

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMALISASI SISTEM GROUNDING
PADA TRANSFORMATOR DAYA 100 MVA STEP-UP 11 KV
KE 150 KV DI PT. SUPREME ENERGY MUARA LABUH**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

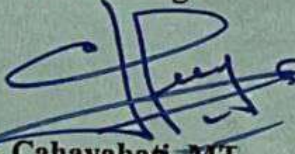
Oleh :

SOPIAN HAMONANGAN ARITONANG

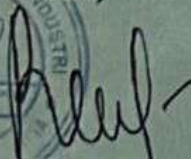
2410017111107

Disetujui Oleh :

Pembimbing


Ir. Cahayahati, MT
NIDN : 1010106201

Diketahui Oleh :

**Fakultas Teknologi Industri
Dekan,**

Prof. Dr.Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T.
NIDN : 1012097403

**Prodi Teknik Elektro
Ketua,**

Dr. Ir. Indra Nisia, M. Sc.
NIDN : 1028076501

LEMBAR PENGUJI

**OPTIMALISASI SISTEM GROUNDING
PADA TRANSFORMATOR DAYA 100 MVA STEP-UP 11 KV
KE 150 KV DI PT. SUPREME ENERGY MUARA LABUH**

SKRIPSI

SOPIAN HAMONANGAN ARITONANG

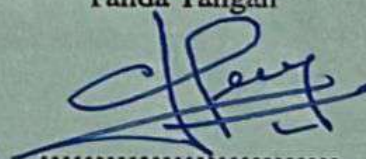
NPM :2410017111107

*Dipertahankan Di Depan Penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultás Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
Hari : Rabu, 11 Februari 2026*

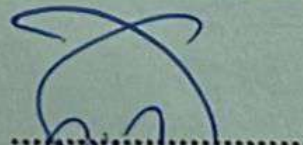
No. Nama

Tanda Tangan

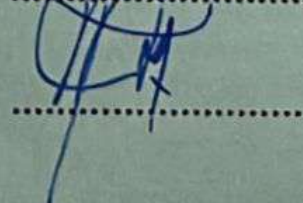
1. Ir. Cahayahati, MT.
Ketua dan Penguji



2. Dr. Ir. Indra Nisja, M. Sc.
Penguji



3. Dr. Ir. Hidayat, MT. IPM
Penguji



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan skripsi saya dengan judul “**Optimalisasi Sistem Grounding Pada Transformator Daya 100 MVA Step-Up 11 kV Ke 150 kV Di PT. Supreme Energy Muara Labuh**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Padang, 13 Februari 2026



Supriyadin Aritonang
NPM: 2410017111107

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan SKRIPSI ini dengan judul “OPTIMALISASI SISTEM GROUNDING PADA TRANSFORMATOR DAYA 100 MVA STEP-UP 11 KV KE 150 KV”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar kesarjanaan (Strata-1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.

Dalam menyusun skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak, karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dan membimbing penulis sehingga laporan ini dapat diselesaikan.

1. Kepada kedua orang tua, yang selalu memberikan dukungan dan doanya serta semangat demi keselamatan, kesehatan dan kesuksesan anaknya.
2. Kepada istri dan anak yang telah memberikan dukungan dan doanya dan semangat demi kelancaran dan kesuksesan penulis sehingga laporan skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Ibu Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
4. Bapak Dr. Ir. Indra Nisja, M. Sc. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
5. Bapak Ir. Cahayahati, MT. Selaku dosen pembimbing dalam pembuatan laporan proposal skripsi dan laporan skripsi yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan skripsi.
6. Bapak Ir. Yani Ridal, MT. Selaku Penasehat Akademis.
7. Bapak/Ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
8. Teman-teman yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini. Penulis telah berusaha melakukan yang terbaik dalam penulisan skripsi ini namun penulis menyadari masih banyak kekurangan dan jauh dari

kesempurnaan yang ada dalam skripsi ini. Oleh karena itu sumbangan, gagasan, kritikan, saran dan masukan yang akan membangun penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangan pengetahuan bagi pihak yang membutuhkan.

Padang, 19 Januari 2026

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sopian', with a stylized flourish at the end.

