

SKRIPSI

**OPTIMALISASI RANCANGAN SISTEM PENTANAHAN
PEMBANGUNAN STASIUN PENYIMPANAN AVTUR PULAU LAYANG
BERBASIS SOFTWARE ETAP 12.6.0.**



**Dibuat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh:

**HARDINATA BAGASWARA
03041381621081**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMALISASI RANCANGAN SISTEM PENTANAHAN
PEMBANGUNAN STASIUN PENYIMPANAN AVTUR PULAU LAYANG
BERBASIS SOFTWARE ETAP 12.6.0.



Dibuat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:
HARDINATA BAGASWARA
03041381621081

Mengetahui,

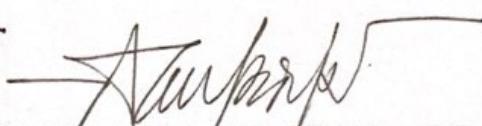
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Palembang, 24 September 2021

Menyetujui,

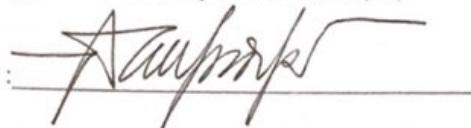
Pembimbing Utama


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

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa Saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan



Pembimbing Utama : Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

Tanggal

: 24 / 09 / 2021

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hardinata Bagaswara
NIM : 03041381621081
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**OPTIMALISASI RANCANGAN SISTEM PENTANAHAH
PEMBANGUNAN STASIUN PENYIMPANAN AVTUR PULAU LAYANG
BERBASIS SOFTWARE ETAP 12.6.0.**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang

Pada tanggal : 25 September 2021



Hardinata Bagaswara

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

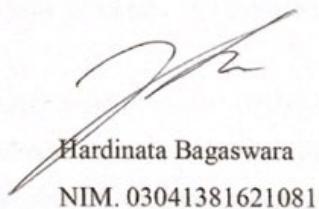
Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hardinata Bagaswara
NIM : 03041381621081
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul **Optimalisasi Rancangan Sistem Pentanahan Pembangunan Stasiun Penyimpanan Avtur Pulau Layang Berbasis Software ETAP 12.6.0.** merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian 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.

Palembang, 25 September 2021



Hardinata Bagaswara
NIM. 03041381621081

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT serta sholawat diiringi salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat, karunia, dan ridho Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul "**OPTIMALISASI RANCANGAN SISTEM PENTANAHAN PEMBANGUNAN STASIUN PENYIMPANAN AVTUR PULAU LAYANG BERBASIS SOFTWARE ETAP 12.6.0**".

Pembuatan tugas akhir ini merupakan syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung hingga tugas akhir ini selesai;

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Pembimbing Utama sekaligus Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., MS. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya
3. Bapak Ir. M. Suparlan, MS. Selaku Pemimpin Akademik.
4. Segenap Dosen dan staff Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu dan nasihat selama perkuliahan.
5. Bapak Fadzri dan karyawan Proyek Pembangunan Avtur yang telah membantu penulis dalam pengambilan data tugas akhir ini.
6. Bapak, Ibu, Kakak, dan Uni serta seluruh keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan selama ini.
7. Teman-teman Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro 16 Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
8. Teman dan sahabat Alumni SMAN 1 Muara Enim Angkatan 2016.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Palembang, 25 September 2021



Hardinata Bagaswara

ABSTRAK

OPTIMALISASI RANCANGAN SISTEM PENTANAHAN PEMBANGUNAN STASIUN PENYIMPANAN AVTUR PULAU LAYANG BERBASIS SOFTWARE ETAP 12.6.0.

