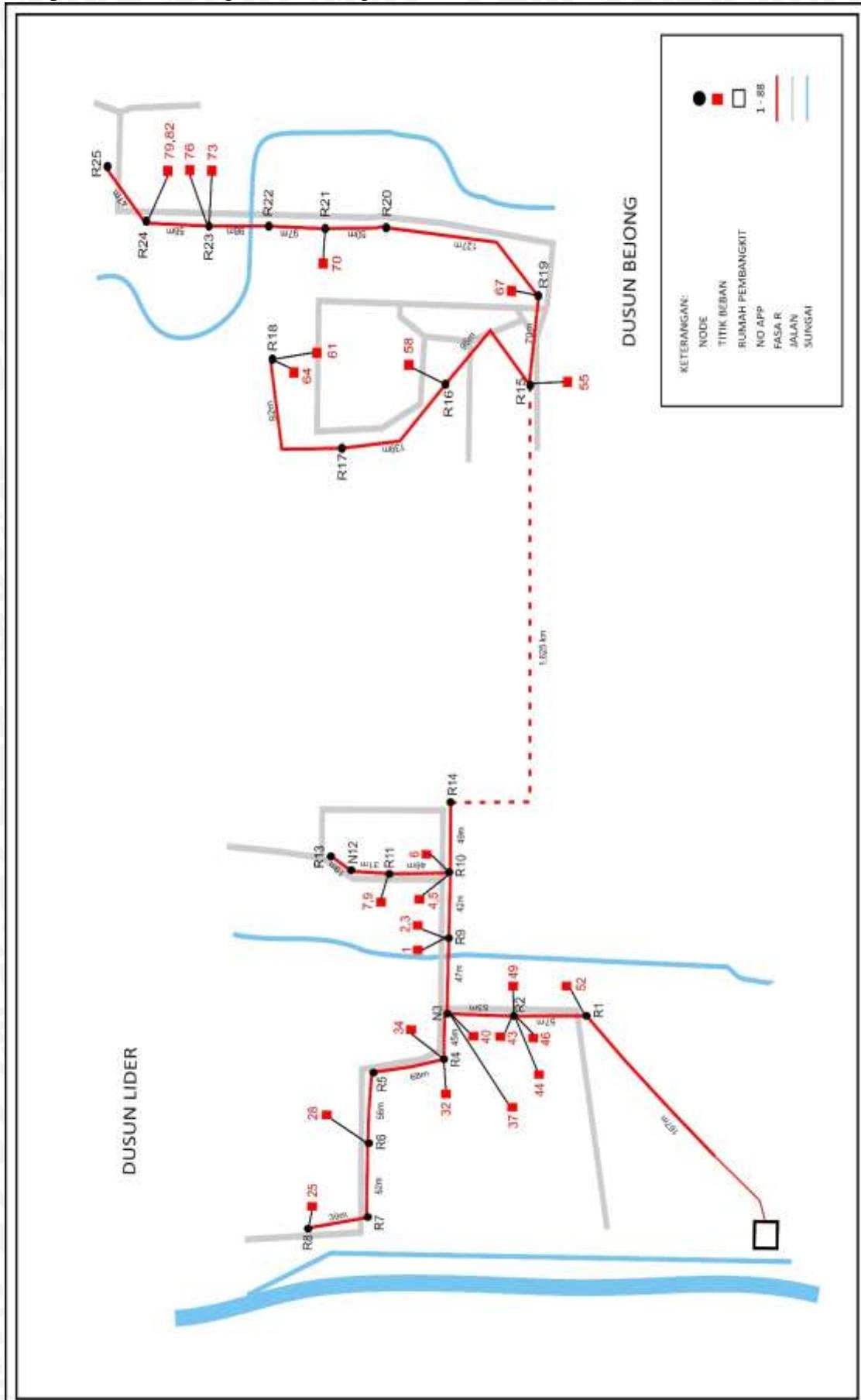
Lampiran 1 Peta Awal Jaringan dan Rumah Pelanggan



