

## TUGAS AKHIR

# “ANALISIS PROSES KALIBRASI ALAT UKUR UNTUK BEBERAPA JENIS PANEL METER LISTRIK KAPAL DI PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA”

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

AIDIL KURNIANSYAH PARINDURI

2107220065



# UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Aidil Kurniansyah Parinduri  
NPM : 2107220065  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisis Proses Kalibrasi Alat Ukur Untuk Beberapa Jenis  
Panel Meter Listrik Kapal Di Pt Waruna Shipyard Indonesia  
Bidang ilmu : Analisa

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



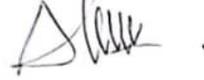
Faisal Irsan Pasaribu, S.T, S.Pd., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



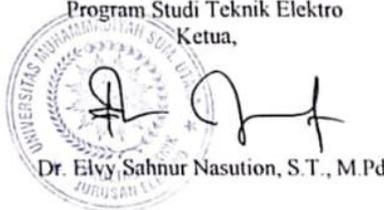
Dr. Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd

Dosen Pembanding II / Peguji



Dr. Sudirman Lubis, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro  
Ketua,



Dr. Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Aidil Kuniansyah Parinduri  
Tempat /Tanggal Lahir : Medan, 28 Desember 2001  
NPM : 2107220065  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Analisis Proses Kalibrasi Alat Ukur Untuk Beberapa Jenis Panel Meter Listrik Kapal Di PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA”,**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2025

saya yang menyatakan,  
  
AYDIL KUNIANSYAH

## KATA PENGANTAR



Asslammualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“ANALISIS PROSES KALIBRASI ALAT UKUR UNTUK BEBERAPA JENIS PANEL METER LISTRIK KAPAL DI PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA”** Dengan baik

Dimana laporan ini adalah suatu mata kuliah yang harus dilaksanakan oleh mahasiswa/i Teknik Elektro dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua, saudara dan keluarga penulis : Ibu Yusnaida Lubis serta Keluarga Besar Ibrahim Lubis yang tak hentinya mendo'akan dan memberikan dukungan serta nasehat setiap harinya, Sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc., P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T., M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Elvy Sahnur Nasution., S.T., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sekaligus Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi.
7. Bapak Benny Oktrialdy., S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
8. . Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T. Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi
9. Seluruh Bapak/ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu ketekniklistrikan kepada penulis. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T. Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Nur Ainun Damanik. Terimakasih sudah berkontribusi banyak dalam penulisan ini, yang menemani, meluangkan waktu, tenaga, pikiran ataupun materi kepada saya.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Teknik Elektro.Semoga Allah SWT senantiasa meridhai kita semua aamiin ya rabbal' alamin.

## **ABSTRAK**

Dalam dunia industri perkapalan, keandalan sistem kelistrikan kapal sangat bergantung pada akurasi alat ukur panel listrik seperti KW meter, amperemeter, voltmeter, dan frequency meter. Alat-alat ini memiliki peran penting dalam memastikan parameter listrik berada dalam batas aman dan efisien. Namun, paparan terhadap getaran, suhu ekstrem, dan usia pakai dapat menyebabkan deviasi pengukuran, yang jika tidak dikendalikan akan berdampak pada keselamatan dan performa operasional kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses kalibrasi alat ukur panel listrik pada tiga unit kapal di PT Waruna Shipyard Indonesia, yaitu MT. ROSA DINI, MT. ARTEMIS, dan MT. RED DYNASTY. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif melalui observasi langsung, wawancara, dan studi dokumentasi. Proses kalibrasi dilakukan dengan mengacu pada standar ISO/IEC 17025 dan IEC 60051, serta melibatkan peralatan seperti power calibrator dan multimeter digital presisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum kalibrasi terdapat deviasi sebesar 2% hingga 10%, sementara setelah kalibrasi, deviasi menurun secara signifikan menjadi 0,17% hingga 3%. Penelitian ini membuktikan bahwa proses kalibrasi efektif dalam meningkatkan akurasi alat ukur, serta mendukung keandalan sistem kelistrikan kapal. Penelitian ini diharapkan menjadi acuan teknis bagi industri perkapalan dalam menjaga mutu pengukuran listrik dan menjamin keselamatan operasional melalui kalibrasi yang berkala dan terstandar.

***Kata Kunci:*** Kalibrasi, Panel Meter, KW Meter, Akurasi, Kelistrikan Kapal

## ABSTRACT

In the shipping industry, the reliability of a ship's electrical system is highly dependent on the accuracy of electrical panel measuring instruments such as KW meters, ammeters, voltmeters, and frequency meters. These instruments play a crucial role in ensuring electrical parameters are within safe and efficient limits. However, exposure to vibration, extreme temperatures, and aging can cause measurement deviations, which, if left uncontrolled, will impact the safety and operational performance of the vessel. This study aims to analyze the calibration process of electrical panel measuring instruments on three vessels at PT Waruna Shipyard Indonesia, namely MT. ROSA DINI, MT. ARTEMIS, and MT. RED DYNASTY. The research method used is descriptive qualitative through direct observation, interviews, and documentation studies. The calibration process is carried out with reference to ISO/IEC 17025 and IEC 60051 standards, and involves equipment such as power calibrators and precision digital multimeters. The results show that before calibration there is a deviation of 2% to 10%, while after calibration, the deviation decreases significantly to 0.17% to 3%. This research demonstrates that the calibration process is effective in improving the accuracy of measuring instruments and supporting the reliability of ship electrical systems. This research is expected to serve as a technical reference for the shipping industry in maintaining the quality of electrical measurements and ensuring operational safety through regular and standardized calibration.

**Keywords:** *Calibration, Panel Meter, KW Meter, Accuracy, Ship Electrical System*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Ruang Lingkup Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Konsep Dasar Kalibrasi</b> .....	5
2.1.1 Pengertian Kalibrasi.....	5
2.1.2 Tujuan Utama kalibrasi.....	7
2.1.3 Manfaat Kalibrasi .....	7
2.1.4 Prinsip-Prinsip Kalibrasi.....	7
2.1.5 Proses Umum Kalibrasi .....	8
<b>2.2 Alat Ukur Panel Listrik</b> .....	8
2.2.1 Kilowatt Meter (KW Meter).....	8
2.2.2 Amperemeter .....	10
2.2.3 Frequency Meter .....	12
2.2.4 Volt Meter.....	13
<b>2.3 Alat Bantu Kalibrasi</b> .....	13
2.3.1 Multitester Analog .....	14
2.3.2 Multitester Digital.....	14
<b>2.4 Proses Kalibrasi</b> .....	15

2.4.1 Tahap Persiapan.....	16
2.4.2 Penetapan Alat Standar Referensi.....	16
2.4.3 Pelaksanaan Pengukuran.....	16
2.4.4 Analisis Hasil dan Perhitungan Ketidakpastian.....	17
2.4.5 Penerbitan Sertifikat Kalibrasi.....	17
2.4.6 Penyesuaian dan Jadwal Kalibrasi Berkala .....	17
<b>2.4 Standar Kalibrasi Alat Ukur .....</b>	<b>18</b>
2.5.1 Jenis-jenis Standar Kalibrasi.....	18
2.5.2 Standar Teknis Kalibrasi Panel Meter Listrik.....	19
2.5.3 Parameter Evaluasi dalam Kalibrasi .....	20
2.5.4 Pentingnya Standar Kalibrasi dalam Sistem Industri .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Rancangan Alat Penelitian .....</b>	<b>24</b>
3.4 Prosedur Penelitian.....	26
3.4.1 Observasi Langsung.....	26
3.4.2 Wawancara.....	26
3.4.3 Studi Dokumentasi.....	27
<b>3.5 Prosedur Penelitian .....</b>	<b>27</b>
3.5.1 Identifikasi Permasalahan .....	27
3.5.2 Studi Literatur.....	28
3.5.3 Penentuan Lokasi dan Waktu Penelitian .....	28
3.5.4 Pengumpulan Data.....	28
3.5.5 Pengolahan dan Analisis Data .....	28
3.5.6 Penyusunan Laporan Penelitian.....	28
3.6 Teknik Analisis Data .....	29
3.6.1 Reduksi Data.....	29
3.6.2 Penyajian Data .....	29
3.6.3 Penarikan Kesimpulan dan Verifikasi .....	30
<b>3.7 Diagram Alir Penelitian (Flowchart).....</b>	<b>31</b>

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Spesifikasi dan Cara Kerja Alat Ukur Panel Listrik.....</b>	<b>32</b>
4.1.1 KW Meter .....	32
4.1.2 Ampere Meter .....	34
4.1.4 Frekuensi Meter .....	40
<b>4.2 Tahapan-Tahapan Kalibrasi .....</b>	<b>43</b>
4.2.1 Menyiapkan Alat dan Perlengkapan Kalibrasi .....	43
4.2.2 Melepaskan Alat Ukur dari Panel .....	44
4.2.3 Menyalakan Komputer dan Aplikasi Kalibrasi .....	45
4.2.4 Menyalakan Power Calibrator .....	45
4.2.5 Menghubungkan Alat Ukur dengan Kabel Kalibrasi .....	46
4.2.6 Memberikan Input Nilai Secara Bertahap .....	47
4.2.7 Membandingkan Hasil dan Mencatat Hasil dalam Excel .....	48
4.2.9 Menandai Alat Ukur Setelah Kalibrasi Selesai.....	48
<b>4.3 Proses Kalibrasi .....</b>	<b>49</b>
4.2.1 Tahapan Proses Kalibrasi.....	49
4.2.2 Standar yang Digunakan.....	51
<b>4.4 Akurasi Antara Alat Ukur.....</b>	<b>51</b>
4.4.1 KW Meter Sebelum Kalibrasi.....	51
4.3.2 Amperemeter Sebelum Kalibrasi.....	53
4.3.3 Volt Meter Sebelum Kalibrasi .....	55
4.4.4 Frekuensi Meter Sebelum Kalibrasi .....	58
4.4.5 Data Hasil Pengukuran Sesudah Kalibrasi .....	60
4.4.6 Kw Meter Sesudah kalibrasi .....	60
4.4.7 Ampere Meter Sesudah dikalibrasi.....	62
4.4.8 Volt Meter Sesudah Kalibrasi.....	63
4.4.9 Frequency Meter Sesudah Kalibarsi .....	65
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>68</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kw Meter	10
Gambar 2.2 Amperemeter	12
Gambar 2.3 Frekuensi Meter	13
Gambar 2.4 Volt Meter	14
Gambar 2.5 Multitester Analog	16
Gambar 2.6 Multitester Digital	16
Gambar 3.1 Rangkaian Kalibrasi	27
Gambar 4.1 Kw Meter Analog Tipe Ac-920L1	37
Gambar 4.2 Amperemeter Analog 200A	40
Gambar 4.3 Voltmeter Analog	43
Gambar 4.4 Frequency Meter analog	46
Gambar 4.5 Proses Pelepasn Alat ukur dari panel	48
Gambar 4.6 Perangkat Power Calibrator	49
Gambar 4.7 Power Calibrator	50
Gambar 4.8 Menghubungkan Kabel	51
Gambar 4.9 Pelaksanaan Input Nilai	51
Gambar 4.10 Hasil Data Excel Sebelum dan Seseudah Kalibrasi	52
Gambar 4.11 Pemberian Tanda alat ukur	53
Gambar 4.12 Data Kw Meter Sebelum Kalibrasi MT.Artemis	56
Gambar 4.13 Data Kw Meter Sebelum Kalibrasi Ros Dini	57
Gambar 4.14 Data Kw Meter Sebelum Kalibrasi MT.Red Dynasty	57
Gambar 4.15 Data Ampere Meter Sebelum Kalibrasi MT.Artemis	58
Gambar 4.16 Data Ampere Meter Sebelum Kalibrasi MT. Ros Dini	58
Gambar 4.17 Data Ampere Meter Sebelum Kalibrasi MT.Red Dynasty	59
Gambar 4.18 Data Volt Meter Sebelum Kalibrasi MT.Artemis	60
Gambar 4.19 Data Volt Meter Sebelum Kalibrasi MT.Ros Dini	60
Gambar 4.20 Data Volt Meter Sebelum Kalibrasi MT.Red Dynasty	61
Gambar 4.21 Data Fekuensi Meter Sebelum Kalibrasi MT.Artemis	62
Gambar 4.22 Data Frekuensi Meter Sebelum Kalibrasi MT.Ros Dini	62

Gambar 4.23 Data Frekuensi Meter Sebelum Kalibrasi MT.Red Dynasty	63
Gambar 4.24 Data Kw Meter Sesudah Kalibrasi MT.Artemis	64
Gambar 4.25 Data Kw Meter Sesudah Kalibrasi MT.Ros Dini	64
Gambar 4.26 Data Kw Meter Sesudah Kalibrasi MT.Ros Red Dynasty	65
Gambar 4.27 Data Ampere Meter Sesudah Kalibrasi MT.Artemis	65
Gambar 4.28 Data Ampere Meter Sesudah Kalibrasi MT.Ros Dini	66
Gambar 4.29 Data Ampere Meter Sesudah Kalibrasi MT.Red Dynasty	66
Gambar 4.30 Data Volt Meter Sesudah Kalibrasi MT.Artemis	67
Gambar 4.31 Data Volt Meter Sesudah Kalibrasi MT.Ros Dini	68
Gambar 4.32 Data Volt Meter Sesudah Kalibrasi MT.Red Dynasty	68
Gambar 4.33 Data Frekuensi Meter Sesudah Kalibrasi MT.Artemis	69
Gambar 4.35 Data Frekuensi Meter Sesudah Kalibrasi MT.Ros Dini	69
Gambar 4.36 Data Frekuensi Meter Sesudah Kalibrasi MT.Red Dynasty	70
Gambar 4.37 Grafik Perbandingan Deviasi Sebelum dan Sesudah Kalibrasi	70

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 Kw Meter Sebelum Kalibrasi	57
Tabel 4.2 Ampere Meter Sebelum Kalibrasi	59
Tabel 4.3 Volt Meter Sebelum Kalibrasi	61
Tabel 4.4 Frekuensi Meter Sebelum Kalibrasi	63
Tabel 4.5 Kw Meter Sesudah Kalibrasi	65
Tabel 4.6 Ampere Meter Sesudah Kalibrasi	67
Tabel 4.7 Volt Meter Sesudah Kalibrasi	68
Tabel 4.8 Frekuensi Meter Sesudah Kalibrasi	70

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dalam perkembangan teknologi kelistrikan modern, keberadaan sistem pengukuran listrik memiliki peran yang sangat krusial, terlebih dalam sektor industri maritim. Kapal laut, sebagai salah satu sarana transportasi dan pengangkutan penting dalam perdagangan nasional dan internasional, sangat bergantung pada sistem kelistrikan untuk menjalankan berbagai fungsi vitalnya. Sistem penerangan, kontrol mesin, navigasi, komunikasi, hingga distribusi daya semuanya terintegrasi dalam sistem kelistrikan kapal. Oleh karena itu, keandalan dan ketepatan dari alat ukur listrik di atas kapal menjadi aspek fundamental dalam menjamin keamanan dan efisiensi operasional kapal.

Instrumen pengukuran seperti kWh meter, amperemeter, frequency meter, dan voltmeter digunakan untuk memantau parameter listrik seperti daya, arus, frekuensi, dan tegangan yang mengalir dalam sistem. Pengukuran yang akurat sangat dibutuhkan untuk memastikan sistem berada dalam kondisi optimal. Namun, seiring berjalannya waktu, performa alat ukur dapat mengalami penurunan akibat berbagai faktor seperti getaran kapal, perubahan suhu, kelembaban, serta umur pakai alat. Penurunan ini dapat menyebabkan penyimpangan hasil ukur yang berakibat fatal, seperti gangguan sistem kelistrikan atau bahkan kerusakan peralatan listrik di atas kapal.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan proses kalibrasi. Menurut SNI 19-17025:2017, kalibrasi adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh suatu instrumen ukur atau sistem pengukuran dengan nilai standar yang sesuai di bawah kondisi tertentu. Kalibrasi bertujuan untuk menjamin bahwa alat ukur dapat memberikan hasil yang teliti dan sesuai standar. Dalam dunia industri, termasuk perkapalan, kalibrasi rutin merupakan bagian dari sistem manajemen mutu yang wajib dilakukan agar instrumen tetap berada dalam batas toleransi pengukuran.

