

**ANALISA GROUNDING PADA SISTEM KELISTRIKAN PT
MOLINDO RAYA INDUSTRIAL LAWANG MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP POWER STATION**

SKRIPSI



Disusun oleh :
ANTONIUS DIAN LESTARI
NIM. 0812021

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2012**

IN MANIPULASI MENYISIP ADAS DAN/ATAU
MAMPUKAN BERAKSI LAHUT/UMI AWAN GEMILANG
MONTAGE MENYISIP PATE BERAKSI

BERAKSI

1. 11th October
SIATRIKSI KANG BERAKSI
1200100 .1001

1-0 BERAKSI MENYISIP MENYISIP BERAKSI
BERAKSI BERAKSI BERAKSI BERAKSI
BERAKSI BERAKSI BERAKSI BERAKSI
BERAKSI BERAKSI BERAKSI BERAKSI
BERAKSI

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA GROUNDING PADA SISTEM KELISTRIKAN PT
MOLINDO RAYA INDUSTRIAL LAWANG MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP POWER STATION
SKRIPSI**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Energi Listrik Strata Satu (S-1)*

Disusun oleh :

ANTONIUS DIAN LESTARI

NIM. 08.12.021

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y.1018800189

Diperiksa dan Disetujui

**Mengetahui
Pembimbing I**

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP.P. 1018800188

**Mengetahui
Pembimbing II**

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP.Y.1018800190

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2012

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Antonius Dian Lestari**

NIM : **08.12.021**

Program Studi : **Teknik Elektro S-1**

Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, Tanggal–Bulan–Tahun

Yang membuat Pernyataan,



Antonius Dian Lestari

08.12.021

ANALISA GROUNDING PADA SISTEM KELISTRIKAN PT.MOLINDO RAYA INDUSTRIAL LAWANG MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION

Antonius Dian Lestari

Jurusan Teknik Elektro S-1,

Konsentrasi Teknik Energi Listrik

Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang

Email : antonius.dianlestari@yahoo.com

Dosen pembimbing : Ir . M . Abdul Hamid, MT dan Ir . Choirul Saleh, MT

Abstrak

Pentanahan peralatan adalah pentanahan bagian dari peralatan yang pada kerja normal tidak dilalui arus. Bila terjadi hubung singkat suatu penghantar dengan suatu peralatan, maka akan terjadi beda potensial (tegangan), yang dimaksud peralatan di sini adalah bagian-bagian yang bersifat konduktif yang pada keadaan normal tidak bertegangan seperti bodi trafo, bodi PMT, bodi PMS, bodi motor listrik,udukan Baterai dan sebagainya. Bila seseorang berdiri di tanah dan memegang peralatan yang bertegangan, maka akan ada arus yang mengalir melalui tubuh orang tersebut yang dapat membahayakan. Untuk menghindari hal ini maka peralatan tersebut perlu ditanahkan. Pentanahan yang demikian disebut pentanahan peralatan(Hutauruk, T.S.,1987) Dari hasil simulasi yang dilakukan pada PT. Molindo Raya Industrial dengan penambahan 1 batang elektroda, perbandingan nilai tahanan pentanahan sebelum dan sesudah penambahan elektroda batang adalah dari yang awalnya 3,81 ohm menjadi 2,80 ohm. Hal ini dikarenakan pemasangan pentanahan secara paralel serta jarak dan kedalaman yang berbeda.

Kata kunci : pentanahan peralatan,trafo,elektroda.

Abstract

Grounding of equipment is the equipment grounding part of the normal work flow is not passed. In the event of short circuit of a conductor to an equipment, there is the potential difference (voltage), the equipment referred to here are the parts that are conductive which in normal circumstances do not like body-voltage transformer, the body of PMT, PMS body, an electric motor body, battery holder and so on. If someone is standing on the ground and holding-voltage equipment, then there will be currents flowing through the person's body can be dangerous. To avoid this the equipment should be earthed. The so-called earth grounding equipment (Hutauruk, TS, .1987). From the results of simulations carried out at PT. Molindo Kingdom Industrial with the addition of 1 rod electrodes, grounding resistance value comparison before and after the addition of the electrode rod is initially 3.81 ohm to 2.80 ohm. This is because the installation of grounding in parallel and different spacing and depth.

Keywords: Earthing equipment, transformer, electrode.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penelitian berjudul **Analisa Grounding Pada Sistem Kelistrikan PT Molindo Raya Industrial Lawang Menggunakan Software Etap Power Station** dapat terselesaikan.

Penelitian ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana teknik. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan pada:

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1.
4. Bapak Ir . M . Abdul Hamid, MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Ir . Choirul Saleh, MT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak,ibu dan keluarga yang tak pernah lelah memberi dukungan dan semangat.
7. Teman-teman mahasiswa elektro 2008 dan teman Lab Robotika ITN.
8. Semua Pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan penelitian ini.

Malang, Agustus 2012

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan.....	i
Abstrak.....	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	1
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pentanahan Peralatan.....	4
2.2 Tujuan Pentanahan Peralatan	4
2.3 Syarat – syarat Pentanahan.....	4
2.4 Karakteristik Pentanahan Peralatan.....	5
2.5 Tahanan Pentanahan.....	5
2.6 Faktor – faktor yang mempengaruhi besar tahanan pentanahan	8
2.6.1 Elektroda	8
2.6.1.1 Elektroda Batang.....	9
2.6.1.2 Elektroda Pelat	10
2.6.1.3 Elektroda Pita.....	11
2.6.2 Jenis Bahan dan Ukuran Elektroda	12
2.6.3 Faktor – faktor Alam(Tahanan Jenis Tanah).....	13
2.6.3.1 Sifat Geologi Tanah	14
2.6.3.2 Komposisi Zat – zat Kimia didalam Tanah	14
2.6.3.2.1 Kandungan Air Tanah.....	15

2.6.3.2.2 Temperatur Tanah.....	15
2.7 Pengaruh Tahanan Pentanahan yang Kecil Pada Sisitem.....	15
2.8 Motode Pengukuran Tahanan Jenis Tanah.....	15
2.8.1 Metode Tiga Titik.....	15
2.8.2 Metode empat Titik	17

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Software ETAP <i>Power Station</i>	20
3.2 Data yang digunakan dalam penelitian.....	21
3.2.1 <i>Single line diagram</i> PT Molindo Raya Industrial Lawang.....	21
3.2.2 Data Tanah	22
3.2.2.1 Data Tanah Pada <i>Spray Ponds</i>	22
3.2.2.2 Tegangan Sentuh.....	22
3.2.2.3 Tegangan Langkah.....	22
3.2.2.4 <i>Ground Potential Rise(GPR)</i>	23
3.2.2.5 Tahanan Pentanahan (RG).....	23
3.3 Lokasi dan waktu pengambilan data	23
3.4 Rancangan percobaan.....	23
3.4.1 Algoritma simulasi Software ETAP <i>Power Station</i>	23
3.4.2 Diagram alir (<i>Flowchart</i>).....	24

BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan <i>Grounding</i> peralatan PT Molindo Raya Industrial Lawang menggunakan softwaare ETAP <i>Power Station</i>	25
4.2 Langkah – langkah Pemodelan pentanahan grid - rods.....	26
4.2.1 Data Tanah	26
4.2.2 <i>Study Case</i>	27
4.2.3 Konduktor.....	28
4.2.4 Batang (<i>rod</i>)	29
4.3 Hasil dari Simulasi Pentanahan Grid-rods	30
4.4 Hasil simulasi dan perbandingan pentanahan batang tunggal dengan pentanahan grid-rods	31

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan..... 33

5.2 Saran..... 33

DAFTAR PUSTAKA 34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Tahanan pentanahan pada jenis tanah dengan tahanan jenis p1=100 ohm-meter.....	12
Tabel 2.2 : Luas penampang minimum elektroda pentanahan	13
Tabel 2.3 : Nilai tahanan jenis tanah untuk berbagai macam jenis tanah.....	14
Tabel 3.1 : Data pentanahan <i>spray ponds</i>	22
Tabel 3.2 : Tegangan Sentuh	22
Tabel 3.3 : Tegangan Langkah	22
Tabel 3.4 : <i>Ground Potential Rise (GPR)</i>	23
Tabel 3.5 : Tahanan Pentanahan (RG).....	23
Tabel 4.1 : Data pentanahan <i>spray ponds</i>	31
Tabel 4.2 : Hasil sebelum simulasi.....	32
Tabel 4.3 : Hasil sesudah simulasi.....	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pentanahan adalah salah satu metoda dalam listrik dan elektornika yang digunakan untuk meneruskan energi listrik yang berlebihan dengan aman ke bumi. Para pengguna peralatan elektronik tentu membutuhkan sistem kelistrikan yang baik yang dapat menjamin kelangsungan operasional peralatan mereka. Oleh karena itu metoda pentanahan atau grounding ini sangat diperlukan untuk kelangsungan kerja dan keamanan untuk melindungi peralatan yang sensitif saat terjadi gangguan baik itu gangguan dari luar maupun dari dalam. Gangguan yang terjadi akan berdampak buruk pada kestabilan sistem dan mengganggu proses produksi bahkan yang lebih parahnya alat mengalami kerusakan

PT. Molindo Raya Industrial yang bergerak dalam bidang industri kimia yang terletak di Lawang Malang Jawa Timur. Sistem pentahan di PT Molindo Raya Industrial menggunakan sisitem pentanahan batang tunggal dengan jenis elektroda batang berupa kawat baja berlapis tembaga yang panjangnya 0.5 meter cm dan berdiameter 0.75 inci dengan nilai tahanan pentanahan 3,81 ohm dan ditanam tegak lurus (vertikal).

Sistem pentanahan yang baik adalah sistem pentanahan yang memiliki nilai resistansi pembumian yang kecil. Pada kondisi tanah tertentu, nilai tahanan pentanahan dipengaruhi oleh kedalaman penanaman dan jarak penanaman antar elektroda.,maka perlu dilakukan simulasi dengan menambah 1 batang elektroda batang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan pada latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang didapat yaitu , Bagaimana pengaruh jumlah penambahan elektroda batang terhadap nilai tahanan pentanahan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dapat dicapai dari skripsi ini adalah Untuk menganalisis pengaruh nilai tahanan pentanahan dengan menambah 1 batang elektroda batang.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan skripsi ini meliputi :

1. Jenis tanah dan karakteristik tanah disesuaikan dengan PT Molindo Raya Industrial Lawang.
2. Elektroda yang digunakan adalah elektroda batang berupa kawat baja berlapis tembaga yang panjangnya 0.5 meter dan diameternya 0,75 inci
3. Pada penulisan skripsi ini ditambah 1 batang elektroda.
4. Pemodelan dan simulasi menggunakan *software ETAP power station*.
5. Study case dilakukan pada PT Molindo Raya Industrial Lawang.

1.5 Sistematika Penulisan

Bab 1 : PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II : TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisikan tentang teori-teori serta pustaka yang dipakai pada waktu penelitian. Teori-teori ini diambil dari buku literatur dan internet.

Bab III : METODE PENELITIAN

Berisikan tentang prosedur penelitian yang dilakukan dengan menggunakan data lapangan dan melakukan simulasi menggunakan *software ETAP Power Station*.

Bab IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan berisikan tentang hasil analisa dan simulasi sistem pentanahan dengan tambahan 1 batang elektroda, kedalaman dan jarak elektroda tambahan dari elektroda terhadap nilai tanahan pentanahan di PT. Molindo Raya Industrial Lawang.