Gambar 5.2 Peta Awal Jaringan dan Rumah Pelanggan

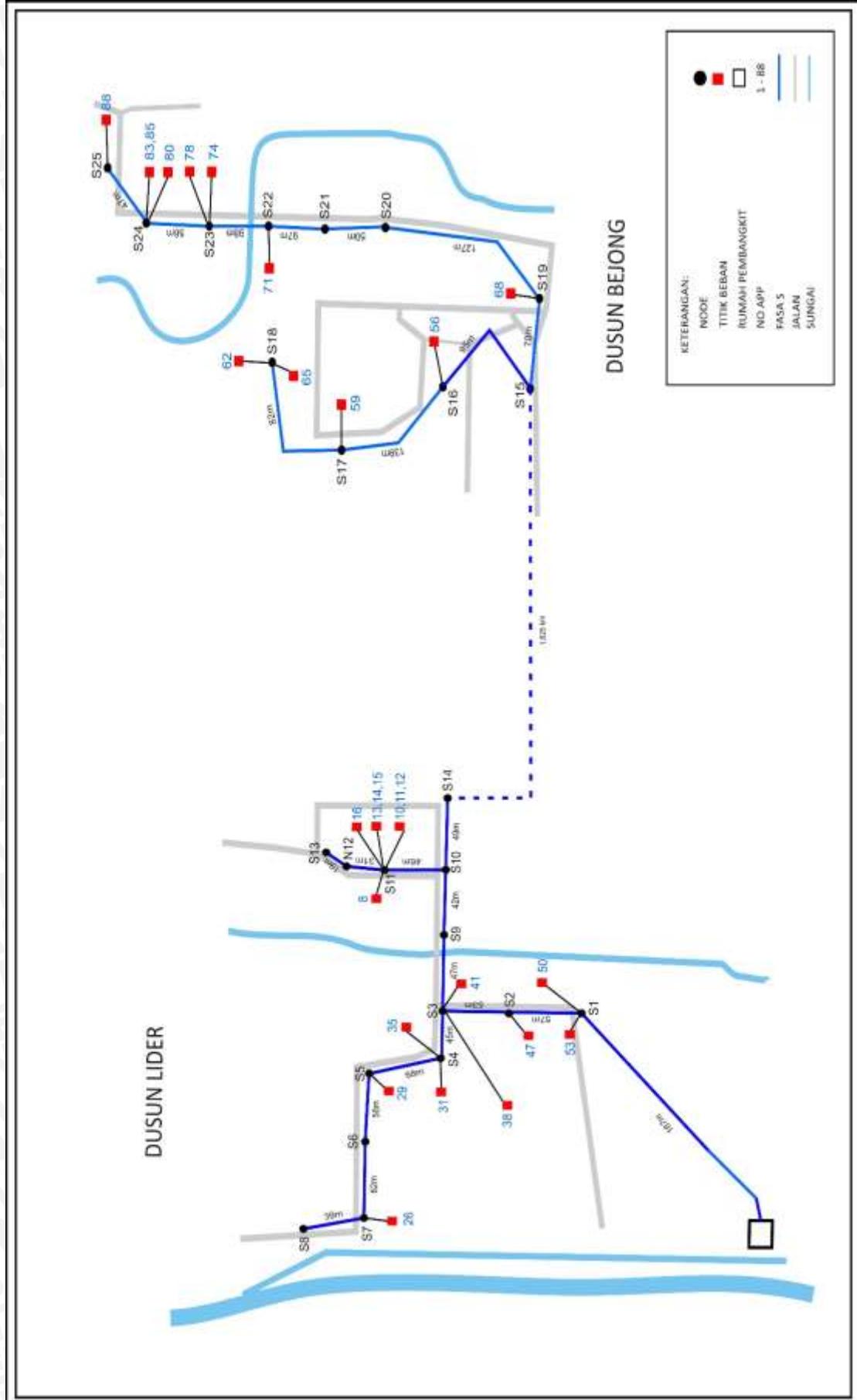
Sumber: Sucipto

Lampiran 2 Peta Jaringan Setimbang Fasa R



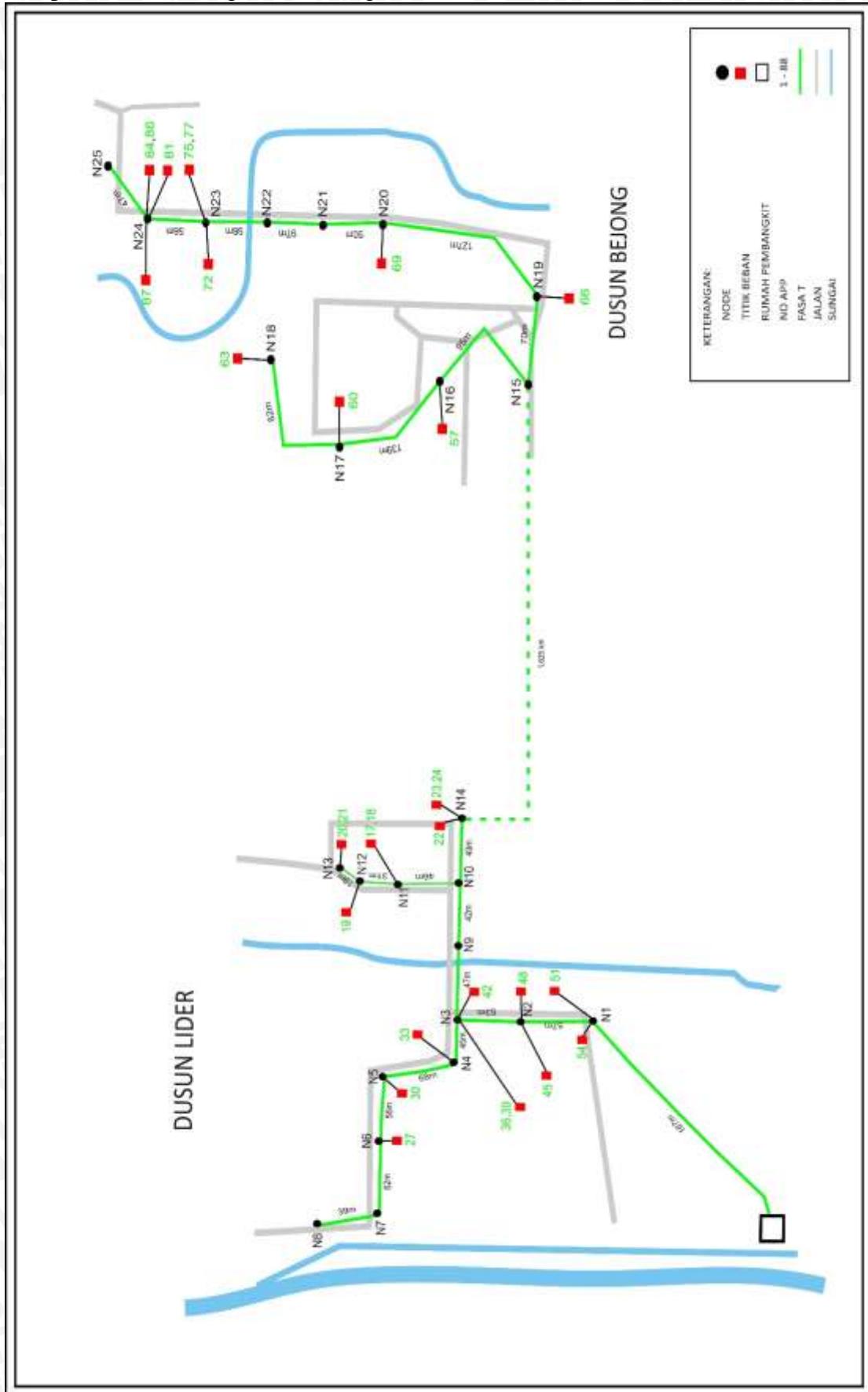
Gambar 5.3 Peta Jaringan Setimbang Fasa R

Lampiran 3 Peta Jaringan Setimbang Fasa S

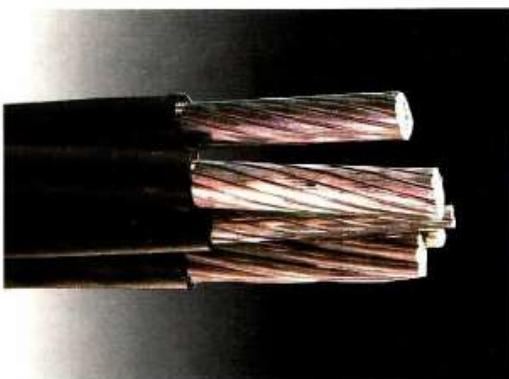


Gambar 5.4 Peta Jaringan Setimbang Fasa S

Lampiran 4 Peta Jaringan Setimbang Fasa T



Lampiran 5 Spesifikasi Teknis Kabel Yamaha LVTC NFA2X



TYPE : TWISTED CABLE FOR LOW VOLTAGE DISTRIBUTION NETWORK
VOLTAGE : 0,6 / 1 KV
STANDARD : SPLN 42 - 10 : 1981

MATERIAL AND CONSTRUCTION :

Phase Conductor : Round stranded aluminum wires may be compacted.
Neutral Conductor / Messenger : Aluminum alloy wires, round stranded.
Street Illumination Conductor : With numbering or ridges.
Insulation : PE, XLPE with carbon black coating, to withstand weather condition.
Core Identification : With numbering or ridges.

FUNCTION :

This type of cable is specially used for low voltage distribution network, and is considered more practical than bare conductor. The messenger which functions also as neutral, makes it possible for this cable to be spanned between electric poles. In accordance with the need, this cable can be equipped with street illumination line, usually consisting of two 16 mm² aluminum cores.

TWISTED CABLE DISTRIBUTION LOW VOLTAGE 0,6 / 1 KV.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Phase Conductor					Neutral Conductor				Lighting Core			
Number of Core & Size	Nominal Insulation Thickness	Max. Over all Diameter	Conductor DC Resistance at 20°C	Max. Current Resistance at 40°C	Nominal Insulation Thickness	Conductor DC Resistance at 20°C	Max. Over all Diameter	Nominal Insulation Thickness	Max. Diameter Conductor	Max. Conductor DC Resistance at 20°C	Max. Current Resistance at 40°C	
mm ²	mm	mm	/km	A	mm	/km	mm	mm	mm	/km	A	
2 x 25 + 1 x 50	1,4	10,0	1,09	105	1,6	0,690	12,7	—	—	—	—	
2 x 35 + 1 x 50	1,6	11,2	0,881	126	1,6	0,690	12,7	—	—	—	—	
2 x 50 + 1 x 50	1,8	12,6	0,606	145	1,6	0,690	12,7	—	—	—	—	
2 x 70 + 1 x 50	1,8	15,4	0,401	185	1,6	0,690	12,7	—	—	—	—	
2 x 95 + 1 x 70	2,0	17,0	0,324	208	1,8	0,450	15,4	—	—	—	—	
3 x 25 + 1 x 50	1,4	10,0	1,09	105	1,6	0,690	12,7	—	—	—	—	
3 x 35 + 1 x 50	1,6	11,2	0,881	126	1,6	0,690	12,7	—	—	—	—	
3 x 50 + 1 x 50	1,8	12,6	0,606	145	1,6	0,690	12,7	—	—	—	—	
3 x 70 + 1 x 50	1,8	15,4	0,401	185	1,6	0,690	12,7	—	—	—	—	
3 x 95 + 1 x 70	2,0	17,0	0,324	208	1,8	0,450	15,4	—	—	—	—	
2 x 25 + 1 x 50 + 2 x 16	1,4	10,0	1,09	105	1,6	0,690	12,7	1,2	8,1	1,80	70	
3 x 35 + 1 x 50 + 2 x 16	1,6	11,2	0,881	126	1,6	0,690	12,7	1,2	8,1	1,80	70	
3 x 50 + 1 x 50 + 2 x 16	1,8	12,6	0,606	145	1,6	0,690	12,7	1,2	8,1	1,80	70	
3 x 70 + 1 x 50 + 2 x 16	1,8	15,4	0,401	185	1,6	0,690	12,7	1,2	8,1	1,80	70	
3 x 95 + 1 x 70 + 2 x 16	2,0	17,0	0,324	208	1,8	0,450	15,4	1,2	8,1	1,80	70	