Sopian Hamonangan Aritonang

ABSTRAK

Sistem pentanahan (*grounding*) memegang peranan penting dalam menjamin keandalan dan keselamatan sistem tenaga listrik, khususnya pada transformator *step-up* 11 kV ke 150 kV . Penelitian ini membahas tentang mengoptimalkan sistem pentanahan pada transformator daya 100 MVA *step-up* 11 kV ke 150 kV di PT. Supreme Energy Muara Labuh agar dapat menurunkan risiko kerusakan peralatan serta meningkatkan perlindungan terhadap gangguan seperti arus gangguan ketanah, petir, Metodologi yang digunakan meliputi analisis nilai tahanan tanah eksisting, evaluasi konfigurasi elektroda pentanahan untuk mengetahui distribusi arus gangguan dan kinerja sistem pentanahan. Hasil studi menunjukkan bahwa nilai tahanan tanah awal masih melebihi batas standar yang ditetapkan dalam PUIL 2011 dan IEEE Std 142 yang merekomendasikan nilai tahanan pentanahan kurang dari 5 Ω . Upaya optimalisasi sistem pentanahan dilakukan dengan menambah jumlah elektroda batang, meningkatkan panjang dan kedalaman penanaman elektroda, serta menerapkan metode *parallel rod* untuk memperoleh penurunan nilai tahanan pentanahan yang signifikan hingga memenuhi standar. Karena optimalisasi sistem pentanahan memberikan dampak positif terhadap peningkatan keandalan dan keselamatan sistem tenaga listrik di lokasi PT. Supreme Energy Muara Labuh.

Kata kunci: Sistem pentanahan (*grounding*), transformator daya 100 MVA, tahanan pentanahan, *parallel rod*, optimalisasi, PUIL 2011 dan IEEE Std 142.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Mamfaat Penelitian	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Penelitian.....	6
2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Keandalan Sistem Pentanahan	10
2.2.2 Jenis Jenis Pentanahan	12
2.2.3 Jenis Sistem Pentanahan	14
2.2.4 Jenis Gangguan	17
2.2.5 Sistem Pentanahan	19
2.2.6 Elektroda Pentanahan.....	22
2.2.7 Konduktor Penghubung	27
2.2.8 Karakteristik Tanah.....	28
2.2.9 Hubungan Tahanan Pentanahan Dengan Tegangan Sentuh.....	29

3.2	Hipotesis.....	30
BAB III.....		31
METODOLOGI PENELITIAN		31
3.1	Metode Penelitian.....	31
3.1.1	Alat Penelitian.....	31
3.1.2	Bahan Penelitian.....	34
3.2	Diagram Alur Penelitian	38
3.3	Deskripsi Sistem Dan Analisis.....	39
3.3.1	Sistem Pentanahan Pada Transformator Daya 100 MVA.....	39
3.2.2	Sistem Instalasi Pentanahan Transformator Daya 100 MVA	40
3.2.3	Skema Pengujian Tahanan Pentanahan.....	47
BAB IV		50
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		50
4.1	Deskripsi Penelitian	50
4.2	Pengumpulan Data	50
4.2.1	Pengukuran Menggunakan Earth Tester	50
4.2.2	Pengukuran Menggunakan Earth Clamp Tester	53
4.3	Perhitungan	54
4.3.1	Perhitungan Perencanaan Penambahan Elektroda Batang.....	55
4.3.2	Desain Perencanaan Penambahan Elektroda Batang	61
4.3.3	Alat Yang Digunakan Untuk Penambahan Elektroda Batang	63
4.3.4	Bahan Yang Digunakan Untuk Penambahan Elektroda Batang...	64
4.3.5	Langkah-Langkah Penanaman Elektroda Batang	65
4.3.6	Pengukuran Setelah Penambahan Elektroda Batang.....	66
4.4	Pembahasan Dan Analisa	70