Bab V : KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan.

tahanan jenis tanah tipikal berdasarkan jenis dan ukuran elektroda. (Hutauruk, T.S., 1987)

Tabel 2.1

Tahanan pentanahan pada jenis tanah dengan tahanan jenis $\rho_1=100 \Omega\text{-m}$

Jenis elektroda	Pita atau hantaran pilin				Batang atau pipa				Pelat vertikal 1 m di bawah permukaan tanah dim m^2	
	Panjang (m)				Panjang (m)					
	10	25	50	100	1	2	3	4	0,5 x 1	1 x 1
Tahanan pentanahan	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

Ukuran elektroda pentanahan akan menentukan besar tahanan pentanahan. Berikut ini adalah tabel yang memuat ukuran-ukuran elektroda pentanahan yang umum digunakan dalam sistem pentanahan. Tabel ini dapat digunakan sebagai petunjuk tentang pemilihan jenis, bahan dan luas penampang elektroda pentanahan.

Tabel 2.2

Luas Penampang Minimum Elektroda Pentanahan

Jenis Elektroda	Bahan		
	Baja Berlapis Seng	Baja Berlapis Tembaga	Tembaga
Elektroda Pita	- Pita baja 100 mm ² , tebal 3 mm, - Hantaran pilin 95 mm ²	50 mm ²	Pita tembaga 50 mm ² , tebal 2 mm Hantaran pilin, 35 mm ²
Elektroda Batang	Pipa baja 1" Baja profil L 65x65x7, U 6 ½ T6, X 50x3	Baja Φ 15 mm dilapisi tembaga 2,5 mm	

Jenis Elektroda	Bahan		
	Baja Berlapis Seng	Baja Berlapis Tembaga	Tembaga
Elektroda Pelat	Pelat besi tebal 3 mm, luas 0,5 – 1 m ²		Pelat tembaga tebal 2 mm, luas 0,5 – 1 m ²

2.6.3 Faktor-faktor Alam (tahanan jenis tanah)

Dari rumus untuk menentukan tahanan tanah dari satu elektroda yang hemispherical

$$R = \rho / 2\pi r \dots \dots \dots (2.16)$$

terlihat bahwa tahanan pentanahan berbanding lurus dengan besarnya ρ .

Untuk berbagai tempat harga ρ ini tidak sama dan tergantung pada beberapa faktor :

- Sifat geologi tanah
- Komposisi zat kimia dalam tanah
- Kandungan air tanah
- Temperatur tanah.

Selain itu faktor perubahan musim juga mempengaruhinya.

2.6.3.1 Sifat Geologi Tanah

Ini merupakan faktor utama yang menentukan tahanan jenis tanah. Bahan dasar dari pada tanah relatif bersifat bukan penghantar. Tanah liat umumnya mempunyai tahanan jenis terendah, sedang batu-batuan dan quartz bersifat sebagai insulator. Tabel dibawah ini menunjukkan harga-harga (ρ) dari berbagai jenis tanah.

Tabel 2.3

Nilai Tahanan Jenis Tanah untuk Berbagai Macam Tanah

NO	Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm.meter)
1	Tabah yang mengandung air garam	5-6
2	Rawa	30
3	Tanah Liat	100
4	Pasir Basah	200
5	Batu Kerikil Basah	500
6	Pasir dan Batu Kering	1000
7	Batu	3000

2.6.3.2 Komposisi Zat-Zat Kimia di Dalam Tanah

Kandungan zat-zat kimia dalam tanah terutama sejumlah zat organik maupun anorganik yang dapat larut perlu untuk diperhatikan pula. Di daerah yang mempunyai tingkat curah hujan tinggi biasanya mempunyai tahanan jenis tanah yang tinggi disebabkan garam yang terkandung pada lapisan atas larut. Pada daerah yang demikian ini untuk memperoleh pentanahan yang efektif yaitu dengan menanam elektro pada kedalaman yang lebih dalam dimana larutan garam masih terdapat.

2.6.3.2.1 Kandungan Air Tanah

Kandungan air tanah sangat berpengaruh terhadap perubahan tahanan jenis tanah (ρ) terutama kandungan air tanah sampai dengan 20%. Dalam salah satu test laboratorium untuk tanah merah penurunan kandungan air tanah dari 20% ke 10% menyebabkan tahanan jenis tanah naik sampai 30 kali. Kenaikan kandungan air tanah diatas 20% pengaruhnya sedikit sekali.

2.6.3.2.2 Temperatur Tanah.

Temperatur bumi pada kedalaman 5 feet (= 1,5 m) biasanya stabil terhadap perubahan temperatur permukaan. Bagi Indonesia daerah tropic perbedaan temperatur selama setahun tidak banyak, sehingga faktor temperatur boleh dikatakan tidak ada pengaruhnya. (Hutauruk, T.S., 1987)

2.7 Metode Pengukuran Tahanan Jenis Tanah

Pengukuran tahanan jenis tanah biasanya dilakukan dengan cara:

2.7.1 Metode tiga titik (*three-point methode*).

Metode tiga titik (*three-point methode*) dimaksudkan untuk mengukur tahanan pentanahan. Misalkan tiga buah batang pentanahan dimana batang 1 yang tahananannya hendak diukur dan batang-batang 2 dan 3 sebagai batang pengentanahan pembantu yang juga belum diketahui tahananannya, seperti pada gambar 2.4. Bila tahanan diantara tiap-tiap batang pengentanahan diukur dengan arus konstan, tiap pengukuran dapat ditulis sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho_2}{2 \cdot \pi(h - h_0)} \left(\ln \frac{2L}{a} - 1 + \frac{\ln 2}{1 + \frac{(4 \ln 2)h_0}{L}} \right) + \frac{\rho_1}{h} \varphi_0$$

$$R = \frac{10}{2,3,14(2,43 - 3)} \left(\ln \frac{2,0,5}{0,95} - 1 + \frac{0,96}{1 + \frac{(4 \ln 2)h_0}{L}} \right) + \frac{\rho_1}{h} \varphi_0$$

$$\varphi = \frac{\frac{2}{2\pi} \left(\ln \frac{1}{1-K} \right)}{\sqrt{\left(\frac{N}{F_0} - 1 \right) + 1}}$$

$$F_0 = \frac{L}{1 - 0,9K}$$

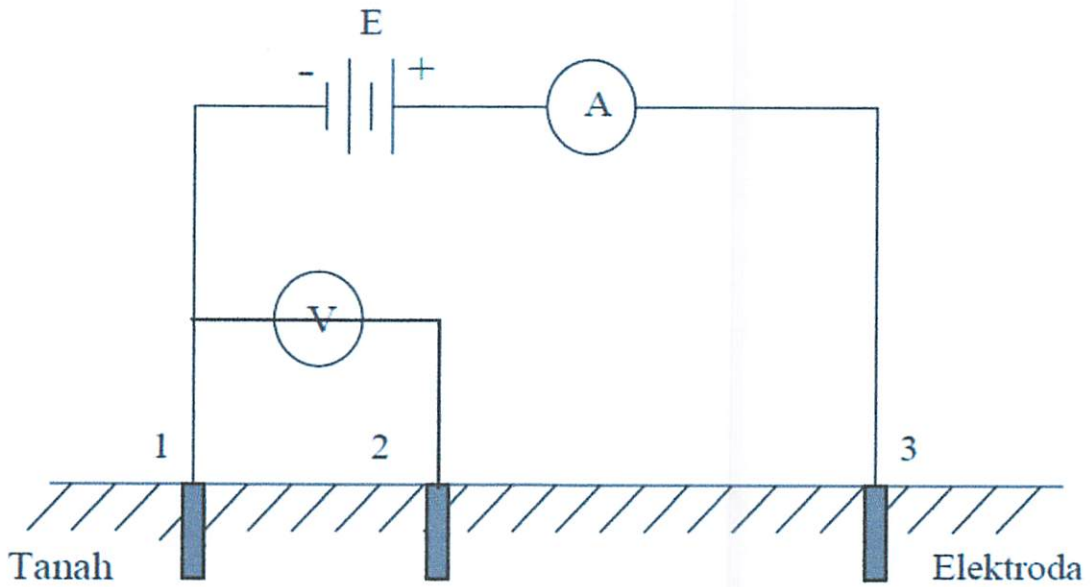
$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho^2 + \rho_1}$$

Untuk $S < L$, Yaitu

$$R = \frac{\rho}{4\pi s} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{a} - 2 \ln + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512 \cdot L} \right)$$

Untuk $S > L$, Yaitu

$$R = \frac{\rho}{4\pi \cdot L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{L^2}{3S^3} + \frac{2L^2}{5S^4} \right)$$



Gambar 2.4

Rangkaian Pengukuran Tahanan Jenis Tanah dengan Metode Tiga Titik.

Tahanan batang pengetanahan dari elektroda 1 dapat dibuat:

$$R_{12} + R_{13} - R_{23} = 0 \dots\dots\dots(2.18)$$

1. Mencegah terjadinya perbedaan potensial antara bagian tertentu dari instalasi secara aman.
2. Mengalirkan arus gangguan ke tanah sehingga aman bagi manusia dan peralatan.
3. Mencegah timbul bahaya sentuh tidak langsung yang menyebabkan tegangan kejut.

2.3 Syarat - syarat pentanahan yang efektif

1. Tahanan pentanahan harus memenuhi syarat yang di inginkan untuk suatu keperluan pemakaian
2. Elektroda yang ditanam dalam tanah harus :
 - o Bahan Konduktor yang baik
 - o Tahan Korosi
 - o Cukup Kuat
3. Jangan sebagai sumber arus galvanis
4. Elektroda harus mempunyai kontak yang baik dengan tanah sekelilingnya.
5. Tahanan pentanahan harus baik untuk berbagai musim dalam setahun.
6. Biaya pemasangan serendah mungkin. (Hutauruk, T.S., 1987)

2.4 Karakteristik sistem pentanahan yang efektif

Karakteristik sistem pentanahan yang efektif antara lain adalah:

1. Terencana dengan baik, semua koneksi yang terdapat pada sistem harus merupakan koneksi yang sudah direncanakan sebelumnya dengan kaidah-kaidah tertentu.
2. Verifikasi secara visual dapat dilakukan.
3. Menghindarkan gangguan yang terjadi pada arus listrik dari perangkat.
4. Semua komponen metal harus ditahan/diikat oleh sistem pentanahan, dengan tujuan untuk meminimalkan arus listrik melalui material yang bersifat konduktif pada potensial listrik yang sama.

2.5 Tahanan Pentanahan

Adalah besarnya tahanan pada kontak/hubung antara masa (body) dengan tanah. Faktor-faktor yang memengaruhi besarnya pentanahan:

- Tahanan jenis tanah.
- Panjang jenis elektroda pentanahan.
- Luas penampang elektroda pentanahan.

2.6 Faktor-faktor yang mempengaruhi besar tahanan pentanahan adalah

2.6.1 Elektroda.

Elektroda pentanahan adalah penghantar yang ditanam dalam tanah dan membuat kontak langsung dengan tanah. Adanya kontak langsung tersebut bertujuan agar diperoleh pelaluan arus yang sebaik-baiknya apabila terjadi gangguan sehingga arus tersebut disalurkan ketanah.

Menurut PUIL 2000 [3.18.11] elektroda adalah pengantar yang ditanamkan ke dalam tanah yang membuat kontak langsung dengan tanah. Untuk bahan elektroda pentanahan biasanya digunakan bahan tembaga, atau baja yang bergalvanis atau dilapisi tembaga sepanjang kondisi setempat tidak mengharuskan memakai bahan lain misalnya pada perusahaan kimia.

Pada prinsipnya jenis elektroda dipilih yang mempunyai kontak sangat baik terhadap tanah. Berikut ini akan dibahas jenis-jenis elektrodapentanahan dan rumus-rumus perhitungan tahanan pentanahannya.