(Hardinata Bagaswara, 03041381621081, 50 halaman)

Pada sistem distribusi tenaga listrik gangguan hubung singkat, gangguan ke tanah dan sambaran petir merupakan penyebab gangguan yang paling sering terjadi. Gangguan ini akan menyebabkan naik atau turunnya tegangan, membahayakan nyawa orang dan berpotensi merusak peralatan elektronik. Dibutuhkan perancangan desain sistem pentanahan yang memenuhi standar serta mendapatkan nilai perhitungan tegangan langkah dan tegangan sentuh pada Pembangunan Stasiun Penyimpanan Avtur PT. Pertamina (Persero). Maka didesain sistem pentanahan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 dengan metode *Finite Element Method* (FEM) untuk mensimulasikan sistem pentanahannya dengan standar perhitungan sistem pentanahan yang digunakan yaitu standar IEEE Std. 80-2000 yang berjudul *IEEE Guide for Safety in AC Substations Grounding* untuk mendapatkan nilai Tegangan Langkah dan Tegangan Sentuh yang aman. Dengan memodifikasi beberapa konfigurasi berdasarkan rancangan awal, sistem pentanahan *Grid-Rod* yang memenuhi standar aman adalah dengan ukuran jarak antar *grid* 1 x 1 meter dengan jumlah konduktor pada sisi panjang dan lebar adalah $n_x = 4$ dan $n_y = 7$, dengan penanaman konduktor sejauh 5 meter dari permukaan tanah dan jumlah batang pentanahan dengan panjang 3 meter yang digunakan sebanyak 24 batang. Desain ini menghasilkan nilai tahanan pentanahan sebesar 0,071 *Ohm*, tegangan sentuh sebesar 699,9 *Volt* dan tegangan langkah sebesar 114,3 *Volt* yang telah memenuhi standar aman IEEE Std. 80-2000 karena $A_{min} < A_{proyek}$ dan $d_{min} < d_{proyek}$, $E_m < E_{touch\ 70}$, dan $E_s < E_{step\ 70}$.

Kata Kunci - Sistem Pentanahan, Tegangan Sentuh, Tegangan Langkah.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF GROUNDING SYSTEM DESIGN CONSTRUCTION OF LAYANG ISLAND AVTUR STORAGE STATION BASED ON SOFTWARE ETAP 12.6.0.

(Hardinata Bagaswara, 03041381621081, 50 pages)

In the power distribution system, ground faults and lightning strikes are the most common causes of disturbances. This interference will cause the hazard to rise or fall, endanger people's lives and damage electronic equipment. It takes the design of a grounding system design that meets the standards and obtains the values of the voltage and affection calculations on the Construction of the PT. Pertamina (Persero). Then design a grounding system using ETAP 12.6.0 software with the Finite Element Method (FEM) method to simulate the grounding system with the standard calculation system used, namely the IEEE Std standard. 80-2000 entitled IEEE Guide for Safety in AC Substations Grounding to get the value of connection and secure connection. With some adjustments based on the initial design, the Grid-Rod grounding system that meets the safety standards is 1 x 1 meter between grids with the number of conductors on the long and wide sides are $n_x = 4$ and $n_y = 7$, with conductor planting as far as 5 meters from the ground surface. and the number of grounding rods with a length of 3 meters used as many as 24 rods. This design produces a grounding limit value of 0.071 Ohm, a touch voltage of 699.9 Volts and a step voltage of 114.3 Volts which meet the IEEE Std safe standards. 80-2000 because $A_{min} < A_{proyek}$ dan $d_{min} < d_{proyek}$, $E_m < E_{touch\ 70}$, dan $E_s < E_{step\ 70}$.

Keywords - Grounding System, Touch Voltage, Step Voltage.

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR RUMUS.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
NOMENKLATUR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penulisan.....	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5. Hipotesis Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Sistem Pentanahan	6
2.2. Tujuan Sistem Pentanahan	7
2.3. Tahanan Jenis Tanah	7
2.4. Pantanahan <i>Grid-Rod</i>	8
2.5. Potensi Bahaya Tegangan Listrik	9
2.5.1 Tegangan Sentuh (<i>Touch Voltage</i>).....	9
2.5.2 Tegangan Langkah (<i>Step Voltage</i>).....	11
2.6. <i>Finite Element Method</i> (FEM)	12