Sejalan dengan pendapat Pasaribu (2020), kalibrasi adalah upaya untuk menjamin keakuratan alat ukur dalam proses produksi atau operasi, yang apabila tidak dikontrol dapat menyebabkan kesalahan data dan keputusan teknis yang salah. Kesalahan dalam pembacaan arus, tegangan, frekuensi, maupun daya dapat menyebabkan pembebanan tidak seimbang, overloading, atau bahkan kerusakan sistem distribusi daya di atas kapal.

PT Waruna Shipyard Indonesia sebagai salah satu galangan kapal terkemuka di Indonesia memiliki peran penting dalam perawatan dan perbaikan berbagai jenis kapal, termasuk tanker dan kapal niaga. Dalam setiap proses pemeliharaan, pihak galangan bertanggung jawab terhadap kelayakan sistem kelistrikan kapal yang diperbaiki. Oleh sebab itu, aktivitas kalibrasi terhadap panel meter listrik menjadi suatu kewajiban teknis untuk memastikan seluruh sistem bekerja sesuai spesifikasi.

Penelitian ini dilakukan terhadap tiga kapal, yaitu MT. ROSA DINI, MT. ARTEMIS, dan MT. RED DYNASTY, yang masing-masing memiliki panel listrik dengan jenis alat ukur berbeda. Empat alat ukur utama yang dianalisis adalah:

1. KW meter digunakan untuk mengukur daya aktif (real power) yang digunakan dalam sistem kelistrikan kapal.
2. Amperemeter digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik dalam satuan ampere.
3. Frequency Meter digunakan untuk mengetahui frekuensi listrik yang dihasilkan, penting dalam menjaga kestabilan sistem.
4. Voltmeter digunakan untuk mengukur beda potensial antara dua titik dalam suatu rangkaian listrik.

Melalui analisis hasil kalibrasi sebelum dan sesudah proses kalibrasi dilakukan, penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas proses kalibrasi tersebut dan menilai apakah alat ukur masih dalam batas toleransi pengukuran. Penelitian ini juga memberikan gambaran mengenai praktik kalibrasi yang dilakukan di lingkungan industri galangan kapal dan relevansinya terhadap standar mutu alat ukur kelistrikan.

Dengan mempertimbangkan pentingnya akurasi dalam pengukuran parameter listrik dan tanggung jawab teknis yang diemban oleh galangan kapal, maka penelitian

ini memiliki kontribusi yang signifikan, baik secara akademik maupun praktis. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengambilan keputusan teknis terkait kalibrasi alat ukur di lingkungan kelistrikan kapal serta sebagai bahan pertimbangan untuk peningkatan sistem pemeliharaan alat ukur di masa mendatang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang ditemukan dalam kegiatan kalibrasi alat ukur panel meter di lingkungan industri perkapalan, maka pertanyaan-pertanyaan utama yang menjadi fokus dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana proses kalibrasi alat ukur panel meter listrik (kW meter, amperemeter, frequency meter, dan voltmeter) di PT Waruna Shipyard Indonesia?
2. Bagaimana perbandingan hasil pengukuran alat ukur sebelum dan sesudah dilakukan kalibrasi
3. Apakah alat ukur yang dikalibrasi telah memenuhi standar akurasi yang ditetapkan?

## **1.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian ini difokuskan pada pengkajian terhadap proses kalibrasi alat ukur panel listrik kapal di lingkungan industri galangan kapal. Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kajian hanya terbatas pada proses kalibrasi beberapa jenis panel meter listrik, yaitu KW meter, amperemeter, voltmeter, dan frequency meter, yang digunakan di kapal-kapal milik PT Waruna Shipyard Indonesia. Penelitian ini tidak membahas aspek desain fisik, manufaktur, atau spesifikasi teknis dari alat ukur tersebut secara menyeluruh.
2. Penelitian ini memusatkan perhatian pada proses pelaksanaan kalibrasi, termasuk identifikasi tahapan, metode yang digunakan, dan hasil kalibrasi yang diperoleh. Evaluasi dilakukan berdasarkan standar pengukuran yang berlaku, baik nasional maupun internasional, dengan mempertimbangkan pula faktor teknis dan lingkungan yang dapat memengaruhi akurasi pengukuran.

3. Objek dalam penelitian ini mencakup tiga unit kapal, yaitu MT. ROSA DINI, MT. ARTEMIS, dan MT. RED DYNASTY, sebagai studi kasus yang mewakili penerapan proses kalibrasi di lapangan.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai proses kalibrasi alat ukur panel listrik kapal dan mengevaluasi kesesuaiannya dengan standar mutu yang telah ditetapkan. Secara lebih spesifik, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis secara sistematis prosedur kalibrasi yang diterapkan pada alat ukur panel listrik, meliputi KW meter, amperemeter, voltmeter, dan frequency meter, yang digunakan di kapal-kapal milik PT Waruna Shipyard Indonesia.
2. Mengidentifikasi jenis-jenis alat ukur yang menjadi objek kalibrasi serta cara penggunaannya dalam sistem kelistrikan kapal.
3. Menilai tingkat keakuratan hasil kalibrasi dengan mengacu pada standar pengukuran yang relevan, serta mengidentifikasi potensi penyimpangan hasil ukur sebelum dan sesudah proses kalibrasi.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baik dalam aspek praktis maupun akademis. Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran yang komprehensif mengenai proses kalibrasi alat ukur pada sistem panel listrik kapal, yang dapat menjadi acuan dalam peningkatan kualitas pengukuran di industri perkapalan.
2. Menyediakan informasi teknis yang bermanfaat bagi teknisi dan praktisi bidang elektro kelautan dalam memahami pentingnya kalibrasi sebagai bagian dari sistem pengendalian mutu dan keselamatan operasional kapal.
3. Menjadi bahan referensi bagi penelitian lanjutan dalam bidang teknik elektro, khususnya yang berkaitan dengan pengukuran dan pengendalian sistem kelistrikan di sektor maritim.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Konsep Dasar Kalibrasi**

##### **2.1.1 Pengertian Kalibrasi**

Kalibrasi merupakan suatu proses sistematis yang bertujuan untuk menetapkan hubungan antara nilai yang terbaca dari suatu alat ukur atau sistem pengukuran dengan nilai referensi yang sudah diketahui dari besaran yang sama dalam kondisi tertentu. Proses ini penting untuk memastikan bahwa alat ukur memiliki ketertelusuran terhadap standar nasional atau internasional, serta untuk mengetahui deviasi atau penyimpangan alat dari nilai sebenarnya. Dengan begitu, keandalan alat ukur dapat dijaga agar tetap sesuai dengan spesifikasinya dan mendukung sistem mutu di lingkungan kerja seperti PT Waruna Shipyard Indonesia maupun sektor lainnya yang mengandalkan alat ukur.

Dalam era persaingan industri alat ukur yang semakin kompetitif, kalibrasi menjadi hal yang tidak bisa diabaikan. Perusahaan harus secara rutin melakukan kalibrasi terhadap alat ukur, seperti panel meter pada kapal, guna memastikan alat tersebut tetap berfungsi dengan baik. Kalibrasi alat seperti kw meter, amperemeter, voltmeter, dan frequency meter (Hz meter) umumnya dilakukan setiap dua tahun untuk menjaga akurasinya (Hariyadi et al., 2019).

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan pengukuran arus dan kualitas daya listrik yang akurat, tuntutan akan kalibrasi yang presisi juga semakin besar. Hal ini didorong oleh regulasi dari pemerintah maupun penyedia listrik, serta kebutuhan industri dalam menjaga mutu produksi dan memperluas jaringan distribusi. Pengukuran yang tepat sangat dibutuhkan, terutama dalam menentukan rugi-rugi energi yang ditimbulkan oleh alternator elektromotor (AE) serta pembebanan reaktif pada sistem kelistrikan kapal. Dengan data pengukuran yang akurat, kebijakan teknis seperti pengurangan rugi daya bisa dirumuskan secara lebih efektif (Faisal et al., 2012).

Kalibrasi yang dilakukan tepat waktu juga berdampak langsung pada kualitas produk. Oleh karena itu, penting untuk mendokumentasikan hasil kalibrasi guna memastikan prosesnya dilakukan sesuai prosedur yang telah ditetapkan. Dokumen tersebut juga berfungsi sebagai bukti bahwa setiap alat telah dikalibrasi dalam rentang waktu yang ditentukan.

Setiap alat ukur harus memiliki informasi penting seperti nilai referensi (master), identitas alat, waktu kalibrasi, dan batas toleransi kesalahan. Kalibrasi juga menjadi bagian penting dalam sistem manajemen mutu dan pemantauan, termasuk dalam upaya memenuhi persyaratan ISO 9001. Kalibrasi membantu memastikan bahwa alat ukur memberikan hasil yang akurat sehingga mendukung proses produksi dan menjaga kualitas produk secara keseluruhan.

Menurut ISO/IEC 17025:2005, kalibrasi diartikan sebagai proses yang menghubungkan nilai-nilai pengukuran dari suatu instrumen dengan nilai referensi yang telah diketahui secara presisi. Nilai referensi tersebut biasanya berasal dari kalibrator atau standar yang memiliki akurasi lebih tinggi dibanding alat yang diuji (unit under test/UUT). Salah satu tujuan utama kalibrasi adalah menjamin keterlacakan pengukuran terhadap standar internasional.

Kalibrasi harus dilakukan secara terencana dan terdokumentasi, menggunakan standar acuan yang diakui secara nasional maupun global. Selain itu, kalibrasi juga harus dikerjakan oleh personel yang memiliki kompetensi, pelatihan, dan sertifikasi yang sesuai. Di banyak negara, termasuk Indonesia, pelaksanaan kalibrasi mengikuti sejumlah ketentuan seperti:

1. Kalibrasi dilakukan untuk perangkat baru.
2. Dilakukan ketika alat digunakan dalam aplikasi khusus atau intensif.
3. Diperlukan jika alat mengalami gangguan fisik atau getaran yang berpotensi mengubah akurasinya.

Pengamatan di beberapa negara, termasuk Indonesia, digunakan sebagai referensi untuk perangkat yang dikalibrasi. Manajemen metrologi mendukung infrastruktur metrologi di negara dengan membangun rantai pengukuran dari standar tinggi/internasional menggunakan perangkat. Hasil kalibrasi harus melibatkan

pernyataan tentang "ketidakpastian yang tidak dapat dipahami" untuk menentukan tingkat kepercayaan yang dievaluasi dengan cermat dalam analisis ketidakpastian.

#### 2.1.2 Tujuan Utama kalibrasi

Tujuan utama dalam kalibrasi adalah untuk memastikan bahwa alat ukur berfungsi sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Dalam industry perkapalan, tujuan kalibrasi mencakup beberapa hal:

1. Menjamin akurasi hasil pengukuran alat.
2. Mengetahui dan mengurangi Tingkat kesalahan alat ukur.
3. Menyediakan dasar untuk menyesuaikan alat ukur.
4. Menjaga kualitas, efisiensi, serta keselamatan dalam system kelistrikan kapal.

#### 2.1.3 Manfaat Kalibrasi

Dalam proses kalibrasi, ada beberapa manfaat untuk system kelistrikan kapal antara lain:

1. Meningkatkan keandalan system cheking board meter.
2. Menghindari kerusakan system akibat kesalahan pengukuran.
3. Mendukung proses riview mutu dan sertifikasi ISO.
4. Menunjang proses pengambilan Keputusan teknis dalam pengoperasian kinerja kapa.

#### 2.1.4 Prinsip-Prinsip Kalibrasi

Kalibrasi tentunya harus memenuhi prinsip-prinsip dasar pengukuran yang benar, ada beberapa hal prinsip-prinsip kalibrasi diantaranya:

1. Ketertelusuran (Traceability) :  
Kalibrasi harus dapat ditelusuri ke standar nasional dan bahkan internasional.
2. Vulnerability (Ketidak Pastian):  
Perlu diketahui dan dihitung nilai ketidakpastian dari hasil pengukuran.
3. Repeatability:  
Hasil pengukuran harus dapat diulang dalam kondisi yang sama.
4. Stabilitas: Alat ukur harus stabil dalam kondisi yang sama.

### 2.1.5 Proses Umum Kalibrasi

Secara umum dalam proses kalibrasi meliputi beberapa tahap:

1. Persiapan:

Persiapan yang dimaksud adalah melakukan pemeriksaan kondisi fisik alat ukur dan lingkungan kalibrasi.

2. Pelaksanaan:

Dilakukan pengukuran dan perbandingan antara alat uji dan standar.

3. Perhitungan:

Dihitung nilai deviasi dan ketidakpastian pengukuran.

4. Dokumentasi: Penerbitan sertifikat kalibrasi yang berisikan informasi pengukuran, ketelusuran, dan hasil analisis ketidakpastian.

## 2.2 Alat Ukur Panel Listrik

Panel meter listrik merupakan instrumen penting yang digunakan untuk memantau parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan frekuensi dalam suatu sistem distribusi daya, khususnya pada kapal. Alat ini umumnya dipasang di dalam panel kontrol guna membantu teknisi dalam memastikan sistem kelistrikan bekerja secara stabil dan sesuai standar. Di sektor maritim, keandalan sistem kelistrikan sangat krusial karena berhubungan langsung dengan keselamatan kapal.

Menurut Wildi (2006), akurasi alat ukur sangat menentukan kinerja sistem listrik dalam industri, sebab kesalahan pengukuran dapat mengganggu keseluruhan sistem. Hal serupa dikemukakan Sugeng (2019) bahwa di kapal, parameter listrik harus dipantau dengan cermat agar dapat mendeteksi masalah sejak dini.

### 2.2.1 Kilowatt Meter (KW Meter)

Kilowatt meter merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui besarnya daya aktif atau real power dalam suatu sistem listrik, yang dinyatakan dalam satuan kilowatt (kW). Daya aktif adalah energi listrik yang digunakan secara langsung untuk melakukan kerja, seperti menggerakkan motor listrik atau menyalakan peralatan di kapal. Berdasarkan teori kelistrikan yang dijelaskan oleh Buchholz (2019), nilai daya aktif ditentukan dari hasil perkalian tegangan, arus, dan faktor daya ( $\cos \phi$ ). Karena itu, akurasi pembacaan KW meter sangat bergantung pada kondisi kalibrasinya.

Di lingkungan kapal, KW meter biasanya dipasang pada main switchboard untuk mengamati pemakaian daya dari pembangkit menuju beban. Bila alat ini tidak dikalibrasi secara tepat, pembacaan daya dapat menyimpang, berisiko menyebabkan beban tidak merata bahkan overload yang dapat mengganggu keselamatan kapal (Pasaribu, 2020).



Gambar 2.1 Kw Meter

Fungsi kilowatt meter (kw) adalah untuk mengukur besarnya daya aktif (real power) yang digunakan oleh suatu sistem listrik pada saat tertentu. Daya aktif merupakan energi listrik yang benar-benar dikonsumsi oleh peralatan listrik untuk menjalankan fungsinya, seperti menggerakkan motor, memanaskan elemen, atau menyalakan lampu. Nilai daya ini sangat penting dalam sistem kelistrikan karena mencerminkan jumlah energi yang digunakan secara efektif.

Menurut teori kelistrikan, daya aktif dihitung berdasarkan rumus:

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

di mana  $P$  adalah daya aktif (kW),  $V$  adalah tegangan (volt),  $I$  adalah arus (ampere), dan  $\cos \phi$  adalah faktor daya.

KW meter sangat penting dalam sistem kelistrikan kapal, karena alat ini membantu teknisi dan operator memantau penggunaan daya pada panel utama. Dengan mengetahui daya yang dikonsumsi, operator bisa menyeimbangkan beban antar generator dan mencegah terjadinya kelebihan beban (overload) yang dapat membahayakan sistem kelistrikan secara keseluruhan.