Gambar 5.6 Spesifikasi Teknis Kabel Yamaha LVTC NFA2X

Lampiran 6 Hasil Penyetimbangan Beban fasa R, S, dan T

- **Fasa R**

Sebelum Setimbang			
Fasa	No Rumah	P (watt)	I (A)
R	1	175,88	1,13
	2	190,285	1,20
	3	182,487	1,15
	4	179,391	1,16
	5	178,399	1,13
	6	178,428	1,19
	7	180,925	1,15
	8	165,471	1,07
	9	165,265	1,07
	10	176,805	1,14
	11	170,469	1,07
	12	177,371	1,20
	13	162,766	1,11
	14	166,975	1,14
	15	171,914	1,12
	16	177,917	1,16
	17	183,598	1,20
	18	172,327	1,14
	19	159,477	1,11
	20	170,967	1,11
	21	159,063	1,10
	22	166,601	1,12
	23	173,946	1,12
	24	175,147	1,14
Jumlah		4161,87	27,20

Setelah Distimbangkan			
Fasa	No Rumah	P (watt)	I (A)
R	1	175,88	1,13
	2	190,285	1,20
	3	182,487	1,15
	4	179,391	1,16
	5	178,399	1,13
	6	178,428	1,19
	7	180,925	1,15
	9	165,265	1,07
	25	199,796	1,14
	28	190,094	1,10
	32	192,062	1,19
	34	183,822	1,18
	37	173,209	1,15
	40	183,701	1,17
	43	176,199	1,12
	44	181,221	1,20
	46	153,447	1,00
	49	172,262	1,15
	52	164,963	1,10
	55	190,176	1,23
	58	190,436	1,26
	61	185,058	1,22
	64	184,177	1,20
	67	187,057	1,23
	70	177,641	1,20
	73	195,685	1,27
	76	179,823	1,18
	79	187,633	1,22
	82	166,298	1,15
Jumlah		5245,82	33,8414

• Fasa S

Sebelum Setimbang				Setelah Distimbangkan			
Fasa	No Rumah	P (watt)	I (A)	Fasa	No Rumah	P (watt)	I (A)
S	55	190,1759	1,22714	S	8	165,47	1,07
	56	190,5197	1,22857		10	176,81	1,14
	57	187,9262	1,19143		11	170,47	1,07
	58	190,4363	1,26286		12	177,37	1,20
	59	198,2957	1,29		13	162,77	1,11
	60	181,5185	1,19571		14	166,97	1,14
	61	185,0583	1,21571		15	171,91	1,12
	62	183,2638	1,19286		16	177,92	1,16
	63	177,9821	1,15		26	197,10	1,13
	64	184,1769	1,20286		29	188,58	1,16
	65	185,3781	1,21429		31	176,86	1,11
	66	184,4156	1,18714		35	183,01	1,16
	67	187,057	1,23143		38	184,82	1,17
	68	187,897	1,24429		41	185,64	1,17
	69	189,8109	1,28286		47	171,07	1,12
	70	177,6406	1,19571		50	164,77	1,14
	71	183,9349	1,21143		53	161,07	1,10
	72	186,1067	1,24286		56	190,52	1,23
	73	195,685	1,26714		59	198,30	1,29
	74	181,396	1,22143		62	183,26	1,19
	75	192,9127	1,28		65	185,38	1,21
	76	179,8234	1,18286		68	187,90	1,24
	77	181,8085	1,23571		71	183,93	1,21
	78	192,6586	1,27143		74	181,40	1,22
	79	187,6332	1,22286		78	192,66	1,27
	80	180,2328	1,22143		80	180,23	1,22
	81	179,8036	1,22143		83	163,69	1,14
	82	166,2983	1,15429		85	162,74	1,13
	83	163,6875	1,13571		88	163,76	1,15
	84	167,5231	1,15143		Jumlah	5156,365	33,7686
	85	162,7379	1,13429				
	86	164,1925	1,13				
	87	170,2167	1,16429				
	88	163,7579	1,15				
	Jumlah	6181,962	41,1114				

• Fasa T

Sebelum Setimbang				Setelah Distimbangkan			
Fasa	No Rumah	P (watt)	I (A)	Fasa	No Rumah	P (watt)	I (A)
T	25	199,796	1,13714	T	17	183,598	1,19714
	26	197,099	1,12714		18	172,327	1,13714
	27	192,063	1,09714		19	159,477	1,10857
	28	190,094	1,1		20	170,967	1,10571
	29	188,578	1,15857		21	159,063	1,10429
	30	179,524	1,10857		22	166,601	1,11857
	31	176,861	1,10857		23	173,946	1,12
	32	192,062	1,19429		24	175,147	1,14286
	33	179,309	1,08429		27	192,063	1,09714
	34	183,822	1,18286		30	179,524	1,10857
	35	183,01	1,16286		33	179,309	1,08429
	36	177,939	1,14143		36	177,939	1,14143
	37	173,209	1,14857		39	169,303	1,12143
	38	184,819	1,16857		42	167,596	1,12
	39	169,303	1,12143		45	175,782	1,18
	40	183,701	1,17286		48	167,44	1,13286
	41	185,643	1,17429		51	156,533	1,08714
	42	167,596	1,12		54	164,607	1,08714
	43	176,199	1,11714		57	187,926	1,19143
	44	181,221	1,20143		60	181,519	1,19571
	45	175,782	1,18		63	177,982	1,15
	46	153,447	1,00286		66	184,416	1,18714
	47	171,067	1,11571		69	189,811	1,28286
	48	167,44	1,13286		72	186,107	1,24286
	49	172,262	1,15		75	192,913	1,28
	50	164,771	1,13571		77	181,808	1,23571
	51	156,533	1,08714		81	179,804	1,22143
	52	164,963	1,10429		84	167,523	1,15143
	53	161,07	1,1		86	164,193	1,13
	54	164,607	1,08714		87	170,217	1,16429
Jumlah		5313,79	33,9229	Jumlah		5255,44	34,6271

Lampiran 7 Hasil Pengukuran pada Rumah Pembangkit

Jam	Tegangan (Volt)			Arus (Ampere)			$\cos \varphi$			P (Watt)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
17.00	204	199	206	24,2	33,52	27,9	0,91	0,93	0,946	4492,488	6203,546	5437,04
18.00	180,6	175	182,5	28,48	41,23	34,8	0,95	0,934	0,961	4886,314	6739,044	6103,311
19.00	185,2	180,5	190,8	26,75	37,3	32,3	0,95	0,941	0,94	4706,395	6335,424	5793,07
20.00	206,7	201,2	208,8	22,32	30,5	26,9	0,923	0,912	0,918	4258,301	5596,579	5156,149
21.00	215	208,3	219,4	19,92	26,94	23,01	0,91	0,911	0,913	3897,348	5112,169	4609,184



Lampiran 8 Letak Koordinat Titik Tiang pada Jaringan PLTMH Bayu Kidul

Node (Tiang)	Latitude	Longitude
	dd mm ss.ss	dd mm ss.ss
1	8°13'48.70"S	114° 8'2.68"E
2	8°13'47.01"S	114° 8'2.92"E
3	8°13'45.17"S	114° 8'3.17"E
4	8°13'45.20"S	114° 8'2.05"E
5	8°13'43.12"S	114° 8'1.30"E
6	8°13'43.47"S	114° 7'59.50"E
7	8°13'43.82"S	114° 7'57.51"E
8	8°13'42.68"S	114° 7'56.98"E
9	8°13'44.84"S	114° 8'4.71"E
10	8°13'44.60"S	114° 8'6.07"E
11	8°13'43.45"S	114° 8'5.87"E
12	8°13'42.30"S	114° 8'5.75"E
13	8°13'41.70"S	114° 8'5.81"E
14	8°13'44.27"S	114° 8'7.54"E
15	8°13'2.69"S	114° 8'40.28"E
16	8°12'58.60"S	114° 8'38.20"E
17	8°12'56.89"S	114° 8'36.61"E
18	8°12'54.24"S	114° 8'36.79"E
19	8°13'1.77"S	114° 8'42.37"E
20	8°12'57.77"S	114° 8'41.96"E
21	8°12'56.08"S	114° 8'41.10"E
22	8°12'53.24"S	114° 8'40.53"E
23	8°12'50.42"S	114° 8'39.71"E
24	8°12'48.22"S	114° 8'38.96"E
25	8°12'47.18"S	114° 8'39.69"E