Jenis-jenis elektroda yang digunakan dalam pentanahan adalah sebagai berikut:

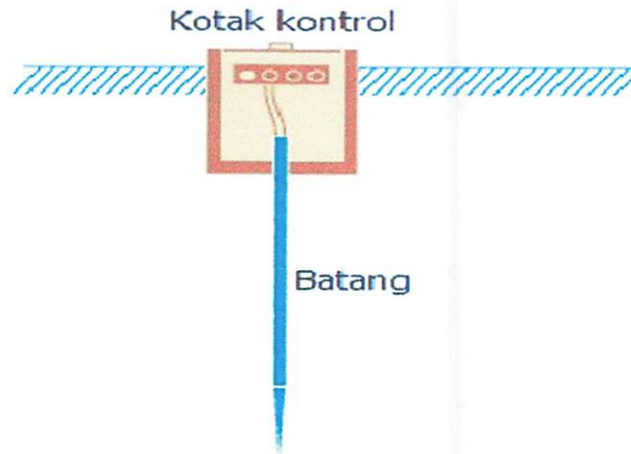
1. Elektroda Batang.
2. Elektroda Pelat.
3. Elektroda Pita.

Elektroda– elektroda ini dapat digunakan secara tunggal maupun multiple dan juga secara gabungan dari ketiga jenis dalam suatu sistem.

2.6.1.1 Elektroda Batang

Elektroda batang ialah elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan dan teori-teori berawal dari elektroda jenis ini. Elektroda ini banyak digunakan di gardu induk-gardu induk. Secara teknis, elektroda batang ini mudah pemasangannya, yaitu tinggal

memancangkannya ke dalam tanah. Disamping itu, elektroda ini tidak memerlukan lahan yang luas. Elektroda batang ini mampu menyalurkan arus discharge petir maupun untuk pemakaian pentanahan yang lain. (Hutauruk, T.S., 1987)



Gambar 2.1: Elektroda Batang

Dengan rumus tahanan pentanahan untuk Elektroda Batang-Tunggal

$$R_G = R_R = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[\ln \left(\frac{4L_R}{A_R} \right) - 1 \right] \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana :

R_G = Tahanan pentanahan (Ω)

R_R = Tahanan pentanahan untuk batang tunggal (Ω)

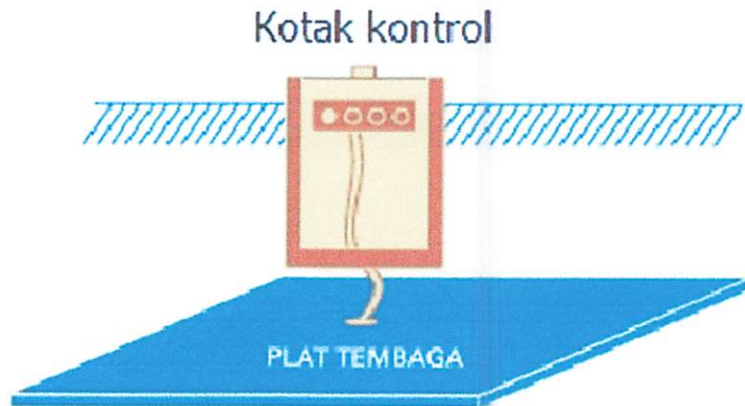
ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

L_R = Panjang elektroda (meter)

A_R = Diameter elektroda (m)

2.6.1.2 Elektroda Pelat

Elektroda pelat ialah elektroda dari bahan pelat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa. Pada umumnya elektroda ini ditanam dalam. Elektroda ini digunakan bila diinginkan tahanan pentanahan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda yang lain. (Hutauruk, T.S., 1987)



Gambar 2.2 : Elektroda Pelat

Dengan rumus tahanan pentanahan untuk Elektroda Pelat :

$$R_G = R_P = \frac{\rho}{2\pi L_P} \left[\ln \left(\frac{4L_R}{0,5W_R + T_P} \right) - 1 \right] \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana :

R_P = Tahanan pentanahan Pelat (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω/m)

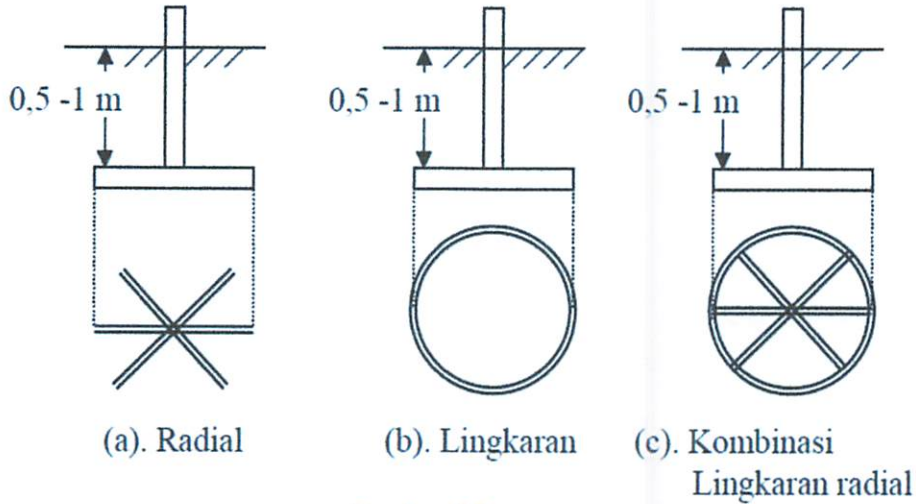
W_P = Lebar pelat (m)

T_P = Tebal pelat (m)

2.6.1.3 Elektroda Pita

Elektroda pita ialah elektroda yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Kalau pada elektroda jenis batang, pada umumnya ditanam secara dalam. Pemancangan ini akan bermasalah apabila mendapati lapisan-lapisan tanah yang berbatu, disamping sulit pemancangannya, untuk mendapatkan nilai tahanan yang rendah juga bermasalah. Ternyata sebagai pengganti pemancangan secara vertikal kedalam tanah, dapat dilakukan dengan menanam batang hantaran secara mendatar (horisontal) dan dangkal. Di samping

kesederhanaannya itu, ternyata tahanan pentanahan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh bentuk konfigurasi elektrodanya, seperti dalam bentuk melingkar, radial atau kombinasi antar keduanya. (Hutaauruk, T.S., 1987)



Gambar 2.3

Elektroda Pita dan cara pemasangan

Dengan rumus tahanan pentanahan untuk Elektroda Pelat :

$$R_{pt} = \frac{\rho}{\pi L} \left[\ln \frac{2L}{d} \right] \dots \dots \dots (2.14)$$

dimana :

R_{pt} = tahanan pembumian elektroda pita (Ω)

ρ = tahanan jenis tanah (Ω/m)

L = panjang elektroda pita yang tertanam (m)

d = lebar pita/diameter elektroda pita kalau bulat (m)

2.6.2 Jenis Bahan dan Ukuran Elektroda.

Sebagai konsekwensi peletakannya di dalam tanah, maka elektroda dipilih dari bahan-bahan tertentu yang memiliki konduktivitas sangat baik dan tahan terhadap sifat-sifat yang merusak dari tanah, seperti korosi. Ukuran elektroda dipilih yang mempunyai kontak paling efektif dengantanah. Tabel berikut ini dapat digunakan sebagai acuan kasar harga tahanan pentanahan pada tanah dengan

BAB II

Tinjauan Pustaka

2. Pengertian Pentanahan

Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/arus abnormal. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik. Pentanahan tidak terbatas pada sistem tenaga saja, namun mencakup juga sistem peralatan elektronik, seperti telekomunikasi, komputer, dll. Secara umum, tujuan sistem pentanahan adalah menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah, menjamin kerja peralatan listrik/elektronik, mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik, dan menyalurkan energi serangan petir ke tanah.

Dalam system pentanahan semakin kecil nilai tahanan maka semakin baik terutama untuk pengamanan personal dan peralatan, beberapa patokan standart yang telah disepakati adalah bahwa saluran transmisi substasion harus direncanakan sedemikian rupa sehingga nilai tahanan pentanahan tidak melebihi 1Ω untuk digunakan pada aplikasi data dan maksimum harga tahanan yang diijinkan 5Ω pada gedung. Dalam saluran tegangan tinggi (132KV) tahanan maksimalnya 15 ohm masih dapat ditoleransi dan dalam saluran distribusi (33-0,4 KV) dipilih tahanan 25 ohm. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan antara lain dengan :

- Sistem batang paralel
- Sistem pasak tanam dalam dengan beberapa pasak dan diperlakukan terhadap kondisi kimiawi tanah.
- Dengan menggunakan pelat tanam, penghantar tanam, dan beton rangka baja yang secara listrik terhubung.

2.2 Tujuan dari sistem pentanahan

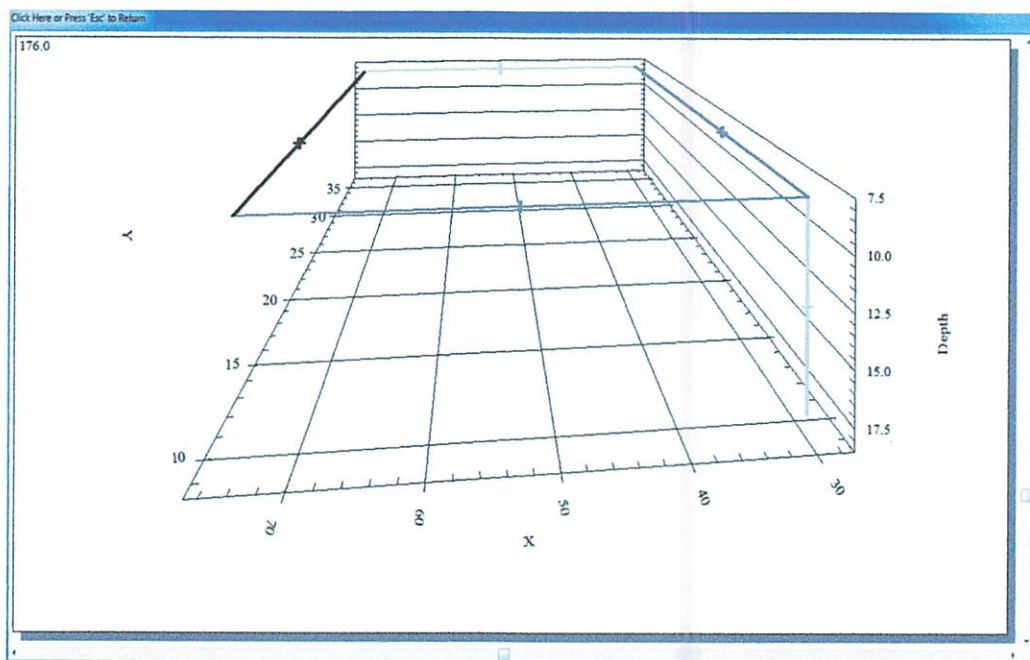
Secara umum tujuan dari sistem pentanahan dan grounding pengaman adalah sebagai berikut:

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Sistem Pentanahan sebelum penambahan batang elektroda di PT Molindo Raya Industrial dengan software Etap Power Station.

Membuat simulasi pemodelan sistem pentanahan batang tunggal di PT Molindo Raya Industrial Lawang menggunakan *software ETAP Power Station* merupakan langkah awal dalam melakukan simulasi. Dimana dalam pemodelan ini akan dimasukkan semua data-data teknis yang meliputi jenis tanah, kedalaman tanah, jenis konduktor, diameter konduktor.



Gambar 4.1

Hasil simulasi sistem pentanahan pada PT Molindo Raya Industrial Lawang.