Selain itu, KW meter juga digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan operasional, seperti kapan harus menyalakan atau mematikan generator tambahan, serta untuk efisiensi penggunaan bahan bakar dalam pembangkit listrik kapal. Oleh karena itu, akurasi KW meter sangat bergantung pada proses kalibrasi rutin agar data yang ditampilkan tetap presisi dan dapat dipercaya (Pasaribu, 2020; Arief, 2018).

### 2.2.2 Amperemeter

Amperemeter digunakan untuk mengukur kuat arus listrik yang mengalir dalam sebuah rangkaian, dan hasilnya dinyatakan dalam satuan ampere (A). Alat ini dipasang secara seri agar arus yang mengalir ke beban juga melewati alat ukur. Dalam sistem kelistrikan kapal, keberadaan amperemeter sangat penting untuk mengetahui besar arus pada setiap fasa, serta mendeteksi ketidakseimbangan atau kelebihan beban.

Menurut Arief (2018), pemantauan arus berguna untuk memastikan generator dan kabel bekerja dalam batas aman. Bila arus berlebih tidak segera diketahui, hal ini dapat menyebabkan kenaikan suhu, kerusakan isolasi, bahkan kebakaran. Oleh karena itu, kalibrasi amperemeter wajib dilakukan secara rutin untuk memastikan keandalannya.



Gambar 2.2 Amperemeter

Amperemeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengetahui besarnya arus listrik (dalam satuan ampere) yang mengalir dalam suatu rangkaian. Alat ini bekerja dengan prinsip gaya magnetik yang dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir melalui kumparan, lalu diubah menjadi gerakan mekanis pada jarum penunjuk atau tampilan digital.

Dalam sistem kelistrikan, terutama pada panel listrik kapal, amperemeter memiliki peran vital dalam memantau aliran arus secara real-time dari sumber daya ke beban. Dengan membaca arus yang mengalir, teknisi dapat mengetahui apakah beban berada dalam batas normal atau terjadi lonjakan yang bisa menyebabkan gangguan pada sistem distribusi daya.

Secara teoritis, arus listrik dihitung dengan rumus:

$$I = P / (V \times \cos \phi)$$

di mana  $I$  adalah arus (ampere),  $P$  adalah daya aktif (watt),  $V$  adalah tegangan (volt), dan  $\cos \phi$  adalah faktor daya.

Dalam konteks industri perkapalan, amperemeter sangat membantu dalam pendeteksian dini terhadap kelebihan arus (overcurrent) yang bisa berujung pada panas berlebih, kegagalan isolasi, bahkan potensi kebakaran. Oleh karena itu, akurasi

dari alat ini sangat krusial dan harus dipastikan melalui proses kalibrasi berkala sesuai standar pengukuran yang berlaku (Wijaya & Prasetyo, 2021; Pasaribu, 2020).

Selain itu, amperemeter juga dapat digunakan untuk menilai performa beban motor listrik, mendeteksi ketidakseimbangan beban antar fasa, serta membantu operator dalam mengoptimalkan distribusi arus untuk efisiensi operasi kapal.

### 2.2.3 Frequency Meter

Frequency meter digunakan untuk mengukur frekuensi sinyal listrik bolak-balik (AC), yang biasanya berada di angka 50 atau 60 Hertz tergantung sistem. Alat ini penting untuk memastikan generator bekerja pada frekuensi yang stabil dan sesuai dengan standar sistem.

Dalam praktik kelistrikan di kapal, stabilitas frekuensi sangat penting terutama saat melakukan operasi paralel antar generator. Jika frekuensi tidak stabil, peralatan elektronik bisa mengalami kerusakan atau performa menjadi terganggu. Menurut panduan dari International Maritime Organization (IMO, 2020), pengukuran frekuensi harus dilakukan secara akurat, dan karenanya alat frequency meter harus melalui proses kalibrasi secara periodik agar hasil pembacaannya valid dan dapat diandalkan.



Gambar 2.3 Frekuensi Meter

Frequency meter berfungsi untuk mengukur frekuensi arus listrik bolak-balik (AC) dalam satuan Hertz (Hz). Alat ini memastikan bahwa sistem kelistrikan kapal beroperasi pada frekuensi yang sesuai standar, sehingga peralatan listrik dapat bekerja secara optimal dan aman.

#### 2.2.4 Volt Meter

Voltmeter adalah alat ukur yang dirancang untuk mendeteksi tegangan listrik antara dua titik, dengan satuan pengukuran volt (V). Alat ini biasanya dipasang secara paralel dengan beban atau sumber tegangan. Dalam sistem kelistrikan kapal, voltmeter digunakan untuk memantau tegangan output dari generator, transformator, atau sistem distribusi.

Stabilitas tegangan merupakan indikator penting dari kualitas daya listrik. Menurut Sutopo (2016), sistem kelistrikan yang memiliki fluktuasi tegangan tinggi dapat merusak peralatan. Untuk itu, penting memastikan bahwa voltmeter bekerja dengan akurat, yang hanya dapat dicapai melalui proses kalibrasi berkala sesuai standar kelistrikan, seperti yang dianjurkan dalam IEC 60038.



Gambar 2.4 Volt Meter

Voltmeter digunakan untuk mengukur beda potensial atau tegangan listrik antara dua titik dalam rangkaian. Pada sistem kelistrikan kapal, alat ini memastikan tegangan berada dalam batas normal agar peralatan bekerja dengan aman.

#### 2.3 Alat Bantu Kalibrasi

Dalam kegiatan kalibrasi alat ukur pada panel listrik kapal, tidak cukup hanya mengandalkan alat ukur utama seperti KW meter, voltmeter, amperemeter, dan frequency meter. Diperlukan juga alat bantu kalibrasi yang berfungsi sebagai standar

acuan untuk membandingkan dan mengevaluasi hasil pengukuran dari alat ukur yang sedang diuji. Alat bantu ini memiliki peranan penting karena menentukan tingkat ketelitian dan keabsahan dari proses kalibrasi itu sendiri.

Salah satu alat bantu yang paling umum digunakan adalah multimeter atau yang sering dikenal sebagai multitester. Multimeter adalah alat ukur listrik yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan listrik (volt), arus listrik (ampere), dan hambatan listrik (ohm). Terdapat dua jenis multimeter yang umum digunakan, yaitu multimeter analog dan multimeter digital.

### 2.3.1 Multitester Analog

Multimeter analog menggunakan jarum sebagai penunjuk skala pengukuran. Keunggulannya terletak pada kemampuannya untuk menunjukkan perubahan nilai secara terus menerus, sehingga cocok digunakan pada pengukuran yang sifatnya dinamis. Namun, kekurangannya adalah pembacaan yang kurang presisi dan lebih rentan terhadap kesalahan pembacaan karena pengaruh paralaks.



Gambar 2.5 Multitester Analog

### 2.3.2 Multitester Digital

Multimeter digital menampilkan angka secara langsung di layar LCD sehingga hasil pengukuran lebih mudah dibaca dan minim kesalahan. Alat ini banyak digunakan dalam kalibrasi karena akurasi yang tinggi dan fitur tambahannya seperti pengukuran frekuensi, kapasitansi, hingga suhu.



Gambar 2.6 Multitester Digital

#### 2.4 Proses Kalibrasi

Kalibrasi merupakan proses verifikasi yang sangat penting dalam memastikan bahwa alat ukur mampu memberikan hasil yang akurat dan sesuai dengan nilai sebenarnya. Dalam dunia industri, terutama di sektor perkapalan, alat ukur seperti voltmeter, ammeter, wattmeter, dan frequency meter harus beroperasi secara presisi karena menyangkut keselamatan sistem kelistrikan dan kelancaran aktivitas operasional.

Menurut Sutrisno (2016), kalibrasi didefinisikan sebagai kegiatan untuk mengetahui hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur dengan nilai standar yang sudah diketahui secara pasti. Tujuan utamanya adalah untuk memastikan ketepatan alat dalam melakukan pengukuran, sehingga alat yang digunakan dalam industri tidak mengalami penyimpangan nilai yang bisa menyebabkan kesalahan teknis.

Sedangkan Pasaribu (2020) menyatakan bahwa kalibrasi tidak hanya sekadar membandingkan alat dengan standar, tetapi merupakan kegiatan pengukuran yang sistematis dan terdokumentasi yang bertujuan untuk menjamin hasil pengukuran dapat ditelusuri ke standar nasional atau internasional. Ini penting demi menjamin

keandalan proses teknis dalam berbagai bidang, termasuk dalam sistem kelistrikan kapal.

Adapun tahapan-tahapan prosedur kalibrasi secara umum dapat diuraikan sebagai berikut:

#### 2.4.1 Tahap Persiapan

Pada tahap awal ini, alat ukur harus diperiksa secara menyeluruh untuk memastikan tidak terdapat kerusakan fisik atau kerusakan internal. Pembersihan alat dilakukan agar tidak ada pengaruh eksternal pada hasil pengukuran. Selain itu, lingkungan tempat kalibrasi juga harus dikondisikan sedemikian rupa agar memenuhi standar teknis, terutama dari segi suhu dan kelembaban udara. Faktor-faktor ini sangat memengaruhi kestabilan hasil pengukuran.

Widodo (2015) menegaskan bahwa kondisi lingkungan kalibrasi yang tidak terkendali secara baik dapat menyebabkan bias dalam hasil pengukuran. Oleh karena itu, suhu ruangan yang stabil (20–25°C), kelembaban yang dijaga, dan bebas dari gangguan elektromagnetik adalah hal-hal yang wajib diperhatikan.

#### 2.4.2 Penetapan Alat Standar Referensi

Sebelum pengujian dilakukan, terlebih dahulu disiapkan alat pembanding atau standar acuan yang telah dikalibrasi dan memiliki sertifikasi dari laboratorium terakreditasi. Alat standar ini digunakan sebagai tolok ukur untuk menentukan deviasi dari alat ukur yang diuji. Akurasi alat standar harus lebih tinggi dibandingkan alat yang akan dikalibrasi. Ridwan (2017) menjelaskan bahwa pemilihan standar acuan harus berdasarkan kesesuaian rentang ukur dan sertifikasi ketertelusuran terhadap standar nasional atau internasional seperti SNI, NIST, atau ISO.

#### 2.4.3 Pelaksanaan Pengukuran

Langkah utama dari kalibrasi adalah melakukan pengukuran nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur kemudian dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh standar. Pengujian dilakukan pada beberapa titik ukur, yaitu titik minimum, titik tengah, dan titik maksimum dari kapasitas alat. Proses ini dilakukan berulang kali untuk memastikan konsistensi hasil.

Setiap alat ukur diuji sesuai dengan fungsinya, misalnya voltmeter diuji menggunakan sumber tegangan tetap, sedangkan frequency meter diuji dengan generator frekuensi. Data yang diperoleh dicatat secara sistematis untuk kemudian dianalisis.

Menurut Nasution (2019), tahap ini sangat krusial karena kesalahan dalam proses pengukuran dapat berujung pada hasil kalibrasi yang tidak valid. Oleh karena itu, pengujian harus dilakukan oleh tenaga ahli dan menggunakan peralatan yang telah terstandarisasi.

#### 2.4.4 Analisis Hasil dan Perhitungan Ketidakpastian

Setelah data diperoleh, dilakukan evaluasi terhadap perbedaan antara pembacaan alat ukur dan nilai referensi. Perbedaan ini disebut deviasi. Bila deviasi berada dalam batas toleransi teknis, maka alat dapat dianggap layak untuk digunakan. Namun jika melebihi batas tersebut, alat perlu disesuaikan atau dikalibrasi ulang. Selain itu, dilakukan pula perhitungan ketidakpastian pengukuran yang berasal dari berbagai sumber seperti alat, metode, lingkungan, dan operator. Berdasarkan ISO GUM (2008), penghitungan ketidakpastian ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kepercayaan terhadap nilai hasil pengukuran yang diperoleh.

#### 2.4.5 Penerbitan Sertifikat Kalibrasi

Setelah proses kalibrasi selesai, diterbitkan sertifikat kalibrasi yang menjadi dokumen resmi hasil kegiatan tersebut. Sertifikat ini mencakup informasi seperti identitas alat ukur, hasil pengukuran, standar yang digunakan, kondisi lingkungan saat pengukuran, serta nilai ketidakpastian yang dihitung.

Sertifikat ini menjadi bukti sah bahwa alat ukur telah melalui proses kalibrasi yang sesuai prosedur dan dapat digunakan sebagai referensi dalam audit mutu atau pengujian lanjutan di lapangan.

#### 2.4.6 Penyesuaian dan Jadwal Kalibrasi Berkala

Jika dari hasil kalibrasi ditemukan nilai yang menyimpang, maka alat dapat disesuaikan (*adjustment*) atau dikalibrasi ulang. Untuk menjamin kinerja alat tetap dalam batas akurasi, kalibrasi harus dilakukan secara berkala. Jadwal kalibrasi

biasanya disesuaikan dengan frekuensi pemakaian, jenis alat, dan rekomendasi pabrikan.

Menurut Sulaiman (2018), periode kalibrasi untuk alat ukur di lingkungan industri berkisar antara 6 bulan hingga 1 tahun. Namun, bila alat digunakan secara intensif atau berada di lingkungan ekstrem, kalibrasi bisa dilakukan lebih sering.

## **2.4 Standar Kalibrasi Alat Ukur**

Dalam sistem pengukuran industri, keakuratan alat ukur merupakan hal fundamental yang tidak dapat ditawar. Alat ukur seperti voltmeter, ammeter, wattmeter, dan frekuensi meter harus mampu memberikan hasil yang tepat dan dapat dipercaya agar pengambilan keputusan teknis dan operasional tidak menyimpang dari standar keselamatan dan kualitas. Untuk mencapai tingkat kepercayaan ini, diperlukan proses kalibrasi yang mengacu pada standar tertentu yang telah ditetapkan secara nasional maupun internasional.

Menurut Pasaribu (2020), standar kalibrasi merupakan acuan atau pedoman teknis yang digunakan sebagai pembanding dalam melakukan proses kalibrasi alat ukur. Standar ini digunakan untuk menjamin bahwa proses kalibrasi dilakukan secara sistematis, tertelusur (*traceable*), dan sesuai dengan sistem satuan internasional (SI).

ISO/IEC 17025:2017, yang merupakan standar internasional untuk laboratorium pengujian dan kalibrasi, menyebutkan bahwa semua hasil kalibrasi harus dapat ditelusuri ke standar internasional melalui rantai kalibrasi yang terdokumentasi dengan baik. Ini berarti setiap alat ukur yang dikalibrasi harus memiliki keterkaitan dengan alat standar yang telah memiliki sertifikasi kalibrasi dari lembaga resmi.

### **2.5.1 Jenis-jenis Standar Kalibrasi**

Dalam praktiknya, standar kalibrasi terbagi ke dalam beberapa tingkatan sesuai dengan tingkat ketelusurannya, yaitu:

#### **A. Standar Primer (*Primary Standard*)**

Standar primer merupakan referensi pengukuran tertinggi dan biasanya dikelola oleh lembaga metrologi nasional seperti BSN (Indonesia), NIST (Amerika Serikat), atau BIPM (Internasional). Standar ini tidak dikalibrasi terhadap standar lain, melainkan ditentukan melalui metode fisika atau ilmiah

yang memiliki tingkat ketidakpastian paling rendah. Menurut Widodo (2015), standar primer menjadi landasan utama dalam seluruh proses kalibrasi dan memiliki kredibilitas yang mutlak.

**B. Standar Sekunder (*Secondary Standard*)**

Standar ini diturunkan dari standar primer dan digunakan dalam laboratorium kalibrasi untuk mengkalibrasi alat kerja. Standar sekunder memiliki akurasi yang sangat tinggi meskipun sedikit di bawah standar primer, namun tetap memenuhi ketelusuran terhadap standar internasional.

**C. Standar Kerja (*Working Standard*)**

Standar ini biasanya digunakan di industri atau tempat kerja sehari-hari untuk melakukan pengukuran rutin atau kalibrasi internal. Meskipun memiliki tingkat akurasi lebih rendah, alat ini tetap harus dikalibrasi secara berkala terhadap standar sekunder untuk menjaga akurasi hasil pengukuran.