Sumber: Google Earth

Lampiran 9 Dokumentasi Kegiatan Survey dan Pengukuran



Lampiran 10 Keadaan Rumah Pembangkit dan Rumah Pelanggan



Lampiran 11 Spesifikasi Generator

Tipe Generator	: Stamford UK Original uci224e
Daya Semu	: 60 kVA
Daya Nyata	: 48 kW
3ph	: 3 Fasa
Putaran Nominal	: 1500 rpm
Tegangan	: 230V/400V
Avr	: Auto Voltage Regulator



Lampiran 12 Data Beban Selama Satu Minggu

Hari : Senin

Fasa R

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
1	184,5	1,22	0,839	188,851	122,479
2	184,1	1,23	0,878	198,817	108,389
3	184,4	1,2	0,834	184,548	122,094
4	183,2	1,13	0,89	184,244	94,3911
5	183,5	1,11	0,874	178,021	98,9758
6	182,1	1,25	0,823	187,335	129,3
7	182,1	1,2	0,881	192,516	103,385
8	182,7	0,89	0,878	142,765	77,8317
9	181,4	0,75	0,843	114,69	73,1831
10	180,9	1,19	0,857	184,487	110,933
11	180,3	0,97	0,89	155,653	79,7434
12	180,4	1,21	0,781	170,48	136,325
13	179,8	1,05	0,785	148,2	116,955
14	179,5	1	0,833	149,524	99,3125
15	178,4	1,12	0,87	173,833	98,5157
16	178,5	1,16	0,89	184,283	94,4112
17	178,4	1,2	0,863	184,751	108,154
18	178,3	1,12	0,865	172,737	100,202
19	177,6	1,07	0,715	135,873	132,856
20	177,8	1,12	0,881	175,439	94,2145
21	176,7	1,08	0,74	141,219	128,358
22	176,1	1,16	0,81	165,464	119,794
23	176,4	1,12	0,93	183,738	72,618
24	176,2	1,16	0,879	179,661	97,4586

Fasa S

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
55	181,7	1,22	0,853	189,088	115,694
56	181,3	1,25	0,853	193,311	118,278
57	181,2	1,2	0,87	189,173	107,209
58	180,1	1,31	0,821	193,699	134,7
59	180,3	1,4	0,865	218,343	126,657
60	180,3	1,23	0,84	186,286	120,329
61	179,5	1,2	0,851	183,305	113,121
62	179,1	1,13	0,86	174,049	103,275
63	179,1	1,11	0,863	171,565	100,435
64	179	1,25	0,853	190,859	116,778
65	179	1,2	0,853	183,224	112,106
66	178,8	1,15	0,87	178,889	101,381
67	178,4	1,23	0,821	180,154	125,28
68	178,2	1,23	0,865	189,596	109,981
69	178,1	1,3	0,853	197,495	120,838
70	178,7	1,18	0,853	179,869	110,053
71	178,7	1,21	0,87	188,117	106,611
72	178,2	1,22	0,821	178,489	124,122
73	177,8	1,25	0,865	192,246	111,519
74	177,2	1,2	0,853	181,382	110,979
75	177,3	1,31	0,853	198,12	121,221
76	176,6	1,13	0,87	173,615	98,3924
77	176,3	1,21	0,821	175,138	121,792
78	175,1	1,31	0,865	198,415	115,097
79	175,2	1,2	0,89	187,114	95,8611
80	174,4	1,2	0,865	181,027	105,011
81	174,3	1,2	0,81	169,42	122,658
82	171,6	1,09	0,823	153,937	106,249
83	170,6	1,07	0,83	151,51	101,815
84	169,3	1,08	0,85	155,417	96,3191
85	168,8	1,08	0,851	155,141	95,7398
86	168,3	1	0,845	142,214	90,0012
87	166,3	1,12	0,881	164,092	88,1207
88	166,2	1	0,863	143,431	83,9649

Fasa T

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
54	209,5	1,21	0,81	205,331	148,657
53	208,6	1,06	0,819	181,094	126,875
52	208,2	1,03	0,812	174,13	125,163
51	205,3	1,01	0,851	176,457	108,895
50	202,2	1,1	0,781	173,71	138,908
49	198,8	1,06	0,785	165,421	130,545
48	197,3	1,07	0,8	168,889	126,667
47	194,2	1,2	0,783	182,47	144,956
46	192,1	0,98	0,88	165,667	89,4176
45	189,2	1,2	0,812	184,356	132,514
44	187,3	1,17	0,82	179,696	125,428
43	185,3	1,08	0,843	168,705	107,649
42	183,2	1,08	0,862	170,552	100,295
41	181,7	1,12	0,87	177,048	100,338
40	181,3	1,12	0,821	166,709	115,93
39	181,2	1,16	0,865	181,816	105,468
38	181	1,2	0,872	189,398	106,321
37	181	1,12	0,812	164,609	118,319
36	180,3	1,07	0,9	173,629	84,0923
35	178,1	1,25	0,843	187,673	119,753
34	177,3	1,2	0,853	181,484	111,042
33	177,1	0,89	0,853	134,449	82,2631
32	176,9	1,17	0,87	180,067	102,048
31	176,6	1,2	0,821	173,986	120,991
30	176,8	1,2	0,865	183,518	106,456
29	175,7	1,03	0,823	148,939	102,799
28	175,9	1,14	0,83	166,437	111,846
27	175,6	1,09	0,85	162,693	100,828
26	175,3	1,12	0,851	167,082	103,109
25	175,4	1,14	0,886	177,161	92,7166

Hari : Selasa
Fasa R

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
1	184,5	1,01	0,89	165,847	84,966
2	184,3	1,1	0,863	174,956	102,42
3	184,9	1,06	0,865	169,535	98,3443
4	183,1	1,07	0,715	140,081	136,97
5	183,3	1,2	0,881	193,785	104,067
6	183,9	1,25	0,74	170,108	154,616
7	182,5	1,02	0,881	163,998	88,0706
8	182,2	1,14	0,82	170,321	118,884
9	181,2	1,21	0,843	184,829	117,939
10	180,1	1,18	0,862	183,191	107,727
11	180,4	1,08	0,87	169,504	96,0623
12	180,6	1,22	0,821	180,893	125,794
13	179,5	1,12	0,865	173,9	100,876
14	179,1	1,2	0,833	179,028	118,909
15	179,1	1,01	0,87	157,375	89,1886
16	178,3	1,16	0,89	184,077	94,3054
17	178,6	1,2	0,843	180,672	115,286
18	178,1	1,09	0,853	165,592	101,318
19	177,1	1,07	0,853	161,641	98,9006
20	177,8	1,08	0,87	167,061	94,6778
21	176,2	1,08	0,821	156,233	108,645
22	176,9	1	0,865	153,019	88,7634
23	175,2	1,08	0,93	175,971	69,5481
24	175,8	1,04	0,879	160,709	87,1783

Fasa S

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
55	182,5	1,15	0,87	182,591	103,479
56	181,6	1,1	0,821	164,003	114,049
57	181,9	1,21	0,865	190,386	110,439
58	180,4	1,2	0,89	192,667	98,7063
59	180,1	1,12	0,865	174,481	101,213
60	180,5	1,07	0,81	156,439	113,26
61	179,5	1,25	0,851	190,943	117,834
62	179,5	1,2	0,86	185,244	109,917
63	179,3	1,01	0,863	156,283	91,4889
64	179,1	1,17	0,853	178,744	109,365
65	179,7	1,2	0,853	183,941	112,545
66	178,8	1,15	0,87	178,889	101,381
67	178,1	1,12	0,865	172,543	100,089
68	178,4	1,16	0,865	179,007	103,839
69	178,5	1,2	0,87	186,354	105,612
70	178,6	1,12	0,853	170,627	104,399
71	178,6	1,21	0,87	188,012	106,551
72	178,3	1,22	0,821	178,589	124,192
73	177,4	1,25	0,865	191,814	111,268
74	177,6	1,2	0,853	181,791	111,23
75	177,3	1,31	0,86	199,746	118,522
76	176,1	1,13	0,863	171,731	100,532
77	176,4	1,21	0,853	182,068	111,399
78	176,4	1,31	0,853	197,115	120,605
79	175,2	1,2	0,87	182,909	103,659
80	175,5	1,2	0,821	172,903	120,237
81	175,2	1,2	0,863	181,437	106,214
82	171,6	1,09	0,87	162,728	92,2224
83	171,6	1,07	0,891	163,598	83,3605
84	169,5	1,16	0,863	169,683	99,3332
85	168,4	1,11	0,853	159,446	97,5577
86	168,5	1,18	0,87	172,982	98,0335
87	166,5	1,12	0,87	162,238	91,9443
88	166,8	1,09	0,863	156,904	91,8521