4.2 Langkah - langkah simulasi pemodelan pentanahan batang tunggal.

4.2.1 Data tanah.

Untuk hasil simulasi sistem pentanahan batang tunggal yang terpasang pada sistem kelistrikan PT Molindo Raya Industrial Lawang maka masukkan material tanah pada permukaan tanah yang terdiri dari tanah berkerikil dengan resistif tanah yaitu 500 ohm-m dengan kedalaman permukaan material 0.8 ft (0.3 meter) dan pada lapisan atas resistif tanahnya 60 ohm-m dengan jenis tanah organik dan kedalaman dari tanah organik yaitu 9 ft (2.7 meter) sedangkan pada lapisan bawah

resistif material dari tanah yaitu 10 ohm-meter dengan jenis tanah lembab. Adapun hasil simulasi pentanahan batang tunggal seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :

	Resistivity ohm-m	Material	Depth ft
Surface Material	500	Clean limestone	0.8
Top Layer	60	Wet organic soil	9
Lower Layer	10	Moist soil	

Gambar 4.2
Hasil masukan data tanah

4.2.2 Batang (rods)

Pada gambar dibawah ini elektroda yang dipakai adalah 1 batang elektroda batang berupa kawat baja berlapis tembaga dengan diameter batang elektroda 0.75 inci.

Rods		Material Constants	
# of Rods	1	Conductivity	30.0
Diameter	0.75 inch	Alpha Factor	0.00378
Length	1.6 ft	Ko Factor	245
Arrangement	Rods in Grid Corners	Fusing Temperature	1084
Type	Copper-clad steel wire 2	Resistivity @ 20 C	5.86
Cost	100 \$/Rod	Thermal Capacity	3.85

Gambar 4.3
Hasil simulasi batang (rods).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Software ETAP *Power Station*

Pada prinsipnya, aplikasi perangkat lunak (*software*) pada komputer digital bertujuan untuk mempermudah dilakukannya analisis terhadap sistem tenaga listrik, terutama terhadap sistem yang besar dan kompleks. Salah satu software khusus yang mempermudah perhitungan analisis sistem tenaga ini adalah ETAP *Power Station*.



Gambar 3.1 Logo Etap

ETAP *Power Station* beberapa keunggulan pada penggunaannya sebagai perangkat analisis, yaitu:

a) Operasi dengan *Virtual Reality*

Program ini menyusun operasi-operasi dengan pendekatan yang sedekat mungkin terhadap sistem tenaga listrik yang sesungguhnya. Sebagai contoh, ketika dilakukan pembukaan atau penutupan pada *circuit breaker*, *set up* suatu peralatan pada kondisi *out-of-service*, atau mengubah status operasi dari motor, maka kondisi-kondisi tersebut akan terindikasi secara langsung pada *one line diagram* dalam bentuk perubahan warna.

b) Data yang terintegrasi secara total

ETAP *Power Station* mengkombinasikan atribut elemen-elemen kelistrikan, logika, mekanika, dan fisik pada database yang sama. Data yang tersedia harus dalam bentuk data kasar yang belum dikonversi dalam bentuk lain (misalnya dalam bentuk per unit). Sebagai contoh, dalam pemasukan kabel bawah tanah, data yang perlu dimasukkan adalah data panjang kabel, resistansi dan induktansi kabel dalam ohm, admitansi kabel, dan jika mungkin, juga dimasukkan jumlah konduktor dan jumlah fasa. Data ini bisa diperoleh dari katalog kabel. Disamping itu juga disediakan data yang mencakup tipe kabel, material konduktor, dan data generator, termasuk jenis eksiter dan jenis governor dan beberapa data motor induksi.

c) Pemasukan Data Yang Sederhana

Etap *Power Station* memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri data suatu elemen. Data-data yang ada pada program ini telah di masukkan sesuai dengan data-data yang ada di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain. (Noviginanto. 2012)

d) Optimasi Konduktor

ETAP menentukan jumlah minimum konduktor yang memenuhi batas ambang toleransi potensi Langkah dan Sentuh untuk sejumlah tetap batang tanah. Modul GGS dimulai perhitungan dengan grid yang terdiri dari hanya dua konduktor di setiap sisi, dan meningkatkan jumlah konduktor (menjaga mesh hampir persegi) sampai solusi tercapai. Fungsi hanya berlaku untuk metode IEEE saja.

e) Optimasi Konduktor dan Batang Elektroda

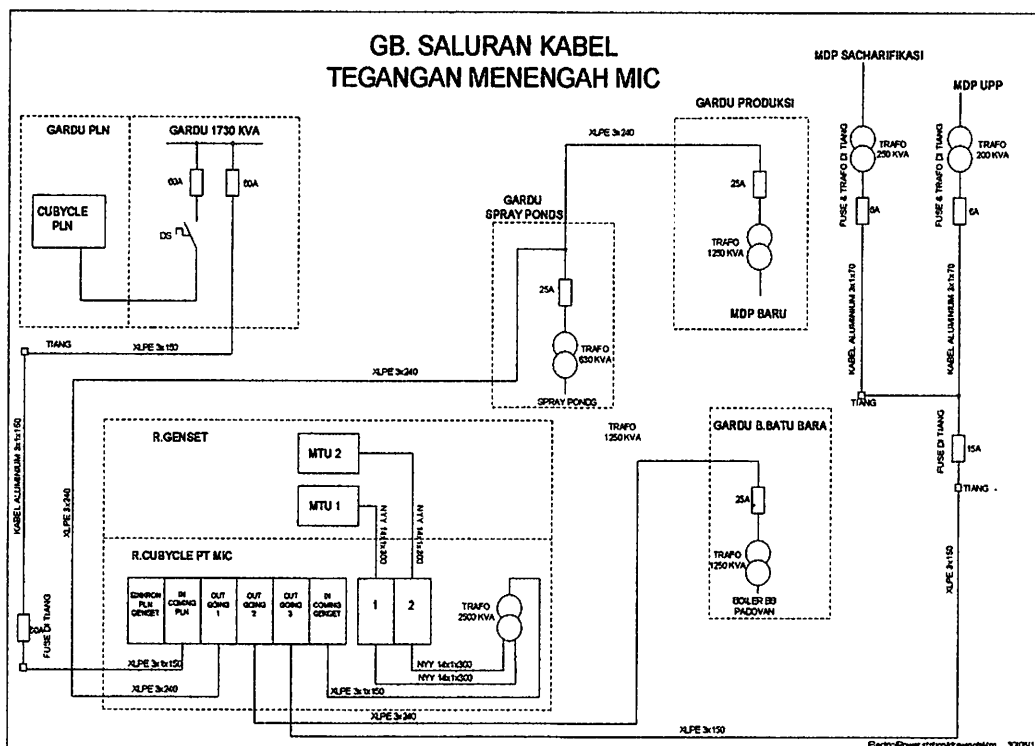
Modul GGS melakukan rutinitas optimasi biaya untuk menentukan jumlah optimal dari konduktor dan batang tanah yang diperlukan untuk membatasi potensi Langkah dan Sentuh. ETAP memulai rutinitas optimasi dengan minimal dua konduktor paralel horizontal, dua konduktor paralel vertikal, dan empat batang. Dengan setiap iterasi, jumlah batang dan konduktor meningkat

berdasarkan efektivitas biaya mereka dalam mengurangi tingkat potensial yang tidak diinginkan.

3.2 Data yang Digunakan dalam Penelitian

Data yang digunakan adalah data – data teknis yang dimiliki PT. Molindo Raya Industrial Lawang yang meliputi :

3.2.1 Single line diagram PT Molindo Raya Industrial Lawang



Gambar 3.2 single line diagram PT Molindo Raya Industrial Lawang

3.2.2 Data Pentanahan PT Molindo Raya Industrial Lawang

Tabel 3.1

Data pentanahan PT Molindo Raya Industrial Lawang

NO	Jenis Tanah	Metode pentanahan	Tipe	Kedalaman (meter)
1	Tanah liat berkerikil,	Batang Tunggal	Kawat baja berlapis tembaga	3

Sumber (hasil pengukuran, 2012)

Tabel 3.2

Nilai Tahanan Pentanahan di PT Molindo Raya Industrial Lawang

NO	Jenis Elektroda	Tahanan tanah (ohm)
1	Batang	3.81

Sumber (hasil pengukuran, 2012)

3.3 Lokasi dan Waktu Pengambilan Data

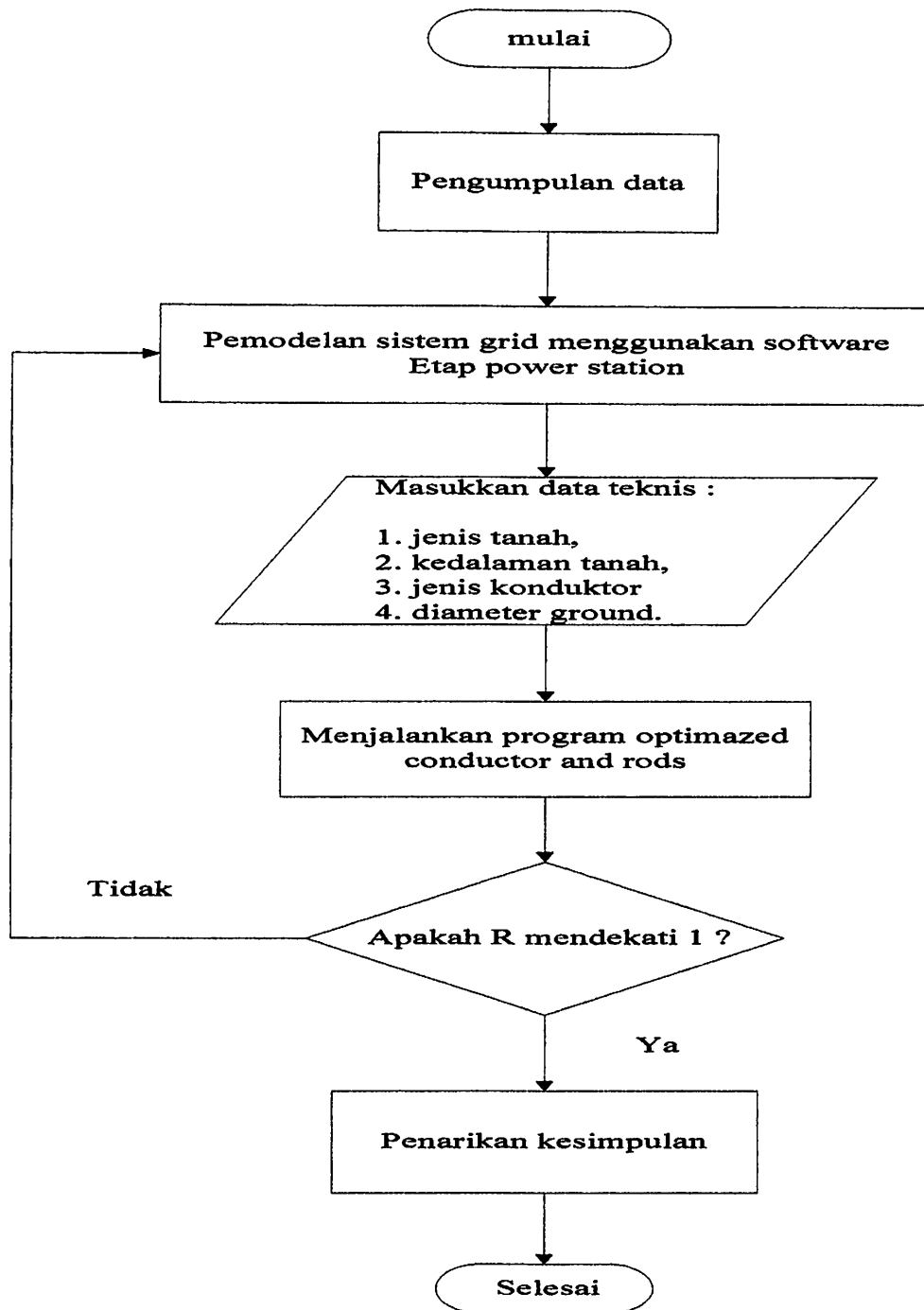
Lokasi pengambilan data untuk penelitian ini adalah PT. Molindo Raya Industrial Lawang. Waktu pengambilan data dilakukan pada tanggal 21mei 2012 – 25 mei 2012. Waktu pengerjaan penelitian ini akan dilaksanakan bulan mei - agustus 2012.

