



**SKRIPSI – ME141501**

***LIFE TIME ASSESSMENT MOTOR CONTAINER CRANE***  
**PT PELINDO III**

**Stefanus Andriyanto**  
**NRP 4210 100 069**

**Dosen Pembimbing**  
**Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**  
**Fakultas Teknologi Kelautan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya**  
**2016**

---



**FINAL PROJECT – ME-141501**

***LIFE TIME ASSESSMENT MOTOR CONTAINER CRANE***  
**PT PELINDO III**

**Stefanus Andriyanto**  
**NRP 4210 100 069**

**Supervisor**  
**Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING**  
**Faculty of Marine Technology**  
**Sepuluh Nopember Institute of Technology**  
**Surabaya**  
**2016**

---

**LEMBAR PENGESAHAN**

***LIFE TIME ASSESSMENT MOTOR CONTAINER CRANE  
PT PELINDO III***

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Marine Electrical and Automation System  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Stefanus Andriyanto**

**Nrp. 4210100069**

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi

1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

NIP. 1960 0319 1987 01 1001



**SURABAYA**

**Januari 2016**

**LEMBAR PENGESAHAN**

***LIFE TIME ASSESSMENT MOTOR CONTAINER CRANE  
PT PELINDO III***

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Marine Electrical and Automation System  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

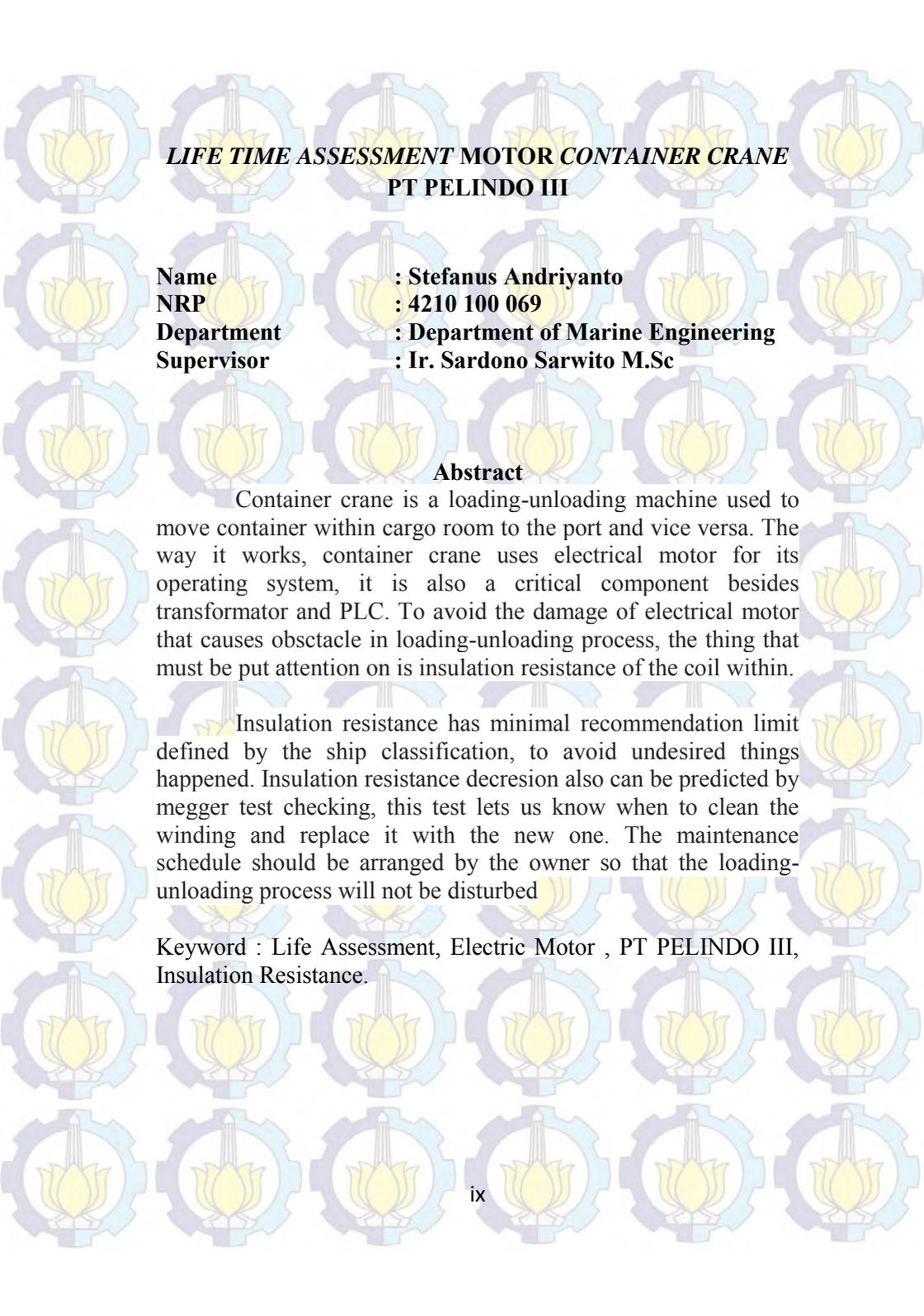
**Stefanus Andriyanto**

**Nrp. 4210100069**

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan:

Dr. Eng. M. Badrus Zamani, S.T., M.T.  
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

**SURABAYA**  
Januari 2016



***LIFE TIME ASSESSMENT MOTOR CONTAINER CRANE  
PT PELINDO III***

**Name** : Stefanus Andriyanto  
**NRP** : 4210 100 069  
**Department** : Department of Marine Engineering  
**Supervisor** : Ir. Sardono Sarwito M.Sc

**Abstract**

Container crane is a loading-unloading machine used to move container within cargo room to the port and vice versa. The way it works, container crane uses electrical motor for its operating system, it is also a critical component besides transformer and PLC. To avoid the damage of electrical motor that causes obstacle in loading-unloading process, the thing that must be put attention on is insulation resistance of the coil within.

Insulation resistance has minimal recommendation limit defined by the ship classification, to avoid undesired things happened. Insulation resistance decresion also can be predicted by megger test checking, this test lets us know when to clean the winding and replace it with the new one. The maintenance schedule should be arranged by the owner so that the loading-unloading process will not be disturbed

**Keyword** : Life Assessment, Electric Motor , PT PELINDO III, Insulation Resistance.

# **LIFE TIME ASSESSMENT MOTOR CONTAINER CRANE PT PELINDO III**

**Nama Mahasiswa** : Stefanus Andriyanto  
**NRP** : 4210 100 069  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Sardono Sarwito M.Sc

## **Abstrak**

*Container Crane* merupakan alat bongkar muat yang berfungsi untuk memindahkan kontainer dari ruang muat kapal ke pelabuhan dan sebaliknya. Dalam kerjanya container crane menggunakan motor listrik untuk sistem operasinya, motor listrik juga merupakan komponen *critical* selain transformator dan PLC. Untuk menghindari kerusakan pada motor listrik yang menyebabkan berhentinya kerja bongkar muat yang ada di pelabuhan, salah satu hal yang harus diperhatikan adalah tahanan isolasi dari kumparan motor yang ada di dalamnya.

Tahanan isolasi memiliki batasan rekomendasi minimum yang sudah ditentukan oleh klas, Guna menghindari hal yang tidak diinginkan. Tahanan isolasi juga bisa diprediksi penurunan nilainya dengan cara dilihat dari hasil pengecekan berkala menggunakan megger test. Cara ini berfungsi supaya kita bisa tahu kapan motor harus dibersihkan lilitannya dan diganti dengan lilitan baru. Pemilik juga harus menjadwalkan untuk perawatan motor supaya tidak mengganggu operasional bongkar muat.

Kata kunci : *Life Assessment*, Motor Listrik, PT PELINDO III, Tahanan Isolasi.

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GRAFIK	

<b>BAB I</b> .....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat.....	2
<b>BAB II</b> .....	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Pengertian Tahanan Isolasi.....	3
2.1.1 Umum.....	3
2.1.2 Megger Test.....	4
2.1.3 Pengujian Tahanan Isolasi.....	6
2.1.4 Nilai Standart Minimum <i>IEEE</i> .....	19
2.2 Perhitungan Penurunan Nilai Tahanan Isolasi.....	19
2.3 Cara Penanganan.....	21
Overhaul.....	21
Rewinding.....	22
<b>BAB III</b> .....	23
METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Batasan Masalah.....	24
3.2 Studi Literatur.....	24
3.3 Pengambilan dan Pengumpulan Data.....	24
3.4 Perhitungan penurunan dan pembuatan grafik.....	26

3.5 Analisa Data dan Pembahasan.....	26
3.6 Kesimpulan dan Saran.....	26
<b>BAB IV</b> .....	27
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	27
4.1 Crane Terminal Nilam Surabaya.....	32
4.1.1 Data Tahanan Isolasi.....	32
4.1.1.A Motor Gantry.....	33
4.1.1.B Motor Hoist.....	35
4.1.1.C Motor Trolley.....	36
4.1.1.D Motor Boom.....	37
4.1.2 Data Waktu Pengoperasian.....	38
4.1.3 Data dan Grafik Penurunan Tahanan.....	39
4.1.3.A Motor Trolley.....	39
4.1.3.B Motor Main Hoist.....	42
4.1.3.C Motor Boom.....	45
4.1.3.D Motor Gantry.....	48
4.2 Crane Pelabuhan Trisakti Banjarmasin.....	50
4.2.1 Data Tahanan Isolasi.....	50
4.2.1.A Motor Gantry.....	50
4.2.1.B Motor Hoist.....	52
4.2.1.C Motor Trolley.....	53
4.2.1.D Motor Boom.....	54
4.2.2 Data Waktu Pengoperasian.....	55
4.2.3 Data dan Grafik Penurunan Tahanan.....	56
4.2.3.A Motor Trolley.....	56
4.2.3.B Motor Main Hoist.....	59
4.2.3.C Motor Boom.....	62
4.2.3.D Motor Gantry.....	64
4.3 Rekomendasi Overhaul / Rewinding dan anggaran biaya.....	66
<b>BAB V</b> .....	
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	70

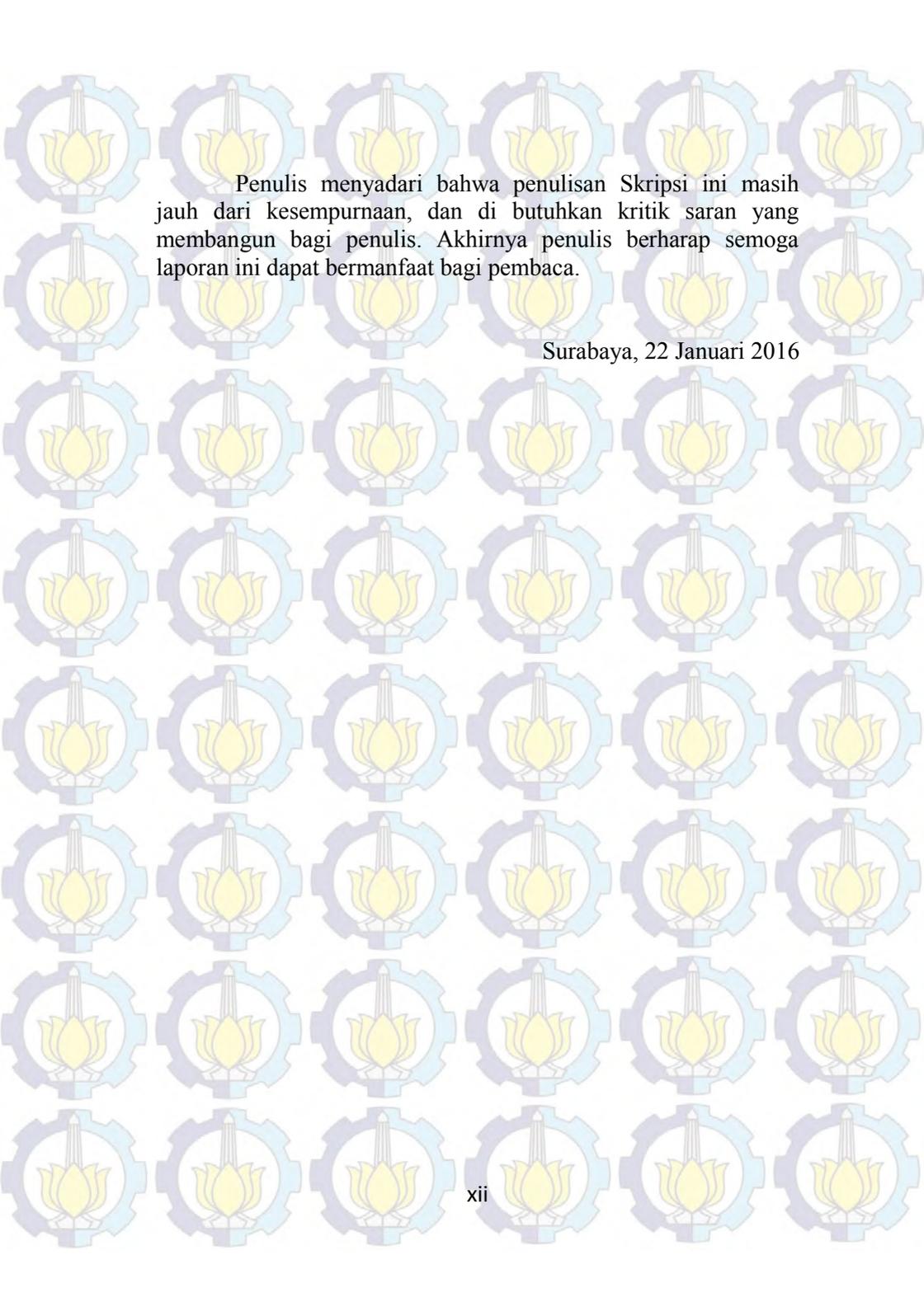
## KATA PENGANTAR

Dengan ini saya panjatkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan pertolongan-Nya penulis diijinkan dan dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “*Life Time Assessment Motor Container Crane PT Pelindo III*”. Laporan ini disusun untuk memenuhi mata kuliah Skripsi Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.

Skripsi ini membahas mengenai sisa umur motor kontainer *crane* ditinjau dari besaran tahanan isolasi yang ada pada kumparan motor

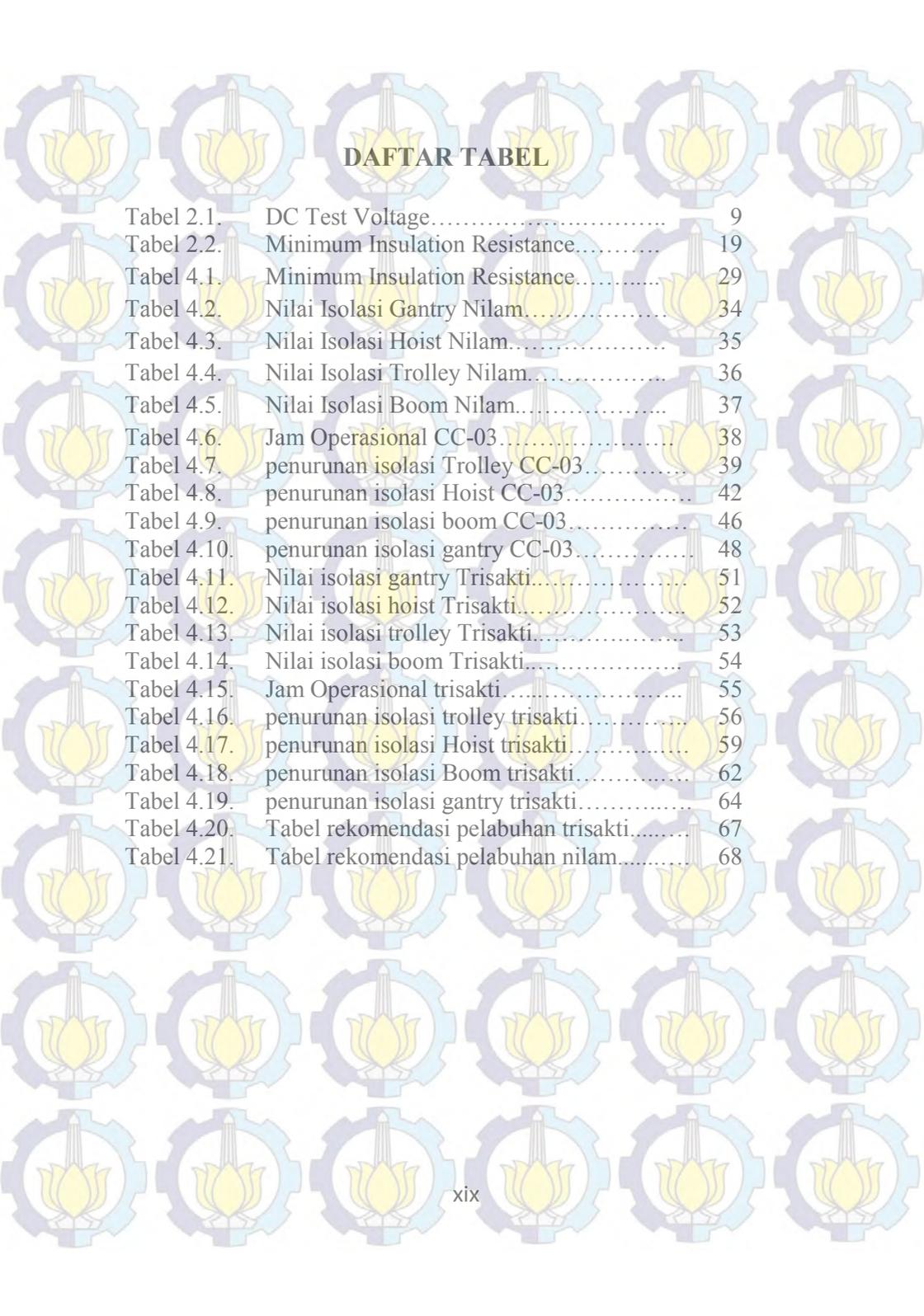
Dalam proses penyusunan dan pengerjaan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral yang sangat berarti dari berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Bapak Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya
2. Bapak Dr. Semin, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya
3. Bapak Dr.Eng Trika Pitana S.T., M.Sc, selaku Koordinator Pengerjaan Skripsi
4. Bapak Ir. Sardono Sarwito M.Sc. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
5. Bapak dan Ibu beserta keluarga di rumah dan juga saudara saya yang selama ini memberikan doa, dukungan dan harapan yang sangat di butuhkan sebagai semangat dalam menempuh kuliah.
6. Teman teman angkatan 2010 Teknik Sistem Perkapalan ITS
7. Teman-teman mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan ITS
8. Teman-teman Laboratorium Marine Electrical and Automation System (MEAS)
9. Serta bagi pihak lain, teman-teman dan sahabat-sahabatku yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.



Penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, dan di butuhkan kritik saran yang membangun bagi penulis. Akhirnya penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 22 Januari 2016



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	DC Test Voltage.....	9
Tabel 2.2.	Minimum Insulation Resistance.....	19
Tabel 4.1.	Minimum Insulation Resistance.....	29
Tabel 4.2.	Nilai Isolasi Gantry Nilam.....	34
Tabel 4.3.	Nilai Isolasi Hoist Nilam.....	35
Tabel 4.4.	Nilai Isolasi Trolley Nilam.....	36
Tabel 4.5.	Nilai Isolasi Boom Nilam.....	37
Tabel 4.6.	Jam Operasional CC-03.....	38
Tabel 4.7.	penurunan isolasi Trolley CC-03.....	39
Tabel 4.8.	penurunan isolasi Hoist CC-03.....	42
Tabel 4.9.	penurunan isolasi boom CC-03.....	46
Tabel 4.10.	penurunan isolasi gantry CC-03.....	48
Tabel 4.11.	Nilai isolasi gantry Trisakti.....	51
Tabel 4.12.	Nilai isolasi hoist Trisakti.....	52
Tabel 4.13.	Nilai isolasi trolley Trisakti.....	53
Tabel 4.14.	Nilai isolasi boom Trisakti.....	54
Tabel 4.15.	Jam Operasional trisakti.....	55
Tabel 4.16.	penurunan isolasi trolley trisakti.....	56
Tabel 4.17.	penurunan isolasi Hoist trisakti.....	59
Tabel 4.18.	penurunan isolasi Boom trisakti.....	62
Tabel 4.19.	penurunan isolasi gantry trisakti.....	64
Tabel 4.20.	Tabel rekomendasi pelabuhan trisakti.....	67
Tabel 4.21.	Tabel rekomendasi pelabuhan nilam.....	68

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Motor Listrik merupakan sebuah mesin yang mengubah energy listrik menjadi energy mekanik. Didalam dunia marine motor listrik merupakan peralatan krusial yang dibutuhkan dalam sebuah operasional untuk memudahkan manusia bekerja, salah satu penggunaan motor listrik di dalam dunia marine adalah Container Crane, Motor Listrik mengambil andil besar dalam beroperasinya Container crane, container crane sendiri adalah alat bongkar muat yang biasanya berada di atas kapal maupun di dermaga yang bertujuan untuk memindahkan container atau petikemas dari kapal menuju depo container atau sebaliknya. Container crane sendiri memiliki empat jenis motor yang memiliki fungsi berbeda yaitu motor gantry sebagai penggerak crane atau berjalannya crane, motor boom merupakan motor untuk mengangkat lengan crane pada saat crane sudah selesai beroperasi maupun mulai beroperasi, bidang lintasan motor boom adalah lingkaran, motor Hoist merupakan motor yang digunakan untuk mengangkat beban kerja (dalam hal ini crane) dalam lintasan vertical, dan yang terakhir merupakan motor trolley sebagai penggerak hoist dalam lintasan horizontal yang memindahkan dari kapal ke jeti pelabuhan atau sebaliknya.

Motor listrik memiliki tahanan isolasi yang merupakan sebuah tahanan (satuan Ohm) yang dimiliki kumparan stator dan rotor dari motor listrik. Seiring berjalannya waktu nilai dari tahanan isolasi ini mengalami penurunan. Penurunan nilai ini dikarenakan banyak hal. Salah satunya adalah suhu dari kumparan itu sendiri semakin tinggi kenaikan suhu kumparan maka semakin berkurang pula nilai tahanan isolasi yang di miliki oleh motor itu, suhu kumparan juga dipengaruhi oleh suhu lingkungan (ambient) dimana motor itu ditempatkan. Tahanan isolasi juga memiliki nilai

minimum yang sudah ditetapkan oleh Regulasi, apabila nilai tahanan mendekati nilai minimumnya maka perlu dilakukan *pengondisian ulang*. Jika motor bekerja dengan nilai dibawah minimum yang telah ditentukan akan sangat bahaya mengingat dampak dari motor yang memiliki nilai tahanan isolasi yang buruk dapat membuat motor bekerja short (hubungan pendek), kumparan cepat panas, dan yang lebih bahaya apabila disentuh oleh manusia

### **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang menjadi bahan kajian dari skripsi ini adalah:

- Data yang didapat hanya data existing tahanan isolasi motor kontainer crane PT Pelindo III tidak data dalam waktu berkala

### **1.3 Tujuan Skripsi**

Tujuan tugas akhir kali ini yaitu mengetahui berapa lama lagi motor kontainer crane dapat beroperasi sampai batas minimum tahanan isolasi yang diijinkan sebelum direkondisi maupun setelah direkondisi.

### **1.4 Batasan Masalah**

- Umur motor listrik dianalisa dari penurunan tahanan isolasi tiap tahun atau jam operasional crane
- Perubahan suhu lingkungan, kelembaban dan jam operasional diabaikan
- Hanya menganalisa biaya perawatan setelah direkondisi

### **1.5 Manfaat**

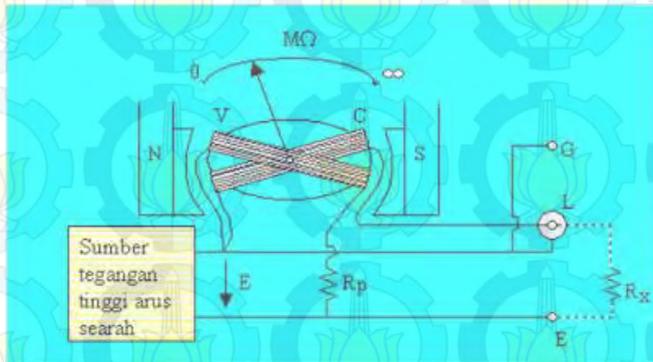
Manfaat yang diharapkan dari Tugas Akhir ini adalah:

- Dapat mengetahui berapa lama motor dapat dioperasikan sesuai standart minumum tahanan isolasi yang ditentukan regulasi
- Dapat mengetahui berapa lama motor dapat dioperasikan setelah di rekondisi
- Dapat mengetahui berapa kisaran biaya yang dibutuhkan untuk merekondisi motor listrik

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1.1 Tahanan Isolasi

Tahanan isolasi adalah tahanan yang terdapat diantara dua kawat saluran (kabel) yang diisolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat saluran dengan tanah (ground). Pengukuran tahanan isolasi digunakan untuk memeriksa status isolasi rangkaian dan perlengkapan listrik, sebagai dasar pengendalian keselamatan. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur atau menguji tahanan isolasi suatu kabel adalah Megger (MegaOhm). Secara prinsip megger terdiri dari dua kumparan V dan C yang ditempatkan secara menyilang seperti terlihat pada gambar1 di bawah ini. Kumparan V merupakan besarnya arus yang mengalir adalah  $E/R_p$  dan kumparan C merupakan besarnya arus yang mengalir adalah  $E/R_x$ . Rx adalah tahanan yang akan diukur. Jarum dapat bergerak disebabkan oleh perbandingan dari kedua arus, yaitu sebanding dengan  $R_p/R_x$  atau berbanding terbalik terhadap tahanan yang akan diukur.



**Gambar 2.1. Diagram rangkaian Megger**  
Sumber : <http://direktorilistrik.blogspot.com/>

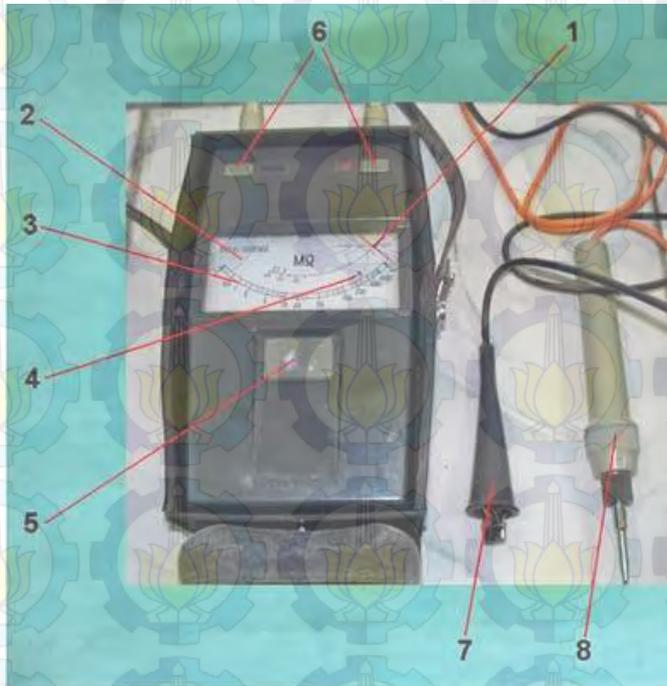
Variasi tegangan tidak akan berpengaruh banyak terhadap harga pembacaan, karena hasilnya tidak

ditentukan dari sumber tegangan arus searah. Sumber tegangan arus searah adalah sumber tegangan tinggi, yang dihasilkan dari pembangkit yang diputar dengan tangan. Umumnya tegangannya adalah 100 V, 250 V, 500 V, 1000 V atau 2000 V. Sedangkan daerah pengukuran yang efektif adalah 0,02 sampai 20 MegaOhm dan 5 sampai 5.000 MegaOhm. Tetapi pada sekarang pengujian tahanan isolasi menggunakan sumber tegangan tinggi dari tegangan tetap sebesar 100 V sampai 1.000 V yang didapat dari baterai sebesar 8 V sampai 12 V dan disebut Megger dengan baterai (lihat gambar 2). Alat ini membangkitkan tegangan tinggi lebih stabil dibanding dengan yang menggunakan generator diputar dengan tangan

### 2.1.2 Megger Test

Dalam kegiatan tentang kelistrikan tentunya kita tidak lepas dengan peralatan-peralatan listrik yang dipakai untuk memaksimalkan kerja itu sendiri dan salah satunya dengan menggunakan alat ukur yang disebut *magger*. megger adalah istilah alat yang dimana megger merupakan singkatan dari Mega Ohm Meter. jadi buat anda teknik listrik tentu sudah tidak asing lagi dengan peralatan ini. fungsi dari megger ini sendiri hampir sama dengan avo meter. yang mungkin dulunya megger ini diciptakan dari pengaplikasian *avo meter*. namun dari sekian alat yang pernah saya gunakan hanya magger ini saja yang bisa membuat saya pusing karena mungkin jarangnyamemakai alat ini atau mungkin kurangnya paham pengetahuan saya sendiri.

**Fungsi Magger** adalah sebagai alat untuk mengukur isolator atau ketahanan dari generator, motor dan juga trafo. pada umumnya alat ini dipakai untuk mengecek instalasi rumah dan bahkan untuk mengecek ketahanan SUTM atau saluran udara tegangan menengah.



**Gambar 2.2. Konstruksi Megger**

Sumber : <http://direktorilistrik.blogspot.com/>

bagian-bagian external megger ini dijelaskan sebagai berikut:

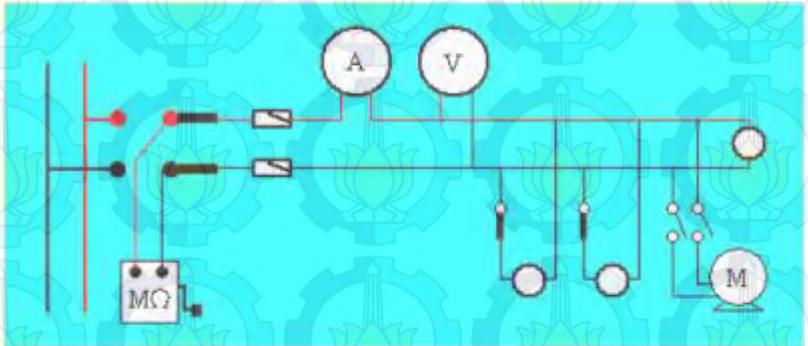
- (1) Jarum penunjuk
- (2) Kaca, difungsikan untuk mengeliminir kesalahan parallax dalam pembacaan.
- (3) Skala
- (4) Check baterai
- (5) Tombol pengaktif meter
- (6) Lubang line untuk colok oranye dan lubang earth untuk colok hitam
- (7) Probe meter dengan penjepit
- (8) Probe meter runcing, juga sebagai pencolok pengecekan baterai.

### 2.1.3 Pengujian Tahanan Isolasi pada instalasi listrik

Jika kawat/kabel listrik terdiri dari dua kawat saluran misal kawat fasa (P) dan kawat netral (N), maka tahanan isolasinya adalah :

- (1) antara kawat fasa (P) dengan kawat netral (N),
- (2) antara kawat fasa (P) dengan tanah (G),
- (3) antara kawat netral (N) dengan tanah (G).

Pada saat melakukan pengukuran tahanan isolasi antara fasa (P) dan netral (N), hal pokok yang perlu diperhatikan adalah memutus atau membuka semua alat pemakai arus yang terpasang secara paralel pada saluran tersebut, seperti lampu-lampu, motormotor, voltmeter, dan sebagainya. Sebaliknya semua alat pemutus seperti : kontak, penyambung-penyambung, dan sebagainya yang tersambung secara seri harus ditutup.

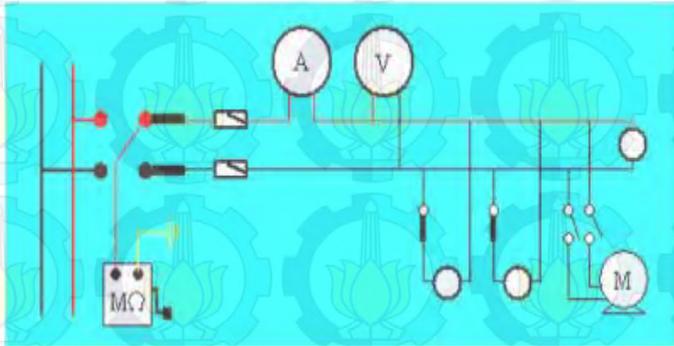


**Gambar 2.3. Pengujian tahanan isolasi antara fasa (P) dengan netral (N)**

Sumber : <http://direktorilistrik.blogspot.com/>

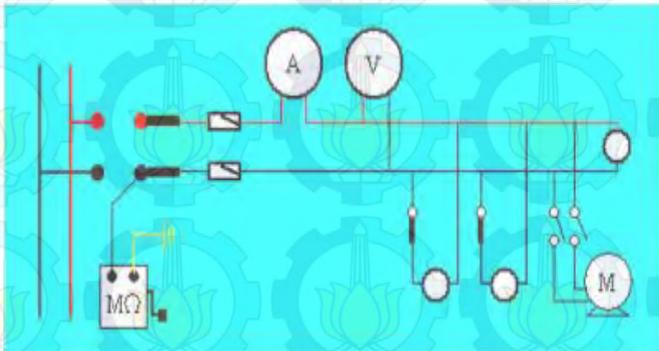
Di samping digunakan untuk mengetahui keadaan tahanan isolasi, juga untuk mengetahui kebenaran sambungan yang ada pada instalasi. Jika terjadi sambungan yang salah atau hubung singkat dapat segera diketahui dan diperbaiki. Gambar 8 dan 9 di bawah ini

mencontohkan pengujian tahanan isolasi pada instalasi listrik bangunan baru.



