STUDI PERHITUNGAN JATUH TEGANGAN DAN RUGI-RUGI DAYA PADA PENYULANG MERAPI GARDU INDUK SIMPANG TIGA

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

OLEH

SUCI ARDILLAH

03041181419174

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2018

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERHITUNGAN JATUH TEGANGAN DAN RUGI-RUGI DAYA PADA PENYULANG MERAPI GARDU INDUK SIMPANG TIGA

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu
Syarat Mendaftar Wisuda ke-137
Universitas Sriwijaya

OLEH

SUCI ARDILLAH
03041181419174

Palembang, Mei 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005

Menyetujui,
Pembimbing Utama

Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M
NIP. 195803041987031002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Suci Ardillah
NIM	: 03041181419174
Fakultas	: Teknik
Jurusan/Prodi	: Teknik Elektro
Universitas	: Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul "Studi Perhitungan Jatuh Tegangan dan Rugi-Rugi Daya pada Penyulang Merapi Gardu Induk Simpang Tiga." merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Indralaya, Juli 2018

METERAI TEMPEL
C0000AAC000000001
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Suci Ardillah

ABSTRAK

Kualitas pada suatu penyaluran tenaga listrik dipengaruhi oleh besar kecilnya rugi-rugi pada jatuh tegangan dan rugi-rugi daya. Semakin kecil rugi-rugi pada jatuh tegangan dan rugi-rugi daya maka kualitasnya akan semakin baik, apalagi dengan semakin berkembanganya jumlah penduduk maka akan semakin banyak beban yang mengakibatkan semakin dibutuhkannya energi listrik. Pada sebuah saluran distribusi biasanya memiliki nilai jatuh tegangan dan rugi-rugi daya yang paling besar. Maka ada ketetapan (SPLN no.72 Tahun 1987) yang menyatakan bahwa tegangan terendah yang diperbolehkan adalah sebesar 10 % dari nilai kerja nominal. Studi perhitungan jatuh tegangan dan rugi-rugi daya dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besar rugi-rugi yang ada pada sistem distribusi Penyulang Merapi pada Gardu Induk Simpang Tiga tersebut. Metode yang dilakukan ialah dengan mendapatkan data-data yang dibutuhkan kemudian dilakukan perhitungan jatuh tegangan dan rugi-rugi dayanya. Hasil yang didapatkan merupakan hasil total dari jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada Penyulang Merapi yaitu 3,1114 kV dengan persentase jatuh tegangannya 15,177 %, nilai tersebut menunjukkan bahwa tidak memenuhi standar yang ditentukan. Hal ini bearti dibutuhkan perbaikan pada sistem penyaluran tersebut. Jatuh tegangan persegmen sangat bervariasi tergantung dari panjang penghantar, besar arus saluran dan jenis impedansi, Jatuh tegangan terbesar ada pada saluran 79 dengan nilai 217,7194 V. Untuk rugi-rugi daya didapatlah nilai rugi-rugi daya total 732474,4685 watt dan persentasenya terhadap daya yang terpakai total yaitu 6,972 % dengan nilai rugi-rugi daya terbesar ada pada line 106 yaitu 58943,8696 Watt. Nilai ini masih memenuhi nilai standar rugi-rugi daya yaitu dibawah 8,5 %.

Kata Kunci : Jatuh Tegangan, Rugi-rugi Daya, Saluran Distribusi TM, Tegangan Nominal

ABSTRACT

STUDI PERHITUNGAN JATUH TEGANGAN DAN RUGI-RUGI DAYA PADA PENYULANG MERAPI GARDU INDUK SIMPANG TIGA

(Suci Ardillah, 03041181419174, 2018, 83 halaman)

The quality of a power supply is influenced by the magnitude of losses at voltage drops and power losses. The smaller the losses on the voltage drop and power losses then the quality will be better, especially with the growing of population will be more and more burden that resulted in the need for electrical energy. On a distribution channel usually has the highest voltage drop and power losses. Then there is a provision (SPLN no.72 of 1987) stating that the lowest allowable voltage is 10% of the nominal working value. The study of the calculation of voltage drop and power losses is needed to find out how much losses that exist in the distribution system of Penyulang Merapi on the Substation Parent Simpang Tiga. The method is to get the required data and then calculate the voltage drop and power losses. The result obtained is the total result of the voltage drop and power losses on the Penyulang Merapi that is 3.1114 kV with the percentage of voltage drop is 15.177%, the value indicates that does not meet the specified standard. This requires improvement in the delivery system. The fall of the segment voltage varies greatly with respect to the length of the conductor, the magnitude of the line current and the type of impedance. The largest voltage drop is on channel 79 with a value of 217.7194V. For power losses obtained the total loss-loss value of 732474,4685 watt and the percentage of the total used power is 6.972% with the largest loss-loss power is on line 106 that is 58943,8696 Watt. This value still meets the standard value of power loss which is below 8,5%.