3.4 Rancangan Percobaan

3.4.1 Algoritma Simulasi *Software ETAP Power Station*

1. Mulai
2. Pengumpulan data yang diperlukan untuk pemodelan *Grounding* di PT. Molindo Raya Industrial Lawang.
3. Pemodelan *Grounding* di PT. Molindo Raya Industrial Lawang. menggunakan *software ETAP Power Station*.
4. Masukkan data teknis kedalam pemodelan *grounding* yang meliputi jenis tanah, kedalaman tanah, jenis konduktor, penampang dan diameter batang konduktor.
5. Menjalankan fitur program *optimazed conductor and rods* yang terdapat di *software Etap Power Station*.
6. Penarikan kesimpulan.
7. Selesai.

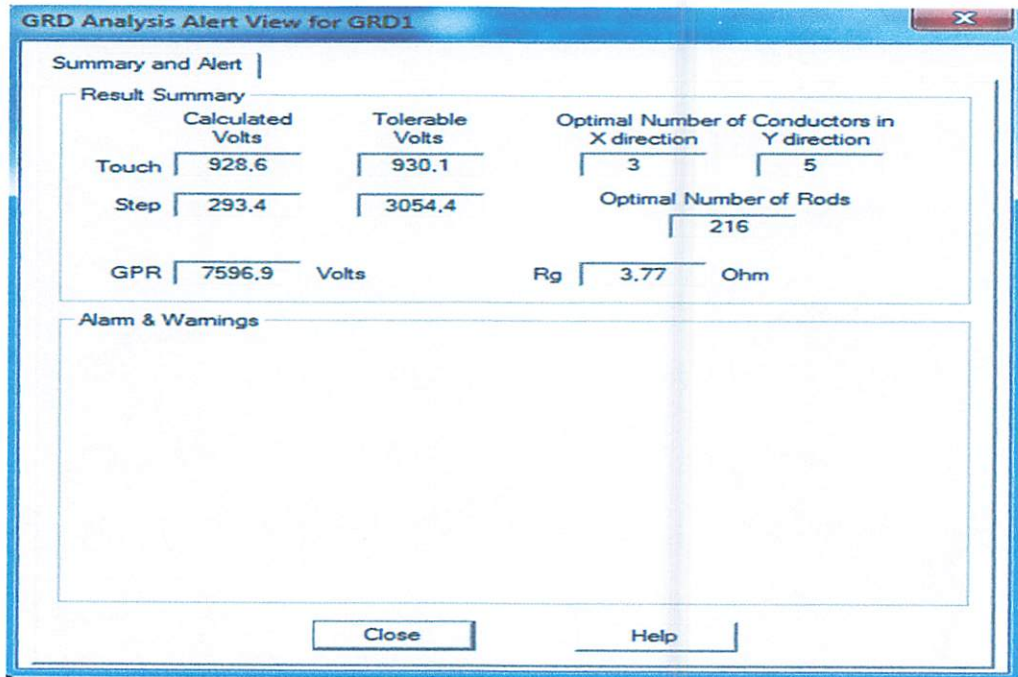
3.4.2 Diagram alir (flowchart)



Gambar 3.3 Diagram alir

4.2.3 Hasil dari simulasi dari sistem pentanahan batang tunggal.

Berdasarkan hasil simulasi sistem pentanahan batang tunggal dengan jenis elektroda batang berupa kawat baja berlapis tembaga, maka didapat tahanan pentanahan 3.77 ohm



Gambar 4.4
Hasil simulasi pentanahan peralatan batang tunggal..

4.3 Hasil Perhitungan Sistem Pentanahan Sebelum Penambahan batang elektroda dan kedalaman elektroda di PT Molindo Raya Industrial Lawang.

Karena pada sistem pentanahan PT Molindo Raya Industrial Lawang menggunakan elektroda batang tunggal dengan kedalaman 3m dari permukaan tanah dan menembus lapisan tanah kedua, maka mengacu pada persamaan 2.9 didapat nilai tahanan tanah sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho_2}{2 \cdot \pi(h - h_0)} \left(\ln \frac{2L}{a} - 1 + \frac{\ln 2}{1 + \frac{(4 \ln 2)h_0}{L}} \right) + \frac{\rho_1}{h} \varphi_0$$

$$\varphi = \frac{\frac{1}{2\pi} \left(\ln \frac{1}{1-K} \right)}{\sqrt{\left(\frac{N}{F_0} - 1 \right)^2 + 1}}$$

$$\varphi_0 = \frac{\frac{1}{2,3,14} \left(\ln \frac{1}{1-0,7} \right)}{\sqrt{\left(\frac{1}{1,63} - 1 \right)^2 + 1}}$$

$$\varphi_0 = \frac{\frac{1}{2\pi} \left(\ln \frac{1}{1-K} \right)}{\sqrt{\left(\frac{N}{F_0} - 1 \right)^2 + 1}}$$

$$= -0,084$$

$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho^2 + \rho_1}$$

$$K = \frac{10 - 60}{10 + 60}$$

$$= -0,7$$

$$F_0 = \frac{L}{1 - 0,9K}$$

$$F_0 = \frac{0,5}{1 - 0,9(-0,7)}$$

$$= 1,63$$

$$R = \frac{\rho_2}{2 \cdot \pi (h - h_0)} \left(\ln \frac{2L}{a} - 1 + \frac{\ln 2}{1 + \frac{(4 \ln 2) h_0}{L}} \right) + \frac{\rho_1}{h} \varphi_0$$

$$R = \frac{10}{2,3,14(0,24 - 3)} \left(\ln \frac{2 \cdot 0,5}{a} - 1 + \frac{0,69}{17,64} \right) + 3,25$$

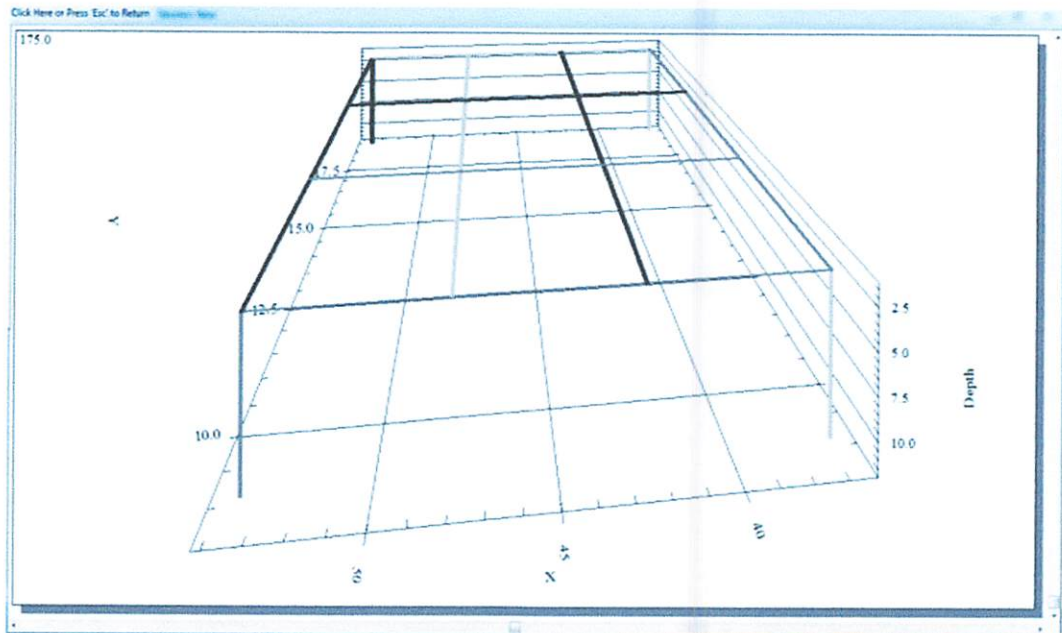
$$= -0,58 (-1,051 + 0,039) + 3,25$$

$$= 3,84 \Omega$$

4.4 Pemodelan Sistem Pentanahan dengan Tambahan 1 Batang Elektroda di PT Molindo Raya Industrial dengan software Etap Power Station.

Membuat simulasi pemodelan sistem pentanahan batang tunggal dengan tambahan 1 batang elektroda dan kedalaman penanaman elektroda di PT Molindo Raya Industrial Lawang menggunakan *software ETAP Power Station* merupakan langkah awal dalam melakukan simulasi. Dimana dalam pemodelan ini akan dimasukkan semua data-data teknis yang meliputi jenis tanah, penambahan

kedalaman tanah, jenis elektroda batang, diameter elektroda dan penambahan 1 batang elektroda.



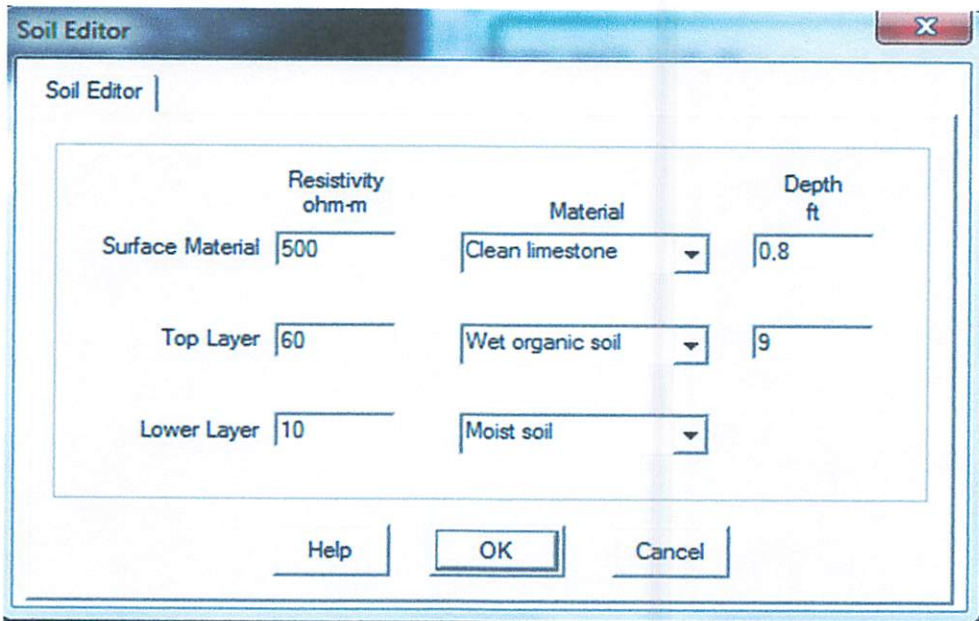
Gambar 4.5

Hasil pemodelan *grounding* pada PT Molindo Raya Industrial Lawang

4.4.1 Langkah - langkah Pemodelan Pentanahan dengan Penambahan 1 Batang Elektroda dengan Jarak antara Batang Konduktor 3 meter