**Gambar 2.4. Pengujian tahanan isolasi antara fasa (P) dengan tanah (G)**

Sumber : <http://direktorilistrik.blogspot.com/>

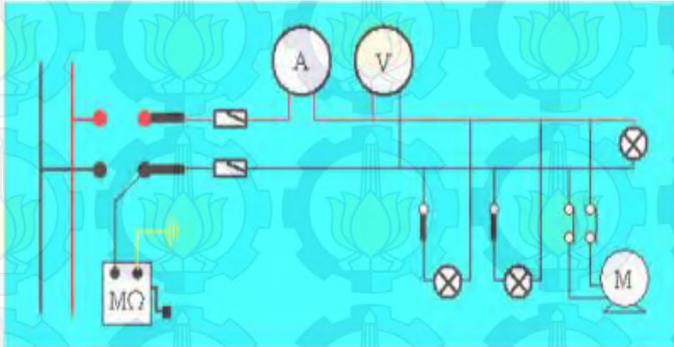


**Gambar 2.5. Pengujian tahanan isolasi antara netral (N) dengan tanah (G)**

Sumber : <http://direktorilistrik.blogspot.com/>

Sedangkan untuk pengujian tahanan isolasi antara jaringan instalasi dengan tanah/ground (G), hal pokok yang perlu diperhatikan adalah memasang semua alat pemakai arus yang terpasang secara paralel pada saluran

tersebut, seperti lampu-lampu, motormotor, voltmeter, dan sebagainya. Semua alat pemutus seperti : kontak, penyambung-penyambung, dan sebagainya yang tersambung secara seri harus ditutup.



**Gambar 2.6. Pengujian tahanan isolasi antara instalasi dengan tanah (G)**

Sumber : <http://direktorilistrik.blogspot.com/>

### **PENGUJIAN Otomatis vs pengujian manual.**

Tes ketahanan isolasi secara otomatis (*online*) dapat menghemat waktu pemeliharaan = menghemat uang, tetapi tes otomatis tidak dapat menggantikan kebutuhan tes manual. Misalnya, Anda harus melakukan tes resistansi isolasi saat kita menerima motor baru atau hasil rewinding. Setiap kali mengambil motor keluar dari bengkel servis, kita harus selalu menguji gulungan motor sebelum melakukan terminasi kabel motor. Jika Anda melakukan pemeliharaan dengan pemadaman listrik, pengujian manual adalah pilihan yang terbaik. Hasil pengujian secara otomatis ataupun manual, data hasil uji harus disimpan guna menghasilkan grafik trend performa motor listrik. Pada proses ini metode manual bisa jadi sangat lama guna mendapati grafik hasil pengujian dan bisa digunakan metode uji otomatis, bisa menggunakan “CMMS” atau perangkat lunak serupa. Selalu gunakan hasil hanya dari tes dilakukan pada

tegangan uji yang sama untuk periode yang sama, dan di bawah kondisi suhu dan kelembaban yang sama supaya hasil grafik yang didapat senantiasa valid, komprehensif serta mudah dianalisa kejanggalan yang ada.

### Tegangan Uji

Di jaman sekarang ini, megohmmeters kebanyakan sudah menggunakan tegangan DC atau cukup dengan battery. Keunggulan utama dari alat tes DC salah satunya yaitu alat tes lebih kecil dan lebih ringan, alat uji tidak merusak obyek yang diuji (*nondestructive testing*), dan mampu menyusun data historis/rekaman riwayat hasil pengujian-pengujian yang telah dilakukan. Pengujian dengan tegangan AC nilai tegangan uji biasanya dua kali tegangan pada *nameplate* ditambah 1.000V.

Equipment/Cable Rating	DC Test Voltage
24V to 50V	50VDC to 100VDC
50V to 100V	100VDC to 250VDC
100V to 240V	250VDC to 500VDC
440V to 550V	500VDC to 1,000VDC
2,400V	1,000VDC to 2,500VDC
4,100V	1,000VDC to 2,500VDC

Tabel 2.1. DC Test Voltage

Bila menggunakan tegangan DC, megohmmeters yang biasa kita gunakan saat ini, tegangan uji cukup pada dua kali tegangan *nameplate*. Tabel (kanan) memberikan nilai tegangan uji yang direkomendasikan. Meski demikian, sebaiknya tetap menghubungi pabrikan untuk mengetahui nilai tegangan uji yang direkomendasikan.

### **Test connections.**

Sebelum memulai pengujian, kebumikan/*ground*-kan terminal starter, frame, dan poros motor. Jika Anda menguji motor DC, angkat sikat keluar. *Discharge*/buang muatan medan pada gulungan dengan membumikannya/*grounding*. Kemudian lepas *grounding* dari gulungan motor dan sambungkan ke *line* (-) pada *megohmmeter*. Hubungkan terminal (+) ke *grounding*. Anda juga harus mengukur stator dengan cara yang sama.

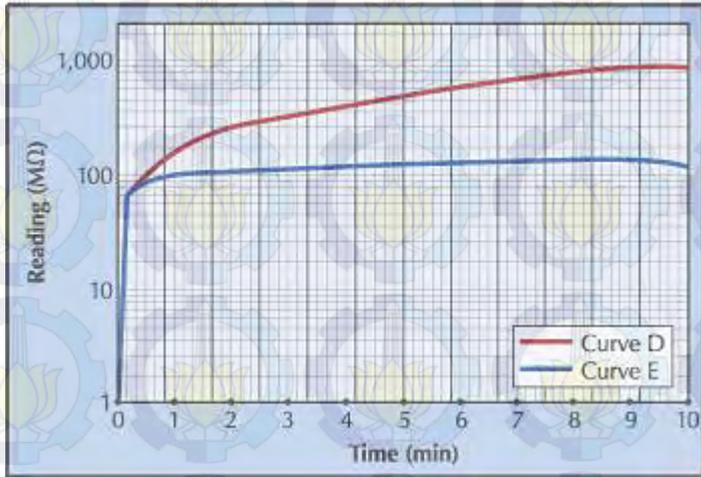
### **Spot reading test.**

Lakukan tes ini hanya ketika suhu berliku di atas titik embun. Hubungkan *megohmmeter* untuk setiap satu isolasi gulungan yang melintang. Terapkan tegangan uji untuk periode tertentu (biasanya 60 detik). Kemudian catat nilai pembacaan alat uji. Gunakan durasi yang sama untuk semua tes yang dilakukan sebagai bahan perbandingan.

Pengukuran Spot bisa bermakna hanya apabila kita membandingkan hasil pengujian dengan grafik trend telah disimpan dikembangkan dari tes sebelumnya. Sebuah grafik trend menurun biasanya menunjukkan hilangnya resistansi isolasi yang disebabkan oleh kondisi yang tidak menguntungkan seperti kelembaban, akumulasi debu, dan penetrasi minyak. Sebuah penurunan tajam menunjukkan kegagalan isolasi.

### **Dielectric absorption test.**

Tes ini berfungsi untuk membandingkan karakteristik penyerapan dari isolasi yang masih bagus sampai pada bagian-bagian yang basah oleh kelembaban. Selama tes, menerapkan tegangan uji untuk periode yang diperpanjang, biasanya 10 menit. Ambil nilai pengukuran setiap 10 detik untuk menit pertama dan satu per-menit untuk sembilan menit berikutnya. Kemudian Anda dapat membuat grafik trend nilai resistansi isolasi dari waktu ke waktu.



k

Grafik 2.1 Dielectric absorption test

kurva menunjukkan kondisi isolasi yang diuji. Isolasi yang baik akan menunjukkan peningkatan terus menerus dalam perlawanan, seperti yang ditunjukkan pada Kurva D dalam Gambar (kanan). Terkontaminasi, isolasi lembab, atau retak akan menghasilkan kurva yang mirip dengan Kurva E. Indeks Polarisasi (PI) dapat kita cari dengan cara membagi nilai dari pembacaan 10-menit dengan pembacaan 1-menit. Indeks ini menunjukkan kemiringan kurva. Sebuah PI yang rendah biasanya menunjukkan kelembaban yang berlebihan dan adanya kontaminasi. Untuk motor besar atau pun generator, umumnya didapati nilai setinggi 10.

#### Step voltage test.

Terapkan tegangan uji dua atau lebih dalam beberapa step. Rasio yang direkomendasikan untuk setiap stepnya adalah 1:5. Pada setiap step, tegangan uji diberikan untuk jangka waktu yang sama, umumnya 60 detik. Hal ini akan menciptakan sebuah tekanan listrik pada area isolasi yang retak/rapuh. Tegangan uji yang lebih besar ini dimaksudkan untuk dapat mengungkapkan terjadinya penuaan dan kerusakan pada isolasi internal yang meski

terlihat relatif kering dan bersih dimana kerusakan isolasi tidak dapat terdeteksi oleh tegangan rendah ataupun nominal.

Bandingkan beberapa pengukuran yang diambil pada tingkat tegangan yang berbeda, kemudian cari dimanakah terjadinya pengurangan nilai resistansi isolasi yang berlebihan pada tingkat tegangan yang lebih tinggi. Isolasi yang kering, bersih, dan tidak rusak seharusnya memiliki nilai resistansi yang tetap/stabil meskipun tengah terjadi perubahan tingkat tegangan uji yang diberikan. Perlawanan nilai-nilai yang substansial menurun ketika diuji pada tingkat tegangan yang lebih tinggi menunjukkan kualitas isolasi yang mulai memburuk.

*Banyak orang memilih untuk tidak melakukan tes ketahanan isolasi karena mereka takut pengujian ini akan malah merusak isolasi, namun pada hakikatnya hal ini tidak benar. Dengan pengujian motor secara rutin, kita akan mampu menganalisa dan mengoreksi kegagalan isolasi yang akan datang sebelum terjadinya kekacauan pada sistem produksi yang lebih parah.*

### **Pengujian Polarisasi Index.**

Pengujian untuk menentukan keadaan isolasi yang baik adalah membandingkan hasil tahanan setelah pengujian tegangan selama 10 menit dengan tahanan pada saat satu menit pertama. Jika pengujian dilakukan sebelum dan sesudah mesin dibersihkan, dan atau sesudah mesin dikeringkan, akan menunjukkan hasil pengukuran yang lebih baik. Polarisasi index test merupakan petunjuk kekeringan dan kebersihan dari lilitan, dan hasilnya akan menentukan apakah peralatan aman untuk dioperasikan dan atau peralatan untuk dilakukan pengujian tegangan lebih.

Untuk stator, pengujian PI menggunakan tegangan 2,5 kV dc (tegangan rating generator 13.8 kV, 50 Hz, 3 fasa). Jika PI adalah sama atau lebih besar dua (2), maka pengujian dengan tegangan 6 KV dc dapat dilakukan. PI untuk

pengujian dengan 6 KV dc harus lebih besar atau sama dengan 2. Untuk rotor, tegangan 500 Vdc dapat digunakan tanpa melepaskan atau menghubungkan singkatkan diode. Jangan menggunakan tegangan lebih dari 500 V dc tanpa mengetahui hasil pengujian dengan tegangan 500 V dc. Jika digunakan tegangan yang lebih tinggi, diode harus dilepas. Tahanan rotor pada pengujian tahanan dengan menggunakan tegangan 500 V dc harus lebih dari 50 megohm dan PI untuk tegangan 500 V dc harus lebih besar dari dua (2). Tegangan maksimum yang diizinkan adalah 1500 V ac atau 2500 V dc.

### **Pengujian Tegangan Lebih.**

Pengujian tegangan lebih dimaksudkan untuk menemukan kelemahan pada lilitan stator yang harus diperbaiki. Pengujian ini juga digunakan untuk meyakinkan bahwa lilitan mempunyai ketahanan dielektrik yang cocok untuk dioperasikan. Pengujian ini dapat dilakukan dengan menggunakan tegangan ac (50 hz) atau arus searah.

Tingkat tegangan yang diterapkan sangat tergantung pada tipe mesin, pelayanannya, isolasinya, dan pengalaman pemakai didalam pengujian tegangan tinggi. pengujian arus bolak-balik biasanya dilakukan dengan menggunakan tegangan sebesar 1,5 kali tegangan jala-jala. Sedangkan pengujian dengan tegangan arus searah kira-kira 1,7 kali pengujian AC atau sekitar 2,7 kali tegangan nominal jala-jala.

Perhatian: Jangan lakukan pengujian jika mesin dalam keadaan kotor dan basah (tidak bersih dan tidak kering ).

### **Pengujian Step Voltage.**

Pada pengujian ini, generator dilepaskan dari sistem pengendali dan semua peralatan bantuannya, dan hubungkan alat penguji tegangan tinggi dc antara satu fasa lilitan generator dengan metal generator. Tegangan dinaikkan selangkah demi selangkah dan arus bocor dapat kita baca dan data tersebut dicatat.

Arus yang terbaca pertama kali sebelum arus menjadi stabil yang merupakan arus bocor yang dapat dinyatakan arus sebagai fungsi waktu terdiri dari tiga komponen yaitu :

1. Arus pengisian pada lilitan terhadap kapasitas tanah. Arus ini dengan cepat turun dari maksimum menjadi nol.
2. Arus absorsi pada pergeseran molekul pengisian pada dielektrik. Arus peralihan ini akan berkurang dengan waktu yang sangat lambat untuk menjadi nol.
3. Arus bocor yang merupakan arus penghantar sebenarnya dari dielektrik, arus bocor akan berubah-ubah tergantung tegangan yang diterapkan. Arus ini dapat juga terdiri dari arus bocor permukaan.

Pada pengujian ini, temperatur, kelembaban, dan keadaan sekelilingnya harus dicatat. Penghantar penguji harus berukuran 12 AWG atau lebih, dan diatur agar bebas dari pengaruh kehilangan (kerugian) korona. Semua peralatan bantu seperti pendeteksi temperatur, lilitan fasa yang tidak diuji, dan lilitan rotor harus ditanahkan sebelum dilakukan pengujian. Hal ini perlu, karena setelah pengujian pengisian dapat dilepaskan dengan aman.

Terapkan tegangan 10 kV pada saat mulai melakukan pengujian dan naikkan setiap tingkat sampai tercapai nilai tegangan 2.7 kali tegangan jala-jala. Tahanan isolasi dapat dihitung pada setiap tingkat dengan menggunakan hukum  $R = \frac{V}{I}$  ohm.

Tahanan isolasi (megOhm) = tegangan pengujian/ arus bocor. Arus bocor yang terbaca biasanya dalam mikro amper.

### **Pengeringan Lilitan**

Jika nilai pengujian rendah dan lilitan relatif bersih, maka lilitan harus dikeringkan sampai sekurang-kurangnya diperoleh nilai minimum yang dianjurkan. Pengeringan dapat dilakukan dengan pemanasan luar atau pemanasan dalam. Cara yang dipilih sangat tergantung dari kemudahan, ketersediaan dan biaya. Panas yang cukup harus bisa dihasilkan untuk mendapatkan

temperatur pada ujung lilitan 75oC. Kemampuan kenaikan temperatur harus dimulai dari rendah untuk menghindari terbentuknya uap atau gas yang berlebihan tekanannya dan hal ini dapat merusak isolasi.

### **Pemanasan Dari Luar**

Biasanya generator dilengkapi dengan pemanas listrik. Alat ini ditempatkan pada bagian bawah mesin dan terbuka lebar hal ini dimaksudkan agar pemanasan pada mesin dapat menyebar keseluruh bagian mesin, tentunya hal ini harus dibantu dengan sirkulasi yang memadai selama pemanasan untuk menjamin pekerjaan yang menyeluruh dan sempurna.

### **Pemanasan Dari Dalam**

Pemanasan dengan menggunakan sirkulasi arus pada lilitan adalah hal yang paling baik untuk lilitan medan. Cara ini juga dapat dilakukan pada lilitan stator, tetapi perhatian yang cermat harus dilakukan didalam pengendalian arus searah yang digunakan untuk menghindari kerusakan pada komponen-komponen mesin.

Untuk stator dapat juga dipanaskan dengan menggunakan sirkulasi arus searah yang diperoleh dari penguat terpisah atau menggunakan mesin las. Kemampuan kenaikan temperatur harus mendapat perhatian khusus untuk menghindari panas dibagian dalam terlalu tinggi. Hasil pengeringan harus diperiksa dengan maksud untuk mengetahui tahanan isolasi. Pada permulaan penerapan panas, tahanan isolasi akan jatuh, tetapi akan naik dan akhirnya tetap sebagai hasil pemanasan.