***Keywords**: Voltage Drop, Power Loss, TM Distribution Channel, Nominal Voltage*

Indralaya, Mei 2018

Mengetahui,	**Menyetujui,**
Ketua Jurusan Teknik Elektro	**Pembimbing Utama**
Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.	**Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M.**
NIP : 197108141999031005	**NIP. 195803041987031002**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT serta salam dan shalawat agar tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan ridho Allah SWT, penulis dapat membuat skripsi ini yang berjudul "Studi Perhitungan Jatuh Tegangan dan Rugi – Rugi Daya pada Penyulang Merapi GI Simpang Tiga".

Pembuatan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M. selaku pembimbing utama selama pelaksanaan tugas akhir
2. Bapak Ir. Rudyanto Thayib, M.Sc. dan Bapak Ir. Antonius Hamdadi, M.S selaku Dosen Pengajar materi Tugas Akhir.
3. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik,S.T., M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. H. Iwan Pahendra Anto Saputra, S.T., M.T. selaku Sekretaris Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE Selaku Rektor Universitas Sriwijaya dan Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
6. Ibu Hera Hikmarika,S.T.,M.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
8. Staff Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya, Buk Diah, Kak Slamet, Kak Ruslan dan semua staff yang telah banyak membantu selama perkuliahan.

9. Orang tua, dan keluarga yang telah memberikan dukungan sepenuhnya selama perkuliahan dan pembuatan skripsi.
10. Orang – orang terdekat, Ookii mine, Agung, Teman-teman angkatan 2014, Arum, Racha, Yuni, Saddik, Beny, Dini, Yogi, Ajik, dll yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang selalu memberikan dukungan terutama STL Squad dan MM

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga uraian ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Palembang, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL..... i
LEMBAR PENGESAHAN.....**ii**
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....**iii**
ABSTRAK.....**iv**
KATA PENGANTAR.....**vi**
DAFTAR ISI.....**viii**
DAFTAR GAMBAR.....**xi**
DAFTAR TABEL.....**xii**
DAFTAR RUMUS.....**xiii**

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....1
1.2 Tujuan Penelitian.....3
1.3 Manfaat Penulisan.....3
1.4 Rumusan Masalah.....3
1.5 Batasan Masalah.....4
1.6 Metode Penulisan.....4
1.7 Sistematika Penulisan.....5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga Listrik.....7

2.2 Peralatan Pengaman Jaringan Tegangan Menengah 9
2.2.1 Pemutus Tenaga (PMT) 9
2.2.2 Relay Arus Lebih (OCR) 9
2.3 Sistem Jaringan Distribusi 11
2.4 Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi 12
2.4.1 Struktur Jaringan Radial 12
2.4.2 Struktur Jaringan *Loop* 14
2.4.3 Struktur Jaringan Spindel 15
2.5 Penghantar Pada Sistem Distribusi Primer 16
2.5.1 Penghantar Udara atau Saluran udara 16
2.5.2 Saluran Kabel Tanah (SKTM) 17
2.6 Karakteristik Saluran 19
2.6.1 Resistansi Penghantar 19
2.6.2 Induktansi dan Reaktansi Induktif 21
2.6.3 Kapasitansi dan Reaktansi Kapasitif 23
2.7 Daya Listrik 24
2.7.1 Pembagian Daya 25
2.7.2 Perhitungan Susut Daya 28
2.8 Perhitungan Tegangan Jatuh 29
2.8.1 Penyebab Terjadinya Tegangan Jatuh 29
2.8.2 Tegangan Jatuh (Drop Tegangan) 30
2.9 Perbaikan Profil Tegangan 33
2.9.1 Pengembangan Jaringan 35
2.10 Perhitungan Rugi-Rugi Saluran 35