Fasa T

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
54	209,1	1,02	0,843	179,797	114,727
53	208,4	1,2	0,821	205,316	142,778
52	208,1	1,13	0,87	204,583	115,943
51	206,5	1,11	0,81	185,664	134,419
50	199,8	1,25	0,865	216,034	125,318
49	198,1	1,2	0,872	207,292	116,365
48	197,5	1,07	0,86	181,74	107,838
47	194,7	1,2	0,853	199,295	121,939
46	193,1	0,98	0,87	164,637	93,3041
45	189,7	1,2	0,821	186,892	129,966
44	187,1	0,98	0,865	158,605	92,0039
43	185,4	1,07	0,823	163,265	112,687
42	183,5	1,14	0,83	173,628	116,679
41	182,4	1,11	0,87	176,144	99,8252
40	181,5	1,12	0,821	166,893	116,058
39	181,1	1,16	0,865	181,716	105,41
38	181,9	1,2	0,872	190,34	106,849
37	180,9	1,12	0,812	164,518	118,254
36	180,3	1,07	0,9	173,629	84,0923
35	178,3	1,25	0,843	187,884	119,887
34	178,5	1,2	0,853	182,713	111,793
33	177,3	0,89	0,853	134,601	82,356
32	177,1	1,17	0,87	180,27	102,164
31	177,2	1,2	0,821	174,577	121,402
30	176,9	1,17	0,865	179,032	103,853
29	177,8	1,08	0,823	158,036	109,078
28	177,3	1,08	0,83	158,932	106,803
27	176,2	1	0,85	149,77	92,8191
26	176,4	1,12	0,851	168,13	103,756
25	176,7	1,16	0,886	181,605	95,0425

Hari : Rabu
Fasa R

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
1	184,5	1,16	0,833	178,279	118,411
2	184,1	1,2	0,87	192,2	108,925
3	184,7	1,12	0,89	184,109	94,3218
4	183,1	1,07	0,863	169,076	98,978
5	183,2	1,12	0,865	177,484	102,956
6	182,5	1,08	0,87	171,477	97,1805
7	182,2	1,2	0,881	192,622	103,442
8	182,3	1,12	0,853	174,162	106,562
9	181,2	1,08	0,843	164,972	105,268
10	180,5	1,16	0,857	179,439	107,897
11	180,2	1,12	0,89	179,623	92,0238
12	180,6	1,16	0,781	163,616	130,837
13	179,3	1,05	0,785	147,788	116,629
14	179,3	1	0,833	149,357	99,2018
15	178,9	1,12	0,87	174,32	98,7918
16	178,6	1,16	0,865	179,207	103,955
17	178,8	1,2	0,872	187,096	105,028
18	178,5	1,12	0,812	162,335	116,685
19	177,6	1,07	0,86	163,428	96,9722
20	177,7	1,12	0,843	167,777	107,058
21	176,1	1,08	0,853	162,23	99,2612
22	176,5	1,16	0,853	174,643	106,856
23	176,3	1,12	0,843	166,455	106,214
24	176,7	1,16	0,88	180,375	97,3563

Fasa S

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
55	181,2	1,22	0,853	188,568	115,376
56	181,6	1,25	0,853	193,631	118,474
57	181,3	1,2	0,87	189,277	107,268
58	180,7	1,31	0,821	194,345	135,148
59	180,4	1,4	0,865	218,464	126,728
60	180,5	1,23	0,89	197,593	101,23
61	179,8	1,2	0,865	186,632	108,262
62	179,9	1,13	0,86	174,827	103,736
63	179,2	1,11	0,863	171,661	100,491
64	179,3	1,25	0,853	191,179	116,973
65	179,1	1,2	0,853	183,327	112,169
66	178,6	1,15	0,87	178,689	101,268
67	178,5	1,23	0,821	180,255	125,35
68	178,7	1,23	0,865	190,128	110,29
69	178,2	1,3	0,853	197,606	120,906
70	178,6	1,18	0,87	183,351	103,91
71	178,5	1,21	0,821	177,324	123,312
72	178,3	1,22	0,865	188,16	109,148
73	177,7	1,25	0,89	197,691	101,28
74	177,3	1,2	0,865	184,037	106,757
75	177,2	1,31	0,853	198,009	121,152
76	176,4	1,13	0,87	173,419	98,281
77	176,4	1,21	0,821	175,238	121,861
78	175,2	1,31	0,865	198,528	115,163
79	175,3	1,2	0,89	187,22	95,9159
80	174,5	1,2	0,865	181,131	105,071
81	174,2	1,2	0,81	169,322	122,587
82	171,5	1,09	0,823	153,848	106,187
83	170,7	1,07	0,83	151,599	101,875
84	169,4	1,08	0,85	155,509	96,3759
85	168,7	1,08	0,851	155,049	95,6831
86	168,4	1	0,845	142,298	90,0546
87	166,4	1,12	0,881	164,19	88,1737
88	166,3	1	0,863	143,517	84,0154

Fasa T

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
54	208,7	1,25	0,843	219,918	140,328
53	208,2	1,2	0,857	214,113	128,747
52	208,3	1,01	0,89	187,241	95,9263
51	207,4	1,05	0,781	170,078	136,004
50	203,5	1,19	0,785	190,1	150,02
49	198,3	0,97	0,785	150,996	119,161
48	197,5	1,21	0,8	191,18	143,385
47	194,4	1,26	0,783	191,791	152,36
46	192,1	1,08	0,85	176,348	109,291
45	189,7	1,12	0,815	173,158	123,115
44	187,5	1,17	0,821	180,107	125,247
43	185,8	1,15	0,861	183,97	108,674
42	183,1	1,09	0,867	173,035	99,4518
41	181,6	1,2	0,855	186,322	113,019
40	181,3	1,06	0,827	158,931	108,043
39	181,2	1,21	0,866	189,872	109,636
38	181,1	1,2	0,872	189,503	106,379
37	181,3	1,12	0,812	164,881	118,515
36	180,2	1,07	0,829	159,843	107,831
35	178,4	1,25	0,846	188,658	118,9
34	177,5	1,2	0,824	175,512	120,684
33	177,3	1,2	0,851	181,059	111,734
32	176,5	1,09	0,88	169,299	91,3778
31	176,4	1,07	0,825	155,717	106,668
30	176,5	1,08	0,851	162,218	100,107
29	175,4	1,08	0,823	155,903	107,605
28	175,6	1	0,841	147,68	95,0058
27	175,1	1,12	0,851	166,891	102,991
26	175,7	1	0,811	142,493	102,793
25	175,6	1,07	0,88	165,345	89,2438

Hari : Kamis
Fasa R

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
1	184,8	0,89	0,87	143,091	81,0932
2	184,5	1,17	0,821	177,225	123,243
3	184,6	1,2	0,865	191,615	111,153
4	183,9	1,17	0,89	191,495	98,1058
5	183,5	1,08	0,865	171,426	99,4411
6	182,1	1,25	0,81	184,376	133,486
7	182,6	1,01	0,823	151,783	104,762
8	182,6	1,07	0,83	162,167	108,977
9	181,5	1,06	0,843	162,185	103,489
10	181,3	1,1	0,857	170,912	102,77
11	180,2	1,07	0,89	171,604	87,9156
12	180,2	1,25	0,82	184,705	128,925
13	180,5	1,2	0,832	180,211	120,164
14	179,3	1,2	0,74	159,218	144,718
15	179,6	1,09	0,81	158,569	114,802
16	178,6	1,07	0,86	164,348	97,5182
17	178,1	1,2	0,879	187,86	101,906
18	178,1	1,12	0,865	172,543	100,089
19	177,6	1,19	0,715	151,111	147,756
20	177,6	0,97	0,881	151,772	81,5047
21	176,2	1,21	0,851	181,435	111,966
22	176,1	1,05	0,83	153,471	103,133
23	176,1	1,12	0,871	171,789	96,8967
24	176,2	1,16	0,88	179,865	97,0808