### **Pemeriksaan Isolasi Bearing**

Variasi pada rangkaian magnet generator dapat menyebabkan perubahan yang periodik pada jumlah fluksi yang tersalurkan ke poros. Perubahan fluksi ini dapat membangkitkan tegangan yang cukup untuk arus

bersirkulasi yang melalui poros, bearing dan rangka. Jika arus ini dibiarkan mengalir, akan menimbulkan pengaruh yang berbahaya pada journal dan bearing. Untuk menghilangkan arus ini, bearing harus diisolasi. Pada mesin type bracket bearing diisolasi antara mounting ringnya dan rumah bearing. Hal yang perlu diperhatikan adalah mengisolasi setiap peralatan deteksi seperti probe temperatur, yang berhubungan dengan bearing. Adalah sangat sulit sekali memeriksa isolasi bearing ini. Pengukuran yang bisa dilakukan adalah memasang megger 500 volt pada bearing dan bracket bearing. Pembacaan 0.1 megohm atau lebih besar memperlihatkan bahwa isolasi bearing sudah memadai.

### **Pendeteksi Kebocoran Bahan Pendingin.**

Pendeteksi kebocoran bahan pendingin (pengindera kelembaban) ditempatkan pada saluran udara dingin setiap pendingin. Masing-masing pengindera dihubungkan kerele yang akan mentripkan sistem apabila nilai penyetelan rele dilampaui. Pengindera kelembaban tidak memerlukan perawatan selama kurang lebih dua tahun, kecuali jika elemennya terlalu kotor maka perlu dibersihkan, alat ini masih dapat bekerja dengan baik walaupun pada permukaannya terdapat debu.

### **Penyebab Kerusakan**

Kerusakan pada motor listrik, pada umumnya, disebabkan oleh salah satu dari 3 hal berikut ini:

- Mechanical failure (kerusakan mekanis)
- Over-current (arus lebih)
- Low insulation resistance (tahanan isolasi yang rendah)

Dan diantara ketiga hal tersebut diatas, low resistance adalah penyebab utama dari kerusakan motor. Hal ini terutama karena sulitnya atau (bahkan!) tidak ada di pasaran alat proteksi atau deteksi on-line dari low

resistance. Tidak seperti over-current yang dapat kita pasang overload relay atau motor protector.

**a. Mechanical failure**

Kerusakan mekanis bisa disebabkan oleh banyak hal, termasuk karena kurang pelumasan, vibrasi yang berlebihan dan tidakimbang, atau karena misalignment. Dan semua penyebab-penyebab itu memiliki kesamaan, yaitu mereka terjadi secara bertahap dan menunjukkan tanda-tanda peringatan. Bunyi gangguan (noise) dapat mengindikasikan adanya awal dari kerusakan mekanis. Analisa terhadap sampel oli dapat pula menunjukkan hal yang sama. Tindakan korektif segera dapat mencegah kerusakan pada motor yang selain akan berbiaya besar juga membutuhkan waktu yang relatif lebih lama.

Secara praktis, kerusakan mekanis masih bisa dicegah lewat kegiatan preventive maintenance regular, misalnya penggantian oli teratur, pemantauan tekanan oli dan lain-lain.

**b. Over-current**

Over-current terjadi seringkali karena kondisi operasi yang mengakibatkan motor menarik arus lebih besar dari kemampuannya (rated capacity). Biasanya terjadi tiba-tiba dan sulit diprediksi kapan akan terjadi. Namun untungnya, seperti disebutkan di awal tadi, ada banyak piranti yang mampu membatasi atau mencegah over-current ini. Sebut saja seperti overload, phase failure relay, under voltage relay, fuse dan sebagainya. Piranti ini sekarang menjadi hal yang wajib ada di setiap instalasi motor. Bahkan ada piranti pengaman yang didesain khusus untuk motor-motor tertentu, misalnya INT69 untuk motor yang digunakan kompresor refrigerasi.

### c. **Low insulation resistance**

Tahanan isolasi dari lilitan motor listrik akan menurun (degradasi) seiring dengan waktu. Misalnya, sebuah motor baru atau baru digulung biasanya memiliki tahanan isolasi (diukur dengan megger) diatas 1000 megohm. Selama motor itu bekerja maka nilai tahanan isolasi akan menurun hingga batas terendah yang tidak memungkinkan motor bekerja (short). Secara umum disepakati bahwa nilai tahanan isolasi kurang dari 1 megohm adalah batas aman dimana motor harus segera direfurbish.

Banyak faktor yang mempengaruhi laju penurunan tahanan isolasi ini, sebagian bisa kita kendalikan dan sebagiannya lagi tidak. Yang paling jelas tentu saja adalah suhu motor itu sendiri. Suhu motor dapat tergantung dari lingkungan (ambient) atau dari beban. Sebagairule of thumb adalah setiap kenaikan 10 derajat celcius maka nilai tahanan isolasi akan turun 50%.

Faktor lingkungan tentunya yang paling mudah adalah memperhatikan ventilasi ruang motor, apakah telah sesuai dengan standar air change rate atau tidak. Dari beban, kita dapat memeriksa apakah sistem pendinginan motor bekerja dengan baik. Pendinginan motor dapat berupa radiator, injection cooling (pada kompresor refrigerasi) atau kipas yang ikut berputar bersama shaft motor. Selain itu, terdapat juga pengaruh dariketidakseimbangan tegangan suplai (supply voltage) ke motor pada motor fasa tiga. Lagi-lagi sebagai rule of thumb perlu diperhatikan bahwa suhu pada lilitan motor akan naik (secara prosentase %) sebanding dengan dua kali kwadrat dari ketidakseimbangan tegangan. Jadi ketidakseimbangan tegangan sebesar 5% saja akan meng-akibatkan suhu lilitan naik 50%.

### 2.1.4 Standart Minimum Isolasi menurut IEEE

*Institute of Electrical and Electronics Engineering* memiliki standart minimum / batasan minimum nilai tahanan isolasi yang direkomendasikan sebelum terjadi kerusakan yang ditulis dalam buku panduan The IEEE guide, “Recommended practices for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery” yaitu :

<b>Minimum Insulation Resistance (M<math>\Omega</math>)</b>	<b>Test Speciment</b>
<b>kV + 1</b>	<b>For most windings made before about 1980, all field windings, and others not described below.</b>
<b>100</b>	<b>For most dc armature and ac windings built after about 1970 (form-wound coils).</b>
<b>5</b>	<b>For most machines with randomwound stator coils and formwound coils rated below 1 kV.</b>

Tabel 2.2. Minimum Insulation Resistance

### 2.2 Penurunan Nilai Tahanan Isolasi

Ada dua cara menghitung penurunan tahanan isolasi, yang pertama adalah menghitung dengan membandingkan waktu operasionalnya tiap bulan. Perhitungan ini dikhususkan untuk motor trolley dan Hoist. Dikarenakan kedua motor ini paling sering beroperasi atau motor yang berperan aktif dalam system bongkar muat. Yang kedua adalah menghitung penurunan tahanan isolasi tiap tahunnya untuk motor gantry dan boom yang jarang sekali dipakai dalam pengoperasiannya.

Untuk mencari nilai degradasi / penurunan nilai tahanan isolasi tiap jam operasionalnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\Delta IRh = \frac{(IR_0 - IR_1)}{TM_{avr} \times 12} \frac{y_1 - y_0}{y_1 - y_0}$$

(Meijering, Erik (2002), "A chronology of interpolation: from ancient astronomy to modern signal and image processing", *Proceedings of the IEEE 90*)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_interpolation](https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_interpolation)

Ket :

$\Delta IRh$  : Penurunan Nilai tahanan tiap 1 jam operasional

$IR_0$  : Nilai Tahanan Isolasi Awal Pengoperasian  
(new/after rewinding/reinsulation)

$IR_1$  : Nilai Tahanan Isolasi pada waktu pengujian

$y_1$  : Tahun Pada saat Pengujian

$y_0$  : Tahun Awal Pengoperasian

(new/after rewinding/reinsulation)

$TM_{avr}$  : Waktu rata rata pengoperasian dalam 1 bulan

Sedangkan untuk mencari nilai tahanan isolasi dalam tiap tahun / bulan didapat rumus :

$$\Delta IRy = \frac{(IR_0 - IR_1)}{y_1 - y_0} \frac{y_1 - y_0}{y_1 - y_0}$$

(Meijering, Erik (2002), "A chronology of interpolation: from ancient astronomy to modern signal and image processing", *Proceedings of the IEEE 90*)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_interpolation](https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_interpolation)

Ket :  
 $\Delta IR_y$  : Penurunan nilai tahanan isolasi per tahun  
 $IR_0$  : Nilai Tahanan Isolasi Awal Pengoperasian  
 (new/after rewinding/reinsulation)  
 $IR_1$  : Nilai Tahanan Isolasi pada waktu pengujian  
 $y_1$  : Tahun Pada saat Pengujian  
 $y_0$  : Tahun Awal Pengoperasian  
 (new/after rewinding/reinsulation)

$$\Delta IR_m = \frac{(IR_0 - IR_1)}{12 \frac{y_1 - y_0}{12}}$$

(Meijering, Erik (2002), "A chronology of interpolation: from ancient astronomy to modern signal and image processing", *Proceedings of the IEEE* 90)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_interpolation](https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_interpolation)

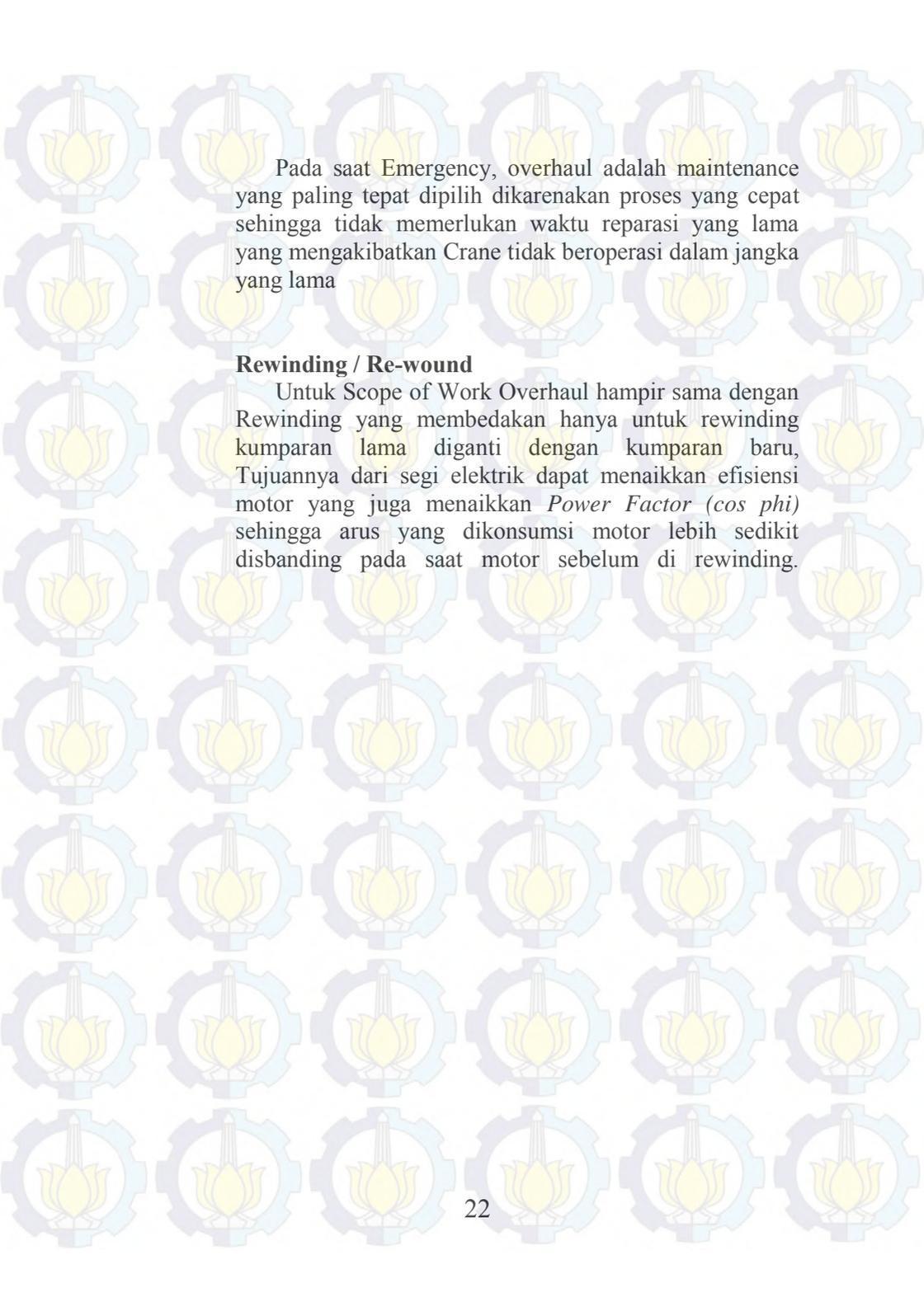
Ket :  
 $\Delta IR_m$  : Penurunan nilai tahanan isolasi per bulan  
 $IR_0$  : Nilai Tahanan Isolasi Awal Pengoperasian  
 (new/after rewinding/reinsulation)  
 $IR_1$  : Nilai Tahanan Isolasi pada waktu pengujian  
 $y_1$  : Tahun Pada saat Pengujian  
 $y_0$  : Tahun Awal Pengoperasian  
 (new/after rewinding/reinsulation)

## 2.3 CARA PENANGANAN

### Overhaul / Reinsulasi

Overhaule motor bisa diartikan proses maintenance / perawatan motor atau bisa dibidang memperpanjang usia motor, dengan perincian Scope Of Work sebagai berikut :

1. Analisa Sebelum Pembongkaran
2. Cleaning Kumparan menggunakan Electric Cleaner
3. Replace Bearing DE & NDE
4. Pengovenan Kumparan Setelah Cleaning
5. Reefernising / Isolator Kumparan
6. Assembly

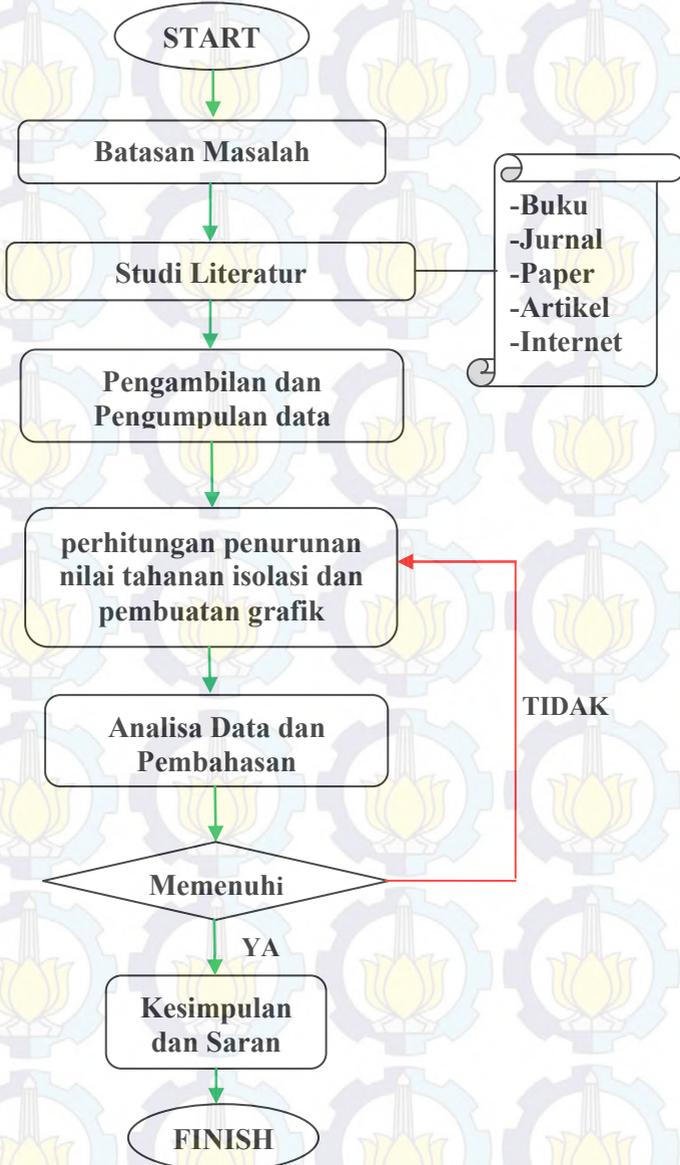
The background of the page features a repeating pattern of a light blue gear with a yellow lotus flower inside, arranged in a grid. The text is centered in the upper half of the page.

Pada saat Emergency, overhaul adalah maintenance yang paling tepat dipilih dikarenakan proses yang cepat sehingga tidak memerlukan waktu reparasi yang lama yang mengakibatkan Crane tidak beroperasi dalam jangka yang lama

### **Rewinding / Re-wound**

Untuk Scope of Work Overhaul hampir sama dengan Rewinding yang membedakan hanya untuk rewinding kumparan lama diganti dengan kumparan baru, Tujuannya dari segi elektrik dapat menaikkan efisiensi motor yang juga menaikkan *Power Factor (cos phi)* sehingga arus yang dikonsumsi motor lebih sedikit disbanding pada saat motor sebelum di rewinding.