4.4.1.1 Data tanah.

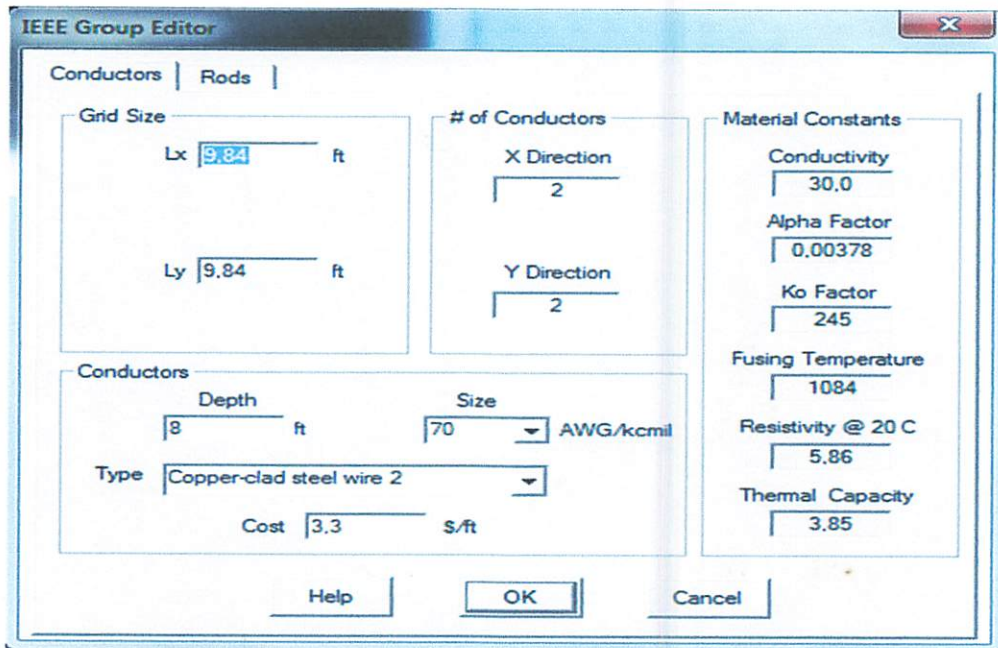
Untuk hasil simulasi pentanahan dengan 1 tambahan elektroda maka memasukkan material tanah yang terdiri dari tanah berkapur dengan resistif tanah yaitu ohm-m dengan kedalaman permukaan material 0.8 ft (0.3 meter) dan pada lapisan atas resistif tanahnya 500 ohm-m dengan jenis tanah organik dan kedalaman dari tanah organik yaitu 9 ft (2.7 meter) sedangkan pada lapisan bawah resistif material dari tanah yaitu 60 ohm-meter dengan jenis tanah lembab. Adapun hasil simulasi pentanahan seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.6
Simulasi pentanahan dengan memasukkan data tanah.

4.4.1.2 Konduktor

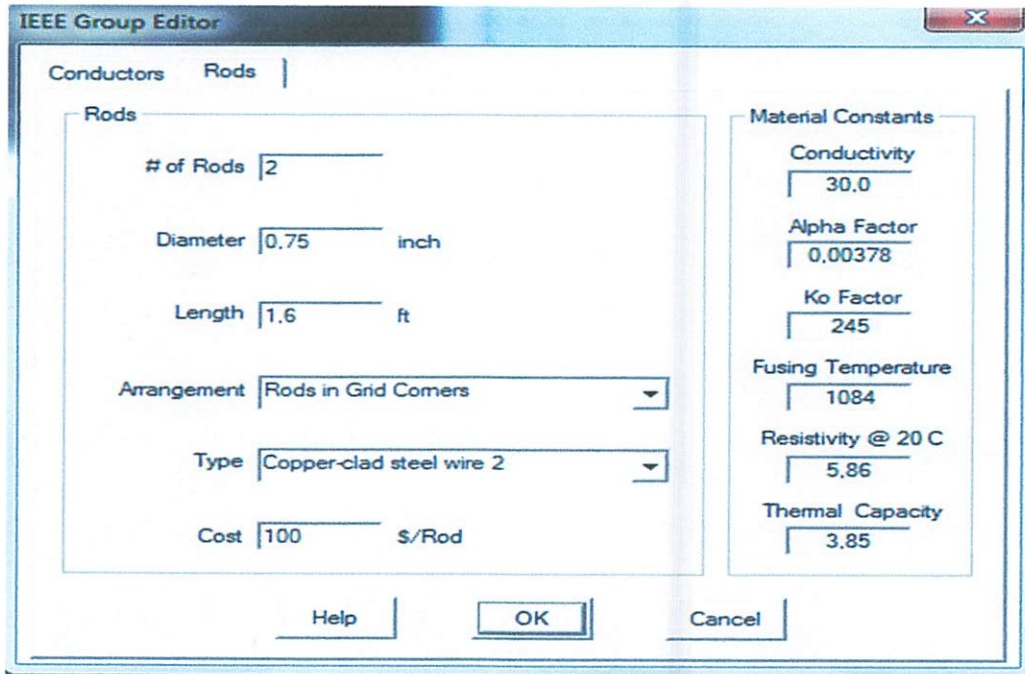
Pada gambar dibawah ini menunjukkan bahwa jarak antar batang konduktor pada sumbu Lx panjangnya 9,84 ft (3m) sedangkan pada sumbu Ly kedalamannya 3,84 ft (3m) dan kedalaman penanaman konduktornya adalah 8 ft (2,4m). Adapun hasil simulasi seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.7
Hasil simulasi data konduktor.

4.4.1.3 Batang (rods)

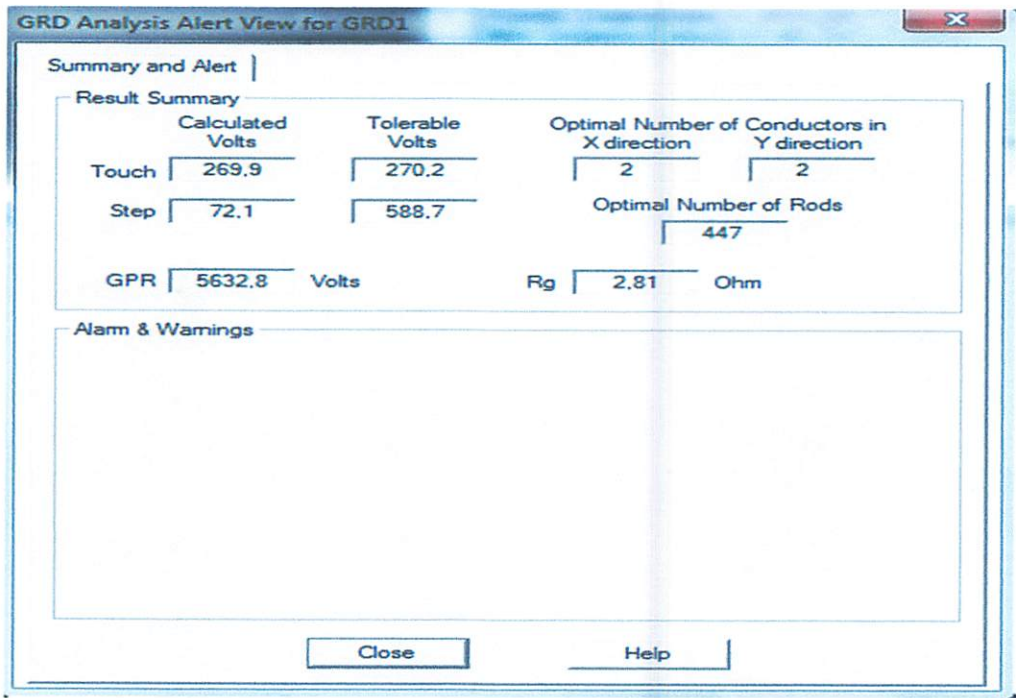
Pada gambar dibawah ini menunjukkan tambahan dengan 1 batang konduktor dengan jenis konduktornya adalah elektroda batang berbahan baja berlapis tembaga dengan diameter batang konduktor 0.75 inci. Adapun hasil dari simulasi pada rods seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.8
Hasil simulasi batang (rods).

4.4.1.4 Hasil dari simulasi Optimasi Konduktor

Pada gambar dibawah ini dapat dijelaskan bahwa tegangan sentuh yang terjadi sebesar 269,9 V, tegangan langkah sebesar 72,1 V, GPR (ground potential rise) sebesar 5632,8 V dan Rg (Tahanan Pentanahan) sebesar 2,81 ohm.



Gambar 4.9
Hasil simulasi dengan penambahan 1 batang elektroda

4.5 Hasil Perhitungan Sistem Pentanahan dengan Penambahan 1 Batang Elektroda di PT Molindo Raya Industrial Lawang.

Rumus untuk dua batang elektroda yang ditanam tegak lurus di dalam tanah juga diturunkan oleh *H.B. Dwight* dengan besar tahanan pentanahan ialah :

1. Untuk $S > L$, dengan jarak antar konduktor 3 meter yaitu :

$$R = \frac{\rho}{4\pi \cdot L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} \right)$$

$$R = \frac{60}{4.3,14.3,14} \left(\ln \frac{4.15}{0.75} - 1 \right) + \frac{60}{4.3,14.5} \left(1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} \right)$$

$$R = 1.52(0,98) + 1,60 (0,991 + 0,00015)$$

$$R = 1.49 + 1,58$$

$$R = 3,06 \Omega$$

Jadi, nilai tahanan jenis yang didapat dari perhitungan adalah 3,06 Ω

4.6 Langkah - langkah Pemodelan Pentanahan dengan Penambahan 1 Batang Elektroda dengan Jarak antara Batang Konduktor 4 m

4.6.1 Data tanah.

Untuk hasil simulasi pentanahan dengan 1 tambahan elektroda maka memasukkan material tanah yang terdiri dari tanah berkapur dengan resistif tanah yaitu ohm-m dengan kedalaman permukaan material 0.8 ft (0.3 meter) dan pada lapisan atas resistif tanahnya 500 ohm-m dengan jenis tanah organik dan kedalaman dari tanah organik yaitu 9 ft (2.7 meter) sedangkan pada lapisan bawah resistif material dari tanah yaitu 60 ohm-meter dengan jenis tanah lembab. Adapun hasil simulasi pentanahan seperti yang yang terlihat pada gambar dibawah ini :

The image shows a software dialog box titled "Soil Editor". It contains a table with three rows representing different soil layers. Each row has three columns: "Resistivity ohm-m", "Material", and "Depth ft".

	Resistivity ohm-m	Material	Depth ft
Surface Material	500	Clean limestone	0.8
Top Layer	60	Wet organic soil	9
Lower Layer	10	Moist soil	

At the bottom of the dialog box, there are three buttons: "Help", "OK", and "Cancel".

Gambar 4.9
Simulasi pentanahan dengan memasukan data tanah.

4.6.2 Konduktor

Pada gambar dibawah ini menunjukkan bahwa jarak antar batang konduktor pada sumbu Lx panjangnya 13,12 ft (4 m) sedangkan pada sumbu Ly kedalamannya 13,13 ft (4 m) dan kedalaman penanaman konduktornya adalah 8 ft (2,4m). Adapun hasil simulasi seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :

The screenshot shows the 'IEEE Group Editor' dialog box with the 'Conductors' tab selected. The 'Grid Size' section has Lx and Ly both set to 13.12 ft. The '# of Conductors' section has X and Y directions both set to 2. The 'Material Constants' section lists: Conductivity (30.0), Alpha Factor (0.00378), Ko Factor (245), Fusing Temperature (1084), Resistivity @ 20 C (5.86), and Thermal Capacity (3.85). The 'Conductors' section has Depth (8 ft), Size (70 AWG/kcmil), Type (Copper-clad steel wire 2), and Cost (3.3 \$/ft). Buttons for Help, OK, and Cancel are at the bottom.

Gambar 4.10
Hasil simulasi data konduktor.