2.7.	<i>Electrical Transient Analyzer Program (ETAP).....</i>	13
2.8.	Penelitian Sebelumnya	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		15
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2.	Tahap Penelitian.....	15
3.2.1.	Studi Literatur	15
3.2.2.	Pengambilan data	15
3.2.3.	Pengolahan data	15
3.2.4.	Perancangan Sistem Pentanahan (<i>Grounding System)</i>	20
3.3.	Data Yang Digunakan	21
3.4.	<i>Flow Chart</i> Penelitian	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1.	Kondisi Awal Sistem Pentanahan Pembangunan Stasiun Avtur ..	27
4.2.	Kondisi Area Pompa 3 meter	28
4.3	Perancangan Sistem Pentanahan <i>Grid-Rod</i>	29
4.3.1.	Desain Rancangan Awal	30
4.4	Pemasangan Desain Grounding	30
4.5	Hasil Identifikasi Data.....	31
4.6	Pembahasan dan Analisis Data	32
4.6.1	Ukuran Minimum Penampang Konduktor Pentanahan.....	32
4.6.2	Menghitung Nilai Tahanan Jenis	34
4.6.3	Menentukan Material Lapisan Tambahan.....	34
4.6.4	Menentukan Resistansi Pentanahan	35
4.6.5	Menentukan Arus Maksimum.....	36
4.6.6	Menentukan Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah yang Diizinkan.....	36
4.6.6.1	Nilai Tegangan Sentuh yang Diizinkan	36
4.6.6.2	Nilai Tegangan Langkah yang Diizinkan	37
4.6.7	Menentukan Nilai <i>Ground Potential Rise</i> (GPR)	38
4.6.8	Menentukan Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah yang Sebenarnya	39
4.6.8.1	Nilai Tegangan Sentuh yang Sebenarnya	39

4.6.8.2	Nilai Tegangan Langkah yang Sebenarnya.....	41
4.6.9	Ringkasan Hasil Perhitungan	42
4.6.10	Simulasi dengan <i>Software</i> ETAP 12.6.0	43
4.6.11	Modifikasi Desain Kedalaman Penanaman Konduktor <i>Grid</i>	44
4.6.12	Modifikasi Desain Konfigurasi Batang Pentanahan	45
4.6.13	Analisis Rancangan Akhir Sistem Pentanahan	46
BAB V PENUTUP.....		50
5.1.	Kesimpulan	50
5.2.	Saran.....	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pentanahan <i>grid-rod</i>	8
Gambar 2.2.	Kondisi Tegangan Sentuh	10
Gambar 2.3.	Kondisi Tegangan Langkah	12
Gambar 2.4.	Contoh hasil simulasi <i>Software ETAP</i>	13
Gambar 2.5.	Logo ETAP	14
Gambar 3.1.	<i>Layout Plan</i> Proyek pembangunan Tanki Avtur	21
Gambar 3.2.	Tampilan desain <i>grounding</i> menggunakan ETAP	22
Gambar 3.3	Tampilan tiga dimensi <i>grounding</i> menggunakan ETAP	22
Gambar 3.4.	Area <i>grounding</i> kedalaman 3.6m	24
Gambar 3.5.	Layout area <i>Electrical Room</i>	24
Gambar 3.6.	Desain tampilan dua dimensi area <i>Electrical Room</i> ETAP	25
Gambar 3.7.	Diagram alir penelitian	26
Gambar 4.1.	Kondisi Awal Proyek digambar dengan <i>Software ETAP 12.6.0</i> ..	27
Gambar 4.2.	Hasil Simulasi Kondisi Awal dengan <i>Software ETAP 12.6.0</i>	27
Gambar 4.3.	Area pompa kedalaman 3 m	28
Gambar 4.4.	Kondisi Area Pompa digambar menggunakan ETAP 12.6.0.....	28
Gambar 4.5.	Hasil Simulasi Area Pompa menggunakan ETAP 12.6.0	29
Gambar 4.6.	Desain Rancangan Awal	30
Gambar 4.7.	Pemasangan Penambahan Desain <i>Grounding</i>	31
Gambar 4.8.	Tampak Dekat Penambahan Desain <i>Grounding</i>	31
Gambar 4.9.	Rancangan akhir sistem pentanahan proyek Pembangunan Stasiun Penyimpanan Avtur PT. Pertamina (Persero) di Pulau Layang.. ..	48
Gambar 4.10.	Simulasi tegangan langkah pada pembangunan stasiun avtur	48
Gambar 4.11.	Simulasi tegangan sentuh pada pembangunan stasiun avtur	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Nilai Rata-rata Tahanan Jenis Tanah	8
Tabel 2.2.	Data Penelitian Sebelumnya	14
Tabel 3.1	Nilai Rata-rata Tahanan Jenis Tanah	17
Tabel 3.2.	Nilai <i>Decrement Factor</i> dengan Frekuensi 50 Hz	18
Tabel 3.3.	Nilai yang Terdapat pada Stasiun penyimpanan Avtur.....	23
Tabel 3.4.	Nilai Dimensi pada Area <i>Electrical Room</i>	25
Tabel 4.1.	Perbandingan hasil simulasi dari kedua kondisi area	29
Tabel 4.2	Data Rancangan Awal <i>Grounding</i>	30
Tabel 4.3	Nilai yang Terdapat pada Rancangan Awal Desain <i>Grounding Grid-Rod</i>	32
Tabel 4.4	Spesifikasi <i>Copper Commercial Hard Drawn</i>	33
Tabel 4.5	Perbandingan Nilai Minimum dan Nilai pada Proyek	34
Tabel 4.6	Tegangan Sentuh Diizinkan dengan Variasi Waktu terjadi Gangguan	37
Tabel 4.7	Tegangan Langkah yang Diizinkan dengan Variasi Waktu terjadi Gangguan	38
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Manual rancangan awal desain <i>grounding</i>	42
Tabel 4.9	Data Parameter yang di-input ke <i>Software ETAP 12.6.0</i>	43
Tabel 4.10	Hasil nilai dari Simulasi ETAP 12.6.0	44
Tabel 4.11	Hasil simulasi dengan kedalaman penanaman <i>grid</i> yang dimodifikasi	45
Tabel 4.12	Hasil simulasi dengan modifikasi jumlah batang pentanahan	46
Tabel 4.13	Rancangan sistem pentanahan yang akan dipasang di Proyek Stasiun Penyimpanan Avtur	47