### BAB III METODOLOGI



### 3.1 Batasan Masalah

Umur motor listrik dianalisa dari penurunan tahanan isolasi tiap tahun atau jam operasional crane, Dengan menggunakan rumus interpolasi linier didapat penurunan tahanan isolasi dari awal motor beroperasi sampai kondisi pengecekan. Nilai penurunan bersifat konstan mengingat perubahan suhu lingkungan, kelembaban dan jam operasional diabaikan

Output Hanya menganalisa biaya perawatan setelah direkondisi, meliputi harga rewinding, refernish, bearing dan lain-lain serta sisa umur motor setelah direwinding maupun direfernish

### 3.2 Studi Literatur

Untuk pengambilan referensi lebih kepada paper, jurnal ilmiah melalui internet juga buku pedoman yang berkaitan dengan bahasan skripsi

### 3.3 Pengambilan dan Pengumpulan data

Untuk pengambilan data dilakukan hanya di Terminal nilam CC-03 pada tanggal 19 Januari 2015, berikut merupakan dokumentasi yang diambil di terminal nilam, pelabuhan perak, Surabaya



Gambar 3.1 Dokumentasi pengambilan Data

Adapun data data yang dibutuhkan adalah :

- Spesifikasi motor Boom, Hoist, Gantry, Trolley
- Dimensi Container Crane
- PLC
- Tahanan Isolasi
- Jam Operasional Container Crane
- Dll..

### 3.4 perhitungan penurunan nilai tahanan isolasi dan pembuatan grafik

Setelah data didapat dibuat rumus penurunan tahanan isolasi dari awal beroperasi sampai kondisi saat dilakukan pengecekan, didapati nilai penurunan tiap jam operasional, tahun dan bulannya. Setelah itu dibuat grafik penurunan tahanan isolasinya

### 3.5 Analisa data dan Pembahasan

Setelah membuat grafik dan nilai penurunan tahanan isolasinya, maka dilakukan pengecekan terhadap nilai minimum yang telah direkomendasikan oleh regulasi yaitu IEEE (Institute of Electronic and Electrical Engineering) dan didapat sisa umur sebelum mencapai nilai minimum yang disarankan regulasi. Selain menentukan sisa umur juga dianalisa maintenance yang dibutuhkan dalam tiap tiap kondisi (emergency atau Long Life time) beserta harga tiap perbaikan

### 3.6 Kesimpulan dan saran

Kesimpulan dan saran dibuat setelah keluar hasil dari analisa data dan pembahasan berupa sisa umur tahanan isolasi, kondisi tahanan isolasi terhadap regulasi, penambahan umur setelah di perbaiki dan juga biaya yang harus dikeluarkan untuk memperbaiki.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam merencanakan sebuah perawatan dan mengetahui kehandalan motor listrik, perlu kita ketahui bahwa terdapat beberapa komponen komponen yang harus kita periksa dan rawat. Salah satunya adalah kondisi dari kumparan stator dari motor listrik tersebut, kumparan motor listrik memiliki Tahanan isolasi atau *Insulation Resistance* yang berbeda antara motor satu dengan yang lain. Perbedaan ini diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya :

- Kelembaban
- Suhu Lingkungan
- Dan Waktu Pengoperasian

Dari ketiga faktor tersebut yang membuat tahanan isolasi sangat rentan mengalami penurunan nilai. Untuk kelembaban sendiri tiap tempat sangat berbeda, motor yang berada di lingkungan yang memiliki tingkat kelembaban sangat rendah memiliki penurunan nilai tahanan isolasi sangat kecil begitu sebaliknya untuk daerah yang memiliki tingkat kelembaban yang sangat besar cenderung membuat motor mengalami penurunan tahanan isolasi yang sangat besar, itu semua diakibatkan karena perbedaan suhu antara lingkungan dengan kumparan. Apabila motor sehabis beroperasi memiliki temperature yang lebih tinggi dibandingkan dengan temperature lingkungan. Berhubung udara di Indonesia memiliki kadar uap air yang sangat tinggi. Maka perbedaan temperature tersebut menciptakan embun yang menempel di dinding dinding kumparan motor. Embun inilah yang menyebabkan nilai dari tahanan isolasi berkurang.

Selain kelembaban dan suhu lingkungan. Hal yang mempengaruhi dari tahanan isolasi yang paling krusial adalah mengenai waktu pengoperasian dari motor listrik tersebut. Waktu pengoperasian berkaitan dengan aktivitas pengoperasian baik dari segi jam operasional motor maupun Beban yang ditanggung motor tersebut. Selain suhu lingkungan. Aktivitas pengoperasian juga besar kaitannya dengan suhu motor. Dalam teorinya setiap kenaikan  $10^0$  C maka nilai dari Tahanan isolasi akan berkurang atau mengalami penurunan sebesar setengah atau 50%.

Tahanan isolasi yang buruk memberi dampak pada peralatan listrik tersebut diantaranya :

- Mesin Lebih Panas
- Penggunaan Listrik lebih besar
- Peralatan tidak berfungsi karena hubungan singkat

Untuk dampak yang terakhir sangat dihindari dalam kenyataannya. Para pengguna atau pemilik motor listrik sering mengabaikan tahanan isolasi yang dimiliki motor listriknya sehingga tidak ada tindakan perawatan atau pengecekan berkala yang dilakukan oleh sang pemilik atau pengguna. Maka dari itu *Institute of Electrical and Electronics Engineering* memiliki standart minimum / batasan minimum nilai tahanan isolasi yang direkomendasikan sebelum terjadi kerusakan yang ditulis dalam buku panduan *The IEEE guide, "Recommended practices for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery"* yaitu :

<b>Minimum Insulation Resistance (MΩ)</b>	<b>Test Speciment</b>
<b>kV + 1</b>	<b>For most windings made before about 1980, all field windings, and others not described below.</b>
<b>100</b>	<b>For most dc armature and ac windings built after about 1970 (form-wound coils).</b>
<b>5</b>	<b>For most machines with randomwound stator coils and formwound coils rated below 1 kV.</b>

Tabel 4.1. Minimum Insulation Resistance

Untuk motor yang memiliki nilai tahanan isolasi dibawah standart disarankan untuk di isolasi ulang atau *reinsulation*. Untuk menghindari terjadinya hubungan singkat yang ada di kumparan motor baik stator maupun rotor. Dampak yang terjadi apabila motor tetap beroperasi dibawah nilai tahanan isolasi yang disarankan, berpeluang besar untuk tidak berfungsi. Karena terjadi hubungan singkat dikumparan yang menyebabkan kumparan terbakar. Apabila kumparan terbakar. Maka harus di lilit ulang / *rewinding*.

## Perhitungan penurunan tahanan Isolasi

Ada dua cara menghitung penurunan tahanan isolasi, yang pertama adalah menghitung dengan membandingkan waktu operasionalnya tiap bulan. Perhitungan ini dikhususkan untuk motor trolley dan Hoist. Dikarenakan kedua motor ini paling sering beroperasi atau motor yang berperan aktif dalam system bongkar muat. Yang kedua adalah menghitung penurunan tahanan isolasi tiap tahunnya untuk motor gantry dan boom yang jarang sekali dipakai dalam pengoperasiannya.

Untuk mencari nilai degradasi / penurunan nilai tahanan isolasi tiap jam operasionalnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\Delta IRh = \frac{(IR_0 - IR_1)}{TM_{avr} \times 12} \times (y_1 - y_0)$$

(Meijering, Erik (2002), "A chronology of interpolation: from ancient astronomy to modern signal and image processing", *Proceedings of the IEEE* **90**)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_interpolation](https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_interpolation)

Ket :

- $\Delta IRh$  : Penurunan Nilai tahanan tiap 1 jam operasional
- $IR_0$  : Nilai Tahanan Isolasi Awal Pengoperasian (new/after rewinding/reinsulation)
- $IR_1$  : Nilai Tahanan Isolasi pada waktu pengujian
- $y_1$  : Tahun Pada saat Pengujian
- $y_0$  : Tahun Awal Pengoperasian (new/after rewinding/reinsulation)
- $TM_{avr}$  : Waktu rata rata pengoperasian dalam 1 bulan

Sedangkan untuk mencari nilai tahanan isolasi dalam tiap tahun / bulan didapat rumus :

$$\Delta IR_y = \left( \frac{IR_0 - IR_1}{y_1 - y_0} \right)$$

(Meijering, Erik (2002), "A chronology of interpolation: from ancient astronomy to modern signal and image processing", *Proceedings of the IEEE 90*)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_interpolation](https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_interpolation)

Ket :

$\Delta IR_y$  : Penurunan nilai tahanan isolasi per tahun

$IR_0$  : Nilai Tahanan Isolasi Awal Pengoperasian  
(new/after rewinding/reinsulation)

$IR_1$  : Nilai Tahanan Isolasi pada waktu pengujian

$y_1$  : Tahun Pada saat Pengujian

$y_0$  : Tahun Awal Pengoperasian  
(new/after rewinding/reinsulation)

$$\Delta IR_m = \frac{\left( \frac{IR_0 - IR_1}{y_1 - y_0} \right)}{12}$$

(Meijering, Erik (2002), "A chronology of interpolation: from ancient astronomy to modern signal and image processing", *Proceedings of the IEEE 90*)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_interpolation](https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_interpolation)

Ket :

$\Delta IR_m$  : Penurunan nilai tahanan isolasi per bulan

$IR_0$  : Nilai Tahanan Isolasi Awal Pengoperasian  
(new/after rewinding/reinsulation)

$IR_1$  : Nilai Tahanan Isolasi pada waktu pengujian

$y_1$  : Tahun Pada saat Pengujian

$y_0$  : Tahun Awal Pengoperasian  
(new/after rewinding/reinsulation)

## IV.1 Crane Terminal Nilam Surabaya

### IV.1.1 Data Tahanan Isolasi

Untuk mengukur nilai dari tahanan isolasi dibutuhkan alat Megger test atau Mega Ohm Test adapun alat yang diujikan seperti gambar dibawah :

Type : Kyoritsu Type 3007A (kapasitas 250-1000 V)



Gambar 4.1. Megger Test

Pengujian dilakukan pada Bulan **Januari Tahun 2015** dan berikut adalah data tahanan isolasi motor Container crane PT Pelindo III, Pelabuhan Nilam, Tanjung Perak, Surabaya.

#### IV.1.1.A Motor Gantry

Nama Perusahaan : **PT. PELINDO III**  
Alamat : Pelabuhan Nilam  
Tanjung Perak – Surabaya

Spesifikasi Motor : 13 kW, 220 Volt DC  
1750 rpm  
Arm = 67,8 A  
Field = 2,6 A

Gambar Denah Motor Gantry :



**Hasil Pengukuran Megger Test Motor Gantry :**

Nama Motor	Hasil Pengukuran (M $\Omega$ )	
	H-Ground	A-Ground
Gantry A1	6,6	6,6
Gantry A2	4,2	4,4
Gantry A3	2,5	2,6
Gantry A4	13,1	13,1
Gantry B1	0,27	0,27
Gantry B2	2,2	1,7
Gantry B3	1,38	1,41
Gantry B4	0,8	0,86

Tabel 4.2 Nilai Isolasi gantry nilam

Gambar Motor :



Gambar 4.2. Motor gantry nilam

#### IV.1.1.B Motor Main Hoist

Nama Perusahaan : **PT. PELINDO III**  
 Alamat : Pelabuhan Nilam  
 Tanjung Perak – Surabaya

Spesifikasi Motor : Yaskawa Electric Corporation  
 310 KW, 440 Volt DC  
 1590 rpm  
 Arm = 903 A

Gambar Motor :



Gambar 4.3. Motor hoist nilam

#### Hasil Pengukuran Megger Test Motor Main Hoist :

Nama Motor	Hasil Pengukuran (M $\Omega$ )	
	H-Ground	A-Ground
Motor Main Hoist	2	2.1

Tabel 4.3 Nilai Isolasi hoist nilam

#### IV.1.1.C Motor Trolley

Nama Perusahaan : **PT. PELINDO III**  
 Alamat : Pelabuhan Nilam  
 Tanjung Perak – Surabaya

Spesifikasi Motor : Yaskawa Electric Corporation  
 37 KW, 220 Volt DC  
 1750 rpm  
 Arm = 195 A

Gambar Motor :



Gambar 4.4. Motor Trolley nilam

#### Hasil Pengukuran Megger Test Motor Trolley :

Nama Motor	Hasil Pengukuran ( $M\Omega$ )	
	H-Ground	A-Ground
Motor Trolley Kiri	0.65	0.65
Motor Trolley kanan	1	1

Tabel 4.4 Nilai Isolasi trolley nilam

#### IV.1.1.D Motor Boom

Nama Perusahaan : **PT. PELINDO III**  
 Alamat : Pelabuhan Nilam  
 Tanjung Perak – Surabaya

Spesifikasi Motor : Yaskawa Electric Corporation  
 110 KW, 440 Volt DC  
 1750 rpm

Gambar Motor :



Gambar 4.5. Motor Boom nilam

#### Hasil Pengukuran Megger Test Motor Boom :

Nama Motor	Hasil Pengukuran (M $\Omega$ )	
	H-Ground	A-Ground
Motor Boom	230	200

Tabel 4.5 Nilai Isolasi boom nilam

#### IV.1.2 Data Waktu Pengoperasian

Berikut Merupakan jam operasional Crane CC-03 tiap bulannya :

Jan-13	493 jam
Feb-13	463 jam
Mar-13	393 jam
Apr-13	388 jam
May-13	266 jam
Jun-13	268 jam
Jul-13	517 jam
Aug-13	223 jam
Sep-13	532 jam
Oct-13	267 jam
Nov-13	526 jam
Dec-13	497 jam
Jan-14	347 jam
Feb-14	269 jam
Mar-14	449 jam
Apr-14	438 jam
May-14	416 jam
Jun-14	403 jam
Jul-14	219 jam
Aug-14	355 jam
Sep-14	373 jam

Tabel 4.6. jam operasional CC-03

Data diatas diambil dalam waktu interval bulan Januari th.2013 – September 2014

### IV.1.3 Data Penurunan Tahanan Isolasi

#### IV.1.3.A Motor Trolley

Berikut adalah rumus untuk menentukan penurunan tahanan isolasi tiap jam operasional motor trolley :

$$\Delta IRh = \frac{(IR_0 - IR_1)}{TM_{avr} \times 12}$$

$$\Delta IRh = \frac{(400 - 0.6)}{386 \times 12}$$

$\Delta IRh = 0.007188 M\Omega$  atau 7,188 K $\Omega$  tiap 1 jam operasi

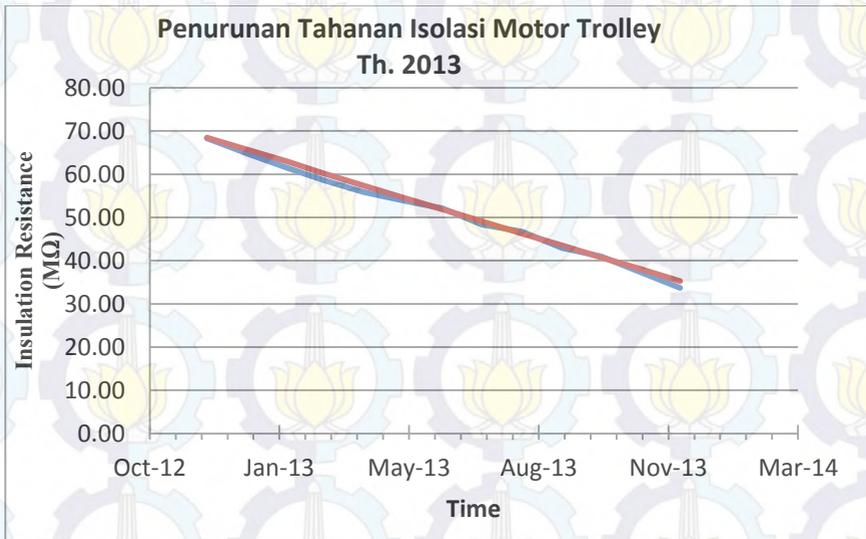
Dari hasil diatas dapat diketahui penurunan tahanan isolasi tiap bulannya yaitu dengan mengkalikan hasil tersebut dengan Jumlah jam operasional dalam tiap bulannya.