4.6.3 Batang (rods)

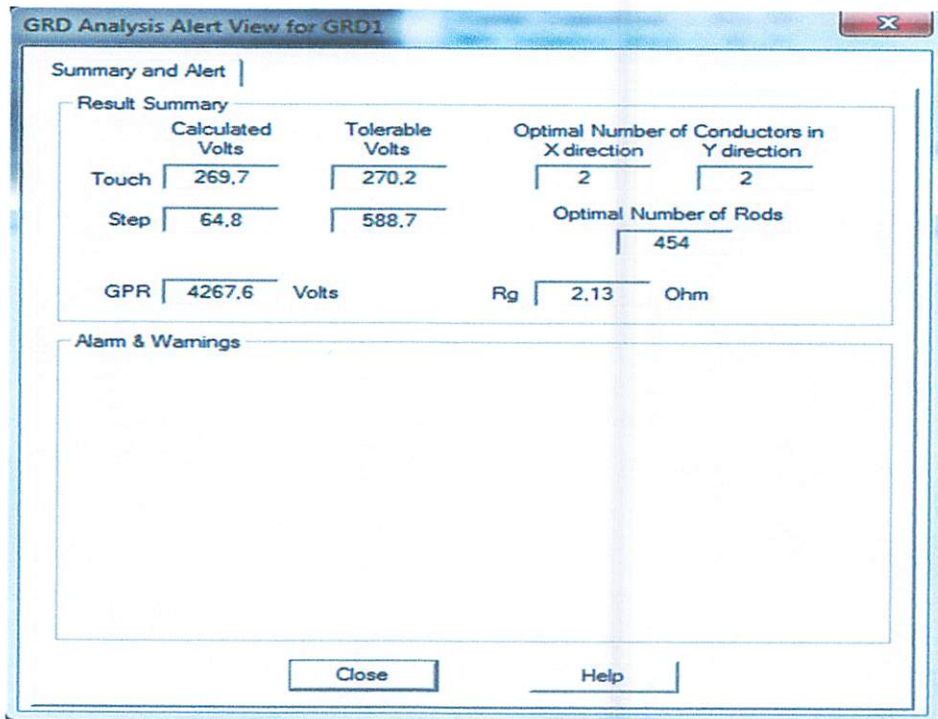
Pada gambar dibawah ini menunjukkan tambahan dengan 1 batang konduktor dengan jenis konduktornya adalah elektroda batang berbahan baja berlapis tembaga dengan diameter batang konduktor 0.75 inci. Adapun hasil dari simulasi pada rods seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :

The screenshot shows the 'IEEE Group Editor' dialog box with the 'Rods' tab selected. The 'Rods' section has: # of Rods (2), Diameter (0.75 inch), Length (1.6 ft), Arrangement (Rods in Grid Corners), Type (Copper-clad steel wire 2), and Cost (100 \$/Rod). The 'Material Constants' section is identical to the previous screenshot: Conductivity (30.0), Alpha Factor (0.00378), Ko Factor (245), Fusing Temperature (1084), Resistivity @ 20 C (5.86), and Thermal Capacity (3.85). Buttons for Help, OK, and Cancel are at the bottom.

Gambar 4.11
Hasil simulasi batang (rods).

4.6.4 Hasil dari simulasi Optimasi Konduktor

Pada gambar dibawah ini dapat dijelaskan bahwa tegangan sentuh yang terjadi sebesar 269,7 V, tegangan langkah sebesar 64,8 V, GPR (ground potential rise) sebesar 4267,6 V dan Rg (Tahanan Pentanahan) sebesar 2,13 ohm.



Gambar 4.12

Hasil simulasi dengan penambahan 1 batang elektroda

4.7 Hasil Perhitungan Sistem Pentanahan dengan Penambahan 1 Batang Elektroda di PT Molindo Raya Industrial Lawang.

Rumus untuk dua batang elektroda yang ditanam tegak lurus di dalam tanah juga diturunkan oleh *H.B. Dwight* dengan besar tahanan pentanahan ialah :

2. Untuk $S > L$, dengan jarak antar konduktor 4 m yaitu :

$$R = \frac{\rho}{4\pi \cdot L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi S} \left(1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} \right)$$

$$R = \frac{60}{4.3,14.3,14} \left(\ln \frac{4.0,5}{0.75} - 1 \right) + \frac{60}{4.3,14.4} \left(1 - \frac{0,5^2}{3.4^2} + \frac{2.0,5^4}{5.4^4} \right)$$

$$R = 1.52(0,98) + 1,19 (0,995 + 0,000048)$$

$$R = 1.49 + 1,18$$

$$R = 2,67 \Omega$$

Jadi, nilai tahanan jenis yang didapat dari perhitungan adalah 2,67 Ω

4.8 Langkah - langkah Pemodelan Pentanahan dengan Penambahan 1 Batang Elektroda dengan Jarak antara Batang Konduktor 5 m

4.8.1 Data tanah.

Untuk hasil simulasi pentanahan dengan 1 tambahan elektroda maka memasukkan material tanah yang terdiri dari tanah berkapur dengan resistif tanah yaitu ohm-m dengan kedalaman permukaan material 0.8 ft (0.3 meter) dan pada lapisan atas resistif tanahnya 500 ohm-m dengan jenis tanah organik dan kedalaman dari tanah organik yaitu 9 ft (2.7 meter) sedangkan pada lapisan bawah resistif material dari tanah yaitu 60 ohm-meter dengan jenis tanah lembab. Adapun hasil simulasi pentanahan seperti yang yang terlihat pada gambar dibawah ini :

The image shows a software window titled "Soil Editor". Inside the window, there is a table with three columns: "Resistivity ohm-m", "Material", and "Depth ft". The table has three rows corresponding to different soil layers. At the bottom of the window, there are three buttons: "Help", "OK", and "Cancel".

	Resistivity ohm-m	Material	Depth ft
Surface Material	500	Clean limestone	0.8
Top Layer	60	Wet organic soil	9
Lower Layer	10	Moist soil	

Gambar 4.13
Simulasi pentanahan dengan memasukan data tanah.

4.8.2 Konduktor

Pada gambar dibawah ini menunjukkan bahwa jarak antar batang konduktor pada sumbu Lx panjangnya 16,4 ft (5 m) sedangkan pada sumbu Ly kedalamannya 16,4 ft (5 m) dan kedalaman penanaman konduktornya adalah 8 ft (2,4 m). Adapun hasil simulasi seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :

IEEE Group Editor

Conductors | Rods |

Grid Size

Lx 16.4 ft

Ly 16.4 ft

of Conductors

X Direction 2

Y Direction 2

Material Constants

Conductivity 30.0

Alpha Factor 0.00378

Ko Factor 245

Fusing Temperature 1084

Resistivity @ 20 C 5.86

Thermal Capacity 3.85

Conductors

Depth 8 ft

Size 70 AWG/kcmil

Type Copper-clad steel wire 2

Cost 3.3 \$/ft

Help OK Cancel

Gambar 4.14
Hasil simulasi data konduktor.

4.8.3 Batang (rods)

Pada gambar dibawah ini menunjukkan tambahan dengan 1 batang konduktor dengan jenis konduktornya adalah elektroda batang berbahan baja berlapis tembaga dengan diameter batang konduktor 0.75 inci. Adapun hasil dari simulasi pada rods seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :

IEEE Group Editor

Conductors | Rods |

Rods

of Rods 2

Diameter 0.75 inch

Length 1.6 ft

Arrangement Rods in Grid Corners

Type Copper-clad steel wire 2

Cost 100 \$/Rod

Material Constants

Conductivity 30.0

Alpha Factor 0.00378

Ko Factor 245

Fusing Temperature 1084

Resistivity @ 20 C 5.86

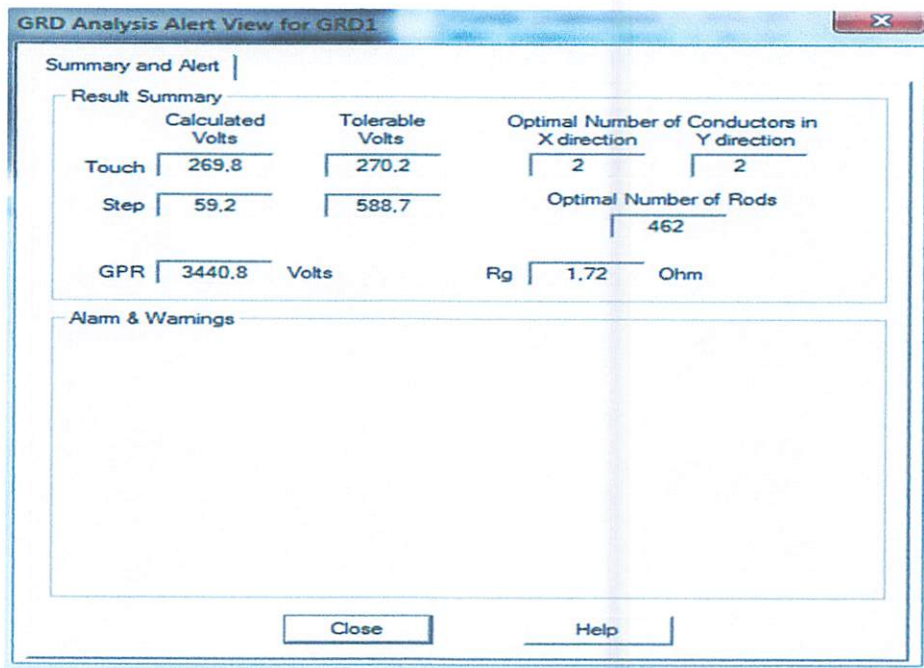
Thermal Capacity 3.85

Help OK Cancel

Gambar 4.15
Hasil simulasi batang (rods).

4.8.4 Hasil dari simulasi Optimasi Konduktor

Pada gambar dibawah ini dapat dijelaskan bahwa tegangan sentuh yang terjadi sebesar 269,9 V, tegangan langkah sebesar 59,2 V, GPR (ground potential rise) sebesar 3440,8 V dan Rg (Tahanan Pentanahan) sebesar 1,71 ohm.



