

Analisa Pengaruh Sistem Pembumian pada Generator Menggunakan Metode NGR Untuk Mereduksi Arus Gangguan Satu Fasa ke Tanah pada PLTU PT SUGAR LABINTA

Novia Utami Putri¹, Fika Trisnawati²

Jurusan Teknik Elektro Universitas Teknokrat Indonesia, Bandar Lampung
Jl. ZA. Pagar Alam No.9 -11, Labuhan Ratu, Kec. Kedaton,
Kota Bandar Lampung, Lampung 35132

¹noviautami@teknokrat.ac.id

²fikat18@gmail.com

Intisari — Generator merupakan salah satu komponen penting pada proses pembangkitan energi listrik karena fungsi utamanya sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Gangguan satu fasa ketanah merupakan gangguan hubung singkat yang terjadi karena flashover antara penghantar fasa dan tanah. Pemasangan system pentanahan NGR atau Neutral Grounding Resistor pada generator digunakan untuk mengurangi gangguan arus satu fasa ke tanah akibat berbagai macam gangguan. Mengalirnya arus satu fasa ketanah juga dapat menimbulkan arus transient yang mengurangi kinerja generator itu sendiri. Penelitian ini bermaksud untuk menganalisa kinerja sistem pembumian NGR pada generator dari arus gangguan satu fasa ke tanah pada PLTU PT Sugar Labinta Lampung Selatan. Dengan melakukan analisa menggunakan simulasi ETAP 12.6 untuk melihat kualitas system pembumian apabila terjadi gangguan satu fasa ke tanah dan juga pada kondisi yang normal. Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu, pada sistem pembumian solid diketahui hasil arus gangguan hubung singkat sebesar 3.600 A, kemudian system pembumian dilakukan reduksi dengan menggunakan NGR sehingga nilai arus hubung singkatnya menjadi kisaran 847 A. Sehingga generator dapat tetap dalam kondisi yang aman dan stabil ketika menghadapi arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

Kata kunci — Listrik, Pembumian, Gangguan, NGR, Simulasi ETAP.

Abstract — Generator is one of the important components in the energy generation process electricity because its main function is to convert mechanical energy into electrical energy. Single-phase to ground fault is a short-circuit fault that occurs due to flashover between the phase conductor and ground. The installation of an NGR or Neutral Grounding Resistor grounding system on the generator is used to reduce single-phase current to ground faults due to various kinds of disturbances. The flow of single-phase current to ground can also cause transient currents that reduce the performance of the generator itself. This study intends to analyze the performance of the NGR earthing system on the generator from a single phase fault current to ground at PLTU PT Sugar Labinta Lampung Selatan. By doing an analysis using ETAP 12.6 simulation to see the quality of the earthing system in the event of a single phase fault to ground and also under normal conditions. The results obtained from this study are, in a solid earthing system, it is known that the short-circuit fault current is 3,600 A, then the system grounding is reduced by using NGR so that the short circuit current value is in the range of 847 A. So that the generator can remain in a safe and stable condition when facing a single phase short circuit fault current to ground.

Keywords— Electrical, Earth, Fault, NGR, ETAP Simulation.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sumber daya listrik pada dewasa ini telah menjadi salah satu kebutuhan sehari-hari yang harus terpenuhi, karena hampir seluruh peralatan beraktfitas menggunakan sumber energi listrik mulai dari peralatan perkantoran, pendidikan, rumah sakit, industri, dan rumah tangga. Dengan meningkatnya kebutuhan akan energi listrik tersebut maka harus diimbangi

dengan semakin meningkatnya kualitas energi listrik yang ada.

Salah satu sumber pembangkit listrik yang ada di Indonesia ialah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menggunakan batu bara sebagai bahan utamanya. Proses pemanasan untuk menghasilkan uap sangat penting dalam proses pembangkitan listrik dari perubahan energi uap panas menjadi energi mekanik (gerak turbin) kemudian diteruskan menjadi energi listrik [1].