Fasa S

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
55	181,3	1,25	0,853	193,311	118,278
56	181,2	1,12	0,853	173,111	105,919
57	181,1	1,2	0,87	189,068	107,15
58	180,7	1,21	0,821	179,509	124,832
59	180,4	1,16	0,865	181,013	105,003
60	180,7	1,2	0,865	187,567	108,804
61	179,7	1,09	0,853	167,08	102,228
62	179,4	1,2	0,853	183,634	112,357
63	179,5	1,11	0,87	173,343	98,2381
64	179,1	1,04	0,862	160,56	94,4188
65	179,3	1,18	0,865	183,012	106,162
66	178,4	1,12	0,89	177,829	91,1046
67	178,1	1,2	0,865	184,868	107,239
68	178,6	1,18	0,81	170,706	123,589
69	178,2	1,24	0,823	181,857	125,519
70	178,5	1,08	0,83	160,007	107,526
71	178,7	1,21	0,87	188,117	106,611
72	178,5	1,22	0,821	178,789	124,331
73	177,3	1,25	0,865	191,706	111,205
74	177,1	1,22	0,853	184,301	112,765
75	177,5	1,2	0,853	181,689	111,167
76	176,2	1,24	0,87	190,085	107,726
77	176,6	1,21	0,821	175,436	121,999
78	175,7	1,2	0,865	182,377	105,794
79	175,2	1,21	0,89	188,673	96,66
80	174,1	1,2	0,865	180,716	104,83
81	174,6	1,17	0,86	175,683	104,244
82	171,1	1,09	0,823	153,489	105,939
83	169,3	1,07	0,89	161,224	82,5977
84	169,9	1,17	0,85	168,966	104,715
85	168,5	1,08	0,851	154,865	95,5697
86	166,2	1,11	0,89	164,189	84,1165
87	166,6	1,12	0,882	164,574	87,9314
88	165,9	1,2	0,87	173,2	98,1567

Fasa T

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
54	208,4	1,08	0,865	194,687	112,935
53	208,1	1,01	0,872	183,278	102,885
52	208,5	1,12	0,812	189,618	136,296
51	205,2	1,16	0,9	214,229	103,756
50	203,4	1,19	0,843	204,045	130,2
49	198,8	1,12	0,785	174,785	137,934
48	198,3	1,07	0,81	171,867	124,429
47	194,4	1,08	0,852	178,879	109,919
46	192,6	1,13	0,88	191,521	103,372
45	188,7	1,23	0,812	188,466	135,467
44	187,1	1,3	0,82	199,449	139,216
43	185,8	1,18	0,865	189,646	110,01
42	183,8	1,21	0,715	159,015	155,484
41	181,4	1,22	0,881	194,972	104,704
40	181,2	1,17	0,851	180,415	111,337
39	181,2	1,2	0,865	188,086	109,105
38	181,6	1,21	0,872	191,61	107,562
37	181,8	1,07	0,812	157,955	113,537
36	180,3	1,12	0,88	177,704	95,9143
35	180,2	1,08	0,831	161,726	108,26
34	178,3	1,07	0,853	162,736	99,5707
33	177,1	0,89	0,867	136,656	78,5428
32	176,9	1,09	0,87	167,754	95,0707
31	176,2	1,07	0,821	154,786	107,639
30	176,4	1,08	0,785	149,552	118,021
29	175,4	1,08	0,8	151,546	113,659
28	175,2	1	0,783	137,182	108,978
27	175,1	1,12	0,88	172,579	93,148
26	175,4	1	0,812	142,425	102,374
25	175,5	1,12	0,82	161,179	112,504

Hari : Jum'at
Fasa R

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
1	184,2	1,21	0,812	180,98	130,087
2	184,5	1,17	0,825	178,089	121,992
3	184,6	1,12	0,833	172,224	114,39
4	183,1	1,2	0,87	191,156	108,333
5	183,4	1,02	0,812	151,899	109,184
6	182,7	1,17	0,82	175,282	122,348
7	182,1	1,16	0,843	178,072	113,627
8	182,5	1,05	0,862	165,181	97,1363
9	181,7	1,02	0,87	161,241	91,3792
10	180,7	1,1	0,821	163,19	113,483
11	180,1	1,07	0,865	166,692	96,6949
12	180,9	1,12	0,872	176,674	99,1778
13	179,8	1,05	0,812	153,297	110,189
14	179,7	1,16	0,831	173,224	115,956
15	178,2	1,08	0,867	166,859	95,9024
16	178,6	1,16	0,882	182,729	97,6316
17	178,3	1,17	0,86	179,405	106,453
18	178,3	1,12	0,891	177,929	90,6626
19	177,8	1,07	0,82	156,002	108,89
20	177,6	1,12	0,881	175,241	94,1085
21	176,6	1,08	0,861	164,217	97,0052
22	176,1	1,07	0,87	163,931	92,9043
23	176,1	1,01	0,882	156,873	83,8169
24	176,6	1,13	0,879	175,411	95,1536

Fasa S

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
55	181,7	1,22	0,843	186,871	119,241
56	181,3	1,25	0,857	194,218	116,784
57	181,2	1,2	0,89	193,522	99,1441
58	180,1	1,31	0,82	193,463	135,038
59	180,3	1,4	0,832	210,013	140,036
60	180,3	1,23	0,74	164,109	149,163
61	179,5	1,2	0,81	174,474	126,317
62	179,1	1,13	0,86	174,049	103,275
63	179,1	1,11	0,879	174,746	94,7926
64	179	1,25	0,853	190,859	116,778
65	179	1,2	0,853	183,224	112,106
66	178,8	1,15	0,87	178,889	101,381
67	178,4	1,23	0,821	180,154	125,28
68	178,2	1,23	0,865	189,596	109,981
69	178,1	1,3	0,832	192,633	128,447
70	178,7	1,18	0,74	156,041	141,83
71	178,7	1,21	0,81	175,144	126,802
72	178,2	1,22	0,86	186,967	110,94
73	177,8	1,25	0,879	195,358	105,974
74	177,2	1,2	0,715	152,038	148,662
75	177,3	1,31	0,881	204,624	109,887
76	176,6	1,13	0,87	173,615	98,3924
77	176,3	1,21	0,821	175,138	121,792
78	175,1	1,31	0,865	198,415	115,097
79	175,2	1,2	0,865	181,858	105,493
80	174,4	1,2	0,853	178,516	109,226
81	174,3	1,2	0,853	178,413	109,163
82	171,6	1,09	0,87	162,728	92,2224
83	170,6	1,07	0,821	149,867	104,218
84	169,3	1,08	0,871	159,257	89,8282
85	168,8	1,08	0,882	160,792	85,9107
86	167,4	1	0,89	148,986	76,3278
87	165,2	1,12	0,892	165,041	83,6374
88	165,6	1	0,895	148,212	73,8686