DAFTAR RUMUS

Rumus (2.1).....	10
Rumus (2.2).....	10
Rumus (2.3).....	11
Rumus (2.4).....	12
Rumus (3.1).....	16
Rumus (3.2).....	17
Rumus (3.3).....	17
Rumus (3.4).....	18
Rumus (3.5).....	18
Rumus (3.6).....	18
Rumus (3.7).....	19
Rumus (3.8).....	19
Rumus (3.9).....	19
Rumus (3.10).....	20
Rumus (3.11).....	20
Rumus (3.12).....	20
Rumus (3.13).....	20

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. *Layout Plan* Pembangunan Stasiun Penyimpanan AVTUR Pulau Layang
- Lampiran 2. Data Konstanta Material Konduktor
- Lampiran 3. Spesifikasi *Hard Drawn Bare Copper Conductor*
- Lampiran 4. Kotak Dialog pada *Software ETAP 12.6.0.*
- Lampiran 5. Hasil *Report* pada *Software ETAP 12.6.0.*
- Lampiran 6. Hasil Analisis Rancangan Akhir Tiga Dimensi pada *Software ETAP 12.6.0.*
- Lampiran 7. Hasil Similarity Index

NOMENKLATUR

L_x	: Panjang maksimum konduktor grid pada sisi panjang (meter)
L_y	: Panjang maksimum konduktor grid pada sisi lebar (meter)
L_p	: Keliling area pentanahan <i>grid</i> (meter)
A	: Luas area pentanahan (m^2)
h	: Kedalaman penanaman konduktor grid (meter)
d	: Diameter konduktor grid (meter)
n_x	: Jumlah konduktor paralel pada sisi panjang
n_y	: Jumlah konduktor paralel pada sisi lebar
D_x	: Jarak antar konduktor paralel pada sisi panjang (meter)
D_y	: Jarak antar konduktor paralel pada sisi lebar (meter)
D	: Jarak antar konduktor paralel (meter)
$A_{konduktor}$: Luas penampang konduktor (mm^2)
d_{rod}	: Diameter batang pentanahan (meter)
L_r	: Panjang batang pentanahan (meter)
n_R	: Jumlah batang pentanahan
L_T	: Panjang total konduktor grid dan rod yang ditanam (meter)
R_G	: Tahanan pentanahan pada Gardu Induk (Ω)
ρ	: Tahanan jenis tanah (Ωm)
a	: Jarak antar elektrode (meter)
R	: Tahanan yang terukur (Ω)
$E_{touch\ 50}$: Tegangan sentuh yang diizinkan untuk berat badan 50 kg (Volt)
$E_{touch\ 70}$: Tegangan sentuh yang diizinkan untuk berat badan 70 kg (Volt)
$E_{step\ 50}$: Tegangan langkah yang diizinkan untuk berat badan 50 kg (Volt)
$E_{step\ 70}$: Tegangan langkah yang diizinkan untuk berat badan 50 kg (Volt)
C_s	: <i>Derating Factor</i> atau faktor reduksi lapisan material permukaan
ρ_s	: Tahanan jenis material permukaan (Ωm)
I_f	: Arus gangguan ke tanah (kA)
t_c	: Durasi gangguan (detik)
T_m	: Suhu maksimum yang diizinkan ($^{\circ}\text{C}$)