BAB III METODOLOGI PENELITIAN41
3.1 Pendahuluan 41
3.2 Persiapan 42
3.2 Flowchart (Diagram Alir) 43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum.....44
4.2 Data Penelitian.....45
4.2.1 Diagram satu garis (*single line diagram*) penyulang Merapi.....45
4.2.2 Data Impedansi pada Penyulang Merapi.....49
4.2.3 Data Transformator Distibusi 56
4.3 Perhitungan Jatuh Tegangan.....61
4.3.1 Perhitungan arus saluran 61
4.3.2. Perhitungan jatuh tegangan persegmen.....70
4.4 Perhitungan Rugi – rugi Daya 77
4.5 Analisa Hasil Perhitungan.....84

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 866
5.2 Saran 877

DAFTAR PUSTAKA.....828

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2. Karakteristik relay waktu inverse..... 10
Gambar 2.4.1 Struktur jaringan Distribusi *Radial* 12
Gambar 2.4.1.a Struktur jaringan Distribusi *Tie Line* 14
Gambar 2.4.2 Struktur jaringan Distribusi *Loop*..... 14
Gambar 2.4.3 Struktur jaringan *Spindle* 15
Gambar 2.6.2 Tegangan induksi induktor 21
Gambar 2.7.1 Segitiga Daya 27
Gambar 2.8.2 Toleransi tegangan pelayanan yang diijinkan..... 30
Gambar 2.8.3 Digram Fasor Jatuh Tegangan 32
Gambar 4.1 Digram Satu Garis *Section* A..... 46
Gambar 4.2 Digram Satu Garis *Section* B 47
Gambar 4.3 Digram Satu Garis *Section* C 48
Gambar 4.4 Posisi Arus Saluran Tiap Segmen pada *Section* C..... 63
Gambar 4.5 Posisi Arus Saluran Tiap Segmen pada *Section* B..... 64
Gambar 4.6 Posisi Arus Saluran Tiap Segmen pada *Section* A..... 64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.6.1 Table Nilai T_0 dan α untuk bahan konduktor standar 21
Tabel 3.2 Rencana waktu penelitian 42
Tabel 4.1 Table Nilai Impedansi yang digunakan sesuai standar 49
Tabel 4.3 Data Impedansi Penyulang meraspi..... 50
Tabel 4.4 Data Trafo Distribusi 57
Tabel 4.5 Table Besar arus saluran 65
Tabel 4.6 Tabel Besar Nilai Jatuh Tegangan..... 71
Tabel 4.7 Tabel Nilai Besar Rugi – rugi daya persegmen 78

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Resistansi Penghantarr..... 19
Rumus 2.2 Perubahan Nilai Tahanan Terhadap Suhu 20
Rumus 2.8 Nilai Tegangan Induksi 22
Rumus 2.9 Reaktansi Induktif 23
Rumus 2.10 Tegangan Arus Bolak Balik..... 23
Rumus 2.11 Muatan..... 24
Rumus 2.12 Reaktansi Kapasitif..... 24
Rumus 2.13 Daya Nyata..... 25
Rumus 2.14 Daya Reaktif 26
Rumus 2.16 Daya Semu 26
Rumus 2.17 Tegangan RMS..... 27
Rumus 2.18 Pytagoras Daya..... 28
Rumus 2.19 Perhitungan Susut Daya..... 28
Rumus 2.20 Tegangan Jatuh 31
Rumus 2.22 Pendekatan Jatuh Tegangan 32
Rumus 2.23 Rugi – rugi Saluran..... 36

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di zaman sekarang kita telah memasuki zaman modernisasi dan globalisasi oleh karena itu teknologi telah berkembang dengan sangat canggih dan termuktakhir, banyak hal – hal yang telah berubah dan kita pula harus sigap dan siap dalam mengikuti perkembangan zaman, di zaman ini pula manusia telah meningkat dengan pesat jumlah nya. Sudah menjadi pengetahuan umum jika listrik menjadi kebutuhan utama manusia, karena semua aktifitas manusia zaman sekarang sudah menggunakan teknologi canggih dan sumber tenaga utama nya adalah listrik, tenaga listrik juga sangat bermanfaat dalam kehidupan manusia baik fungsinya dalam hal penerangan, pemanasan, pengoperasian peralatan-peralatan listrik yang mempermudah aktifitas manusia dalam kehidupan sehari – hari. Tenaga listrik ini sebagian besar dipasok oleh perusahaan Negara (PT.PLN) .