**2.5.2 Standar Teknis Kalibrasi Panel Meter Listrik**

Dalam kalibrasi alat ukur kelistrikan seperti panel meter pada kapal, beberapa standar teknis yang umum dijadikan acuan antara lain:

- a. IEC 60051: Standar internasional untuk alat ukur listrik analog, termasuk voltmeter dan ammeter.
- b. IEC 61010: Mengatur keselamatan alat ukur elektronik dan kelistrikan dalam pengujian laboratorium dan industri.
- c. SNI ISO/IEC 17025: Standar nasional Indonesia untuk kompetensi laboratorium kalibrasi dan pengujian.
- d. IEEE C37.1: Standar dari Institute of Electrical and Electronics Engineers yang mengatur perangkat monitoring sistem tenaga.

Penggunaan standar tersebut menjamin bahwa hasil kalibrasi panel meter sesuai dengan persyaratan internasional dan dapat diterima dalam audit mutu maupun sertifikasi industri kelistrikan dan maritim.

### 2.5.3 Parameter Evaluasi dalam Kalibrasi

Menurut Ridwan (2017), proses kalibrasi alat ukur tidak hanya sekadar membandingkan hasil ukur dengan nilai standar, tetapi juga mengevaluasi berbagai parameter kinerja alat, seperti:

1. Akurasi: Kedekatan hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya.
2. Presisi: Konsistensi hasil pengukuran yang dilakukan berulang-ulang.
3. Resolusi: Kemampuan alat untuk membedakan perubahan kecil pada besaran yang diukur.
4. Stabilitas: Kemampuan alat mempertahankan keakuratannya dalam waktu tertentu.
5. Evaluasi parameter ini penting untuk memastikan bahwa alat tidak hanya berfungsi dengan baik saat dikalibrasi, tetapi juga tetap andal saat digunakan dalam jangka panjang.

### 2.5.4 Pentingnya Standar Kalibrasi dalam Sistem Industri

Penerapan standar kalibrasi berfungsi tidak hanya untuk menjamin hasil ukur yang akurat, tetapi juga untuk meningkatkan kepercayaan terhadap sistem pengendalian mutu (quality control) di lingkungan industri. Dalam konteks PT Waruna Shipyard Indonesia, alat ukur kelistrikan yang digunakan pada panel kapal harus terstandarisasi secara kalibrasi agar mampu menjamin keselamatan dan efisiensi operasional kapal.

Menurut Sulaiman (2018), alat ukur yang tidak dikalibrasi dengan standar yang tepat berpotensi menyebabkan kesalahan teknis yang dapat menimbulkan risiko besar, terutama dalam sistem kelistrikan dengan tegangan tinggi dan arus besar seperti di kapal. Oleh karena itu, penting bagi setiap industri untuk memiliki prosedur kalibrasi yang mengacu pada standar yang telah disahkan secara nasional dan internasional.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian deskriptif kualitatif, yang bertujuan untuk mendeskripsikan secara mendalam proses pelaksanaan kalibrasi alat ukur panel listrik pada kapal. Pendekatan ini digunakan karena penelitian tidak bertujuan untuk menguji hipotesis tertentu, melainkan untuk menggambarkan dan menganalisis prosedur kalibrasi serta kesesuaiannya dengan standar yang berlaku di industri.

Menurut Moleong (2017), pendekatan kualitatif bertujuan untuk memahami fenomena secara mendalam dengan menitikberatkan pada makna, proses, dan konteks. Oleh karena itu, metode ini dipilih untuk memperoleh pemahaman menyeluruh mengenai praktik kalibrasi alat ukur listrik seperti KW meter, amperemeter, voltmeter, dan frequency meter yang dilakukan di lingkungan perkapalan.

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di PT Waruna Shipyard Indonesia, yang berlokasi di Jalan Bagan Deli Lama, Medan Belawan I, Kota Medan. PT Waruna Shipyard merupakan salah satu galangan kapal terbesar di wilayah Sumatera yang bergerak dalam bidang perawatan, perbaikan, dan pembangunan kapal, termasuk kegiatan teknis seperti inspeksi dan kalibrasi sistem kelistrikan kapal.

Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan objek penelitian yang sesuai, yaitu alat ukur panel listrik kapal seperti KW meter, amperemeter, voltmeter, dan frequency meter, yang rutin dikalibrasi sebagai bagian dari prosedur pemeliharaan sistem kelistrikan kapal. Selain itu, perusahaan ini juga memiliki standar operasional dan prosedur kalibrasi yang terdokumentasi dengan baik, sehingga memudahkan dalam proses pengumpulan dan analisis data.

Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama enam bulan, dimulai pada awal Maret 2024 hingga akhir September 2024, yang mencakup beberapa tahapan, yaitu:

- Persiapan dan koordinasi dengan pihak perusahaan
- Observasi dan dokumentasi proses kalibrasi di kapal
- Wawancara dengan teknisi dan pengawas kalibrasi
- Pengolahan dan analisis data hasil kalibrasi

Adapun objek kalibrasi dilakukan pada tiga kapal tanker, yaitu:

1. MT. ROSA DINI
2. MT. ARTEMIS
3. MT. RED DYNASTY

Kapal-kapal tersebut tengah menjalani perawatan rutin di galangan dan menjadi sumber utama pengambilan data mengenai kondisi alat ukur sebelum dan sesudah proses kalibrasi.

### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

Dalam proses penelitian mengenai kalibrasi alat ukur pada panel meter listrik kapal di PT Waruna Shipyard Indonesia, digunakan sejumlah perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung kegiatan eksperimen secara menyeluruh. Berikut ini adalah penjabaran alat dan bahan yang digunakan:

#### **A. Peralatan Penelitian**

##### *1) Kalibrator Multifungsi (Power Calibrator)*

Alat ini berfungsi sebagai sumber sinyal referensi dalam bentuk arus, tegangan, daya, dan frekuensi yang dapat disesuaikan. Kalibrator ini merupakan perangkat dengan tingkat akurasi sangat tinggi yang digunakan untuk mengevaluasi keakuratan panel meter. Contohnya seperti Fluke 5522A atau perangkat sejenis lainnya yang digunakan secara luas dalam industry

##### *2) Multimeter Digital Presisi*

Multimeter ini digunakan untuk melakukan pengukuran parameter listrik secara manual, terutama sebagai penguat validasi data hasil pengujian. Karena memiliki error yang sangat rendah, alat ini berfungsi untuk memastikan bahwa hasil pengukuran dari panel meter dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

### 3) Unit Panel Meter (Alat yang Dikaji)

Alat ukur ini merupakan objek utama dari proses kalibrasi, terdiri atas beberapa jenis seperti kilowatt meter (kW meter), amperemeter, voltmeter, dan frequency meter. Panel meter ini biasa digunakan di sistem kontrol kelistrikan kapal sebagai indikator nilai-nilai listrik yang terukur.

### 4) Variac (Trafo Variabel)

Variac digunakan untuk mengatur tegangan AC yang dikeluarkan secara bertahap. Alat ini berguna untuk memberikan variasi input tegangan ke panel meter, terutama pada proses kalibrasi manual tanpa perangkat otomatis.

### 5) Load Bank (Beban Uji)

Digunakan untuk mensimulasikan beban nyata pada sistem listrik, terutama dalam pengujian arus dan daya. Load bank membantu menilai performa alat ukur dalam kondisi mendekati operasi sesungguhnya.

### 6) Kabel dan Probe Penghubung

Kabel serta probe diperlukan untuk menghubungkan alat ukur dengan kalibrator. Kualitas kabel harus baik agar tidak mempengaruhi akurasi pengukuran, serta aman dalam penggunaan.

### 7) Perangkat Lunak Kalibrasi dan Komputer

Beberapa sistem kalibrasi dilengkapi dengan perangkat lunak khusus untuk mengontrol alat, mencatat data pengukuran, dan menghasilkan laporan kalibrasi secara otomatis. Ini mempercepat dan mempermudah proses kalibrasi.

### 8) Stopwatch atau Timer Digital

Alat ini digunakan untuk mencatat waktu pengambilan data, terutama dalam pengujian frekuensi atau interval kalibrasi tertentu.

### 9) Peralatan Mekanik Pendukung

Seperti obeng, tang, dan alat bantu lainnya yang diperlukan untuk membuka, menyambungkan kabel, atau menyesuaikan konfigurasi panel selama proses kalibrasi berlangsung.

## **B. Bahan-Bahan Penelitian**

### 1) Form Isian Kalibrasi

Lembar ini digunakan untuk mendokumentasikan seluruh hasil pengukuran. Berisi kolom data seperti nilai acuan, hasil pengukuran aktual, dan selisih (deviasi) yang diperoleh.

### 2) Stiker atau Label Kalibrasi

Setelah proses kalibrasi selesai, alat diberi label yang mencantumkan informasi penting seperti tanggal, masa berlaku, dan identitas teknisi sebagai bukti legalitas kalibrasi.

### 3) Isolasi Listrik dan Penanda Kabel

Digunakan sebagai pengaman tambahan untuk menghindari hubungan arus pendek, serta mempermudah identifikasi saat pemasangan kabel.

### 4) Catatan Lapangan dan Alat Tulis

Berguna untuk mencatat kondisi lingkungan atau kejadian teknis selama kalibrasi yang tidak bisa ditangkap oleh sistem digital.

### 5) Dokumen Sertifikat Kalibrasi Sebelumnya

Sertifikat terdahulu dijadikan acuan untuk mengetahui histori performa alat ukur dan mendeteksi jika terdapat penurunan akurasi.

### 6) Data Spesifikasi Kapal

Data teknis dari ketiga kapal objek penelitian (MT. ROSA DINI, MT. ARTEMIS, dan MT. RED DYNASTY) yang mencakup sistem kelistrikan dan konfigurasi panel meter yang digunakan.

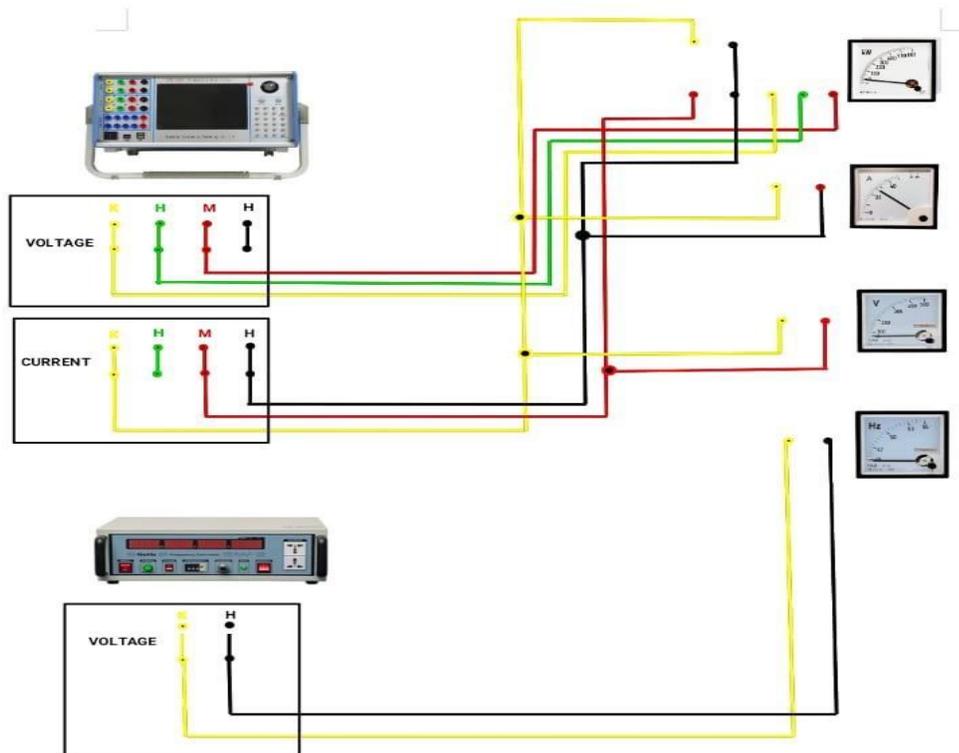
## **3.3 Rancangan Alat Penelitian**

Pada penelitian ini, rancangan alat difokuskan untuk membangun sistem pengujian yang mendukung proses kalibrasi panel meter listrik di atas kapal. Alat ukur yang dikalibrasi meliputi voltmeter, ammeter, wattmeter, dan frekuensi meter, yang semuanya merupakan komponen penting dalam sistem kelistrikan kapal. Rangkaian pengujian dirancang agar mendekati kondisi aktual penggunaan alat di lingkungan kerja kapal laut.

Setiap panel meter dihubungkan ke sumber daya listrik, beban (load), serta alat bantu pengukuran lainnya seperti multimeter analog dan digital, yang semuanya dirancang dalam konfigurasi sirkuit tertutup. Tujuannya adalah untuk memungkinkan pengujian parameter listrik secara stabil dan terkendali, sehingga akurasi hasil kalibrasi dapat dijamin.

Selain itu, sistem ini juga dilengkapi simulator panel yang berfungsi untuk mensimulasikan kondisi operasi panel listrik kapal. Data dari panel dan alat ukur selanjutnya dikirim ke perangkat laptop atau komputer untuk dicatat dan dianalisis.

Untuk mempermudah pemahaman dan pelaksanaan proses pengujian, rancangan alat ini digambarkan dalam bentuk skema rangkaian. Skema ini memuat hubungan antara komponen utama seperti sumber listrik, panel meter, simulator panel, beban listrik, dan perangkat pemantauan data. Dengan pendekatan ini, proses kalibrasi menjadi lebih sistematis, efisien, dan sesuai dengan standar yang berlaku.



Gambar 3. 1 Rangkaian Kalibrasi

### 3.4 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini, pengumpulan data menjadi tahapan penting yang bertujuan untuk memperoleh informasi faktual dan akurat terkait proses kalibrasi alat ukur panel meter listrik pada kapal. Kegiatan ini dilaksanakan dengan pendekatan yang sistematis agar hasil yang diperoleh benar-benar merepresentasikan kondisi di lapangan.

Terdapat tiga metode utama yang digunakan dalam proses pengumpulan data, yaitu observasi langsung, wawancara, dan studi dokumentasi. Ketiganya dipilih untuk saling melengkapi satu sama lain, baik dari sisi data teknis, prosedural, hingga sudut pandang pelaku lapangan, sehingga hasil penelitian menjadi lebih menyeluruh.

#### 3.4.1 Observasi Langsung

Metode observasi langsung digunakan oleh peneliti untuk menyaksikan secara nyata aktivitas kalibrasi yang berlangsung di lokasi penelitian, yakni PT Waruna Shipyard Indonesia. Dalam praktiknya, peneliti hadir secara langsung untuk mengamati tiap tahapan pelaksanaan kalibrasi, mulai dari persiapan, pelaksanaan pengukuran, hingga pencatatan hasil kalibrasi.

Kegiatan observasi ini memberikan wawasan tentang bagaimana alat-alat kalibrasi digunakan, prosedur yang dijalankan teknisi, serta situasi kerja yang mendukung atau menghambat proses tersebut. Dengan melihat langsung, peneliti dapat mencatat kejadian secara objektif, tanpa interpretasi tambahan yang dapat menimbulkan bias.

#### 3.4.2 Wawancara

Selain observasi, metode wawancara juga digunakan untuk menggali informasi lebih dalam dari para pelaku langsung di lapangan. Wawancara dilakukan terhadap teknisi kalibrasi, pengawas, dan staf yang terlibat dalam kegiatan kalibrasi di perusahaan. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur, yaitu dengan panduan pertanyaan yang sudah disiapkan sebelumnya, namun tetap membuka ruang bagi narasumber untuk memberikan informasi tambahan. Materi wawancara mencakup prosedur kerja, tantangan teknis, pemahaman terhadap standar kalibrasi, serta

pandangan mereka terhadap pentingnya akurasi alat ukur dalam sistem kelistrikan kapal.

Melalui wawancara ini, peneliti mendapatkan perspektif yang tidak dapat diakses hanya melalui observasi atau dokumen, seperti alasan penggunaan metode tertentu atau kendala yang tidak terlihat secara langsung.