4.4.1	Hasil Pengukuran Dan Hasil Perhitungan Secara Teoritis.....	70
4.4.2	Hasil Perhitungan Penambahan Elektroda Batang.....	70
4.4.3	Grafik Perbandingan Penambahan Elektroda Batang	72
4.4.4	Kondisi Pentanahan Setelah Penambahan Elektroda Batang	72
4.4.5	Perbandingan Hasil Sebelum Dan Setelah Penambahan Elektroda	73
4.4.6	Evaluasi Terhadap Standar.....	73
BAB V		76
KESIMPULAN DAN SARAN		76
5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA		78
LAMPIRAN		80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Saluran Tanah Dan Netral Disatukan TN-C	15
Gambar 2. 2 Saluran Tanah Dan Netral Dipisah TN-S	15
Gambar 2. 3 Saluran Tanah Sistem Dan Saluran Bagian Sistem Terpisah TT ...	16
Gambar 2. 4 Saluran Tanah Melalui Impedansi (IT).....	17
Gambar 2. 5 Sistem Pentanahan Grid-Rod.....	19
Gambar 2. 6 Single Rod.	20
Gambar 2. 7 Parallel Grounding Rod.	21
Gambar 2. 8 Multi Grounding System	22
Gambar 2. 9 Elektroda Batang	24
Gambar 2. 10 Elektroda Pelat.....	26
Gambar 2. 11 Elektroda Pita.....	27
Gambar 2. 12 Penghantar BC (Bar Cooper).....	28
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian	31
Gambar 3. 2 Earth Tester HIOKI FT 6301.....	32
Gambar 3. 3 Earth Clamp Tester FLUKE 1630-2.....	33
Gambar 3. 4 Prinsip Kerja Transformator	35
Gambar 3. 5 Transformator Daya 100 MVA	36
Gambar 3. 6 Diagram Alur Penelitian	39
Gambar 3. 7 Elektroda Pentanahan (Single Rod).....	41
Gambar 3. 8 Penghantar Pentanahan NYA Tinned 240 mm ²	42
Gambar 3. 9 Sambungan Exothermic Welding.....	43
Gambar 3. 10 PVC Konduit Penghantar Pentanahan	44
Gambar 3. 11 Bak Kontrol Elektroda Batang.....	45
Gambar 3. 12 Elektroda Batang (Single Rod).....	46
Gambar 3. 13 Skema Pengujian Menggunakan Earth Tester	48
Gambar 3. 14 Skema Pengujian Menggunakan Earth Clamp Tester	49
Gambar 4. 1 Pengukuran Menggunakan Earth Tester HIOKI 6301	52
Gambar 4. 2 Pengukuran Menggunakan Earth Clamp Tester	54
Gambar 4. 3 Grafik Jumlah Elektroda Batang Terhadap Tahanan Pentanahan ..	61

Gambar 4. 4 Desain Penambahan Elektroda Batang.....	62
Gambar 4. 5 Setelah Penambahan Elektroda Batang	66
Gambar 4. 6 Pengukuran Menggunakan Earth Tester HIOKI 6301	68
Gambar 4. 7 Pengukuran Menggunakan Earth Clamp Tester FLUKE 1630-2...	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tahanan Jenis Standar Tanah (PUIL 2011)	28
Tabel 3. 1 Data Sistem Pentanahan Transformator 100 MVA.....	46
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan	52
Tabel 4. 2 Perhitungan Penambahan Elektroda Batang	60
Tabel 4. 3 Penambahan Elektroda Batang.....	62
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Setelah Penambahan Elektroda Batang	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Supreme Energy Muara Labuh merupakan pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) dengan kapasitas terpasang 1 x 85 MW yang beroperasi di wilayah Sumatera Barat. Dengan kondisi geografis yang didominasi daerah pegunungan dan cuaca ekstrim, area pembangkit ini sangat rentan terhadap gangguan eksternal seperti sambaran petir. Gangguan petir dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap keandalan sistem kelistrikan PLTP, termasuk menyebabkan kerusakan pada peralatan kontrol, instrument, elektrik, sistem proteksi, maupun sistem distribusi internal. Salah satu cara yang efektif untuk mengurangi risiko gangguan akibat petir adalah penerapan sistem pentanahan yang baik, yang mampu menyalurkan arus petir ke tanah dengan aman dan sesuai standar.

Sistem tenaga listrik yang andal dan aman merupakan faktor penting dalam menunjang kontinuitas penyaluran energi listrik, khususnya pada instalasi pembangkit dan gardu induk. Salah satu komponen vital dalam sistem tenaga listrik adalah transformator daya, yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan sesuai dengan kebutuhan sistem. Pada PT. Supreme Energy Muara Labuh, transformator daya 100 MVA *step-up* 11 kV ke 150 kV memiliki peranan strategis dalam menyalurkan daya dari pembangkit ke sistem transmisi 150 kV.