Fasa T

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
54	209,1	1,09	0,87	198,29	112,376
53	208,2	1,12	0,865	201,704	117,005
52	208,1	1,15	0,853	204,136	124,901
51	205,6	1,07	0,89	195,793	100,308
50	202,1	1,16	0,715	167,622	163,9
49	198,4	1,1	0,823	179,612	123,969
48	197,6	1,07	0,812	171,683	123,404
47	194,2	1,21	0,811	190,57	137,475
46	192,2	1,09	0,851	178,283	110,021
45	189,6	1,19	0,812	183,207	131,687
44	187,1	1,12	0,82	171,833	119,94
43	185,1	1,1	0,814	165,739	118,27
42	183,6	1,17	0,824	177,005	121,71
41	181,1	1,2	0,87	189,068	107,15
40	181,6	1,12	0,821	166,985	116,122
39	181,5	1,16	0,865	182,117	105,643
38	181,1	1,12	0,872	176,87	99,2875
37	181,6	1,08	0,812	159,256	114,472
36	180,5	1,07	0,9	173,822	84,1856
35	178,3	1,21	0,843	181,871	116,051
34	177,6	1,18	0,853	178,762	109,376
33	177,5	1,1	0,87	169,868	96,2683
32	176,7	1,05	0,821	152,324	105,927
31	176,8	1,08	0,865	165,167	95,8103
30	176,2	1,08	0,89	169,363	86,7675
29	175,6	1,17	0,865	177,716	103,09
28	175,5	1,07	0,81	152,106	110,123
27	175,7	1,02	0,823	147,493	101,801
26	175,2	1,17	0,83	170,137	114,333
25	175,1	1,02	0,871	155,562	87,7441

Hari : Sabtu
Fasa R

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
1	184,3	1,19	0,852	186,858	114,822
2	184,2	1,26	0,89	206,562	105,825
3	184,5	1,12	0,865	178,744	103,686
4	183,6	1,17	0,81	173,998	125,972
5	183,8	1,15	0,851	179,876	111,004
6	182,6	1,12	0,86	175,88	104,361
7	182,4	1,14	0,863	179,449	105,05
8	182,1	1,06	0,853	164,651	100,742
9	181,2	1,12	0,853	173,111	105,919
10	180,7	1,09	0,87	171,358	97,1129
11	180,2	1,01	0,865	157,432	91,3235
12	180,5	1,12	0,865	174,868	101,438
13	179,7	1,05	0,87	164,156	93,0315
14	179,3	1,09	0,833	162,799	108,13
15	178,4	1,12	0,87	173,833	98,5157
16	178,3	1,16	0,825	170,633	116,885
17	178,6	1,2	0,851	182,386	112,554
18	178,1	1,12	0,823	164,165	113,308
19	177,3	1,07	0,841	159,547	102,64
20	177,3	1,12	0,881	174,945	93,9495
21	176,9	1,08	0,74	141,378	128,503
22	176,3	1,16	0,81	165,651	119,93
23	176,3	1,08	0,821	156,322	108,707
24	176,8	1,08	0,831	158,674	106,217

Fasa S

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
55	181,2	1,19	0,843	181,774	115,989
56	181,1	1,21	0,862	188,891	111,079
57	181,5	1,12	0,87	176,854	100,228
58	180,2	1,17	0,821	173,095	120,371
59	180,5	1,15	0,865	179,552	104,155
60	180,1	1,18	0,872	185,316	104,029
61	179,6	1,23	0,812	179,377	128,935
62	179,2	1,25	0,853	191,072	116,908
63	179,7	1,2	0,853	183,941	112,545
64	179,1	1,14	0,87	177,631	100,668
65	179,4	1,08	0,821	159,07	110,618
66	178,3	1,17	0,865	180,449	104,675
67	178,1	1,26	0,89	199,721	102,32
68	178,8	1,12	0,865	173,221	100,483
69	178,2	1,14	0,81	164,55	119,132
70	178,1	1,22	0,853	185,342	113,402
71	178,1	1,01	0,87	156,496	88,6906
72	178,5	1,25	0,821	183,186	127,388
73	177,9	1,12	0,865	172,35	99,977
74	177,4	1,21	0,853	183,1	112,03
75	177,1	1,16	0,853	175,237	107,219
76	176,5	1,19	0,82	172,229	120,216
77	176,7	1,3	0,843	193,646	123,564
78	175,2	1,21	0,862	182,737	107,46
79	175,6	1,2	0,87	183,326	103,896
80	174,6	1,31	0,821	187,784	130,586
81	174,1	1,24	0,865	186,74	108,325
82	171,1	1,21	0,872	180,531	101,343
83	170,7	1,28	0,83	181,352	121,869
84	169,2	1,18	0,85	169,708	105,175
85	168,1	1,17	0,851	167,372	103,288
86	168,8	1,2	0,845	171,163	108,322
87	165,6	1,21	0,881	176,531	94,8011
88	165,1	1,25	0,863	178,102	104,261

Fasa T

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
50	209,9	1,09	0,843	192,871	123,07
51	208,8	1,09	0,872	198,46	111,408
52	208,5	1,07	0,865	192,977	111,943
53	205,6	1,1	0,87	196,759	111,509
54	202,1	1,08	0,865	188,802	109,521
43	198,6	1,12	0,812	180,615	129,824
44	197,1	1,07	0,811	171,037	123,384
45	194,6	1,2	0,853	199,193	121,877
46	192,9	1,13	0,87	189,64	107,474
47	189,2	1,11	0,821	172,42	119,902
48	187,5	1,25	0,842	197,344	126,44
49	185,6	1,2	0,823	183,299	126,514
36	183,1	1,15	0,83	174,769	117,445
37	181,1	1,08	0,85	166,25	103,032
38	181,6	1,14	0,851	176,177	108,722
39	181,2	1,16	0,865	181,816	105,468
40	181,6	1,09	0,872	172,607	96,8948
41	181,1	1,02	0,812	149,994	107,814
42	180,5	1,07	0,862	166,482	97,9017
31	178,5	1,25	0,843	188,094	120,022
32	177,2	1,2	0,81	172,238	124,698
33	177,6	0,89	0,863	136,409	79,8546
34	176,6	1,22	0,87	187,443	106,229
35	176,5	1,15	0,865	175,573	101,847
29	176,1	1,12	0,87	171,592	97,2456
30	175,9	1,25	0,825	181,397	124,259
27	175,6	1,07	0,823	154,635	106,73
28	175,4	1,08	0,841	159,312	102,489
26	175,2	1,04	0,81	147,588	106,852
25	175,2	1,02	0,821	146,716	102,027

Hari : Minggu
Fasa R

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
1	183,2	1,23	0,831	187,254	125,348
2	183,5	1,25	0,89	204,144	104,586
3	182,9	1,24	0,867	196,632	113,014
4	182,7	1,3	0,866	205,684	118,765
5	182,9	1,21	0,887	196,301	102,194
6	181,8	1,19	0,853	184,54	112,911
7	181,2	1,29	0,89	208,036	106,58
8	181,5	1,13	0,873	179,048	100,029
9	180,9	1,25	0,866	195,824	113,072
10	180,2	1,19	0,863	185,06	108,335
11	180,5	1,2	0,89	192,774	98,761
12	179,4	1,31	0,81	190,361	137,819
13	179,4	1,22	0,785	171,811	135,588
14	178,6	1,32	0,83	195,674	131,494
15	178,4	1,29	0,863	198,607	116,266
16	176,2	1,22	0,838	180,14	117,299
17	176,9	1,21	0,855	183,012	111,012
18	176,3	1,27	0,853	190,988	116,856
19	175,2	1,22	0,883	188,736	100,326
20	175,5	1,21	0,869	184,536	105,076
21	173,1	1,12	0,86	166,73	98,9317
22	173,2	1,23	0,892	190,028	96,2998
23	173,2	1,31	0,91	206,472	94,0713
24	171,2	1,27	0,88	191,333	103,271

Fasa S

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
55	19,3	1,34	0,87	22,4999	12,7513
56	179,2	1,42	0,89	226,473	116,026
57	179,9	1,21	0,86	187,204	111,08
58	179,3	1,33	0,865	206,276	119,657
59	179,4	1,4	0,821	206,202	143,394
60	178,4	1,23	0,881	193,32	103,817
61	178,7	1,34	0,892	213,597	108,243
62	177,5	1,31	0,86	199,972	118,656
63	177,4	1,4	0,863	214,335	125,472
64	177,1	1,32	0,853	199,408	122,008
65	177,9	1,44	0,866	221,848	128,099
66	177,3	1,42	0,863	217,274	127,193
67	176,2	1,35	0,89	211,704	108,459
68	176,5	1,56	0,81	223,025	161,468
69	176,8	1,5	0,785	208,182	164,29
70	175,2	1,41	0,843	208,248	132,882
71	174,9	1,42	0,863	214,333	125,471
72	173,2	1,35	0,892	208,567	105,695
73	173,6	1,5	0,878	228,631	124,643
74	172,9	1,32	0,89	203,123	104,063
75	172,4	1,36	0,823	192,964	133,185
76	172,4	1,33	0,89	204,07	104,548
77	169,4	1,3	0,89	195,996	100,412
78	169,8	1,25	0,9	191,025	92,5176
79	168,4	1,35	0,89	202,333	103,658
80	167,4	1,24	0,865	179,553	104,156
81	167,2	1,34	0,882	197,61	105,582
82	166,8	1,42	0,831	196,827	131,756
83	165,2	1,32	0,856	186,663	112,734
84	165,2	1,31	0,897	194,122	95,6607
85	165,1	1,34	0,843	186,5	119,005
86	164,2	1,42	0,89	207,516	106,314
87	163,2	1,34	0,891	194,851	99,2851
88	163,7	1,51	0,821	202,941	141,126