### 3.4.3 Studi Dokumentasi

Studi dokumentasi digunakan sebagai pelengkap dari metode observasi dan wawancara. Teknik ini dilakukan dengan mengumpulkan dan menganalisis dokumen-dokumen yang relevan dengan proses kalibrasi, seperti prosedur standar (SOP), laporan hasil kalibrasi, buku catatan teknisi, hingga sertifikasi alat ukur. Dengan mempelajari dokumen-dokumen tersebut, peneliti dapat memahami sistem dokumentasi dan administrasi yang diterapkan oleh perusahaan. Selain itu, studi dokumentasi juga berguna untuk membandingkan data dari observasi dan wawancara, sehingga menghasilkan informasi yang lebih akurat dan dapat diverifikasi.

## 3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan rangkaian langkah sistematis yang dirancang untuk membimbing peneliti dalam melaksanakan kegiatan penelitian dari awal hingga akhir. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa pengumpulan, pengolahan, dan analisis data dilakukan secara objektif, terarah, serta sesuai dengan prinsip ilmiah yang berlaku. Dalam penelitian ini, prosedur difokuskan pada proses kalibrasi beberapa jenis alat ukur panel meter listrik kapal di PT Waruna Shipyard Indonesia. Adapun prosedur pelaksanaan penelitian ini dijelaskan dalam beberapa tahapan berikut:

### 3.5.1 Identifikasi Permasalahan

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di lapangan, khususnya terkait dengan kondisi alat ukur panel meter yang digunakan pada sistem kelistrikan kapal. Masalah tersebut kemudian dirumuskan dalam bentuk pertanyaan penelitian guna memberikan arah yang jelas terhadap tujuan penelitian.

### 3.5.2 Studi Literatur

Peneliti melakukan penelusuran terhadap berbagai sumber pustaka seperti buku, jurnal ilmiah, laporan teknis, serta standar internasional seperti ISO/IEC 17025. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh dasar teoritis yang kuat mengenai pentingnya kalibrasi, metode yang digunakan, serta acuan standar yang relevan terhadap alat ukur listrik.

### 3.5.3 Penentuan Lokasi dan Waktu Penelitian

Setelah permasalahan dan teori pendukung dirumuskan, peneliti menetapkan lokasi penelitian di PT Waruna Shipyard Indonesia dengan objek penelitian pada tiga kapal yaitu MT. ROSA DINI, MT. ARTEMIS, dan MT. RED DYNASTY. Penelitian dilaksanakan selama enam bulan, dimulai dari bulan Maret hingga September 2024.

### 3.5.4 Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui metode berikut:

- Observasi langsung, untuk mengamati proses kalibrasi alat ukur panel meter di lapangan secara nyata.
- Wawancara, dilakukan dengan teknisi dan personel terkait guna mendapatkan informasi teknis dan pengalaman praktis seputar kalibrasi alat ukur.
- Studi dokumentasi, yaitu penelaahan terhadap dokumen seperti standar operasional prosedur (SOP), sertifikat kalibrasi, spesifikasi alat, serta arsip teknis lainnya.

### 3.5.5 Pengolahan dan Analisis Data

Setelah data terkumpul, peneliti melakukan proses pengolahan dan analisis menggunakan metode deskriptif kualitatif. Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat akurasi alat ukur, menganalisis penyimpangan nilai ukur, serta menilai kesesuaian prosedur kalibrasi dengan standar yang berlaku.

### 3.5.6 Penyusunan Laporan Penelitian

Tahapan terakhir adalah menyusun seluruh hasil pengamatan, wawancara, dan dokumentasi ke dalam bentuk laporan skripsi. Penyusunan dilakukan secara

sistematis, menggunakan bahasa ilmiah yang baku dan mempertimbangkan kaidah akademik agar dapat dipertanggungjawabkan secara metodologis.

### 3.6 Teknik Analisis Data

Proses analisis data merupakan bagian penting dalam penelitian, karena bertujuan untuk mengolah, menafsirkan, serta menarik kesimpulan dari data yang telah dikumpulkan. Melalui analisis data, peneliti dapat menjawab rumusan masalah dan menyajikan hasil penelitian secara sistematis. Dalam penelitian ini, teknik analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif, karena data yang dikumpulkan bersifat naratif dan non-numerik.

Metode ini memungkinkan peneliti untuk memberikan penjabaran yang mendalam mengenai proses kalibrasi alat ukur panel meter listrik kapal, termasuk prosedur teknis, standar yang diterapkan, serta dinamika pelaksanaan kalibrasi di PT Waruna Shipyard Indonesia. Analisis dilakukan secara menyeluruh untuk memperoleh pemahaman yang utuh terhadap objek yang diteliti.

Adapun tahapan dalam analisis data meliputi:

#### 3.6.1 Reduksi Data

Reduksi data merupakan tahap awal dalam proses analisis, yaitu menyaring dan merangkum data mentah agar menjadi informasi yang lebih fokus dan relevan dengan tujuan penelitian. Data yang dikumpulkan melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi dianalisis untuk memilah informasi penting yang berkaitan langsung dengan proses kalibrasi.

Informasi seperti prosedur teknis, jenis alat ukur yang dikalibrasi, standar kalibrasi, serta kendala yang dihadapi akan dipertahankan, sementara data yang tidak relevan, berulang, atau tidak mendukung tujuan penelitian akan disisihkan. Tujuannya adalah menyederhanakan data agar lebih mudah dianalisis secara lanjut, tanpa kehilangan makna atau konteks aslinya.

#### 3.6.2 Penyajian Data

Tahap berikutnya adalah menyusun data yang telah direduksi ke dalam bentuk yang sistematis agar mudah dipahami. Penyajian data dilakukan dalam bentuk narasi

deskriptif, tabel, atau bagan yang menggambarkan hubungan antar informasi dan alur kegiatan kalibrasi.

Contoh penyajian meliputi: bagan alur kalibrasi, tabel daftar panel meter yang dikalibrasi, serta perbandingan antara standar dan metode yang digunakan. Tujuannya adalah memvisualisasikan proses secara terstruktur dan membantu pembaca memahami hasil temuan penelitian secara menyeluruh.

### 3.6.3 Penarikan Kesimpulan dan Verifikasi

Langkah akhir dari analisis data adalah menarik kesimpulan berdasarkan temuan yang telah diperoleh. Kesimpulan ini disusun secara logis, sistematis, dan merujuk pada hasil reduksi dan penyajian data sebelumnya. Peneliti tidak hanya menjabarkan data secara deskriptif, tetapi juga menganalisis keterkaitan antara variabel yang diamati untuk menjawab rumusan masalah penelitian.

Agar kesimpulan yang diperoleh benar-benar mencerminkan realitas, maka dilakukan verifikasi data sebagai bentuk validasi hasil. Verifikasi dilakukan melalui beberapa pendekatan, yaitu:

- a. Triangulasi Sumber Data: Membandingkan data dari observasi, wawancara, dan dokumen guna memastikan konsistensi dan kesesuaian informasi.
- b. Konfirmasi ke Informan: Menghubungi kembali narasumber untuk mengklarifikasi data yang ambigu atau perlu penegasan.
- c. Telaah Ulang Dokumen dan Catatan Lapangan: Melakukan peninjauan terhadap catatan, transkrip, dan dokumentasi untuk mencegah kesalahan penafsiran atau kehilangan informasi penting.
- d. Evaluasi Interpretasi: Meninjau kembali interpretasi hasil analisis secara kritis untuk menghindari bias serta memastikan bahwa kesimpulan yang ditarik sesuai dengan fakta lapangan.

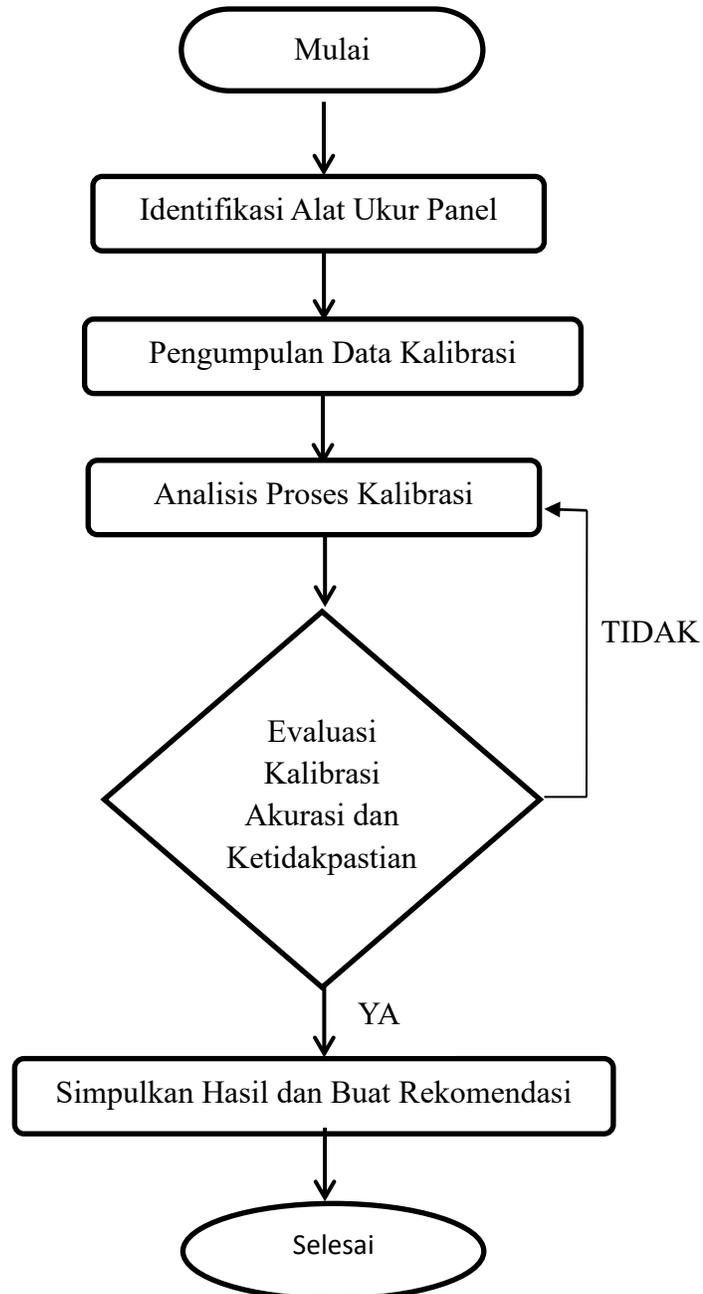
#### Tujuan dari Penarikan Kesimpulan dan Verifikasi

Proses ini bertujuan untuk menghasilkan kesimpulan yang akurat, objektif, dan dapat dipertanggungjawabkan secara akademis. Dengan metode verifikasi yang ketat, hasil penelitian diharapkan memiliki tingkat kepercayaan (*trustworthiness*)

yang tinggi. Selain itu, kesimpulan ini juga akan menjadi dasar bagi rekomendasi peningkatan kualitas proses kalibrasi alat ukur pada masa mendatang.

### 3.7 Diagram Alir Penelitian (Flowchart)

Adapun diagram alir (*Flowchart diagram*) yang dibuat oleh peneliti untuk memudahkan memahami penelitian ini sebagai berikut:



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang proses dan juga hasil yang didapatkan peneliti setelah dilakukannya kalibrasi kepada ke tiga kapal yang ada di PT. Waruna Shipyard Indonesia yang Dimana membahas tentang spesifikasi serta cara kerja alat ukur panel Listrik yang digunakan, Tahapa-tahapan melakukan kalibrasi, proses kalibrasi hingga akurasi dengan membandingkan antara alat ukur.

#### **4.1 Spesifikasi dan Cara Kerja Alat Ukur Panel Listrik**

##### **4.1.1 KW Meter**

KW meter merupakan salah satu alat ukur listrik yang digunakan untuk mengetahui besarnya daya aktif yang digunakan oleh sistem kelistrikan. Daya aktif atau active power adalah komponen daya listrik yang benar-benar dimanfaatkan oleh peralatan untuk melakukan kerja seperti memutar motor, menyalakan lampu, atau mengoperasikan sistem kelistrikan lainnya di kapal. KW meter sangat penting untuk memantau konsumsi energi secara akurat dan mendukung efisiensi operasional sistem.

Dalam penelitian ini, peneliti mengamati penggunaan KW meter tipe analog dengan merek IMPEROX panel dengan sistem jarum penunjuk. Alat ini digunakan pada kapal MT. ROSA DINI, MT. ARTEMIS, dan MT. RED DYNASTY, serta diuji kembali di meja kerja laboratorium sebagai bagian dari proses kalibrasi.

##### **Spesifikasi KW Meter**

Berdasarkan hasil observasi langsung dan pencatatan teknis, berikut adalah spesifikasi KW meter yang menjadi objek penelitian:

- Merek : Imporex
- Jenis : Analog Panel Meter
- Rentang Ukur : 0 – 800 kW
- Satuan Ukur : Kilowatt (kW)
- Kelas Akurasi :  $\pm 1.5$

- Tegangan Kerja :  $120/\sqrt{3}$  V
- Arus Input : 5 A (dari CT)
- Frekuensi Operasi : 50–60 Hz
- Sistem Pengukuran : 3 fasa 3 kawat
- Model : Imprex AC-920L1
- Skala Tampilan : Jarum analog, skala linear
- Fitur Tambahan : Lubang penyetelan kalibrasi (biasanya terletak di bagian depan alat)

### **Cara Kerja KW Meter**

Secara prinsip, KW meter tipe analog bekerja berdasarkan interaksi antara kumparan arus (current coil) dan kumparan tegangan (voltage coil) yang menghasilkan torsi untuk menggerakkan jarum. Berikut proses kerjanya secara sistematis:

#### 1. Input Tegangan dan Arus

Tegangan dari sistem kelistrikan masuk ke kumparan tegangan, sedangkan arus masuk ke kumparan arus. Dalam aplikasi kapal, arus dan tegangan biasanya terlebih dahulu diturunkan melalui CT (Current Transformer) dan PT (Potential Transformer).

#### 2. Pembentukan Medan Magnet

Kombinasi arus dan tegangan menghasilkan dua medan magnet yang saling berinteraksi. Gaya torsi yang dihasilkan proporsional terhadap daya aktif (kW) yang digunakan pada sistem.

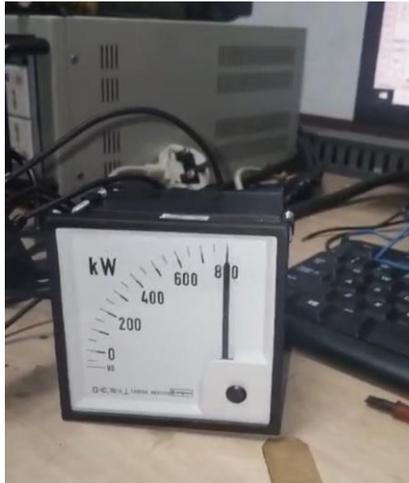
#### 3. Gerakan Jarum

Torsi elektromagnetik tersebut memutar kumparan yang terhubung ke jarum penunjuk. Posisi jarum menunjukkan nilai daya aktif pada skala panel, dalam satuan kilowatt.

#### 4. Skala Linear dan Stabilitas

Karena KW meter ini menggunakan skala linear hingga 800 kW, pembacaan dapat dilakukan dengan mudah dan cepat. Namun, perubahan suhu, usia alat, dan getaran kapal dapat memengaruhi presisi pembacaan, sehingga kalibrasi berkala.

Berikut merupakan dokumentasi visual alat ukur KW meter analog yang menjadi objek penelitian ini. Gambar menunjukkan kondisi alat saat dilakukan pengujian menggunakan simulasi beban listrik di ruang kalibrasi.



Gambar 4.1 KW Meter Analog tipe AC-920L1

Gambar 4.2 memperlihatkan sebuah alat ukur jenis KW meter analog dengan tipe AC-920L1 yang sedang digunakan dalam proses uji kalibrasi beban penuh di ruang pengujian. KW meter ini memiliki skala maksimum hingga 800 kilowatt (kW), dan pada saat pengambilan gambar, jarum penunjuk tampak berada tepat di angka 800, yang menandakan bahwa alat sedang menerima sinyal input beban penuh. Hal ini menunjukkan bahwa pengujian dilakukan dalam kondisi ekstrem guna mengukur kinerja alat pada titik tertinggi rentang pengukurannya.