Pentanahan (*grounding*) adalah sistem pengaman yang sangat penting di dalam sebuah instalasi listrik, karena bertujuan untuk menyalurkan arus gangguan atau arus sisa ke dalam tanah, sehingga dapat mengamankan manusia dan peralatan sistem tenaga listrik. Sistem pentanahan diharapkan memiliki nilai tahanan tanah yang sekecil mungkin, karena dengan hambatan yang kecil dapat mengalirkan arus berlebih langsung ke tanah. Faktor yang mempengaruhi besar atau kecilnya tahanan pentanahan di suatu tempat adalah tahanan dari elektroda.(Prasetijo, 2023)

Sistem pentanahan merupakan bagian terpenting dari pengamanan peralatan listrik terhadap gangguan tegangan lebih akibat petir. Sistem ini harus mampu mengalirkan arus atau tegangan gangguan dengan cepat ke tanah tanpa ada hambatan. Bumi atau tanah merupakan bagian akhir dari tujuan gangguan. Jika bagian ini tidak memenuhi persyaratan, maka arus atau tegangan gangguan akan menuju ke sistem, sehingga sistem akan terganggu atau bisa menjadi rusak. Oleh sebab itu, tahanan pentanahan harus dibuat serendah mungkin. Hal ini terjadi bila kita memilih metode pentanahan, tahanan jenis tanah, tahanan jenis elektroda, dan elektroda pentanahan yang memenuhi standarisasi dan persyaratan yang diwajibkan. Kegagalan tahanan pentanahan dapat mengakibatkan terganggunya kerja sistem peralatan listrik, dan yang lebih bahaya lagi adalah terbakarnya kumparan peralatan dan terjadinya kontak langsung dengan makhluk hidup disekitarnya, baik manusia, binatang dan tumbuh-tumbuhan. (Fauzi & Radhiah, 2021)

Pada saat pelaksanaan *preventive maintenance*, dilakukan kegiatan pengecekan nilai tahanan pentanahan setiap satu kali dalam tiga belas minggu di area transformator daya 100 MVA menggunakan alat ukur *earth tester* dan *earth clamp tester*. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai resistansi pentanahan sebesar $17,32\ \Omega$ menggunakan *earth tester* dan $16,62\ \Omega$ menggunakan *earth clamp tester*. Nilai tersebut masih berada di atas batas yang direkomendasikan oleh standar internasional IEEE Std 142 dan standar nasional PUIL 2011, yang menyatakan bahwa nilai resistansi pentanahan untuk peralatan instalasi listrik sebaiknya kurang dari $5\ \Omega$. Apabila kondisi ini dibiarkan, maka potensi bahaya dapat muncul sewaktu-waktu dan berisiko menimbulkan kecelakaan bagi manusia di sekitar area transformator, serta menyebabkan kerusakan pada transformator itu sendiri. Faktor yang dapat ditimbulkan oleh permasalahan pentanahan pada transformator daya 100 MVA sebagai berikut:

1. Tidak Terdeteksi Gangguan Tanah (*Ground Fault*)

Jika pentanahan buruk/tidak efektif, maka arus gangguan tanah tidak mengalir ke tanah dengan baik. Proteksi tidak bekerja karena arus

gangguan terlalu kecil menyebabkan kerusakan isolasi transformator secara bertahap.

2. Kerusakan Sistem Proteksi

Relai proteksi arus tanah (*earth fault relay*) tidak bekerja akurat jika tidak ada referensi tanah yang stabil. Kesalahan deteksi bisa menyebabkan tripping palsu (*false trip*) atau gagal *trip*, yang sangat berbahaya untuk jaringan 150 kV.

3. Tegangan Lebih

Tanpa sistem pentanahan (*grounding*) yang baik, tegangan pada titik netral bisa "mengambang" (*floating*). Ini menyebabkan tegangan fasa ke tanah naik, dan bisa melebihi *rating* isolasi mengakibatkan kerusakan peralatan.