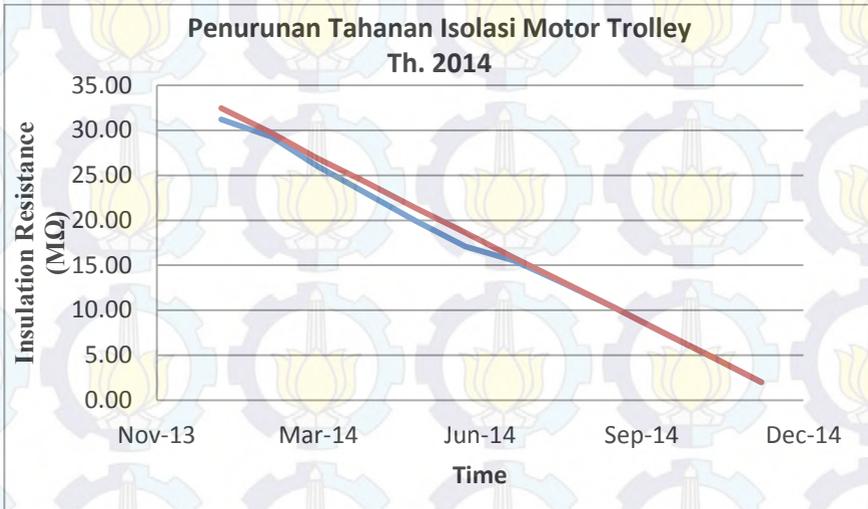
Bulan	Total waktu operasional (jam)	Penurunan tahanan Isolasi	Nilai Tahanan Isolasi
Jan-13	493	3.55	63.72
Feb-13	463	3.33	60.39
Mar-13	393	2.83	57.56
Apr-13	388	2.79	54.77
May-13	266	1.92	52.85
Jun-13	268	1.93	50.92
Jul-13	517	3.72	47.20
Aug-13	223	1.61	45.59
Sep-13	532	3.83	41.76
Oct-13	267	1.92	39.84
Nov-13	526	3.79	36.05
Dec-13	497	3.58	32.47

Bulan	Total waktu operasional (jam)	Penurunan tahanan Isolasi	Nilai Tahanan Isolasi
Jan-14	347	2.50	29.98
Feb-14	269	1.94	28.04
Mar-14	449	3.23	24.81
Apr-14	438	3.15	21.65
May-14	416	3.00	18.66
Jun-14	403	2.90	15.76
Jul-14	219	1.58	14.18
Aug-14	355	2.56	11.62
Sep-14	373	2.69	8.94
Oct-14	386	2.78	6.16
Nov-14	386	2.78	3.38
Dec-14	386	2.78	0.60

Tabel 4.7. penurunan isolasi trolley CC-03

Grafik Penurunan Tahanan Isolasi :





#### 4.1 Grafik penurunan isolasi trolley nilam

Dari kedua grafik diatas menjelaskan tentang penurunan nilai dari tahanan isolasi tiap tahunnya. Garis **Biru** menunjukkan berkurangnya tahanan isolasi di tiap tahun, sedangkan garis **merah** menunjukkan trendline / laju rata rata degradasi nilai.

Sesuai Standart IEEE tahanan Isolasi minimum yang disarankan adalah  $IR_{min} = kV + 1$

$$IR_{min} = 0.22 + 1$$

$$= 1.22 \text{ M}\Omega$$

Sedangkan nilai tahanan isolasi pada saat pengujian bernilai = **0.6 MΩ**

### IV.1.3.B Motor Hoist

Berikut adalah rumus untuk menentukan penurunan tahanan isolasi tiap jam operasional motor Hoist :

$$\Delta IRh = \frac{(IR_0 - IR_1)}{TM_{avr} \times 12}$$

$$\Delta IRh = \frac{(400 - 2)}{(2015 - 2003) \times 12}$$

$\Delta IRh = 0.007162 \text{ M}\Omega$  atau  $7,162 \text{ K}\Omega$  tiap 1 jam operasi

Dari hasil diatas dapat diketahui penurunan tahanan isolasi tiap bulannya yaitu dengan mengkalikan hasil tersebut dengan Jumlah jam operasional dalam tiap bulannya.

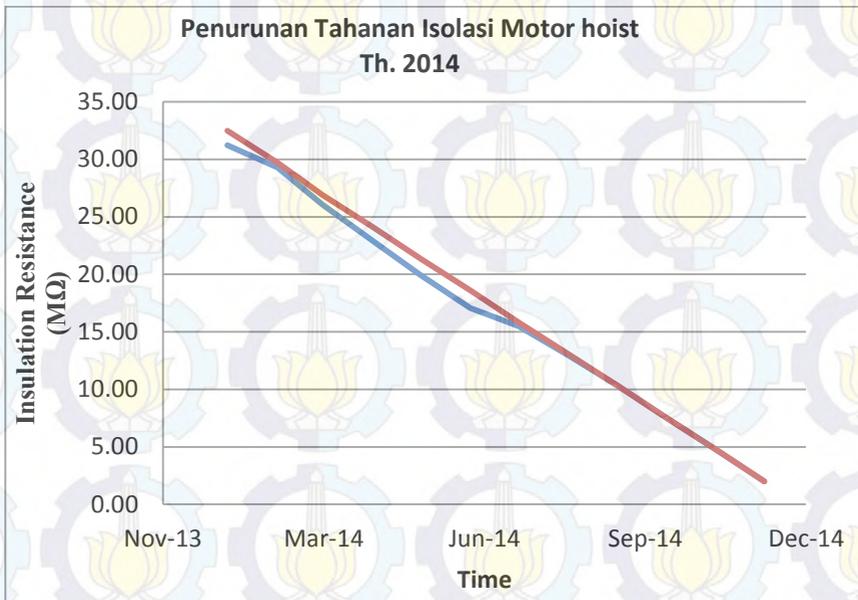
Bulan	Total waktu operasional (jam)	Penurunan tahanan Isolasi	Nilai Tahanan Isolasi
Jan-13	493	3.53	64.81
Feb-13	463	3.32	61.49
Mar-13	393	2.82	58.67
Apr-13	388	2.78	55.89
May-13	266	1.91	53.99
Jun-13	268	1.92	52.07
Jul-13	517	3.70	48.37
Aug-13	223	1.60	46.77
Sep-13	532	3.81	42.96
Oct-13	267	1.91	41.04
Nov-13	526	3.77	37.28
Dec-13	497	3.56	33.72

Tabel 4.8. penurunan isolasi Hoist CC-03

Bulan	Total waktu operasional (jam)	Penurunan tahanan Isolasi	Nilai Tahanan Isolasi
Jan-14	347	2.49	31.23
Feb-14	269	1.93	29.30
Mar-14	449	3.22	26.09
Apr-14	438	3.14	22.95
May-14	416	2.98	19.97
Jun-14	403	2.89	17.08
Jul-14	219	1.57	15.51
Aug-14	355	2.54	12.97
Sep-14	373	2.67	10.30
Oct-14	386	2.77	7.53
Nov-14	386	2.77	4.77
Dec-14	386	2.77	2.00

Grafik Penurunan Tahanan Isolasi :





#### 4.2 Grafik penurunan isolasi hoist nilam

Dari kedua grafik diatas menjelaskan tentang penurunan nilai dari tahanan isolasi tiap tahunnya. Garis **Biru** menunjukkan berkurangnya tahanan isolasi di tiap tahun, sedangkan garis **merah** menunjukkan trendline / laju rata rata degradasi nilai.

Sesuai Standart IEEE tahanan Isolasi minimum yang disarankan adalah  $IR \text{ min} = kV + 1$

$$\begin{aligned} IR \text{ min} &= 0.44 + 1 \\ &= 1.44 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

Sedangkan nilai tahanan isolasi pada saat pengujian bernilai = **2 MΩ**

### IV.1.3.C Motor Boom

Berikut adalah rumus untuk menentukan penurunan tahanan isolasi tiap tahun motor Boom :

$$\Delta IR_y = \left( \frac{IR_0 - IR_1}{y_1 - y_0} \right)$$

$$\Delta IR_y = \left( \frac{400 - 200}{2015 - 2003} \right)$$

$$\Delta IR_y = 15,3846 \text{ M}\Omega \text{ dan } \Delta IR_m 1,282 \text{ M}\Omega$$

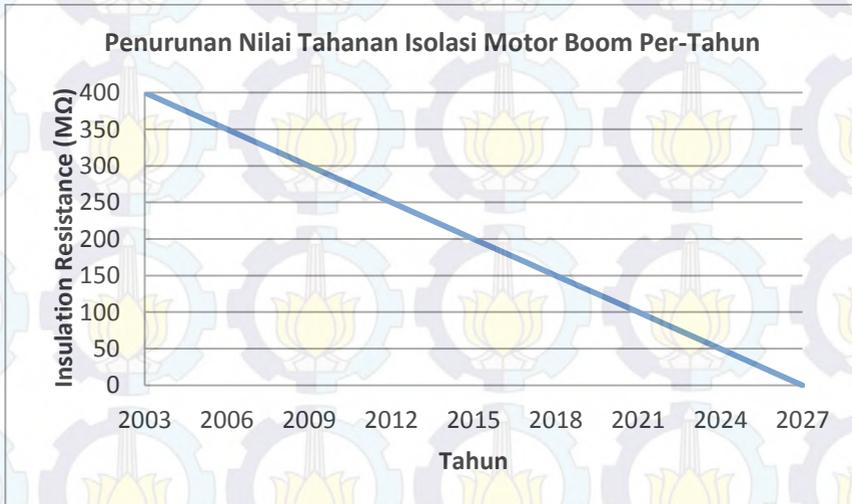
Dari hasil diatas dapat diketahui penurunan tahanan isolasi tiap tahunnya. Penurunan bernilai konstan dikarenakan perubahan suhu lingkungan, tingkat kelembaban serta waktu pengoperasian diabaikan.

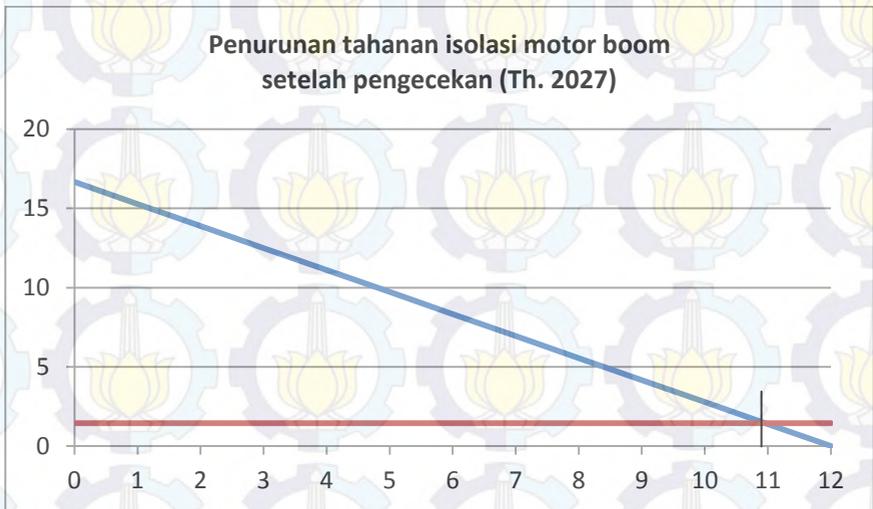
Tahun	Nilai Tahanan Isolasi
2003	400 M $\Omega$
2004	383 M $\Omega$
2005	367 M $\Omega$
2006	350 M $\Omega$
2007	333 M $\Omega$
2008	317 M $\Omega$
2009	300 M $\Omega$
2010	283 M $\Omega$
2011	267 M $\Omega$
2012	250 M $\Omega$
2013	233 M $\Omega$
2014	217 M $\Omega$
2015	200 M $\Omega$

2016	183 M $\Omega$
2017	167 M $\Omega$
2018	150 M $\Omega$
2019	133 M $\Omega$
2020	117 M $\Omega$
2021	100 M $\Omega$
2022	83 M $\Omega$
2023	67 M $\Omega$
2024	50 M $\Omega$
2025	33 M $\Omega$
2026	17 M $\Omega$

Tabel 4.9. Penurunan isolasi Boom CC-03

Grafik Penurunan Tahanan Isolasi :





4.3 Grafik penurunan isolasi boom nilam

Sesuai Grafik diatas dapat diketahui bahwa umur tahanan isolasi motor Boom  $\pm$  11 th dari pengecekan. Langkah pengecekan rutin perlu di lakukan minimal 6 bulan sekali mengantisipasi menurunnya nilai tahanan yang sangat tajam akibat adanya perubahan suhu , tingkat kelembaban dan waktu operasionalnya.

#### IV.1.3.D Motor Gantry

Berikut adalah rumus untuk menentukan penurunan tahanan isolasi tiap tahun motor Gantry :

$$\Delta IR_y = \left( \frac{IR_0 - IR_{1\text{avr}}}{y_1 - y_0} \right)$$

$$\Delta IR_y = \left( \frac{400 - 3.8675}{2015 - 2003} \right)$$

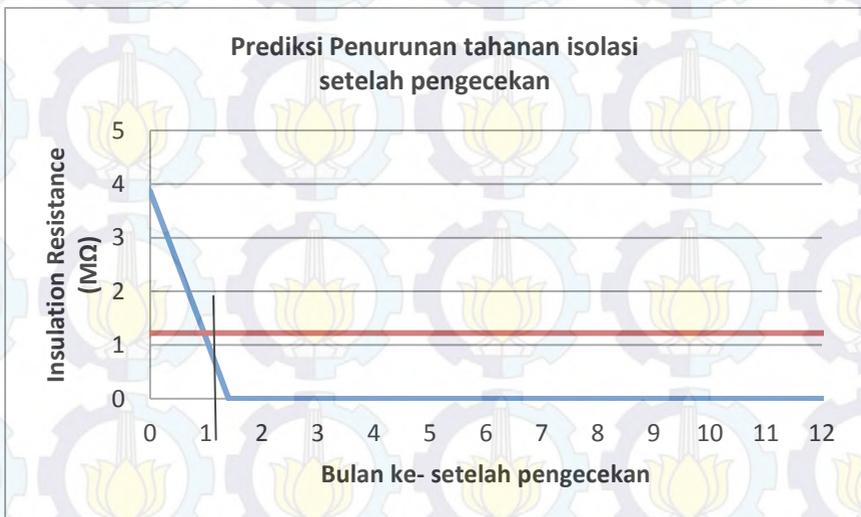
$$\Delta IR_y = 33.011 \text{ M}\Omega \text{ atau } \Delta IR_m = 2.751 \text{ M}\Omega$$

Dari hasil diatas dapat diketahui penurunan tahanan isolasi tiap tahunnya. Penurunan bernilai konstan dikarenakan perubahan suhu lingkungan, tingkat kelembaban serta waktu pengoperasian diabaikan.

Tahun	Nilai Tahanan Isolasi (M $\Omega$ )
2003	400.00
2004	366.99
2005	333.98
2006	300.97
2007	267.96
2008	234.94
2009	201.93
2010	168.92
2011	135.91
2012	102.90
2013	69.89
2014	36.88
2015	3.87

Tabel 4.10. Penurunan isolasi Gantry CC-03

Grafik Penurunan Tahanan Isolasi :



4.4 Grafik penurunan isolasi gantry nilam

Motor harus segera di **reinsulation** segera setelah dilakukan pengecekan

## IV.2 Crane Pelabuhan Trisakti Banjarmasin

### IV.2.1 Data Tahanan Isolasi

Berikut Merupakan data tahanan isolasi motor container crane pelabuhan trisakti Banjarmasin yang diambil pada Bulan Januari 2015

#### IV.2.1.A Gantry

Nama Perusahaan : **PT. PELINDO III**  
 Alamat : Pelabuhan Trisakti  
 Banjarmasin

Motor Gantry	
Daya :	18.5 kW
Tegangan :	220 V.DC
Putaran :	1750 Rpm
Rated Current :	95.4 A
Manufacture :	-
S/N :	-

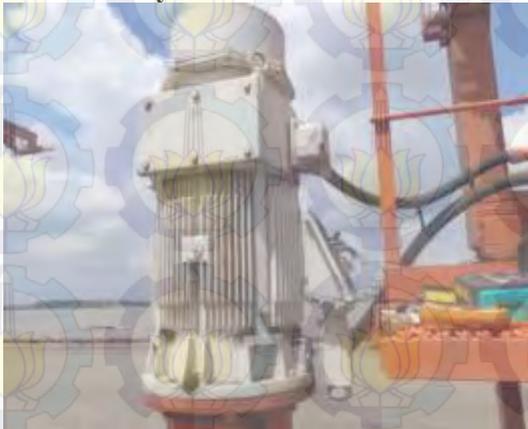
Denah Motor Gantry :



**Hasil Pengukuran Megger Test Motor Gantry :**

Nama Motor	Hasil Pengukuran ( $M\Omega$ )	
	H-Ground	A-Ground
Gantry A1	100	100
Gantry A2	0.43	0.44
Gantry A3	1.79	1.79
Gantry A4	100	100
Gantry B1	100	100
Gantry B2	100	100
Gantry B3	100	100
Gantry B4	100	100

Tabel 4.11. Nilai Isolasi Gantry trisakti

**Gambar Motor Gantry :**

Gambar 4.6. Motor Gantry trisakti

### IV.2.1.B Hoist

Nama Perusahaan : **PT. PELINDO III**  
 Alamat : Pelabuhan Trisakti  
 Banjarmasin