KW meter bekerja berdasarkan prinsip elektromekanik, di mana arus dan tegangan yang masuk ke dalam alat menghasilkan medan magnet yang kemudian menciptakan torsi pada mekanisme jarum. Torsi ini akan menggerakkan jarum sesuai besarnya daya aktif (real power) yang sedang digunakan dalam sistem. Untuk pengukuran daya besar seperti pada kapal, alat ini biasanya dihubungkan melalui trafo arus (CT) dan trafo tegangan (PT) sebagai pengaman sekaligus penyesuai input.

#### 4.1.2 Ampere Meter

Amperemeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian. Arus listrik menjadi salah satu

parameter penting yang wajib dimonitor secara berkala karena memiliki dampak langsung terhadap beban sistem dan keamanan operasi. Arus yang melebihi batas maksimum dapat menimbulkan panas berlebih, kerusakan peralatan, bahkan kebakaran, terutama dalam lingkungan sistem kelistrikan kapal yang padat dan tertutup.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan amperemeter analog tipe panel, yang terpasang secara permanen pada sistem distribusi utama kapal. Selain itu, peneliti juga mengamati proses pengujian amperemeter secara terpisah di ruang laboratorium kalibrasi. Alat yang diuji merupakan tipe Yokogawa, salah satu merek yang umum digunakan dalam industri kelistrikan maritim karena daya tahannya terhadap kondisi lingkungan ekstrem.

### **Spesifikasi Amperemeter**

Berdasarkan observasi langsung dan pencatatan label pada alat, spesifikasi teknis amperemeter yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- Merk : Yokogawa
- Jenis : Analog Panel Amperemeter
- Satuan Ukur : Ampere (A)
- Rentang Ukur : 0 – 200 A
- Tegangan Operasi : 110 V AC
- Kelas Akurasi :  $\pm 1.5$
- Input Arus : via CT (Current Transformer) 200/5
- Model : Yokogawa CT 200/5
- Frekuensi Operasi : 50–60 Hz
- Tampilan : Skala jarum analog, skala linear

### **Cara Kerja Amperemeter**

Amperemeter analog bekerja dengan prinsip elektromagnetik, yaitu mendeteksi medan magnet yang terbentuk oleh arus listrik yang mengalir melalui kumparan di dalam alat. Proses kerjanya dapat dijelaskan sebagai berikut:

### 1. Input Arus

Arus listrik dari sistem utama tidak langsung masuk ke alat, melainkan terlebih dahulu diturunkan melalui trafo arus (CT). CT berfungsi untuk menyesuaikan arus agar aman bagi panel meter dan tetap merepresentasikan nilai sebenarnya dengan akurat.

### 2. Medan Magnet dan Torsi

Arus yang masuk ke kumparan dalam amperemeter menghasilkan medan magnet. Medan ini menciptakan gaya torsi pada kumparan bergerak, yang akan memutar jarum penunjuk sesuai besar arus yang mengalir.

### 3. Tampilan Skala

Jarum akan menunjuk pada nilai tertentu di skala analog. Karena alat ini memiliki rentang hingga 200 A, maka dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan sistem kelistrikan kapal mulai dari beban ringan hingga sedang.

### 4. Pentingnya Kalibrasi

Karena pengukuran arus sangat sensitif, dan karena amplitudo arus dapat berfluktuasi seiring perubahan beban, maka kalibrasi secara berkala sangat diperlukan. Kalibrasi dilakukan untuk mengoreksi deviasi yang muncul akibat faktor usia alat, suhu lingkungan, getaran mesin kapal, dan sebagainya.

Berikut ini dokumentasi amperemeter tipe analog merek Yokogawa yang digunakan dalam penelitian. Gambar diambil saat proses uji kalibrasi berlangsung di meja kerja laboratorium.



Gambar 4.2 Amperemeter Analog 200 A – Merek Yokogawa

Gambar 4.2 menampilkan amperemeter analog dengan skala maksimum 200 Ampere (A) merek Yokogawa, yang sedang digunakan dalam proses pengujian dan kalibrasi. Alat ini merupakan salah satu instrumen panel utama yang digunakan untuk memantau besarnya arus listrik yang mengalir dalam sistem distribusi tenaga listrik di kapal. Berdasarkan pengamatan visual pada gambar, jarum penunjuk alat berada pada angka sekitar 190–200 A, yang menandakan bahwa alat sedang menerima input arus mendekati batas maksimum kapasitas pengukurannya.

Amperemeter tipe ini bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik, di mana arus listrik yang masuk melalui kumparan akan menghasilkan medan magnet. Medan tersebut akan memutar jarum pengukur secara proporsional terhadap besar arus yang mengalir. Untuk menjaga keselamatan dan keakuratan pembacaan, amperemeter umumnya dipasang melalui Current Transformer (CT), dalam hal ini menggunakan rasio 200/5, sehingga arus tinggi yang masuk dapat diturunkan terlebih dahulu sebelum masuk ke alat ukur.

Selama proses kalibrasi, pembacaan nilai arus dari amperemeter analog ini dibandingkan dengan nilai dari alat ukur digital standar bersertifikat. Selisih antara keduanya digunakan untuk mengevaluasi deviasi pengukuran, guna menentukan apakah alat masih memenuhi standar akurasi atau perlu dilakukan penyesuaian. Hasil

evaluasi inilah yang menjadi dasar untuk menentukan kelayakan penggunaan alat dalam sistem kelistrikan kapal.

#### 4.1.3 Voltmeter

Voltmeter adalah alat ukur listrik yang berfungsi untuk mengukur besar tegangan listrik atau beda potensial antara dua titik dalam suatu rangkaian. Dalam sistem kelistrikan kapal, tegangan menjadi parameter vital karena secara langsung memengaruhi kestabilan kerja generator, sistem distribusi, serta peralatan elektronik yang terhubung. Tegangan yang terlalu rendah dapat menyebabkan mesin gagal bekerja, sementara tegangan yang terlalu tinggi dapat merusak peralatan.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan alat ukur voltmeter tipe analog panel yang umum dipasang pada panel distribusi utama kapal. Selain itu, proses kalibrasi juga dilakukan pada alat voltmeter secara terpisah di ruang pengujian. Alat ini menunjukkan tegangan AC hingga skala maksimum 600 V dan memiliki skala linear dengan sistem pembacaan berbasis jarum.

#### **Spesifikasi Voltmeter**

Berdasarkan pengamatan visual dan informasi teknis pada label alat, berikut spesifikasi teknis voltmeter yang menjadi objek penelitian:

- Merek : Yokogawa
- Jenis : Analog Panel Voltmeter
- Satuan Ukur : Volt (V)
- Rentang Ukur : 0 – 600 V
- Tipe Tegangan : AC (arus bolak-balik)
- Frekuensi Operasi : 50 – 60 Hz
- Kelas Akurasi :  $\pm 1.5$
- Input Tegangan : langsung atau melalui PT (jika diperlukan)
- Tampilan : Skala jarum linear

#### **Cara Kerja Voltmeter**

Voltmeter analog bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik, dengan aliran arus kecil dari beda potensial menghasilkan medan magnet yang akan memutar jarum pengukur. Proses kerjanya secara ringkas adalah sebagai berikut:

### 1. Input Tegangan

Tegangan dari titik ukur (misalnya antara fasa dan netral) masuk ke alat. Untuk tegangan di atas 600 V, biasanya digunakan Potential Transformer (PT) untuk menurunkan nilai ke tingkat yang dapat dibaca voltmeter.

### 2. Medan Magnet dan Gerak Jarum

Tegangan yang masuk akan mengalirkan arus kecil ke kumparan penggerak. Kumparan ini menciptakan medan magnet yang bekerja terhadap pegas torsi dan menyebabkan jarum bergerak sesuai dengan besar tegangan.

### 3. Pembacaan Skala

Jarum akan menunjuk ke skala tertentu yang sesuai dengan nilai tegangan sistem. Karena alat ini menggunakan skala linear hingga 600 V, pembacaan dapat dilakukan secara cepat dan akurat dalam pengawasan panel.

### 4. Kalibrasi dan Stabilitas

Ketepatan alat ukur voltmeter dapat berubah seiring waktu akibat suhu, getaran, atau komponen mekanis yang aus. Oleh karena itu, peneliti melakukan proses kalibrasi untuk membandingkan nilai yang ditunjukkan alat dengan alat referensi standar dan menentukan apakah deviasi masih dalam batas toleransi.

Berikut adalah dokumentasi visual voltmeter analog yang digunakan dalam proses kalibrasi:



Gambar 4.3 Voltmeter Analog

Gambar 4.3 memperlihatkan sebuah alat ukur jenis voltmeter analog dengan rentang pengukuran hingga 600 Volt (V) yang sedang digunakan dalam proses pengujian. Alat ini memiliki skala linear dengan satuan volt dan tampilan jarum penunjuk sebagai indikator utama hasil pengukuran. Pada saat dokumentasi dilakukan, jarum penunjuk terlihat berada di sekitar angka 480 V, yang menunjukkan bahwa alat sedang mengukur tegangan tinggi dari sistem kelistrikan tiga fasa.

Voltmeter ini bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik, di mana arus kecil yang diinduksi dari beda potensial akan menghasilkan medan magnet dan menggerakkan jarum penunjuk. Alat semacam ini banyak digunakan pada sistem distribusi daya di kapal karena kemudahan pemasangannya dan kemampuannya dalam memberikan pembacaan tegangan secara real-time.

Selama proses kalibrasi, nilai yang ditunjukkan oleh voltmeter analog ini dibandingkan dengan nilai pembanding dari alat ukur digital standar yang telah terkalibrasi oleh laboratorium bersertifikasi. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk mengetahui sejauh mana deviasi hasil pengukuran dari voltmeter terhadap nilai sebenarnya. Dari hasil analisis ini, dapat ditentukan apakah alat masih berada dalam rentang toleransi yang diperbolehkan atau perlu dilakukan penyetelan ulang..

#### 4.1.4 Frekuensi Meter

Frequency meter merupakan alat ukur listrik yang digunakan untuk mengetahui frekuensi arus bolak-balik (AC) dalam sistem kelistrikan. Frekuensi menjadi salah satu parameter paling penting karena berkaitan langsung dengan kestabilan daya listrik yang dihasilkan oleh generator. Dalam sistem kelistrikan kapal, frekuensi yang tidak stabil dapat menyebabkan gangguan pada peralatan listrik, ketidaksinkronan antar generator, hingga kerusakan pada sistem kontrol otomatis.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan frequency meter tipe analog yang bekerja berdasarkan prinsip resonansi mekanik. Alat ini menjadi salah satu instrumen pengukuran utama yang terpasang pada panel distribusi utama kapal. Pengujian juga dilakukan secara terpisah di ruang laboratorium untuk memastikan akurasi pembacaan alat terhadap nilai standar. Salah satu alat frekuensi meter yang menjadi

objek kalibrasi berasal dari merek SAMYOUNG, yang dikenal umum digunakan di industri kelistrikan maritim.

### **Spesifikasi Frequency Meter**

Berikut adalah rincian spesifikasi teknis dari frequency meter yang digunakan peneliti dalam proses kalibrasi:

- Jenis Alat : Analog Frequency Meter
- Rentang Ukur : 45 – 65 Hertz (Hz)
- Sistem Input : Tegangan AC 110–220 V
- Frekuensi Operasi : 50 Hz dan 60 Hz
- Satuan Ukur : Hertz (Hz)
- Akurasi Kelas :  $\pm 0.5\%$
- Tampilan : Jarum analog berbasis resonansi getar
- Merek : SAMYOUNG (Made in Korea)
- Label Kalibrasi : PT Waruna Shipyard Indonesia – Divisi Electrical
- Skala : Linear – Pembacaan per 1 Hz

### **Prinsip Kerja Frequency Meter**

Frequency meter tipe analog bekerja berdasarkan prinsip resonansi mekanik, bukan dari pembacaan langsung frekuensi digital seperti alat modern. Berikut uraian tahapan prinsip kerjanya:

#### 1. Penerimaan Sinyal AC

Tegangan bolak-balik dari sistem kelistrikan masuk ke alat sebagai sinyal input. Sinyal ini membawa informasi frekuensi dari sistem, biasanya berkisar antara 50–60 Hz.

#### 2. Sistem Getaran Resonansi

Di dalam alat terdapat sekumpulan batang baja atau pegas kecil yang masing-masing memiliki frekuensi resonansi alami. Ketika frekuensi tertentu masuk, batang yang memiliki resonansi paling sesuai akan bergetar paling kuat. Inilah prinsip dasar kerja dari alat jenis ini.

#### 3. Penggerakan Jarum

Getaran resonansi diteruskan ke sistem penggerak mekanik yang akan menggerakkan jarum ke angka yang sesuai dengan frekuensi input. Karena bekerja secara mekanis, respon alat cenderung stabil namun perlu penyesuaian secara berkala agar tetap akurat.

#### 4. Kalibrasi Berkala

Seiring waktu, komponen mekanis seperti pegas, batang getar, atau jarum bisa mengalami perubahan karakteristik akibat suhu, getaran, atau umur pemakaian. Oleh karena itu, frekuensi meter perlu dikalibrasi secara rutin untuk menjamin bahwa hasil pengukuran tetap valid dan dapat dipercaya.

Berikut merupakan dokumentasi visual dari alat frequency meter analog yang digunakan peneliti saat proses pengujian. Terlihat bahwa jarum alat menunjukkan nilai frekuensi sekitar 48 Hz, dan pada bagian bawah alat tertera label kalibrasi resmi dari divisi electrical PT Waruna Shipyard Indonesia.



Gambar 4.4 Frequency Meter Analog Merek SAMYOUNG

Gambar 4.4 menampilkan alat ukur frequency meter analog dengan merek SAMYOUNG yang sedang dalam kondisi aktif dan digunakan pada proses pengujian frekuensi di laboratorium kalibrasi. Alat ini dirancang untuk membaca frekuensi arus bolak-balik (AC) dalam rentang 45 hingga 65 Hz, dengan sistem tampilan analog

berbasis jarum penunjuk. Pada saat pengambilan gambar, jarum menunjuk pada angka sekitar 48 Hz, yang merupakan hasil pembacaan frekuensi dari input sinyal uji.

Frekuensi meter analog seperti ini bekerja berdasarkan prinsip resonansi mekanik, di mana batang getar dalam alat akan beresonansi sesuai dengan frekuensi input yang masuk. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan alat pembanding digital yang memiliki akurasi lebih tinggi, guna mengevaluasi deviasi antara keduanya. Selisih antara nilai referensi dan nilai pada alat menjadi dasar dalam menentukan apakah alat masih berada dalam batas toleransi pengukuran yang diperbolehkan.

Proses kalibrasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat dapat digunakan kembali dengan tingkat akurasi yang dapat diterima, sesuai standar yang berlaku di bidang kelistrikan kapal. Label kalibrasi resmi dari divisi electrical perusahaan juga tampak terpasang pada bagian depan alat sebagai bukti prosedur kalibrasi telah dilakukan.

## **4.2 Tahapan-Tahapan Kalibrasi**

Proses kalibrasi merupakan langkah penting dalam memastikan bahwa alat ukur yang digunakan pada sistem kelistrikan kapal mampu memberikan pembacaan yang akurat dan sesuai dengan nilai standar. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan kalibrasi terhadap empat jenis alat ukur panel listrik, yaitu KW meter, amperemeter, voltmeter, dan frequency meter. Kalibrasi dilakukan secara langsung di laboratorium menggunakan power calibrator yang dikendalikan melalui perangkat lunak khusus pada komputer. Adapun tahapan teknis pelaksanaannya dijelaskan sebagai berikut:

### **4.2.1 Menyiapkan Alat dan Perlengkapan Kalibrasi**

Langkah awal yang dilakukan adalah mempersiapkan seluruh perlengkapan kalibrasi yang dibutuhkan. Alat-alat yang akan dikalibrasi meliputi KW meter, amperemeter, voltmeter, dan frequency meter. Selain itu, disiapkan juga perangkat power calibrator sebagai sumber input utama, kabel penghubung, serta komputer atau laptop yang telah terinstal aplikasi kalibrasi.