Sistem tenaga listrik merupakan salah satu sistem yang cukup kompleks dengan penggunaan peralatan konversi energi seperti generator, transformator, turbin, *boiler* dan lain sebagainya. Setelah energi listrik berhasil diperoleh maka proses selanjutnya adalah pendistribusian energi listrik ke konsumen agar dapat langsung digunakan untuk menunjang berbagai aktifitas sehari-hari.

Sistem pembumian merupakan salah satu hal yang sangat penting pada sistem tenaga listrik untuk mengamankan peralatan elektrik dan keselamatan manusia yang berada disekitar pembangkit [2]. Pemasangan sistem pentanahan dapat menjadi salah satu solusi untuk meminimalisir terjadinya gangguan pada suatu pembangkit listrik. Gangguan satu fasa ketanah merupakan gangguan hubung singkat yang terjadi karena *flashover* antara penghantar fasa dan tanah. Tegangan sentuh dan tegangan langkah juga perlu diperhatikan yang terjadi akibat gangguan arus pada pembangkit karena dapat membahayakan keselamatan manusia yang berada diarea pembangkit.

Generator merupakan salah satu komponen penting pada proses pembangkitan energi listrik karena fungsi utamanya sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik [3]. Mengingat pentingnya peranan generator maka sistem pembumian yang handal harus lebih diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk membatasi adanya arus gangguan apabila terjadi hubung singkat satu fasa ke tanah yang dapat berakibat buruk pada sistem peralatan dan pada generator itu sendiri. Pemasangan sistem pentanahan NGR atau *Neutral Grounding Resistor* pada generator digunakan untuk mengurangi gangguan arus satu fasa ke tanah akibat berbagai macam gangguan. Mengalirnya arus satu fasa ketanah juga dapat menimbulkan arus transient yang mengurangi kinerja generator itu sendiri.

Pada penelitian ini penulis akan menganalisa kinerja sistem pembumian NGR pada generator dari arus gangguan satu fasa ke tanah pada PLTU PT Sugar Labinta Lampug Selatan. Dengan melakukan analisa menggunakan simulasi ETAP 12.6 untuk melihat kualitas sistem pembumian apabila terjadi gangguan satu fasa ke tanah dan juga

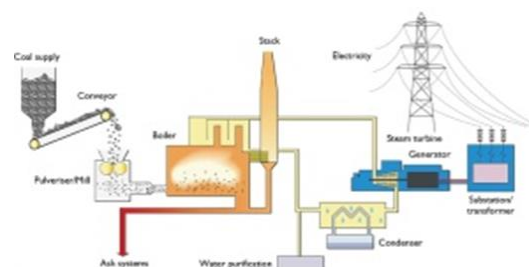
pada kondisi yang normal. Mengingat pentingnya sistem pembumian dalam suatu jaringan listrik, maka penulis mengangkat topik penelitian skripsi berjudul “Analisa Pengaruh Sistem Pembumian Pada Generator Menggunakan Metode NGR Untuk Mereduksi Arus Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Pada PLTU PT Sugar Labinta”.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pembangkit listrik tenaga uap adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik uap untuk menghasilkan tenaga listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah Generator yang dihubungkan dengan turbin dimana untuk menjalankan turbin dibutuhkan energi kinetik uap panas atau kering [1]. Di PLTU, energi primer diubah menjadi energi listrik sebagai bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan pada tahun dapat berupa batubara (padat), minyak bumi (cair), atau gas.

Berikut ini merupakan gambaran pembangkitan listrik pada PLTU, dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gbr 1. Skema PLTU Batubara

(Sumber : The Coal Resource, 2014)

B. Generator

Generator adalah suatu alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik [3]. Energi mekanik dapat dihasilkan dari panas, air, uap, dll. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator tersebut dapat berupa arus bolak-balik (*alternative current*) maupun arus searah (*direct current*). Tergantung dari konstruksi genset yang digunakan oleh pabrik. Generator terkait erat dengan Hukum Faraday. Berikut adalah hasil dari hukum Faraday “ bahwa jika seutas kawat menghantarkan listrik dalam medan magnet yang berubah, maka kawat tersebut