<b>Motor Main Hoist</b>	
Daya :	310 kW
Tegangan :	440 V.DC
Putaran :	1560 Rpm
Rated Current :	766 A
Manufacture :	
S/N :	-

#### Gambar Motor :



Gambar 4.7. Motor Hoist trisakti

#### Hasil Pengukuran Megger Test Motor Main Hoist :

Nama Motor	Hasil Pengukuran ( $M\Omega$ )	
	H-Ground	A-Ground
Motor Main Hoist	100	100

Tabel 4.12. Nilai Isolasi Hoist trisakti

### IV.2.1.C Trolley

Nama Perusahaan : **PT. PELINDO III**  
 Alamat : Pelabuhan Trisakti  
 Banjarmasin

Motor Trolley		
Daya :	100	kW
Tegangan :	220	V.DC
Putaran :	1750	Rpm
Rated Current :	244	A
Manufacture :		

#### Gambar Motor :



Gambar 4.8. Motor trolley trisakti

#### Hasil Pengukuran Megger Test Motor Trolley :

Nama Motor	Hasil Pengukuran ( $M\Omega$ )	
	H-Ground	A-Ground
Motor Trolley	100	100

Tabel 4.12. Nilai Isolasi trolley trisakti

#### IV.2.1.D Boom

Nama Perusahaan : **PT. PELINDO III**  
 Alamat : Pelabuhan Trisakti  
 Banjarmasin

Motor Boom		
Daya :	120	kW
Tegangan :	440	V.DC
Putaran :	1750	Rpm
Rated Current :	292	A
Manufacture :	-	

#### Gambar Motor :



Gambar 4.9. Motor boom trisakti

#### Hasil Pengukuran Megger Test Motor Boom :

Nama Motor	Hasil Pengukuran ( $M\Omega$ )	
	H-Ground	A-Ground
Motor Boom	100	100

Tabel 4.13. Nilai Isolasi boom trisakti

#### IV.2.2 Data Waktu Pengoperasian

Berikut Merupakan jam operasional Crane pelabuhan trisakti Banjarmasin tiap bulannya :

Jan-14	254 Jam
Feb-14	283 Jam
Mar-14	317 Jam
Apr-14	291 Jam
May-14	259 Jam
Jun-14	295 Jam
Jul-14	200 Jam
Aug-14	181 Jam
Sep-14	211 Jam
Oct-14	276 Jam

Tabel 4.15. jam Operasional crane trisakti

Data diatas diambil dalam waktu interval bulan Januari th.2014 – Oktober 2014

### IV.2.3 Data Penurunan Tahanan Isolasi

#### IV.2.3.A Motor Trolley

Berikut adalah rumus untuk menentukan penurunan tahanan isolasi tiap jam operasional motor trolley :

$$\Delta IRh = \frac{(IR_0 - IR_1)}{TM_{avr} \times 12}$$

$$\Delta IRh = \frac{(400 - 100)}{2015 - 1994} \times 12$$

$$\Delta IRh = 0.00464 \text{ M}\Omega \text{ atau } 4,64 \text{ K}\Omega \text{ tiap } 1 \text{ jam operasi}$$

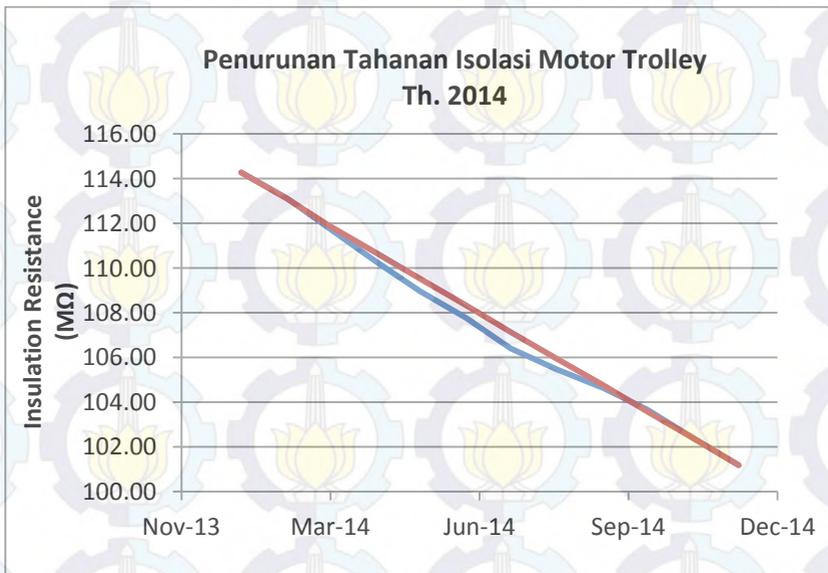
Dari hasil diatas dapat diketahui penurunan tahanan isolasi tiap bulannya yaitu dengan mengkalikan hasil tersebut dengan Jumlah jam operasional dalam tiap bulannya.

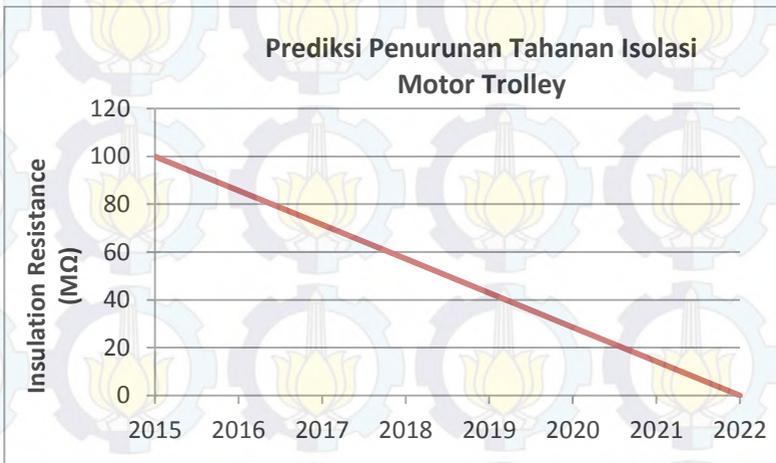
Bulan	Total Waktu Operasional (jam)	Penurunan Tahanan Isolasi (M $\Omega$ )	Nilai Tahanan Isolasi (M $\Omega$ )
Jan-14	254	1.18	114.29
Feb-14	283	1.31	113.11
Mar-14	317	1.47	111.80
Apr-14	291	1.35	110.33
May-14	259	1.20	108.98
Jun-14	295	1.37	107.77
Jul-14	200	0.93	106.41
Aug-14	181	0.84	105.48

Bulan	Total Waktu Operasional (jam)	Penurunan Tahanan Isolasi (M $\Omega$ )	Nilai Tahanan Isolasi (M $\Omega$ )
Sep-14	211	0.98	104.64
Oct-14	276	1.28	103.66
Nov-14	256.7	1.19	102.38
Dec-14	256.7	1.19	101.19

Tabel 4.16. penurunan isolasi trolley trisakti

Grafik Penurunan Tahanan Isolasi :





4.4 Grafik penurunan isolasi trolley trisakti

Dari kedua grafik diatas menjelaskan tentang penurunan nilai dari tahanan isolasi tiap tahunnya. Garis **Biru** menunjukkan berkurangnya tahanan isolasi di tiap tahun, sedangkan garis **merah** menunjukkan trendline / laju rata rata degradasi nilai.

Sesuai Grafik diatas dapat diketahui bahwa umur tahanan isolasi motor trolley  $\pm 7$  th dari pengecekan. Langkah pengecekan rutin perlu di lakukan minimal 6 bulan sekali mengantisipasi menurunnya nilai tahanan yang sangat tajam akibat adanya perubahan suhu , tingkat kelembaban dan waktu operasionalnya.

### IV.2.3.B Motor Hoist

Berikut adalah rumus untuk menentukan penurunan tahanan isolasi tiap jam operasional motor hoist :

$$\Delta IRh = \frac{(IR_0 - IR_1)}{TM_{avr} \times 12}$$

$$\Delta IRh = \frac{(400 - 100)}{257 \times 12}$$

$$\Delta IRh = 0.00464 \text{ M}\Omega \text{ atau } 4,64 \text{ K}\Omega \text{ tiap } 1 \text{ jam operasi}$$

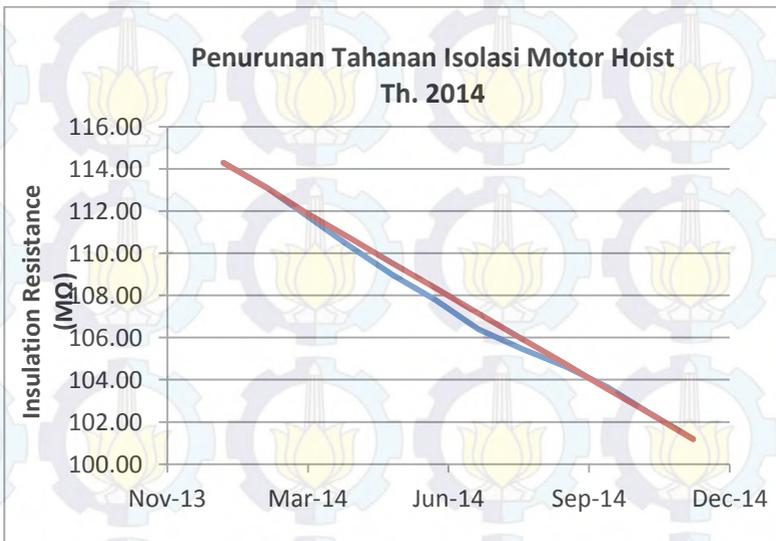
Dari hasil diatas dapat diketahui penurunan tahanan isolasi tiap bulannya yaitu dengan mengkalikan hasil tersebut dengan Jumlah jam operasional dalam tiap bulannya.

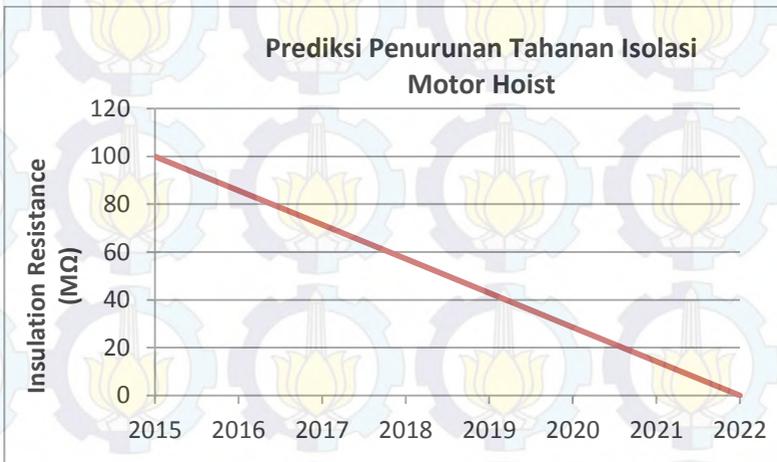
Bulan	Total Waktu Operasional (jam)	Penurunan Tahanan Isolasi (M $\Omega$ )	Nilai Tahanan Isolasi (M $\Omega$ )
Jan-14	254	1.18	114.29
Feb-14	283	1.31	113.11
Mar-14	317	1.47	111.80
Apr-14	291	1.35	110.33
May-14	259	1.20	108.98
Jun-14	295	1.37	107.77
Jul-14	200	0.93	106.41
Aug-14	181	0.84	105.48

Bulan	Total Waktu Operasional (jam)	Penurunan Tahanan Isolasi (M $\Omega$ )	Nilai Tahanan Isolasi (M $\Omega$ )
Sep-14	211	0.98	104.64
Oct-14	276	1.28	103.66
Nov-14	256.7	1.19	102.38
Dec-14	256.7	1.19	101.19

Tabel 4.17. penurunan isolasi hoist trisakti

Grafik Penurunan Tahanan Isolasi :





4.5 Grafik penurunan isolasi hoist trisakti

Dari kedua grafik diatas menjelaskan tentang penurunan nilai dari tahanan isolasi tiap tahunnya. Garis **Biru** menunjukkan berkurangnya tahanan isolasi di tiap tahun, sedangkan garis **merah** menunjukkan trendline / laju rata rata degradasi nilai.

Sesuai Grafik diatas dapat diketahui bahwa umur tahanan isolasi motor Hoist  $\pm 7$  th dari pengecekan. Langkah pengecekan rutin perlu di lakukan minimal 6 bulan sekali mengantisipasi menurunnya nilai tahanan yang sangat tajam akibat adanya perubahan suhu , tingkat kelembaban dan waktu operasionalnya.

### IV.2.3.C Motor Boom

Berikut adalah rumus untuk menentukan penurunan tahanan isolasi tiap tahun motor Boom :

$$\Delta IR_y = \left( \frac{IR_0 - IR_1}{y_1 - y_0} \right)$$

$$\Delta IR_y = \left( \frac{400 - 100}{2015 - 1994} \right)$$

$$\Delta IR_y = 14.29 \text{ M}\Omega \text{ dan } \Delta IR_m \text{ 1,19 M}\Omega$$

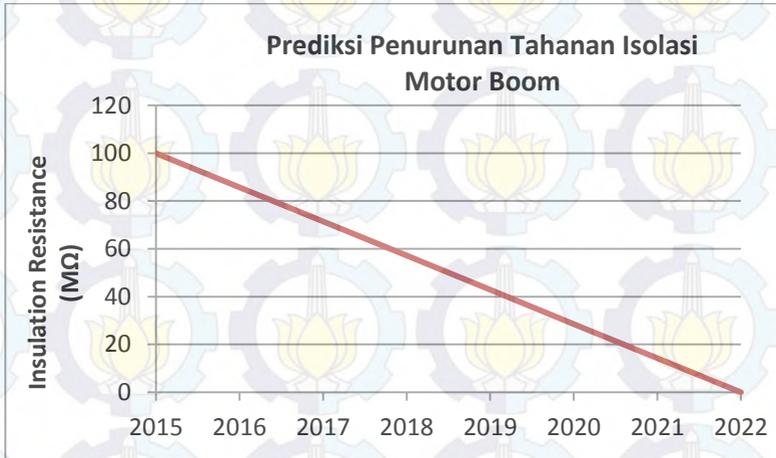
Dari hasil diatas dapat diketahui penurunan tahanan isolasi tiap tahunnya. Penurunan bernilai konstan dikarenakan perubahan suhu lingkungan, tingkat kelembaban serta waktu pengoperasian diabaikan.

Grafik Penurunan Tahanan Isolasi :

Tahun	Nilai tahanan Isolasi (M $\Omega$ )
2015	100
2016	85.71
2017	71.43
2018	57.14
2019	42.86
2020	28.57
2021	14.29
2022	0.00

Tabel 4.18. penurunan isolasi boom trisakti

Grafik Penurunan Tahanan Isolasi :



#### 4.6 Grafik penurunan isolasi boom trisakti

Sesuai Grafik diatas dapat diketahui bahwa umur tahanan isolasi motor Boom  $\pm$  6 th 11 bln dari pengecekan. Langkah pengecekan rutin perlu di lakukan minimal 6 bulan sekali mengantisipasi menurunnya nilai tahanan yang sangat tajam akibat adanya perubahan suhu , tingkat kelembaban dan waktu operasionalnya.

#### IV.2.3.D Motor Gantry

Berikut adalah rumus untuk menentukan penurunan tahanan isolasi tiap tahun motor Gantry :

$$\Delta IR_y = \left( \frac{IR_0 - IR_1}{y_1 - y_0} \right)$$

$$\Delta IR_y = \left( \frac{400 - 100}{2015 - 1994} \right)$$

$$\Delta IR_y = 14.29 \text{ M}\Omega \text{ dan } \Delta IR_m \text{ 1,19 M}\Omega$$

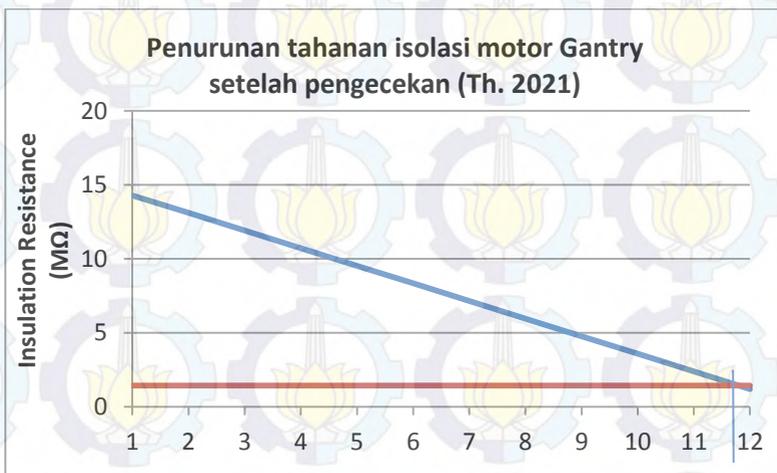
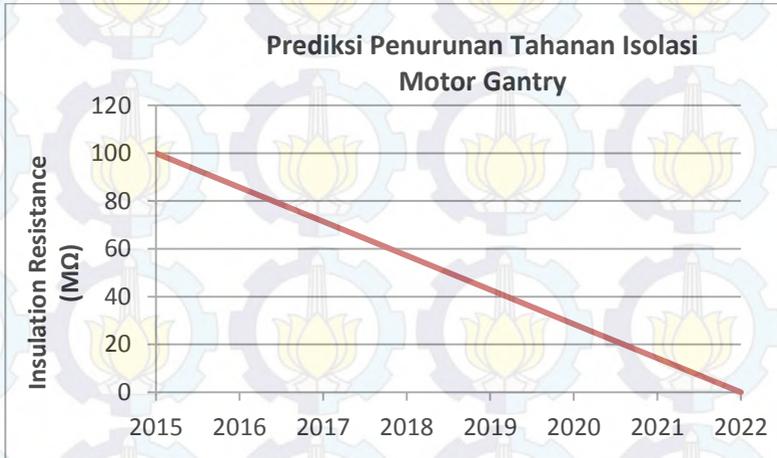
Dari hasil diatas dapat diketahui penurunan tahanan isolasi tiap tahunnya. Penurunan bernilai konstan dikarenakan perubahan suhu lingkungan, tingkat kelembaban serta waktu pengoperasian diabaikan.