Seluruh alat diperiksa terlebih dahulu secara visual dan fungsional untuk memastikan bahwa tidak terdapat kerusakan fisik atau cacat fungsi yang dapat mempengaruhi hasil pengujian. Hanya alat yang dinyatakan layak secara fisik yang akan dilanjutkan ke tahap kalibrasi.

#### 4.2.2 Melepaskan Alat Ukur dari Panel

Sebelum proses pengujian dimulai, alat ukur analog yang terpasang pada panel distribusi utama kapal harus dilepas terlebih dahulu. Tujuan dari pelepasan ini adalah agar alat dapat diuji secara bebas dan lebih akurat di meja kerja laboratorium, tanpa pengaruh dari sistem kelistrikan aktif kapal.

Proses pelepasan dilakukan setelah memastikan bahwa sumber daya listrik pada panel telah dinonaktifkan untuk mencegah risiko sengatan atau kerusakan. Teknisi menggunakan obeng isolasi dan alat bantu lainnya untuk membuka panel dan mencabut sambungan kabel secara hati-hati. Pemeriksaan kondisi fisik alat juga dilakukan selama tahap ini untuk mendeteksi adanya kerusakan mekanis seperti jarum macet atau korosi konektor.

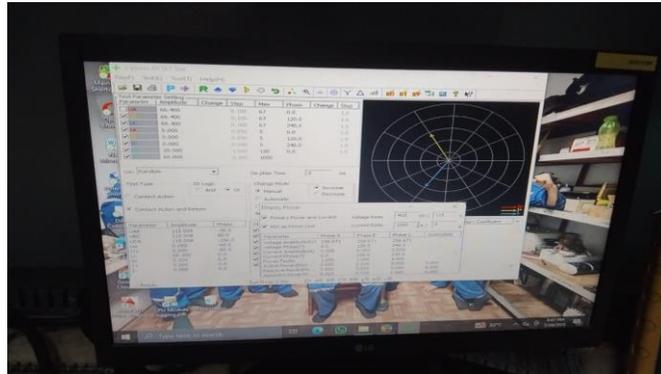


Gambar 4.5 Proses Pelepasan Alat Ukur dari Panel oleh Teknisi

Gambar di atas menunjukkan peneliti sedang melakukan proses pembongkaran alat ukur dari panel listrik kapal. Proses ini dilakukan dengan hati-hati untuk menjaga kondisi terminal dan konektor tetap utuh. Setelah dilepas, alat dibawa ke ruang kalibrasi untuk diuji menggunakan power calibrator dan komputer sebagai pengendali sinyal input.

#### 4.2.3 Menyalakan Komputer dan Aplikasi Kalibrasi

Setelah seluruh perangkat siap, komputer atau laptop dinyalakan. Di dalam komputer telah terinstal perangkat lunak khusus yang berfungsi untuk mengatur besar kecilnya parameter listrik (tegangan, arus, daya, dan frekuensi) yang akan disalurkan oleh power calibrator.



Gambar 4.6 Perangkat Power Calibrator

Gambar 4.6 merupakan perangkat lunak dan juga aplikasi yang digunakan selama melakukan proses kalibrasi, melalui aplikasi ini, peneliti dapat mengatur jenis input yang diinginkan, menentukan nilai yang tepat, serta memantau secara langsung respons dari alat ukur. Aplikasi ini menjadi pusat kendali utama selama proses pengujian berlangsung, karena mampu menampilkan nilai referensi yang akurat sebagai pembandingan terhadap pembacaan alat ukur analog.

#### 4.2.4 Menyalakan Power Calibrator

Langkah berikutnya adalah menyalakan perangkat power calibrator yang berfungsi sebagai sumber input sinyal listrik ke alat ukur. Alat ini mampu menghasilkan arus, tegangan, daya, maupun frekuensi dengan nilai yang bisa disesuaikan sesuai kebutuhan pengujian.



Gambar 4.7 Power Calibrator

Gambar 4.7 adalah power calibrator yang digunakan untuk proses kalibrasi, yang dimana sebelumnya power calibrator ini telah di uji oleh laboratorium resmi, sehingga nilai yang dihasilkannya dapat dijadikan standar pembanding. Output dari alat ini akan dikontrol melalui komputer yang terhubung secara langsung.

#### 4.2.5 Menghubungkan Alat Ukur dengan Kabel Kalibrasi

Setelah power calibrator siap, kabel-kabel pengujian dihubungkan dari power calibrator ke terminal alat ukur. Pemasangan kabel dilakukan berdasarkan parameter yang akan diuji:

- Untuk amperemeter, kabel dihubungkan ke input arus
- Untuk voltmeter, kabel dihubungkan ke terminal tegangan
- Untuk frequency meter dan KW meter, konfigurasi pemasangan mengikuti sistem tiga fasa.



Gambar 4.8 menghubungkan kabel

Gambar 4.8 pemasangan kabel yang dimana pemasangan harus dilakukan secara presisi untuk menghindari gangguan atau kesalahan hasil pengukuran.

#### 4.2.6 Memberikan Input Nilai Secara Bertahap

Setelah seluruh sambungan kabel terpasang dengan benar, peneliti mulai memberikan input nilai melalui komputer. Input diberikan secara bertahap pada titik-titik tertentu, misalnya: 25%, 50%, 75%, dan 100% dari kapasitas alat.



Gambar 4.9 Pelaksanaan input nilai

Pada gambar ini menjelaskan bahwa tujuan pengujian bertahap ini adalah untuk melihat bagaimana respons alat terhadap berbagai tingkat input dan mengukur konsistensinya di seluruh rentang skala.

#### 4.2.7 Membandingkan Hasil dan Mencatat Hasil dalam Excel

Setelah alat menerima input dari calibrator, peneliti mencatat nilai yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk alat ukur analog. Nilai tersebut kemudian dibandingkan langsung dengan nilai acuan yang ditampilkan pada layar komputer.

The screenshot shows a software application window titled "DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM DAN SESUDAH PERBAIKAN". The interface includes a header with the company name "PT. BINA SARANA INDIKA" and a menu bar. Below the header, there are fields for "Nama Kapal" (MT. ARTERIOS), "Indikasi", "No. Proyek", and "No. Bony/Proyeksi". There are also checkboxes for "Sebelum Perbaikan" and "Setelah Perbaikan". A section titled "DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM / SESUDAH PERBAIKAN / VERIFIKASI" contains a table with columns for "No.", "Stop", "D.C. (M. 50/100)", "Actual", "SELESIH", and "REMARK". The table has five rows of data, all with "OK" in the "REMARK" column. At the bottom, there are several buttons: "SELESIH", "SELESIH".

No.	Stop	D.C. (M. 50/100)	Actual	SELESIH	REMARK
1	0%	0 MD	0 MD	0 MD	OK
2	25%	0,25 MD	0,25 MD	0 MD	OK
3	50%	0,5 MD	0,5 MD	0 MD	OK
4	75%	0,75 MD	0,75 MD	0 MD	OK
5	100%	1 MD	1 MD	0 MD	OK

Gambar 4.10 Hasil Data Excel Sebelum dan Sesudah Kalibrasi

Gambar 4.10 merupakan gambar saat pembacaan alat mendekati atau sesuai dengan nilai acuan, maka alat dianggap masih akurat. Sebaliknya, jika terdapat deviasi yang signifikan, maka alat akan disesuaikan atau disetel ulang agar akurasi meningkat.

Seluruh hasil pembacaan, baik dari alat uji maupun dari alat standar (power calibrator), dicatat dalam tabel Excel. Peneliti menghitung selisih atau deviasi antara nilai aktual dengan nilai pembacaan, serta mencatat hasil pengujian pada setiap titik input. Pencatatan ini dilakukan secara sistematis dan menjadi dasar analisis akurasi di bagian selanjutnya.

#### 4.2.9 Menandai Alat Ukur Setelah Kalibrasi Selesai

Jika hasil pengujian menunjukkan bahwa alat bekerja dalam batas toleransi yang diizinkan, maka alat dinyatakan lulus kalibrasi. Peneliti kemudian memberikan label kalibrasi atau marking pada alat, yang mencakup informasi:

- Tanggal kalibrasi
- Nama teknisi
- Masa berlaku kalibrasi
- Nomor identifikasi alat



Gambar 4.11 Pemberian tanda alat ukur

Pada gambar 4.11 memberikan tanda yang dimana tanda ini sangat penting dalam proses kalibrasi.

### 4.3 Proses Kalibrasi

Proses kalibrasi merupakan langkah penting yang dilakukan untuk memastikan alat ukur listrik dapat menunjukkan hasil pengukuran yang akurat dan sesuai dengan nilai standar. Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan pembacaan alat ukur yang dikalibrasi dengan alat referensi yang telah tersertifikasi dan memiliki tingkat ketertelusuran yang dapat dipertanggungjawabkan. Dalam penelitian ini, proses kalibrasi dilakukan terhadap empat jenis panel meter, yaitu KW meter, amperemeter, voltmeter, dan frequency meter, yang terpasang pada tiga unit kapal: MT. ROSA DINI, MT. ARTEMIS, dan MT. RED DYNASTY.

#### 4.2.1 Tahapan Proses Kalibrasi

Pada saat melakukan proses kalibrasi ada beberapa tahapan yang harus dilakukan sebagai berikut tahapan-tahapan kalibrasi secara umum:

##### a) Persiapan Alat dan Lingkungan

Sebelum pelaksanaan kalibrasi, dilakukan pengecekan kondisi fisik alat ukur dan persiapan lingkungan kerja. Ruang mesin kapal diperiksa untuk memastikan bahwa pengukuran tidak terganggu oleh faktor seperti getaran berlebih, suhu tinggi, atau kelembaban yang ekstrem.

Selain itu, alat referensi seperti calibrator digital, clamp meter standar, dan power analyzer dipersiapkan terlebih dahulu dan dicek masa berlaku sertifikasinya.

**b) Pemeriksaan Fungsi Alat Ukur**

Panel meter yang akan dikalibrasi diperiksa fungsi dasarnya. Jika ditemukan kerusakan fisik atau ketidakterbacaan nilai, maka alat tidak langsung dikalibrasi melainkan dilaporkan terlebih dahulu untuk dilakukan perbaikan atau penggantian.

**c) Pengambilan Nilai Awal (Sebelum Kalibrasi)**

Langkah ini bertujuan untuk mengetahui tingkat penyimpangan atau deviasi alat terhadap nilai standar. Nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur dicatat dan dibandingkan dengan hasil dari alat referensi pada kondisi beban tertentu. Data ini kemudian dianalisis sebagai dasar untuk mengetahui akurasi awal alat ukur.

**d) Penyesuaian Nilai (Kalibrasi)**

Apabila deviasi melebihi toleransi ( $\pm 5\%$ ), maka dilakukan penyetelan ulang (adjustment) terhadap alat ukur tersebut. Penyesuaian dilakukan secara bertahap hingga nilai yang ditampilkan mendekati atau sesuai dengan nilai dari alat standar. Jika panel meter tidak memiliki fitur penyetelan manual, maka dilakukan penggantian atau evaluasi lebih lanjut.

**e) Pengambilan Nilai Akhir (Sesudah Kalibrasi)**

Setelah proses penyesuaian selesai, dilakukan pengukuran kembali untuk melihat apakah deviasi sudah berkurang. Nilai hasil kalibrasi ini dicatat sebagai data akhir dan dibandingkan kembali dengan nilai standar.

**f) Dokumentasi**

Semua proses kalibrasi dicatat secara rinci dalam formulir khusus dan dilengkapi dengan hasil pengukuran, grafik deviasi (jika ada), serta status kelulusan alat. Alat ukur yang telah berhasil dikalibrasi akan

diberikan label atau segel kalibrasi dengan keterangan tanggal dan masa berlaku.

#### 4.2.2 Standar yang Digunakan

Pada saat melakukan kalibrasi di PT.Waruna menggunakan standar internasional, antara lain:

- ISO/IEC 17025: Merupakan acuan internasional yang berisi persyaratan kompetensi laboratorium dalam melakukan pengujian dan kalibrasi sehingga hasil yang diperoleh dapat dipercaya.
- IEC 60051: Standar yang memberikan ketentuan teknis mengenai kinerja, tingkat ketelitian, serta cara uji pada alat ukur listrik analog.
- SNI ISO 10012: Pedoman manajemen pengukuran yang bertujuan memastikan hasil ukur selalu konsisten dan akurat.

Seluruh alat referensi yang digunakan telah dikalibrasi sebelumnya oleh laboratorium terakreditasi dan dilengkapi sertifikat resmi.

#### 4.4 Akurasi Antara Alat Ukur

Akurasi merupakan salah satu aspek penting dalam sistem pengukuran kelistrikan, khususnya dalam sistem kelistrikan kapal yang membutuhkan kestabilan, keandalan, dan kesesuaian nilai ukur. Dalam penelitian ini, dilakukan kalibrasi terhadap empat jenis alat ukur analog yang digunakan pada panel listrik kapal, yaitu KW meter, amperemeter, voltmeter, dan frequency meter. Tujuan dari kalibrasi ini adalah untuk membandingkan akurasi pembacaan alat sebelum dan sesudah dilakukan proses penyetelan terhadap alat standar digital.

Pengumpulan data awal dilakukan dengan mengukur nilai yang ditampilkan oleh alat ukur panel meter sebelum melalui proses kalibrasi. Hasil ini menjadi dasar untuk menilai sejauh mana penyimpangan alat ukur terhadap standar rujukan. Setiap pengukuran dibandingkan dengan nilai standar dari alat acuan, dan dihitung selisihnya dalam persentase deviasi.

##### 4.4.1 KW Meter Sebelum Kalibrasi

Sebelum dilakukan proses kalibrasi, alat ukur KW meter diuji untuk mengetahui tingkat deviasi terhadap nilai acuan standar. Pengujian ini dilakukan

dengan memberikan input daya melalui alat referensi, lalu mencatat hasil pembacaan dari KW meter analog. Dari pengamatan awal ini, dapat diketahui apakah alat masih berada dalam batas toleransi yang diperbolehkan atau mengalami penyimpangan yang signifikan. Hasil ini menjadi dasar awal untuk menentukan kebutuhan kalibrasi dan penyesuaian alat.