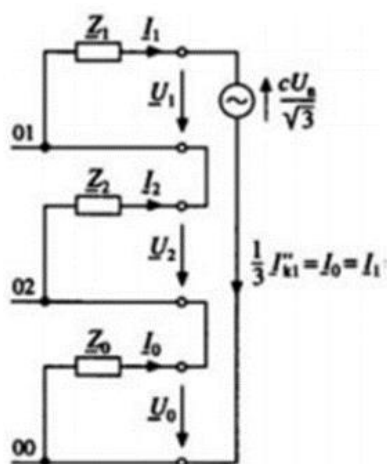
akan menghasilkan gaya gerak listrik yang mempunyai satuan volt”.

Generator sinkron memiliki jumlah putara rotor yang sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Generator sinkron biasa digunakan pada pusat pembangkit listrik, contohnya pada PLTD, PLTU, PLTA dan juga pada industri. Fungsi utama dari generator sinkron adalah mengubah tenaga mekanis mejadi tenaga listrik dengan arus bolak-balik (AC).

Kecepatan generator sinkron merupakan hasil dari kecepatan putaran rotor yang memiliki kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan putaran stator [4]. Mesin ini tidak dapat bekerja sendiri karena kutub-kutub rotor tidak bisa secara tiba-tiba mengikuti kecepatan medan putar ketika sakelar dihubungkan ke jaringan .

C. Gangguan satu fasa ke tanah

Gangguan pembumian satu fasa terjadi ketika salah satu fasa dari sistem kelistrikan korsleting ke tanah dan dapat menyebabkan percikan api dan merusak inti besi dan merupakan kerusakan yang perlu diperbaiki total [5]. Gangguan seperti ini harus segera diproteksi untuk menjaga keselamatan dan kinerja sistem kelistrikan. Rangkaian ekuivalendari gangguan satu fasa ke tanah dapat di lihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gbr 2. Rangkaian ekuivalen gangguan satu fasa ke tanah.

(Sumber : PUIL 2000)

Untuk menghitung nilai arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dapat menggunakan persamaan 1 berikut ini.

$$I''_{kl} = \frac{\sqrt{3} c. U_n}{2Z_1 + Z_0} \quad (1)$$

Dimana :

C = faktor tegangan = 1,05

Un = Tegangan nominal (v)

Z1 = Impedansi aliran positif (Ω)

Z0 = impedansi aliran Nol (Ω)

D. Pembumian

Pembumian merupakan suatu alat proteksi untuk mengamankan dan memperkecil resiko pengguna tenaga listrik pada bahaya tegangan sentuh [6]. Tegangan sentuh adalah tegangan yang dapat tersentuh, yang timbul selama gangguan isolasi antara dua bagian secara bersamaan [7]. Sistem pembumian adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi atau tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan atau arus abnormal [5]. Sistem pembumian menjadi sangat penting dalam berbagai hal kelistrikan. Sistem pembumian (*grounding*) adalah suatu sistem proteksi berupa alat pengaman listrik yang memiliki fungsi untuk memproteksi manusia terhadap bahaya tegangan sentuh.

Tegangan sentuh adalah tegangan yang timbul selama gangguan isolasi antara dua bagian yang dapat terjangkau secara serempak [8]. Resistansi pembumian total seluruh sistem tidak boleh lebih dari 5 Ω sementara untuk daerah yang resistansi jenis tanah yang sangat tinggi, resistansi pembumian tidak boleh lebih dari 10 Ω (PUIL 2000, 3.13.2.10). selain untuk menghilangkan beda potensial, *grounding* juga memiliki fungsi sebagai pengaman tegangan sentuh bagi manusia. Persamaan untuk menghitung besarnya arus gangguan dapat dilihat pada persamaan 2 dibawah ini.

$$I = \frac{E}{R} \quad (2)$$

Dimana :

I = Arus gangguan (A)

E = tegangan line to netral (V)

R = hambatan dari NGR (Ohm)