Bicara mengenai tenaga listrik dan peralatan nya dan mengingat pentingnya listrik dalam kehidupan manusia, maka kita harus memastikan kualitas dan kuantitas dari listrik itu sendiri harus dalam kondisi yang baik, dan bagaimana pembangkitan tenaga listrik itu dari awalanya juga bagaimana proses tersalur nya dari awal pentransmisian dari suatu GI (Gardu Induk) ke GI lainya ataupun proses pendistribusian dari GI ke Distribusi Atau dari Area Disribusi ke Konsumen. Seperti yang kita tahu aspek dari baik nya suatu pendistribusian tenaga listrik adalah aspek ekonomis, aspek efektif dan aspek efisiensi.

Terkait dengan permasalah semakin meningkatnya jumlah manusia akan berakibat dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik, maka PT.PLN selaku

sumber utama dari energi listrik berupaya menghasilkan energi yang lebih banyak dengan membeli sumber energi dari pembangkit lain sehingga terpenuhi nya kebutuhan masyarakat tersebut. Tetapi kebanyakan sumber atau suplai energi yang di bangkitkan dengan kapasitas besar sangatlah jauh dari titik beban karena pertimbangan ekonomi maupun aspek dari lingkungan. Akibat dari itu semakin panjang saluran distribusi listrik maka akan semakin besar pula rugi rugi daya nya atau *looses*, penyebab lainya dari *looses* tersebut ialah peralatan dan komponen yang tua dan sudah berumur, dan jenis kabel dengan seberapa besar tahanan atau pun tahanan jenis yang dimiliki kabel tersebut juga beban yang tidak seimbang yang harus di layani oleh perusahaan tersebut. *Looses* itu tidak dapat dihindarkan dari suatu pendistribusian atau penyaluran sistem tenaga listrik, perusahaan membutuhkan saluran distribusi yang handal agar dapat menyalurkan energi listrik yang sampai sepenuh nya ke konsumen. Dalam hal ini Perusahaan tentu akan mengalami kerugian terkait dengan adanya susut daya atau *looses* tersebut [1].

Penelitian dan perbaikan terkait hal yang sama telah banyak dilakukan untuk mengurangi nilai dari *looses* tersebut menjadi dibawah 8.5%, sehingga berkurang nya nilai BPP (Biaya Pembangkitan Pembangkit). Dan mengacu pada beberapa tulisan ilmiah yang di buat pada tahun sebelum nya mengenai *Perhitungan Rugi-rugi Energi Jaringan Distribusi Primer Dengan Model Pendekatan Susut Energi (Studi Kasusr Gardu Induk Keramasan)* (Taswir,2009) dan *Studi Perbaiakn Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Daya Dengan Pengembangan Jaringan Pada Penyulang Arwana G.I Sei Kedukan* (Reza Novandi,2014) .

Maka penulis akan melakukan Studi Perhitungan Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Daya Pada Penyulang Merapi G.I Simpang Tiga.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan diatas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung besarnya jatuh tegangan yang ada pada jaringan distribusi primer pada penyulang Merapi di G.I Simpang Tiga.
2. Menghitung besarnya rugi – rugi daya Penyulang Merapi GI Simpang Tiga dan menganalisa keperluan terhadap perbaikan pada sistem tenaga listrik.

1.3 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Dikarenakan adanya perhitungan jatuh tegangan dan rugi – rugi daya maka kita akan bisa menganalisa perlu atau tidaknya perbaikan pada sistem tenaga listrik sehingga akan baiknya sistem pada jaringan tersebut sehingga menambah keandalan dan mengurangi frekuensi pemadaman , juga meningkatkan keandalan.

2. Memberikan wawasan dan pengetahuan kepada pembaca dan penulis.

1.4 Rumusan Masalah

Dikarenakan semakin banyak nya manusia mengakibatkan semakin banyak nya kebutuhan listrik dan semakin besar nya beban dari konsumen. Maka berimbas pada penyaluran energi listrik tersebut, dimana akan semakin besar nya *looses* dan susut daya. Oleh karena itu akan diambil perumusan masalah perhitungan susut daya atau *looses* dan perhitungan jatuh tegangan persegmen

apakan memenuhi standarisasi PLN SPLN no.72 Tahun 1987 bahwa tegangan terendah yang diperbolehkan adalah sebesar 10 % dari nilai kerja nominal dan ketentuan nilai dari susut daya atau *looses* yaitu dibawah 8.5 %.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan dan tujuan penulisan yang telah dikemukakan di atas agar penulisan ini tidak melebar terlalu jauh maka diberikan beberapa batasan, yaitu :

1) Jaringan distribusi primer yaitu pada jaringan distribusi 20 KV

2) Sistem bekerja dalam keadaan normal dan jaringan seimbang tiap phasa nya

3) Tidak menghitung biaya investasi pengembangan, perbaikan kontruksi jaringan dan saluran tegangan rendah

1.6 Metode Penulisan

Metode yang digunakan untuk mendapatkan data dan informasi pendukung dalam penulisan ini antara lain adalah:

1. Metode Studi Literatur

   Pada metode ini penulis mencari beberapa literatur yang berkaitan dengan perhitungan jatuh tegangan dan rugi – rugi daya kemudian standar yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan perbaikan.