Grafik Penurunan Tahanan Isolasi :

Tahun	Nilai tahanan Isolasi (M $\Omega$ )
2015	100
2016	85.71
2017	71.43
2018	57.14
2019	42.86
2020	28.57
2021	14.29
2022	0.00

Tabel 4.19. penurunan isolasi gantry trisakti

Grafik Penurunan Tahanan Isolasi :



4.7 Grafik penurunan isolasi gantry trisakti

Sesuai Grafik diatas dapat diketahui bahwa umur tahanan isolasi motor Gantry  $\pm$  6 th 11 bln dari pengecekan. Langkah pengecekan rutin perlu di lakukan minimal 6 bulan sekali mengantisipasi menurunnya nilai tahanan yang sangat tajam akibat adanya perubahan suhu , tingkat kelembaban dan waktu operasionalnya.

### IV.3 Rekomendasi Overhaul atau Rewinding dan Anggaran Biaya

#### **Overhaul / Reinsulasi**

Overhaule motor bisa diartikan proses maintenance / perawatan motor atau bisa dibidang memperpanjang usia motor, dengan perincian Scope Of Work sebagai berikut :

1. Analisa Sebelum Pembongkaran
2. Cleaning Kumparan menggunakan Electric Cleaner
3. Replace Bearing DE & NDE
4. Pengovenan Kumparan Setelah Cleaning
5. Reefernising / Isolator Kumparan
6. Assembly

Pada saat Emergency, overhaul adalah maintenance yang paling tepat dipilih dikarenakan proses yang cepat sehingga tidak memerlukan waktu reparasi yang lama yang mengakibatkan Crane tidak beroperasi dalam jangka yang lama

#### **Rewinding / Re-wound**

Untuk Scope of Work Overhaul hampir sama dengan Rewinding yang membedakan hanya untuk rewinding kumparan lama diganti dengan kumparan baru, Tujuannya dari segi elektrik dapat menaikkan efisiensi motor yang juga menaikkan *Power Factor (cos phi)* sehingga arus yang dikonsumsi motor lebih sedikit disbanding pada saat motor sebelum di rewinding.

## Rekomendasi

### Pelabuhan Trisakti, Banjarmasin

Nama Motor	Action		Emergency	long Life Time	Total Cost (Emergency)	Total Cost (Long Life Time)
	Emergency	Long Life Time	Life Time (year)	Life Time (year)		
Gantry A1	-	Rewinding	7	28	-	IDR 5,057,000
Gantry A2	Overhaule	Rewinding	7	28	IDR 2,528,500	IDR 5,057,000
Gantry A3	Overhaule	Rewinding	7	28	IDR 2,528,500	IDR 5,057,000
Gantry A4	-	Rewinding	7	28	-	IDR 5,057,000
Gantry B1	-	Rewinding	7	28	-	IDR 5,057,000
Gantry B2	-	Rewinding	7	28	-	IDR 5,057,000
Gantry B3	-	Rewinding	7	28	-	IDR 5,057,000
Gantry B4	-	Rewinding	7	28	-	IDR 5,057,000
Motor Main Hoist	-	Rewinding	7	28	-	IDR 60,400,000
Motor Trolley	-	Rewinding	7	28	-	IDR 20,384,000
Motor Boom	-	Rewinding	7	28	-	IDR 24,843,000
Total :					IDR 5,057,000	IDR 146,083,000

Tabel 4.20. Tabel Rekomendasi Pelabuhan Trisakti

### Terminal Nilam, Surabaya

Nama Motor	Action		Emergency	long Life Time	Total Cost (Emergency)	Total Cost (Long Life Time)
	Emergency	Long Life Time	Life Time (year)	Life Time (year)		
Gantry A1	Overhaule	Rewinding	3	12	IDR 1,467,700	IDR 2,935,400
Gantry A2	Overhaule	Rewinding	3	12	IDR 1,467,700	IDR 2,935,400
Gantry A3	Overhaule	Rewinding	3	12	IDR 1,467,700	IDR 2,935,400
Gantry A4	Overhaule	Rewinding	3	12	IDR 1,467,700	IDR 2,935,400
Gantry B1	Overhaule	Rewinding	3	12	IDR 1,467,700	IDR 2,935,400
Gantry B2	Overhaule	Rewinding	3	12	IDR 1,467,700	IDR 2,935,400
Gantry B3	Overhaule	Rewinding	3	12	IDR 1,467,700	IDR 2,935,400
Gantry B4	Overhaule	Rewinding	3	12	IDR 1,467,700	IDR 2,935,400
Motor Main Hoist	Overhaule	Rewinding	3	12	IDR 30,200,000	IDR 60,400,000
Motor Trolley Kiri	Overhaule	Rewinding	3	12	IDR 4,654,000	IDR 9,308,000
Motor Trolley kanan	Overhaule	Rewinding	3	12	IDR 4,654,000	IDR 9,308,000
Motor Boom	-	Rewinding	12	24	-	IDR 22,932,000
Total :					IDR 51,249,600	IDR 125,431,200

Tabel 4.21. Tabel Rekomendasi Pelabuhan Nilam

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Sesuai dengan Perhitungan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan Bahwa :

- 5.1.1 Motor Trolley Crane Terminal Nilam Surabaya memiliki laju penurunan tahanan isolasi sebesar  $7,188\text{K}\Omega$  di tiap 1 (satu) Jam operasionalnya.
- 5.1.2 Motor Trolley Crane Terminal Nilam Surabaya memiliki tahanan isolasi sebesar  $0,6\text{M}\Omega$  dan harus direinsulasi segera, dikarenakan nilai tahanan isolasi dibawah standart yang telah ditentukan *IEEE*.
- 5.1.3 Motor Hoist Crane Terminal Nilam Surabaya memiliki laju penurunan tahanan isolasi sebesar  $7,162\text{K}\Omega$  di tiap 1 (satu) jam operasionalnya.
- 5.1.4 Motor Hoist Crane Terminal Nilam Surabaya memiliki tahanan isolasi sebesar  $2\text{M}\Omega$  dan harus direinsulasi segera, dikarenakan nilai tahanan isolasi mendekati nilai minimum yang disarankan standart.
- 5.1.5 Motor Boom Crane Terminal Nilam Surabaya memiliki laju penurunan tahanan isolasi sebesar  $15,38\text{M}\Omega$  per tahun atau  $1,282\text{M}\Omega$  per bulan.
- 5.1.6 Motor Gantry Crane Terminal Nilam Surabaya memiliki tahanan isolasi sebesar  $3.86\text{M}\Omega$  dan harus direinsulasi segera, dikarenakan nilai tahanan isolasi mendekati nilai minimum yang disarankan standart.
- 5.1.7 Motor Gantry A2 dan A3 Crane Pelabuhan Trisakti Banjarmasin memiliki tahanan isolasi masing-masing sebesar  $0.43\text{M}\Omega$  dan  $1.79\text{M}\Omega$  dan harus direinsulasi segera, dikarenakan nilai tahanan isolasi dibawah dan mendekati nilai minimum yang disarankan standart.
- 5.1.8 Untuk Motor Trolley, Hoist, Boom dan Gantry Crane Pelabuhan Trisakti Banjarmasin memiliki laju penurunan tahanan isolasi sebesar  $4,64\text{K}\Omega$  di tiap 1 (satu) jam operasionalnya

## 5.2 Saran

Dengan demikian maka saran yang diberikan sesuai dengan perhitungan dan pembahasan adalah :

5.2.1 Untuk Container Crane Terminal nilam disarankan untuk direwinding total karena harga jauh lebih murah dibandingkan di overhaul yang hanya dapat bertahan 3 tahun.

5.2.2 Untuk Container Crane pelabuhan trisakti Banjarmasin disarankan untuk dioverhaul mengingat hanya ada 2 motor yang memiliki nilai tahanan dibawah standart dan mampu beroperasi selama 7tahun kedepan

5.2.3 Dalam kasus ini PT.Pelindo III selaku pemilik Container Crane harus melakukan pengecekan tahanan isolasi secara berkala tiap 6 (enam) bulan sekali sesuai saran yang diberikan oleh *IEEE* . Guna menentukan trendline penurunan nilai tahanan isolasi yang lebih akurat.

5.2.4 Guna menjaga nilai tahanan isolasi supaya tidak turun tajam, perlu dilakukan pembersihan pada kumparan motor dari kotoran (*dirt*) secara berkala dengan menggunakan sikat.

## DAFTAR PUSTAKA

Johnson, J. S., and A. W. Zwiener. 1957. A-C Testing Experience in Rotating Machine Insulation, AIEE Transactions.

Schurch, E. C., 1956. Experience with High Voltage A-C Insulation Testing for Generator Stator Windings, AIEE Transactions.

IEEE Standard. 1974. IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery. IEEE Standard no 118

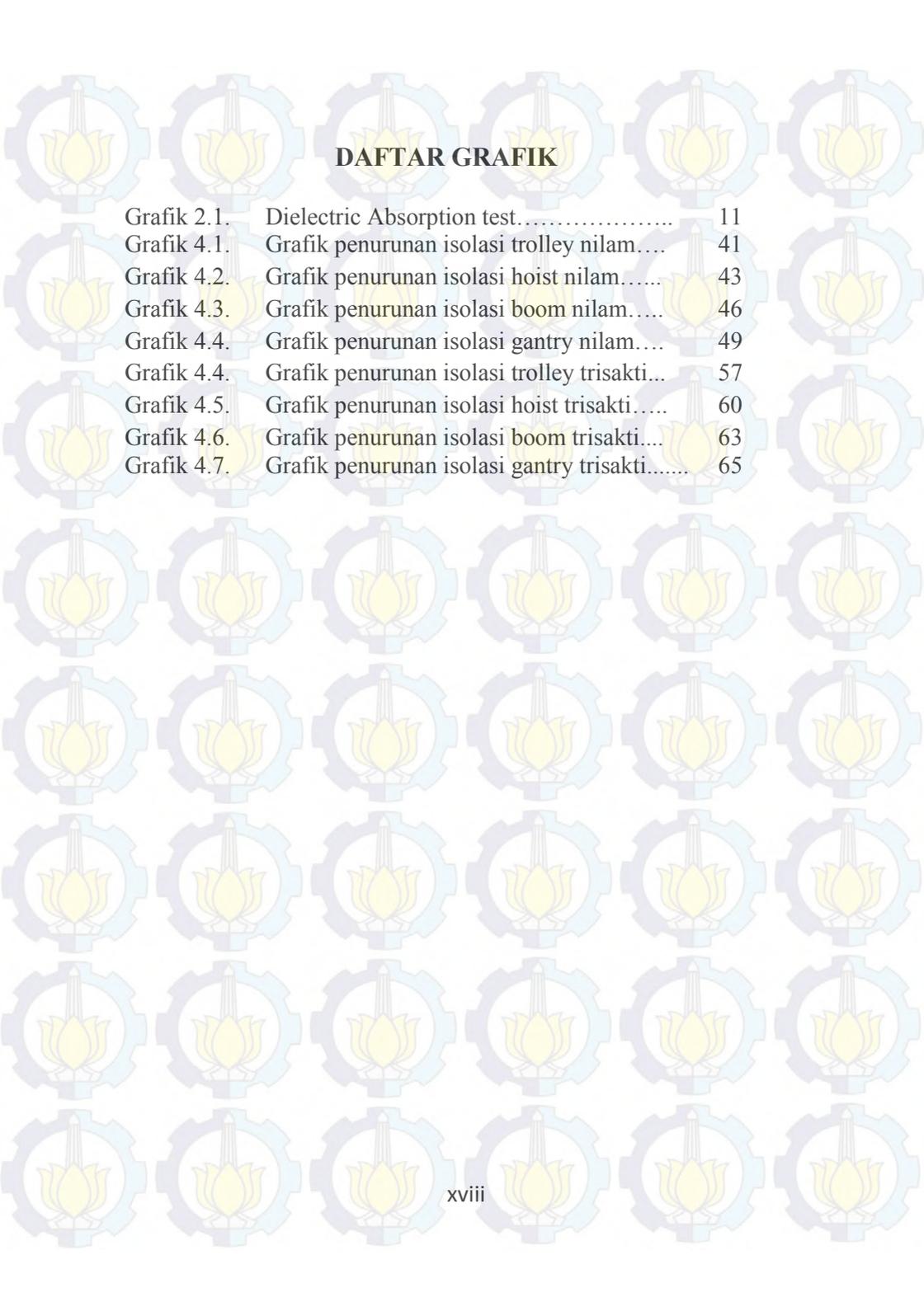
Schleif, E R. 1956. Corrections for Dielectric Absorption High Voltage D-C Insulation Test.

Adibroto, Soemarno. 2009. Tes Isolasi. Graha ilmu. Yogyakarta.

<http://margionoabdil.com/2013/10/prosedur-pengukuranpengujian-tahanan.html>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Diagram rangkaian Megger.....	3
Gambar 2.2.	Konstruksi Megger.....	5
Gambar 2.3.	Pengujian tahanan isolasi antara fasa (P) dengan netral (N) .....	6
Gambar 2.4.	Pengujian tahanan isolasi antara fasa (P) dengan tanah (G).....	7
Gambar 2.5.	Pengujian tahanan isolasi antara netral (N) dengan tanah (G).....	7
Gambar 2.6.	Pengujian tahanan isolasi antara instalasi dengan tanah (G).....	8
Gambar 3.1.	Dokumentasi pengambilan Data.....	25
Gambar 4.1.	Megger Test.....	32
Gambar 4.2.	Motor gantry nilam.....	34
Gambar 4.3.	Motor hoist nilam.....	35
Gambar 4.4.	Motor Trolley nilam.....	36
Gambar 4.5.	Motor Boom nilam.....	37
Gambar 4.6.	Motor Gantry trisakti.....	51
Gambar 4.7.	Motor Hoist trisakti.....	52
Gambar 4.8.	Motor trolley trisakti.....	53
Gambar 4.9.	Motor boom trisakti.....	54



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1.	Dielectric Absorption test.....	11
Grafik 4.1.	Grafik penurunan isolasi trolley nilam.....	41
Grafik 4.2.	Grafik penurunan isolasi hoist nilam.....	43
Grafik 4.3.	Grafik penurunan isolasi boom nilam.....	46
Grafik 4.4.	Grafik penurunan isolasi gantry nilam.....	49
Grafik 4.4.	Grafik penurunan isolasi trolley trisakti...	57
Grafik 4.5.	Grafik penurunan isolasi hoist trisakti.....	60
Grafik 4.6.	Grafik penurunan isolasi boom trisakti....	63
Grafik 4.7.	Grafik penurunan isolasi gantry trisakti.....	65

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 18 September 1992. Merupakan anak pertama dari 3 bersaudara, pasangan Bambang Suryono dan Suyanti. Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari SDN Tanah Kali Kedinding II Surabaya, SMP Negeri 9 Surabaya, dilanjutkan di SMA Negeri 1 Surabaya dan terakhir melanjutkan ke jenjang perkuliahan di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Di Jurusan tersebut, penulis mengambil bidang studi Marine Electrical and Automation System (MEAS). Penulis selama masih duduk di bangku kuliah, berperan aktif dalam kegiatan akademik maupun non-akademik. Untuk kegiatan akademik sang penulis menjadi grader motor listrik 3 fasa selama kurang lebih 1,5 Tahun. Untuk Kegiatan non-akademik, penulis aktif menjadi pengurus di Himpunan Teknik Sistem perkapalan (HIMASISKAL) periode 2012-2013 dalam bidang Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa, Penulis juga pernah ditunjuk sebagai ketua komisi Pemilihan Umum tahun 2011 dan menjadi panitia inti Big Event jurusan.