III. METODE PENELITIAN

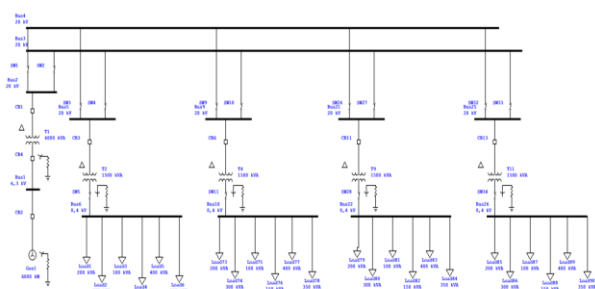
A. Metode Pengumpulan data

Pada penelitian ini peneliti menggunakan teknik pengumpulan data dengan melakukan observasi, wawancara, serta studi literatur. Berikut ini merupakan penjabaran dari teknik pengumpulan data :

- 1) Observasi = Dalam teknik ini penulis tidak secara langsung terjun kelapangan melainkan langsung pada lembaga inspeksi yang melaksanakan Uji Laik Operasi pada PT sugar Labinta, sebagai pelaksananya yaitu dari PT Lintas Prima Energi.
- 2) Wawancara = Pada penelitian ini penulis melakukan wawancara pada bagian pelaksana inspeksi mengenai hubung singkat satu fasa ketanah pada PLTU Sugar Labinta.
- 3) Studi literatur = Data yang diperoleh bersumber dari berbagai literatur, jurnal penelitian, internet, buku, dan pustaka lainnya yang berkaitan dengan penelitian yang akan diteliti.

B. Pengolahan data

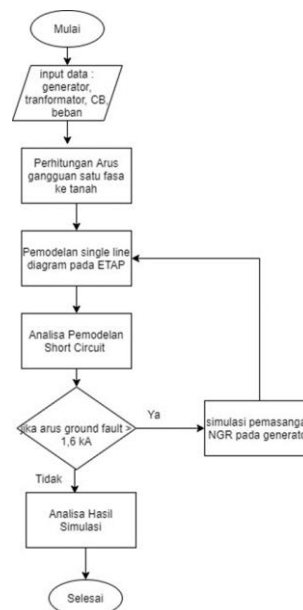
Proses pengolahan data dilakukan sesudah proses pengambilan data. Pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahap diantaranya pengelompokan dan pentabulasian data sesuai dengan kapasitas beban maksimum dan kebutuhan analisis, selanjutnya melakukan analisis perhitungan data untuk simulasi dengan menggunakan perangkat lunak ETAP (Electrical Transient Analysis Program) versi 12.6, dan yang terakhir adalah melakukan pembahasan terhadap data yang telah diolah. Pengujian yang dilakukan sebanyak 5 kali secara bertahap mulai dari beban 2000 kW sampai beban maksimal 4300 kW pada generator PLTU PT Sugar Labinta.



Gbr.3 SLD pada PLTU Sugar Labinta 6000kW.

C. Diagram Alir Penelitian

Alur logika dari penyelesaian permasalahan dalam pemasangan reaktor seri untuk membatasi arus gangguan hubung singkat adalah sebagai berikut :



Gbr.4 Diagram alir penelitian

Berikut merupakan uraian diagram alir untuk mereduksi arus gangguan satu fasa ketanah seperti yang terlihat pada gambar 4 diatas.

- 1) Mulai
- 2) Membuat desain *single line diagram*.
- 3) Memasukkan data : Data Generator, beban, bus, transformator.
- 4) *Running* simulasi rangkaian hubung singkat
- 5) Meninjau besar arus gangguan 1 phasa ketanah >1600A menggunakan sistem pembumian solid. Jika “Ya” maka lakukan pemasangan NGR kemudian analisa keadaan setelah dipasang NGR, jika “Tidak” maka cek dan analisa hasil.
- 6) Proses simulasi hubung singkat selesai dan arus gangguan telah direduksi menggunakan NGR.
- 7) Selesai.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Arus hubung singkat pada Generator terdiri dari berbagai jenis yaitu gangguan 1 phasa ke tanah, gangguan 2 phasa ketanah, gangguan 3 phasa ke tanah dan dalam analisa ini membahas permasalahan arus hubung singkat (gangguan 1 phasa ketanah) yang terjadi pada Generator. Di bawah ini adalah