Fasa T

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	$\cos \varphi$	P (Watt)	Q (VAR)
54	199,8	1,22	0,852	207,68	127,616
53	199,7	1,21	0,81	195,726	141,703
52	198,9	1,17	0,824	191,756	131,853
51	197,2	1,2	0,81	191,678	138,773
50	191,8	1,14	0,822	179,732	124,52
49	191,2	1,19	0,87	197,949	112,183
48	189,2	1,2	0,8	181,632	136,224
47	189,5	1,21	0,882	202,238	108,055
46	189,6	1,2	0,831	189,069	126,563
45	188,3	1,23	0,856	198,257	119,736
44	188,1	1,15	0,897	194,035	95,6178
43	187,2	1,21	0,843	190,95	121,844
42	185,2	1,2	0,83	184,459	123,957
41	183,1	1,25	0,891	203,928	103,91
40	183,8	1,12	0,821	169,008	117,529
39	182,4	1,16	0,853	180,481	110,428
38	181,2	1,2	0,87	189,173	107,209
37	181,8	1,31	0,89	211,961	108,591
36	179,4	1,35	0,86	208,283	123,588
35	178,2	1,12	0,865	172,64	100,146
34	178,2	1,21	0,821	177,026	123,105
33	177,2	1,16	0,881	181,091	97,25
32	176,2	1,02	0,892	160,314	81,2416
31	176,8	1,16	0,84	172,274	111,278
30	175,2	1,32	0,824	190,562	131,032
29	175,8	1,26	0,812	179,864	129,285
28	175,9	1,25	0,813	178,758	128,025
27	174,3	1,3	0,865	196	113,696
26	172,2	1,25	0,881	189,635	101,838
25	172,1	1,08	0,886	164,679	86,1842

Lampiran 13 Rata-rata beban selama satu minggu

- Fasa R

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	Cos phi	P (Watt)	Q (VAR)
1	184,286	1,13	0,84671	175,88	111,029
2	184,171	1,19714	0,86243	190,285	110,769
3	184,371	1,15143	0,85986	182,487	108,143
4	183,243	1,15857	0,84343	179,391	111,645
5	183,371	1,12714	0,86214	178,399	103,974
6	182,529	1,18714	0,82514	178,428	122,029
7	182,157	1,14571	0,866	180,925	103,559
8	182,271	1,06571	0,85271	165,471	101,452
9	181,3	1,07	0,85157	165,265	101,464
10	180,629	1,14429	0,85529	176,805	106,894
11	180,271	1,07429	0,88	170,469	91,7892
12	180,371	1,19857	0,82143	177,371	122,902
13	179,714	1,10571	0,81914	162,766	113,348
14	179,257	1,13857	0,819	166,975	116,817
15	178,714	1,11857	0,86	171,914	101,712
16	178,157	1,15571	0,86429	177,917	103,144
17	178,243	1,19714	0,86043	183,598	108,628
18	177,957	1,13714	0,85171	172,327	105,589
19	177,171	1,10857	0,81243	159,477	112,62
20	177,329	1,10571	0,87229	170,967	95,7984
21	175,971	1,10429	0,818	159,063	110,381
22	175,886	1,11857	0,84714	166,601	103,954
23	175,657	1,12	0,88386	173,946	90,2675
24	175,643	1,14286	0,87257	175,147	97,6736

• Fasa S

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	Cos phi	P (Watt)	Q (VAR)
54	207,786	1,13714	0,84657	199,796	125,673
53	207,143	1,12714	0,84514	197,099	124,486
52	206,943	1,09714	0,84657	192,063	120,289
51	204,686	1,1	0,84457	190,094	119,095
50	200,7	1,15857	0,81086	188,578	134,627
49	197,457	1,10857	0,81886	179,524	124,283
48	196,357	1,10857	0,81329	176,861	126,476
47	193,714	1,19429	0,831	192,062	128,083
46	192,086	1,08429	0,86171	179,309	105,635
45	189,2	1,18286	0,82129	183,822	127,484
44	187,386	1,16286	0,84071	183,01	117,699
43	185,743	1,14143	0,83886	177,939	115,093
42	183,643	1,14857	0,82257	173,209	119,289
41	181,771	1,16857	0,86957	184,819	104,568
40	181,757	1,12143	0,83043	169,303	113,392
39	181,4	1,17286	0,86343	183,701	107,308
38	181,357	1,17429	0,87171	185,643	104,358
37	181,357	1,12	0,82314	167,596	114,214
36	180,214	1,11714	0,87586	176,199	96,8008
35	178,571	1,20143	0,84486	181,221	114,717
34	177,8	1,18	0,83814	175,782	114,324
33	177,3	1,00286	0,86257	153,447	89,7527
32	176,7	1,11571	0,86757	171,067	97,7226
31	176,643	1,13286	0,83686	167,44	109,377
30	176,3	1,15	0,85	172,262	106,212
29	175,943	1,13571	0,82443	164,771	112,825
28	175,857	1,08714	0,81857	156,533	109,644
27	175,343	1,10429	0,85143	164,963	101,111
26	175,057	1,1	0,83514	161,07	105,008
25	175,086	1,08714	0,86429	164,607	95,066



• Fasa T

No. Rumah	V (Volt)	I (Ampere)	Cos phi	P (Watt)	Q (VAR)
55	181,271	1,22714	0,855	190,176	115,217
56	181,043	1,22857	0,85557	190,52	114,373
57	181,157	1,19143	0,87071	187,926	106,074
58	180,214	1,26286	0,837	190,436	124,065
59	180,2	1,29	0,854	198,296	121,027
60	180,114	1,19571	0,84257	181,519	114,376
61	179,471	1,21571	0,84771	185,058	114,991
62	179,1	1,19286	0,858	183,264	109,732
63	179,043	1,15	0,86486	177,982	103,352
64	178,814	1,20286	0,85671	184,177	110,998
65	179,057	1,21429	0,852	185,378	113,401
66	178,429	1,18714	0,87114	184,416	104,055
67	177,971	1,23143	0,85329	187,057	113,431
68	178,2	1,24429	0,84929	187,897	117,09
69	178,014	1,28286	0,83229	189,811	126,392
70	178,057	1,19571	0,83457	177,641	116,286
71	178,029	1,21143	0,85343	183,935	112,007
72	177,6	1,24286	0,843	186,107	117,974
73	177,071	1,26714	0,87243	195,685	109,409
74	176,671	1,22143	0,84029	181,396	115,212
75	176,586	1,28	0,85371	192,913	117,479
76	175,829	1,18286	0,86471	179,823	104,013
77	175,443	1,23571	0,83857	181,808	117,546
78	174,643	1,27143	0,86786	192,659	110,248
79	174,3	1,22286	0,88071	187,633	100,735
80	173,557	1,22143	0,85071	180,233	111,302
81	173,414	1,22143	0,849	179,804	111,253
82	170,757	1,15429	0,84457	166,298	105,131
83	169,814	1,13571	0,84971	163,688	101,21
84	168,829	1,15143	0,86157	167,523	98,2011
85	168,057	1,13429	0,85457	162,738	98,9648
86	167,4	1,13	0,86786	164,193	93,3099
87	165,686	1,16429	0,88257	170,217	90,5562
88	165,657	1,15	0,86257	163,758	96,7493