T_a	: Suhu lingkungan ($^{\circ}\text{C}$)
α_r	: Koefisien suhu dari resistivitas konduktor pada suhu $20\ ^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
ρ_r	: Resistivitas dari konduktor pentanahan pada suhu $20\ ^{\circ}\text{C}$ ($\mu\Omega\text{-cm}$)
K_o	: $1/\alpha_o$
$TCAP$: Kapasitas <i>thermal</i> konduktor per unit volume [$\text{J}/(\text{cm}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$]
α_o	: Koefisien suhu dari tahanan jenis konduktor pada suhu $0\ ^{\circ}\text{C}$
R_g	: Tahanan pentanahan (Ohm)
I_g	: Arus gangguan ke tanah (A)
D_f	: <i>Decrement factor</i>
I_G	: Arus grid maksimum (kA)
R_g	: Tahanan pentanahan (Ω)
GPR	: Ground Potential Rise (Volt)
K_m	: Faktor geometrik tegangan <i>mesh</i>
n	: Faktor geometris
L_C	: Panjang total konduktor <i>grid</i> (m)
h_s	: Panjang total konduktor <i>grid</i> (m)
E_m	: Tegangan sentuh sebenarnya (Volt)
E_s	: Tegangan langkah sebenarnya (Volt)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi saat ini begitu pesat dan sangat kompetitif. Baik dalam pengembangan peralatan elektronik maupun dalam pengembangan sistem distribusi tenaga listrik. Pada sistem distribusi tenaga listrik gangguan hubung singkat, gangguan ke tanah dan sambaran petir adalah penyebab gangguan yang paling umum. Gangguan ini akan menyebabkan penurunan atau peningkatan tegangan, mengakibatkan hilangnya stabilitas sistem, membahayakan nyawa orang dan berpotensi merusak peralatan elektronik. Gangguan yang terjadi sangat merugikan pihak perusahaan maupun konsumen. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem pentanahan untuk mengatasi akibat dari gangguan tersebut.

Sistem pentanahan menjadi terkenal pada awal 1900-an. Karena ukurannya yang kecil dan tidak membahayakan, Sistem Tenaga Listrik pada awalnya tidak di *grounding/ditanahkan*. Sistem pentanahan dibutuhkan ketika sistem tenaga listrik semakin berkembang besar dengan jarak jangkauan jauh dan tegangan yang semakin tinggi. Jika tidak, akan ada risiko bahaya listrik yang signifikan, yang dapat membahayakan orang, peralatan, dan sistem servis itu sendiri[1].

Sistem pentanahan (*grounding system*) merupakan salah satu elemen yang penting dalam sistem ketenagalistrikan terutama saat adanya gangguan yang berhubungan dengan tanah sehingga dapat mengurangi serta menghindari kerugian. Dengan adanya sistem pentanahan saat terjadi gangguan, maka arus gangguan yang timbul dapat cepat disebarluaskan ke segala arah dan teralirkkan kedalam tanah[2].