metode perhitungan yang di lakukan untuk mendapat hasil nilai arus hubung singkat (gangguan 1 phasa ke tanah) :

$$X_0 = 0,55 \, \Omega$$

$$X_1 = 0,55 \, \Omega$$

$$X_2 = 0,53 \, \Omega$$

$$I_{f1\phi} = \frac{j^3}{j0,55+j0,55+j0,53} = 1,84 \, pu$$

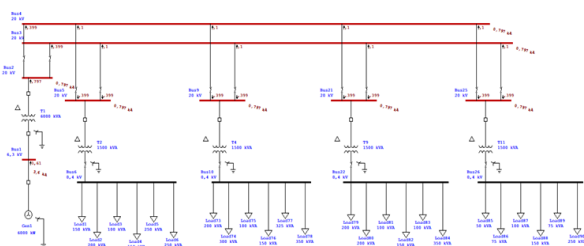
$$I_{f1\phi} = 1,84 \, pu \times \left(\frac{3,3 \, kV}{\sqrt{3}} \right) = 3,505 \, kA$$

Jika terjadi arus hubung singkat maka dapat mengakibatkan *arc fault* pada generator, untuk mengetahui nilai arus *arc fault* maka digunakan persamaan dibawah ini :

$$I_{f(arc)} = 3,505 \, kA \times \frac{3637 \times -150}{3637} = 3,360 \, kA$$

A. Simulasi Short-circuit Menggunakan Sistem Pembumian Solid

Berikut ini merupakan hasil rangkaian *short-circuit* pada etap 12.6, dapat dilihat pada gambar dibawah :



Gbr.5 Hasil Simulasi *Short-circuit* menggunakan *Solid Grounding* Pada Generator.

Analisa perhitungan ini digunakan untuk mengetahui selisih dari nilai perhitungan dan simulasi yang dilakukan setelah generator menggunakan sistem pembumian NGR. Untuk menentukan besar arus gangguan dengan metode pembumian NGR digunakan persamaan dibawah ini :

$$I_{f1\phi} = \frac{3E_g}{(Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_n)} A$$

Dimana :

$$X_0 = 0,55 \, \Omega$$

$$X_1 = 0,55 \, \Omega$$

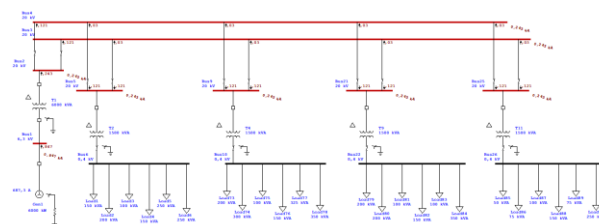
$$X_2 = 0,53 \, \Omega$$

$$Z_n = 4,662 \, \Omega$$

$$\begin{aligned} I_{f1\phi} &= \frac{3 \times (3637 + j0)}{((j0,55 + j0,55 + j0,55) + (3 \times 4,662))} A \\ &= \frac{10911 + j0}{13,986 + j1,63} \times \frac{13,986 - j1,63}{13,986 - j1,63} \\ &= \frac{152.601,246 - j17.784,93}{198,265} \\ &= 769,683 - j89,702 A \\ &= 801,717 \angle - 6,424 A \end{aligned}$$

B. Simulasi Short-circuit Menggunakan Sistem Netral Grounding Resistor

Simulasi *short-circuit* dilakukan setelah menggunakan metode pembumian Resistor (NGR) seperti pada gambar 6 terlihat bahwa gangguan 1 fasa ke tanah dapat di reduksi menggunakan sistem NGR sesuai dengan kapasitas generator pada PLTU PT Sugar Labinta Lampung.