4. Arcing Ground

Pada sistem *ungrounded*, gangguan satu fasa ke tanah tidak langsung menyebabkan *trip*. Tapi dapat menyebabkan loncatan bunga api (*arcing ground*) tegangan transien berulang mempercepat kerusakan belitan dan isolasi transformator.

5. Risiko Keselamatan Personel

Tahanan pentanahan tinggi bisa menyebabkan tegangan sentuh dan tegangan langkah yang berbahaya. Orang yang bekerja disekitar transformator bisa tersengat bahkan pada gangguan kecil.

6. Gangguan pada Peralatan Lain

Gangguan pentanahan bisa menyebabkan arus bocor dan interferensi sistem kontrol lainnya.

Oleh karena itu, diperlukan analisis dan evaluasi terhadap sistem pentanahan yang terpasang saat ini, seperti kedalaman elektroda batang, diameter elektroda batang dan jumlah elektroda batang yang terpasang saat ini. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan solusi yang aplikatif dan efektif dalam menurunkan risiko gangguan akibat petir diarea Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), sekaligus meningkatkan keandalan dan keselamatan sistem kelistrikan secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi sistem pentanahan yang terpasang saat ini pada transformator daya 100 MVA di PT. Supreme Energy Muara Labuh.
2. Apa saja faktor yang memengaruhi tingginya nilai tahanan pentanahan di area transformator daya 100 MVA.
3. Apa resiko yang ditimbulkan oleh sistem pentanahan yang tidak optimal terhadap keandalan dan keselamatan sistem tenaga listrik di area transformator.
4. Bagaimana metode optimalisasi sistem pentanahan yang paling efektif untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan sesuai standar yang berlaku.

1.3 Batasan Masalah

1. Lingkup penelitian dibatasi hanya pada sistem pentanahan transformator daya 100 MVA.
2. Analisis difokuskan pada nilai tahanan pentanahan sebagai parameter utama untuk menilai keefektifan sistem pentanahan pada transformator daya 100 MVA, sesuai standar IEEE Std 142 dan PUIL 2011 yang merekomendasikan nilai tahanan pentanahan untuk sistem instalasi listrik kurang dari 5Ω .
3. Metode pengukuran tahanan pentanahan yang akan dibahas menggunakan tiga titik elektroda (*three-point method*) standar metode yang di rekomendasikan oleh IEEE (Std 81) dan IEC 60060 untuk pengukuran tahanan pentanahan.
4. Metode optimalisasi yang dibahas dalam penelitian ini dibatasi pada pendekatan teknis, yaitu melalui penambahan elektroda batang, baik secara vertikal maupun horizontal, serta penerapan sistem pentanahan dengan konfigurasi paralel (*parallel rod*).

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mampu mengukur dan menganalisis nilai tahanan sistem pentanahan pada transformator daya 100 MVA di PT. Supreme Energy Muara Labuh guna

mengetahui kondisi aktual nilai tahanan pentanahan.

2. Mampu melakukan perhitungan penambahan elektroda batang yang disusun secara paralel sebagai upaya penurunan nilai tahanan pentanahan sehingga mencapai nilai tahanan kurang dari 5 Ω . Sesuai dengan standar IEEE Std 142 dan PUIL 2011.
3. Merancang desain penambahan elektroda batang yang disusun secara paralel sebagai langkah optimalisasi sistem pentanahan.
4. Melakukan optimalisasi sistem pentanahan pada transformator daya 100 MVA di PT. Supreme Energy Muara Labuh melalui penerapan metode *parallel rod*.
5. Melakukan pengukuran dan analisis ulang terhadap nilai tahanan sistem pentanahan setelah penambahan elektroda batang guna memastikan bahwa nilai tahanan pentanahan telah memenuhi standar kurang dari 5 Ω .

1.5 Mamfaat Penelitian

1. Memberikan masukan teknis yang dapat meningkatkan keselamatan dan keandalan sistem pentanahan pada transformator daya 100 MVA di PT. Supreme Energy Muara Labuh.
2. Mengurangi potensi kerusakan alat dan gangguan operasi akibat arus bocor dan sambaran petir.
3. Menjadi dasar ilmiah dalam pengambilan keputusan terkait perbaikan, optimalisasi, atau pengembangan sistem pentanahan.
4. Menjadi referensi bagi penelitian dan pengembangan sistem pentanahan pada sektor pembangkit energi lainnya.