Sistem pentanahan juga digunakan untuk mendistribusikan tegangan lebih ke tanah dengan merata melalui batang elektroda yang ditanam kedalam tanah pada kedalaman tertentu. Adanya beda potensial tegangan di permukaan tanah dapat mengakibatkan terjadinya tegangan sentuh dan tegangan langkah yang melampaui batas aman keselamatan manusia[3]. Besarnya nilai tahanan sistem

pentanahan dipengaruhi beberapa faktor seperti jenis tanah, suhu, kadar air atau kelembapan tanah, serta spesifikasi elektroda yang digunakan. Sistem pentanahan yang baik yaitu sistem pentanahan dengan nilai tahanan pentanahan yang rendah mendekati nilai nol atau $< 1 \text{ Ohm}$ [4].

Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini membahas tentang optimalisasi perancangan sistem pentanahan pada salah satu proyek PT. Pertamina (Persero) yaitu Pembangunan Tanki Avtur Kapasitas 2x1000 KL di Pulau Layang sesuai dengan standar IEEE Std 80-2000 dengan bantuan *software Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP 12.6.0).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan, perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana optimalisasi perancangan desain sistem pentanahan serta mendapatkan nilai perhitungan tegangan langkah dan tegangan sentuh pada Pembangunan Stasiun Penyimpanan Avtur PT. Pertamina (Persero) yang dimana proyek ini masih dalam tahap pembangunan sehingga membutuhkan sistem pentanahan yang baik, efisiensi dan optimal.

Maka didesain sistem pentanahan menggunakan *software ETAP 12.6.0* untuk mensimulasikan sistem pentanahannya dengan standar perhitungan sistem pentanahan yang digunakan yaitu standar IEEE Std. 80-2000 yang berjudul *IEEE Guide for Safety in AC Substations Grounding* untuk mendapatkan nilai Tegangan Langkah dan Tegangan Sentuh yang aman. Untuk mempermudah perhitungan, digunakan perangkat lunak *Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP 12.6.0) dengan metode *Finite Element Method* (FEM) yang membantu menganalisis sistem kelistrikan secara virtual dan realitas grafis.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengoptimalkan sistem pentanahan pada proyek Pembangunan Stasiun Penyimpanan Avtur PT. Pertamina (Persero) di Pulau Layang menggunakan *software* ETAP 12.6.0.
2. Mendapatkan nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah yang aman secara analitik dan melalui simulasi *Finite Element Method* (FEM) dengan bantuan *software* ETAP 12.6.0.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Agar proses penelitian riset ini lebih terarah ada beberapa ruang lingkup penelitian yang digunakan diantaranya sebagai berikut:

1. Tempat penelitian dilakukan di proyek PT. Pertamina (Persero) yaitu Pembangunan Stasiun Penyimpanan Avtur di Pulau Layang, Palembang Sumatera Selatan.
2. Hanya membahas perhitungan sistem pentanahan pada proyek Pembangunan Stasiun Penyimpanan Avtur di Pulau Layang PT. Pertamina (Persero) menggunakan standar IEEE Std. 80-2000.
3. Perancangan sistem pentanahan yang dibahas meliputi perancangan desain konfigurasi *grid-rod*, tegangan sentuh (*touch voltage*) serta tegangan langkah (*step voltage*).
4. Simulasi menggunakan metode *Finite Element Method* (FEM) dengan bantuan *software* ETAP 12.6.0.

1.5 Hipotesis Penelitian

Nuril Aditya Dewi[5] telah mendesain sistem pentanahan *Grid-Rod* yang paling optimal secara teknis dan ekonomis dengan menggunakan *software* ETAP dan didapatkan nilai perhitungan yaitu nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah yang telah memenuhi standar aman IEEE Std.80-2000.

Berdasarkan penelitian tersebut maka pada penelitian ini diharapkan dapat mengevaluasi suatu desain sistem pentanahan pada proyek Pembangunan Stasiun Penyimpanan Avtur PT. Pertamina (Persero) di Pulau Layang sehingga

didapatkan desain sistem pentanahan yang handal dan optimal serta simulasi perhitungan tegangan langkah dan tegangan sentuh yang aman berdasarkan standar IEEE Std. 80-2000 dengan menggunakan bantuan *software* ETAP sehingga meminimalisir terjadinya resiko bahaya terhadap manusia maupun peralatan yang berada di sekitar area proyek tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini terdiri dari 5 bab yang bisa dijabarkan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini mencakup latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang dasar-dasar teori umum dari sistem pentanahan (*system gronding*), tegangan langkah, tegangan sentuh dan membahas yang berkaitan dengan sistem pentanahan.