2. Metode Pengumpulan Data

   Pengumpulan data yang diambil merupakan data yang real. Data yang diambil yaitu data yang berasal dari sistem distribusi yang diteliti.

3. Pengolahan Data

Proses analisa dan perhitungan dalam mengolah data guna mendapatkan hasil dari besarnya jatuh tegangan dan rugi- rugi daya yang terdapat pada sistem jaringan.

4. Simulasi

Mensimulasikan hasil perhitungan agar membuktikan keidentikan hasil antara analisa perhitungan dan simulasi aplikasi pada jaringan distribusi.

5. Bimbingan atau konsultasi

Melakukan konsultasi dalam penyelesaian sebagai sarana menyelesaikan masalah ataupun kesulitan dalam penulisan tugas akhir ini dengan dosen, teman mahasiswa dan pihak yang memiliki kepahaman pada bidang jaringan distribusi di Gardu Induk tersebut.

1.7 Sistematika Penulisan

Pembahasan tugas akhir ini secara garis besar tersusun dari 5 (lima) bab, yaitu diuraikan sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, tujuan penulisan, perumusan masalah, pembatasan masalah, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi hipotesa dan teori dasar mengenai sistem tenaga listrik ,Gardu Induk , jenis – jenis jaringan distribusi , daya pada sistem tenaga

listrik , persamaan aliran daya , juga teori – teori awal mengenai rugi – rugi daya , jatuh tegangan , persamaan dan rumus rumus nya serta dasar dari pengaturan tegangan .

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang *flowchart* penelitian, langkah – langkah apa saja yang akan di tempuh selama penelitian ,rumusan pendekatan dalam menghitung nilai jatuh tegangan dan rugi – rugi daya ,waktu dan tempat penelitian, juga perumusan perhitungan dan kronologi penelitian .

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil perhitungan dan analisa yang didapat setelah melakukan observasi di lapangan dan pencarian data yang dibutuhkan juga perhitungan hasil dari data yang di dapat.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup yang merupakan kesimpulan seluruh hasil penelitian serta saran-saran yang diharapkan dapat bermanfaat untuk penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Novandi, *Studi Perbaikan Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Daya dengan pengembangan Jaringan pada Penyulang Arwana GI Sei.Kedukan*. Palembang: Universitas Sriwijaya, 2014.

[2] N. Arinafril, "Optimalisasi Penempatan dan Kapasitas Distributed pada Penyulang Semeru Mnggunakan Artificial Immune Negative Selection," 2017.

[3] J. J. Grainger and W. D. Stevenson, *Power system analysis*. McGraw-Hill, 1994.

[4] A. Hamdadi, *Analisa Sistem Tenaga*. Palembang: Teknik Elektro Universitas Sriwijaya, 2005.

[5] N. 605. k/DIR/201. Lampiran Keputusan Direksi PT. PLN (Persero), "Buku 1 kriteria Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik," *PT PLN*, 2010.

[6] H. T.S, "Transmisi Daya Listrik," Jakarta: Erlangga, 1985, pp. 7–8.

[7] F. Arif, *Prinsip Kerja Komponen Gardu Induk*. Palembang: UPGRIP, 2013.

[8] P. P. (persero), "Jatuh Tegangan," in *1*, Jakarta, 2010, p. 20.

[9] S. M. Sihombing, "Tegangan Jatuh (Drop Tegangan)." Medan, pp. 1–2, 2012.

[10] H. Basri, *Distribusi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: ISTN, 2000.

[11] J. Cartenz, D. Jurusan, T. Elektro, F. Teknik, and U. Cenderawasih, "PERHITUNGAN JATUH TEGANGAN SUTM 20 KV PADA PENYULANG SOKA DI PT. PLN (PERSERO) CABANG JAYAPURA Parlindungan Doloksaribu," vol. 4, no. 6, pp. 51–57, 2013.

[12] F. Hermanto and T. Sukmadi, "Jaringan Tegangan Menengah Pt Rum."