Gbr. 6 Hasil Simulasi *Short-circuit* menggunakan Sistem NGR

Berdasarkan hasil simulasi diatas diketahui nilai arus hubung singkat (gangguan 1 fasa ketanah) adalah sebesar 847 Amper, tidak jauh berbeda dengan hasil perhitungan menggunakan rumus arus gangguan satu fasa ke tanah yaitu sebesar 801,7 Ampere. Kemudian setelah analisa dan simulasi rangkaian pembumian dengan sistem solid grounding yang terdapat pada PLTU PT Sugar Labinta, dapat diketahui bahwa arus gangguan satu fasa ke tanah dapat direduksi dengan menggunakan sistem Netral Grounding Resistor (NGR) yang di sesuaikan dengan kapasitas generator. Sebagai pembandingan hasil pembumian menggunakan Solid grounding dan NGR dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Pembumian Sistem Solid dan NGR

Sumber Data	Nilai Arus Gangguan	
	Solid Grounding	Netral Grounding Resistor
Perhitungan	3505 A	801,7 A
Simulasi Etap	3600 A	847 A

V. SIMPULAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan analisa perhitungan dan simulasi, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Simulasi pbumian dengan menggunakan sistem solid grounding pada Generator PLTU PT Sugar Labinta dapat diketahui nilai arus hubung singkat gangguan satu fasa ke tanah yaitu sebesar 3600 Ampere, dari hasil simulasi tersebut dapat diketahui bahwa arus hubung singkat gangguan satu fasa ke tanah melebihi batas aman dari generator yaitu kurang dari 1600 Ampere.
2. Simulasi dengan menggunakan sistem pbumian NGR yang sesuai dengan kapasitas generator pada PLTU PT Sugar Labinta dapat diketahui nilai arus gangguan satu fasa ke tanah dapat di reduksi sebesar 847 Ampere yang artinya nilai arus gangguan tersebut masih dalam batas aman.

B. Saran

Sistem pbumian pada generator PLTU PT Sugar Labinta yang saat ini menggunakan sistem *solid grounding* kurang efektif dalam menghadapi arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dan pemasangn sistem pbumian dengan metode NGR dapat dijadikan solusi karena bisa mereduksi arus gangguan tersebut agar kinerja generator tetap dalam kondisi yang stabil serta aman ketika menghadapi arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

REFERENSI

- [1] H. Abbas, J. Jamaluddin, M. Arif, and A. Amiruddin, "Analisa Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Tenaga Uap Di PLTU," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 14, no. 01, pp. 2024–2028, 2019, doi: 10.47398/iltek.v14i01.362.
- [2] H. Isyanto and N. Nurchosid, "Disain Optimalisasi Jarak Grid Dan Ground Rod Pada Sistem Pbumian," *Elektum*, vol. 14, no. 1, p. 32, 2017, doi: 10.24853/elektum.14.1.32-44.
- [3] Perawati, "Karakteristik Generator Sinkron Yang Berbeban Berat dan Tidak konstan," vol. 2, pp. 115–120, 2017.
- [4] A. T. Apriliyanto and I. M. Wartana, "Implementasi Sistem Grounding Resistansi Tinggi untuk Mereduksi Arus Gangguan 1 Fasa ke Tanah pada Sistem Kelistrikan PT Petrokimia Gresik," 2017.
- [5] R. K. Julius Sentosa Setiadji, Tabrani Machmudsyah, "Analisa Gangguan Satu Fasa ke Tanah yang Mengakibatkan Sympathetic Trip pada Penyulang yang tidak Terganggu di PLN APJ Surabaya Selatan," *J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 15–21, 2006, doi: 10.9744/jte.6.1.
- [6] S. Prih, "Tahanan Grounding Rumah Tinggal," 2011.
- [7] Sudaryanto, "Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pbumian Pada Tanah Basah, Tanah Berpasir dan Tanah Ladang," *J. Electr. Technol.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2016.
- [8] B. S. Nasional, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2000, no. Puil, pp. 1–133, 2000.