BAB III METODLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian ini membahas tentang tempat serta waktu dilakukannya penelitian, perlengkapan dan bahan-bahan yang digunakan, prosedur percobaan, tahap-tahap penelitian dan pengolahan data yang digunakan dalam penataan tugas akhir serta menerangkan secara umum tentang proses penelitian yang akan diteliti.

BAB IV HASIL PENDAHULUAN

Bab hasil pendahuluan ini berisi mengenai hasil dari perhitungan dan pengolahan data serta desain yang didapat setelah dilakukan perancangan desain menggunakan ETAP.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penulis yang berdasarkan hasil dari perhitungan dan analisis yang dikerjakan pada Bab IV.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Sumardjati, S. Yahya dan A. Mashar, 2008," Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik untuk Sekolah Menengah Kejuruan Jilid 1. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- [2] C. J. Blattner, "Prediction of soil resistivity and ground rod resistance for deep ground electrodes," *IEEE Trans. Power Appar. Syst.*, vol. PAS-99, no. 5, pp. 1758–1763, 1980.
- [3] D. Made, R. Sanjaya, C. Gede, I. Partha, and I. G. D. Arjana, "Perencanaan Sistem Pembumian *Grid-Rod*," vol. 7, no. 1, pp. 69–75, 2020.
- [4] I. of E. and E. Engineers, "IEEE Std. 80-2000. IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding," 2000.
- [5] N. A. Dewi, "Optimalisasi Rancangan Sistem Pentanahan Grid-Rod Pada Gardu Induk PLTP Ulubelu," *Tek. Elektro Univ. Indones.*, 2013.
- [6] Agus Pranoto, Hans Tumaliang, "Analisa Sistem Pentanahan Gardu Induk Teling Dengan Konstruksi Grid (Kisi-kisi)," *Tek. Elektro dan KomputerTeknik Elektro dan Komput.*, vol. Vol.7 No.3, p. 189, 2018.
- [7] Sutadi Suyamto dan E. Nuraini, "Instalasi dan Evaluasi Grounding untuk MBE Industri Lateks PTAPB menggunakan Multiple Rod," *Iptek Nukl. Ganendra*, vol. Vo.15 No.2, pp. 72–81, 2012.
- [8] I. of E. and E. Engineers, "IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power System," *IEEE Std. 142-2007*, 2007.
- [9] J. Kamal dan S. Abduh, "Perancangan Sistem Pentanahan Gas Insulated Switcgear 150 kV Pulogadung dengan Finite Element Method," *JETRI J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. Vol. 15 No, pp. 187–200, 2018.
- [10] Badan Standar Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*, vol. 2000. jakarta: Yayasan PUIL.
- [11] Hutaurok Tumpak Soantahon, *Pengetanahan Netral dengan Sistem Tenaga dari Pengetanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga, 1987.
- [12] Y. Rizal, "Analisis Kinerja Sistem Pentanahan PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 kV Ngimbang-Lamongan Dengan Metode Finite Element Method (FEM)," *Tek. POMITS*, pp. 1–6, 2014.

- [13] I. of E. and E. Engineers, “*IEEE Guide for Safety*,” *IEEE Std. 80-2000*, vol. 2000, 2000.
- [14] L. Bam dan W. Jewell, “Review: Power System Analysis Software Tools,” *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, pp. 1–6, 2005.
- [15] El-Sayed M. El-Refaie, Said E. Elmasry, M.K. Abd Elrahman, dan Mohamed H. Abdo, “*Achievement of The Best Design for Unequally Spaced Grounding Grids*,” *Ain Shams Eng. J.*, vol. Vol. 6, pp. 171–179, 2015.
- [16] “Electrical Power System Analysis & Operation Software.” [Online]. Available: <https://www.etap.com>. [Accessed: 10-Mar-2020].
- [17] W.J.V. Tocher, B. Pawlik, D.J. Woodhouse dan C. Shaw, “*On Decrement Factor How and Why X/R Correction is Used And Abused*,” *Inst. Electr. Electron. Eng.*, 2016.
- [18] Institute of Electrical and Electronics Engineers, “*IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*,” *IEEE Std. 80-2000*, 2000.