Gambar 4.16

Hasil simulasi dengan penambahan 1 batang elektroda

4.9 Hasil Perhitungan Sistem Pentanahan dengan Penambahan 1 Batang Elektroda di PT Molindo Raya Industrial Lawang.

Rumus untuk dua batang elektroda yang ditanam tegak lurus di dalam tanah juga diturunkan oleh *H.B. Dwight* dengan besar tahanan pentanahan ialah :

3. Untuk $S > L$, dengan jarak antar konduktor 5 m yaitu :

$$R = \frac{\rho}{4\pi \cdot L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi S} \left(1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} \right)$$

$$R = \frac{60}{4.3,14.3,14} \left(\ln \frac{4.0,5}{0.75} - 1 \right) + \frac{60}{4.3,14.5} \left(1 - \frac{0,5^2}{3 \cdot 5^2} + \frac{2 \cdot 0,5^4}{5 \cdot 5^4} \right)$$

$$R = 1.52(0,98) + 0,95 (0,997 + 0,001)$$

$$R = 1.49 + 0,95$$

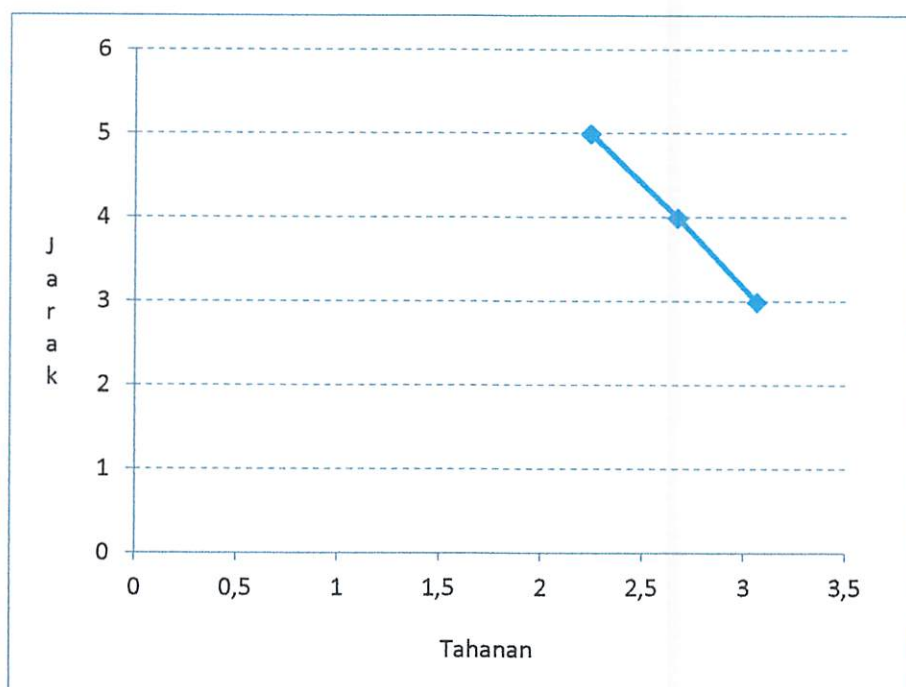
$$R = 2,4 \Omega$$

Jadi, nilai tahan jenis yang didapat dari perhitungan adalah 2,4 Ω

Tabel 4.1
Hasil simulasi tahanan pentanahan

No	Jarak (M)	Tahanan hasil simulasi (Ω)
1	3	2,80
2	4	2.12
3	5	1,7

Dari data hasil simulasi pada tabel 4.1 dapat dibuat grafik yang menyatakan hubungan antara pengaruh jarak penanaman batang elektroda terhadap nilai tahanan pentanahan ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1

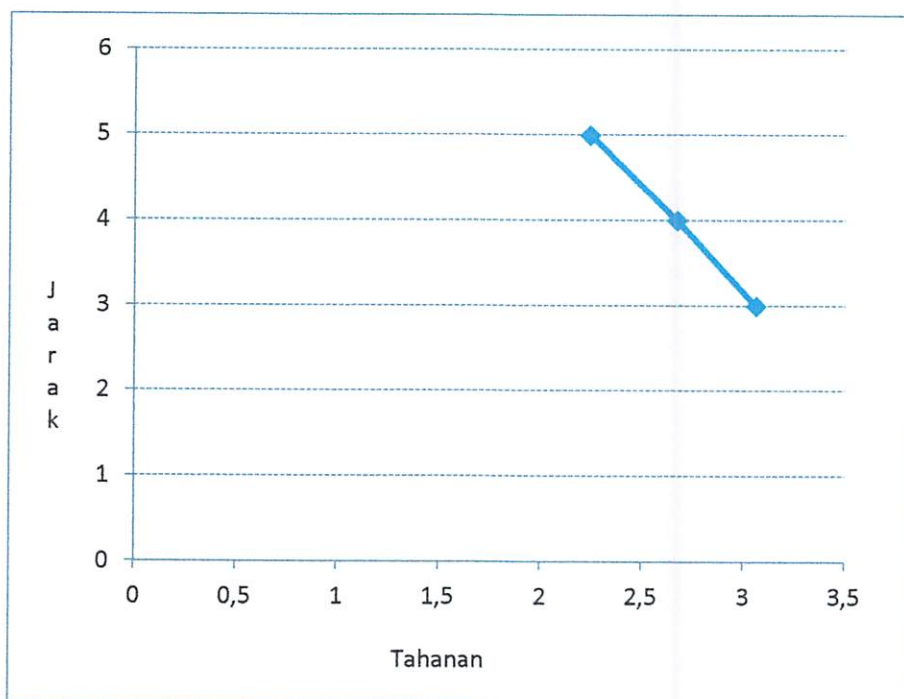
Grafik hasil simulasi hubungan jarak(S) penanaman elektroda terhadap nilai tahanan(R)

Berdasarkan gambar 4.1 penambahan jarak penanaman (S) menyebabkan penurunan nilai tahanan pentanahan (R) . Terlihat bahwa pengaruh penambahan jarak penanaman elektroda untuk kedalaman penanaman 3 meter mengakibatkan turunnya nilai tahanan.

Tabel 4.2
Hasil perhitungan tahanan pentanahan

No	Jarak (M)	Tahanan hasil perhitungan (Ω)
1	3	3,06
2	4	2,67
3	5	2,4

Dari data hasil perhitungan pada tabel 4.2 dapat dibuat grafik yang menyatakan hubungan antara pengaruh jarak penanaman batang elektroda terhadap nilai tahanan pentanahan ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik hasil perhitungan hubungan jarak(S) penanaman elektroda terhadap nilai tahanan(R)

Berdasarkan gambar 4.2 penambahan jarak penanaman (S) menyebabkan penurunan nilai tahanan pentanahan (R) . Terlihat bahwa pengaruh penambahan jarak penanaman elektroda untuk kedalaman penanaman 3 meter mengakibatkan turunnya nilai tahanan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan simulasi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan 1 batang elektroda yang dipasang secara paralel akan memperkecil nilai tahanan pentanahan dari yang awalnya 3,81 menjadi 2,80.
2. Semakin dalam elektroda ditanam maka nilai tahanan pembumianya akan semakin kecil.
3. Semakin lebar jarak penanaman kedua elektroda maka nilai tahanannya akan semakin kecil.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan, untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang kecil disarankan menanamkan elektroda secara paralel dengan konfigurasi kedalaman yang dalam dan jarak yang lebar.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. Jakarta: Yayasan PUIL

Hutauruk, T.S. 1997. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga Dan Pengetanahan Peralatan*. Yayasan PUIL. Jakarta : Erlangga

Ilahi. A, “*Studi Sistem Pembumian Batang Tunggal Dengan Menganalisis Resistansi Jenis Tanah (Sistem Driven Rod)*”, Tugas Akhir. Bandar Lampung. 2005

IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, IEEE Standard 80, 1986.

IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and commercial Power System, *Power Enginnering Comminte of the IEEE Industry Aplication Society*, IEEE Standards Board 142, 1991

Etap. 2009. ETAP® 7.0 User Guide. Operation Technology, Inc: Southern California

Andre,. 2011. URL :

<http://andre-electro.blogspot.com/view/classic?z>

LAMPIRAN



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-200/EL-FTI/2012
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Ir. M. Abdul Hamid, MT
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

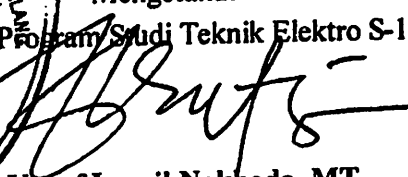
Nama : ANTONIUS DIAN LESTARI
Nim : 0812021
Fakultas : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" **Se.nester Genap Tahun Akademik 2011-2012** "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui
Sebagai Program Studi Teknik Elektro S-1

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 1018800189



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Faya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-200/EL-FTI/2012
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Ir. Choirul Saleh, MT
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : ANTONIUS DIAN LESTARI
Nim : 0812021
Fakultas : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2011-2012 "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

NIP.Y. 1018300189



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
 BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
 Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan ujian skripsi jenjang Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :


NAMA : ANTONIUS DIAN LESTARI
 JURUSAN : Teknik Elektro S-1
 KONSENTRASI : Teknik Energi Listrik
 MASA BIMBINGAN: Semester Genap 2011-2012
 JUDUL : ANALISA GROUNDING PADA SISTEM KELISTRIKAN
 PT MOLINDO RAYA INDUSTRIAL LAWANG
 MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER
 STATION


Tanggal	Uraian	Paraf
Panguji I 11 - 08 - 2012	Tambahkan teori penunjang ETAP	Eg
	Tambahkan analisa yang menggunakan ETAP	
	Tambahkan analisa penggunaan jenis elektroda	
	Perbaiki kesimpulan	
Penguji II 11 - 08 - 2012	Tambahkan data toleransi pada BAB II	b
	Tambahkan jenis elektroda yang di uji	
	Penulisan	

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua Majelis Penguji

Sekretaris Majelis Penguji

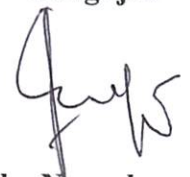

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
 NIP. Y. 1018800189



Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT
 NIP. Y. 1030800417

ANGGOTA PENGUJI

Penguji I

Penguji II


Ir. Eko Nurcahyo, MT
 NIP. Y. 1028700172


Bambang Prio Hartono, ST, MT
 NIP. Y. 1028400082



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : ANTONIUS DIAN LESTARI
Nim : 08.12.021
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1
Masa Bimbingan : Semester Genap 2011-2012
Judul : ANALISA GROUNDING PADA SISTEM
KELISTRIKAN PT MOLINDO RAYA INDUSTRIAL
LAWANG MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP
POWER STATION

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Sabtu
Tanggal : 11 Agustus 2012
Dengan Nilai : 73,25 (B+) *r*

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua Majelis Penguji

Sekretaris Majelis Penguji

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y.1018800189

Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT
NIP.Y.1030800417

ANGGOTA PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Ir. Eko Nurcahyo, MT
NIP. Y. 1028700172

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP. Y. 1028400082



**YUDISIUM PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
ANGKATAN 2008
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
PERIODE II TAHUN 2012**





**YUDISIUM PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK KOMPUTER
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
PERIODE II TAHUN 2012**



Special Thank's

Puji Tuhan atas ucapan kepada **Yesus Kristus**, cz berkat limpahan rahmat-NYA atas bisa lulus kuliah. Semua cobaan, rintangan, kesabaran adalah anugrah Allah yg wajib atas syukuri. Nuwus God nuwus lop..... ☺

Buat keluarga trcinta : Pak'e, mak'e, mbok'e, mbak, mas, adik kulo nyuwun matur nuwun sanget atas dukungannya, kasih sayangnnya n pendanaannya :-p selama atas hailuk ampe atas lulus. Meskkipun umak2 hebat pernah bilang " mending ibar dr pd hailuk" hehehehe.
Sekali lagi trimakasih banyak my family.. ☺

Pak hamid n pak choerul selaku dosen pembimbing : Trimakasih telah membimbing dgn sabar proses penyusunan skripsi ini.. Trimakasih juga buat seluruh dosen elektro n karyawan ITN MALANG yg tak tanggung2 tuk membagi ilmunya meskipun kadang2 gak nyanthol yg beliau2 sampekan..hehehe..

Temen2 elektro 08 : nuwus hebat sam2 08 (g mungkin tak sebutno kabeh g cukup :D) wes ngancani atas hailuk nok ITN kadit onok umak2 hebat kadit rame sob.. hahahha.. atas mesti kangen karo ritual2 nek onok kera2 seng ultah :D... nuwus hebat n sepurane seng akeh sam ☺

Puskopad IO "the kost" : Kaconk, Jembod 1 (majid), Kenthunk (reza), Genggong, Kimpul, Black (anton), ega, uwak (angga), Mamenz (rahman), Gopenk, Kuro, Kiki, suwun wes berbagi susah seneng bareng2 :D jok kapok nek tak utangi duwek maneh hahahaha.

Buat Bongol (anggia) makasih mah udah menjadi semangatq selama aq kuliah, kamu yg telah buat hidupq berwarna, bersamamu aq bahagia mah.. ☺ meskipun kini keadaanya telah berbeda tapi u allways my heart ndul but i love u forever ☺

"Kegagalan bukanlah akhir dr segalanya tapi awal dr sebuah keberhasilan, asalkan kita tak takut tuk terus mencoba"