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM PERBAIKAN				No. Dokumen : FM-RPD-10-12			
Nama Kapal : MT.ARTEMIS		Pelaksana							
Meter Indikator: KYONGBO ELECTRIC CO. LTD . KW METER									
Type :WA-W3 PT 460/115V CT 1800/5A		GENERATOR PANEL 1							
No	Step	Secondary				Actual KW	Selisih KW	Remark	
		CT	Parameter	CosPhi	Parameter KW				
1	0%	0 A	0 A	1	0 KW	0 KW	0 KW	OK	
2	25%	1,25 A	375 A	1	300 KW	300 KW	0 KW	OK	
3	50%	2,5 A	750 A	1	600 KW	600 KW	0 KW	OK	
4	75%	3,75 A	1125 A	1	900 KW	850 KW	50 KW	N-OK	
5	100%	5 A	1500 A	1	1200 KW	1135 KW	65 KW	N-OK	

Gambar 4. 12 Data Kw Meter Sebelum Kalibrasi MT. Artemis

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM PERBAIKAN				No. Dokumen : FM-RPD-10-12			
Nama Kapal : MT. ROSA DINI		Pelaksana							
Pemilik :		No. Proyek							
Meter Indikator: DEE SYS KW METER									
Type : W11-W3 PT 460/115 V CT 1800/5 A		GENERATOR PANEL 1							
No	Step	Secondary				Actual KW	Selisih KW	Remark	
		CT	Parameter	CosPhi	Parameter KW				
1	0%	0 A	0 A	1	0 KW	0 KW	0 KW	OK	
2	25%	1,25 A	450 A	1	300 KW	300 KW	0 KW	OK	
3	50%	2,5 A	900 A	1	600 KW	600 KW	0 KW	OK	
4	75%	3,75 A	1350 A	1	900 KW	900 KW	0 KW	OK	
5	100%	5 A	1800 A	1	1200 KW	1200 KW	0 KW	OK	

Gambar 4. 13 Data Kw Meter Sebelum Kalibrasi MT. Rosa Dini

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM PERBAIKAN				No. Dokumen : FM-RPD-10-12			
Nama Kapal : MT. RED DYNASTY		Pelaksana							
Meter Indikator: MC KW METER									
Type : F9-WB 3~2E VT 450 CT 1500/5A		GENERATOR PANEL 1							
No	Step	Secondary				Actual KW	Selisih KW	Remark	
		CT	Parameter	CosPhi	Parameter KW				
1	0%	0 A	0 A	1	0 KW	0 KW	0 KW	OK	
2	25%	1,25 A	375 A	1	250 KW	250 KW	0 KW	OK	
3	50%	2,5 A	750 A	1	500 KW	500 KW	0 KW	OK	
4	75%	3,75 A	1125 A	1	750 KW	750 KW	0 KW	OK	
5	100%	5 A	1500 A	1	1000 KW	1000 KW	0 KW	OK	

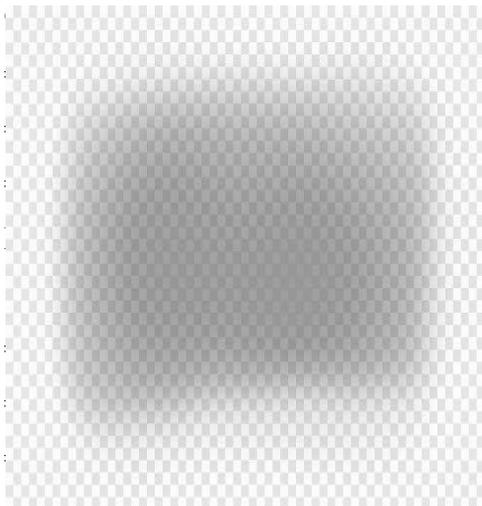
Gambar 4. 14 Data Kw Meter Sebelum Kalibrasi MT. Red Dynasty

Tabel 4. 1 Kw Meter Sebelum Kalibrasi

Kapal	Nilai Parameter (KW)	Hasil Aktual (KW)	Selisih (KW)	Deviasi (%)
MT. ARTEMIS	900 KW	850 KW	50 KW	5,6%
	1200 KW	1135 KW	65 KW	5,5%

**Analisis:** Pada table diatas terjadi penyimpangan yang signifikan pada kapal MT. ARTEMIS parameter 900 KW dan 1200 KW yang melewati batas toleransi 5%, maka dari itu harus dihitung berapa persen yang melewati batas toleransinya, dimana kapal MT ARTEMIS

Parameter 900 KW



#### 4.3.2 Amperemeter Sebelum Kalibrasi

Amperemeter analog diuji terlebih dahulu sebelum dilakukan kalibrasi. Tujuan dari pengujian awal ini adalah untuk mengetahui seberapa besar deviasi yang terjadi pada alat saat menerima input arus tertentu. Hasil pembacaan dari alat kemudian dibandingkan dengan nilai dari alat referensi yang telah terkalibrasi. Penyimpangan yang ditemukan menjadi acuan untuk menentukan perlunya penyesuaian dan kalibrasi lanjutan.

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM PERBAIKAN				
Nama Kapal : MT. ARTEMIS			Pelaksana : ELECTRICAL			
Meter Indikator: KYONGBO ELECTRIC CO. LTD . AMPERE METER						
Type : WA-A2 CT 1800/5 A						
GENERATOR PANEL 1						
No	Step	Secondary		Aktual Ampere	SELISIH	Remark
		CTA	Parameter			
1	0%	0 A	0 A	0 A	0 A	OK
2	25%	1,25 A	450 A	400 A	50 A	N-OK
3	50%	2,5 A	900 A	900 A	0 A	OK
4	75%	3,75 A	1350 A	1280 A	70 A	N-OK
5	100%	5 A	1800 A	1800 A	0 A	OK

Gambar 4. 15 Data Ampere Meter Sebelum Kalibrasi MT. Artemis

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM					No. Dokumen : FM-RPD-10-12
Nama Kapal : MT. ROSA DINI			Pelaksana : ELECTRICAL				
DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM							
Meter Indikator: DEE SYS							
Type : W11-AA CT 1800/5A							
No	Step	Secondary		Aktual Ampere	SELISIH	Remark	
		CTA	Parameter				
1	0%	0 A	0 A	0 A	0 A	OK	
2	25%	1,25 A	450 A	450 A	0 A		
3	50%	2,5 A	900 A	900 A	0 A		
4	75%	3,75 A	1350 A	1350 A	0 A		
5	100%	5 A	1800 A	1800 A	0 A		

Gambar 4. 16 Data Ampere meter Sebelum Kalibrasi MT.Rosa Dini

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM					No. Dokumen : FM-RPD-10-12
Nama Kapal : MT. RED DYNASTY			Pelaksana : ELECTRICAL				
DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM							
Meter Indikator: YT AMPERE METER							
Type : F96-ACB 1500/5A							
No	Step	Secondary		Aktual Ampere	SELISIH	Remark	
		CTA	Parameter				
1	0%	0 A	0 A	0 A	0 A	OK	
2	25%	1,25 A	375 A	375 A	0 A	OK	
3	50%	2,5 A	750 A	750 A	0 A	OK	
4	75%	3,75 A	1125 A	1125 A	0 A	OK	
5	100%	5 A	1500 A	1500 A	0 A	OK	

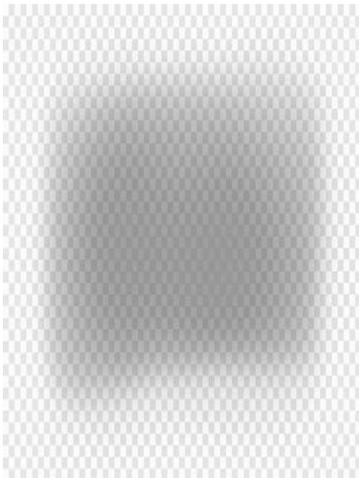
Gambar 4. 17 Data Ampere Meter Sebelum Kalibrasi MT. Red Dynasty

Tabel 4. 2 Ampere Meter Sebelum Kalibrasi

Kapal	Nilai Parameter (AMPERE)	Hasil Aktual (AMPERE)	Selisih (AMPERE)	Deviasi (%)
MT. ARTEMIS	450 A	400 A	50 A	11,2 (%)
	1350 A	1280 A	70 A	5,2 (%)

Pada tabel diatas terjadi penyimpangan yang signifikan yang dimana pada kapal MT.ARTEMIS parameter 450 A dan juga 1350 A melewati batas toleransi 5%, maka dari itu harus dihitung kembali hasil persentase yang melewatin batas toleransinya, yang dimana:

KAPAL MT.ARTEMIS



#### 4.3.3 Volt Meter Sebelum Kalibrasi

Pengujian voltmeter dilakukan sebelum proses kalibrasi untuk mengetahui tingkat deviasi dari nilai tegangan yang sebenarnya. Alat diberi input tegangan bertingkat melalui calibrator, kemudian hasil pembacaan diamati dan dicatat. Dari pengamatan awal, ditemukan bahwa nilai yang ditunjukkan oleh voltmeter belum sesuai dengan standar, terutama pada rentang tegangan tinggi. Hasil ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan perlunya penyetelan ulang terhadap alat.

1			<b>DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM PERBAIKAN</b>			No. Dokumen : FM-RPD-10-12	
2							
3							
4							
5							
6	Nama Kapal : MT. ARTEMIS			Pelaksana : ELECTRICAL			
7	Klasifikasi :			No. Item/Pekerjaan :			
8	Meter Indikator: KYONGBO ELECTRIC CO. LTD. VOLT METER						
9	Type : WA-V2 460/115V GENERATOR PANEL 1						
10	No	Step	Secondary		Aktual	Selisih	Remark
11			PTV	Parameter	Volt		
12	1	0%	0 V	0 V	0 V	0 V	OK
13	2	25%	28,75 V	115 V	122 V	7 V	N-OK
14	3	50%	57,5 A	230 V	215 V	15 V	N-OK
15	4	75%	86,25 V	345 V	370 V	25 V	N-OK
16	5	100%	115 V	460 V	460 V	0 V	OK

Gambar 4. 18 Volt Meter Sebelum Kalibrasi MT. Artemis

1			<b>DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM PERBAIKAN</b>			No. Dokumen : FM-RPD-10-12	
2							
3							
4							
5							
6	Nama Kapal : MT. ROSA DINI			Pelaksana : ELECTRICAL			
7	Meter Indikator: DEE SYS						
8	Type : W11-VA PT 460/115V GENERATOR PANEL 1						
9	No	Step	Secondary		Aktual	Selisih	Remark
10			PTV	Parameter	Volt		
11	1	0%	0 V	0 V	0 V	0 V	OK
12	2	25%	28,75 V	115 V	122 V	7 V	N-OK
13	3	50%	57,5 V	230 V	217 V	12 V	N-OK
14	4	75%	86,25 V	345 V	345 V	0 V	OK
15	5	100%	115 V	460 V	460 V	0 V	OK

Gambar 4. 19 Data Volt Meter Sebelum Kalibrasi MT. Rosa Dini

1			<b>DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM PERBAIKAN</b>			No. Dokumen : FM-RPD-10-12	
2							
3							
4							
5							
6	Nama Kapal : MT. RED DYNASTY			Pelaksana : ELECTRICAL			
7	Meter Indikator: YT VOLT METER						
8	Type : F96-ACB GENERATOR PANEL 1						
9	No	Step	Secondary		Aktual	Selisih	Remark
10			PTV		Volt		
11	1	0%	0 V		0 V	0 V	OK
12	2	25%	150 V		150 V	0 V	OK
13	3	50%	300 V		300 V	0 V	OK
14	4	75%	450 V		450 V	0 V	OK
15	5	100%	600 V		600 V	0 V	OK

Gambar 4. 20 Data Volt Meter Sebelum Kalibrasi MT. Red Dynasty

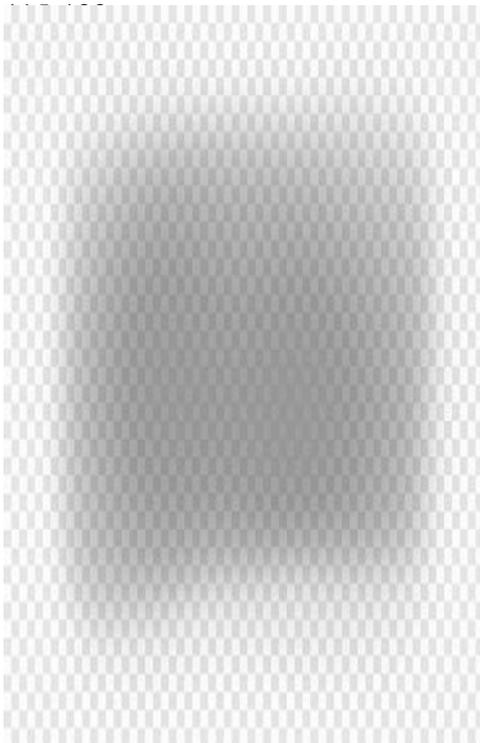
Tabel 4. 3 Volt Meter Sebelum Kalibrasi

Kapal	Parameter (VOLT)	Hasil Aktual (VOLT)	Selisih (VOLT)	Deviasi (%)
MT. ARTEMIS	115 V	122 V	7 V	6,1 %
	230 V	215 V	15 V	6,6 %
	345 V	370 V	25 V	7,3 %
MT. ROSA DINI	115 V	122 V	7 V	6,1 %
	230 V	217 V	12 V	5,3 %

Pada table diatas terjadi penyimpangan yang signifikan pada kapal MT.ARTEMIS parameter 115 V, 230 V, kapal MT.ROSA DINI parameternya di angka 115 V dan 230 V dimana hal ini melewati batas tolenrasi 5%, maka dar itu dihitung Kembali berapa persen yang melewati batas toleransinya, yakni :

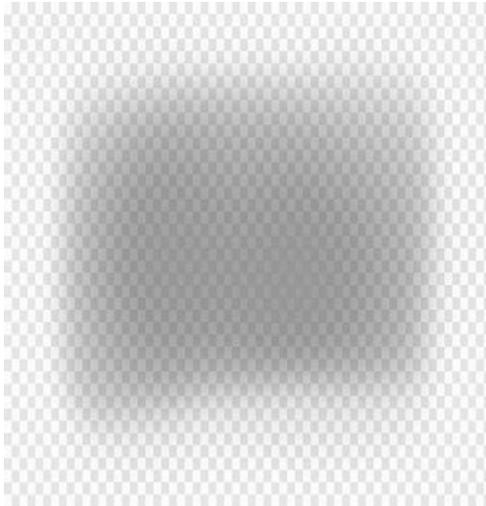
KAPAL MT. ARTEMIS

Parameter 115V



Kapal MT. ROSA DINI

Parameter 115V



#### 4.4.4 Frekuensi Meter Sebelum Kalibrasi

Frequency meter diuji sebelum kalibrasi dengan cara memberikan input frekuensi dari generator uji. Hasil pembacaan kemudian dibandingkan dengan nilai dari alat referensi digital. Meskipun penyimpangan nilai tidak terlalu besar, terdapat perbedaan yang cukup konsisten di beberapa titik uji. Hal ini menunjukkan bahwa kalibrasi tetap diperlukan untuk memastikan kestabilan pengukuran frekuensi, yang sangat penting dalam sinkronisasi pembangkit dan distribusi daya di kapal.

1		2		3		4		5	
6		7		8		9		10	
11		12		13		14		15	
16		17		18		19		20	
PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		<b>DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM PERBAIKAN</b>				No. Dokumen : FM-RPD-10-12			
Nama Kapal : MT. ARTEMIS		Pelaksana		:					
Meter Indikator: KYONGBO ELECTRIC CO. LTD. FREQUENCY METER									
Type : WA-H1 AC 115V		GENERATOR PANEL 1							
No	Step	Secondary Hz	Aktual Hz	SELISIH	Remark				
1	0%	55 Hz	55 Hz	0 Hz	OK				
2	25%	57,5 Hz	57,5 Hz	0 Hz	OK				
3	50%	60 Hz	60 Hz	0 Hz	OK				
4	75%	62,5 Hz	62,5 Hz	0 Hz	OK				
5	100%	65 Hz	61 Hz	4 Hz	N-OK				

Gambar 4. 21 Data Frekuensi Meter Sebelum Kalibras MT.Artimes

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM PERBAIKAN				No. Dokumen : FM-RPD-10-12
Nama Kapal : MT. ROSA DINI		Pelaksana :				
Meter Indikator: DEE SYS FREQUENCY METER						
Type : W11-F		GENERATOR PANEL 1				
No	Step	Secondary Hz	Aktual Hz	SELISIH	Remark	
1	0%	55 Hz	55 Hz	0 Hz	OK	
2	25%	57,5 Hz	54 Hz	3,5 Hz	N-OK	
3	50%	60 Hz	60 Hz	0 Hz	OK	
4	75%	62,5 Hz	58,5 Hz	4 Hz	N-OK	
5	100%	65 Hz	65 Hz	0 Hz	OK	

Gambar 4. 22 Data Frekuensi Meter Sebelum Kalibrasi MT. Rosa Dini

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM PERBAIKAN				No. Dokumen : FM-RPD-10-12
Nama Kapal : MT. RED DYNASTY		Pelaksana :				
Meter Indikator: YT FREQUENCY METER						
Type : F96-HZB 450V		GENERATOR PANEL 1				
No	Step	Secondary Hz	Aktual Hz	SELISIH	Remark	
1	0%	55 Hz	55 Hz	0 Hz	OK	
2	25%	57,5 Hz	57,5 Hz	0 Hz	OK	
3	50%	60 Hz	60 Hz	0 Hz	OK	
4	75%	62,5 Hz	62,5 Hz	0 Hz	OK	
5	100%	65 Hz	65 Hz	0 Hz	OK	

Gambar 4.23 Frequency Meter Kapal Red Dynasty

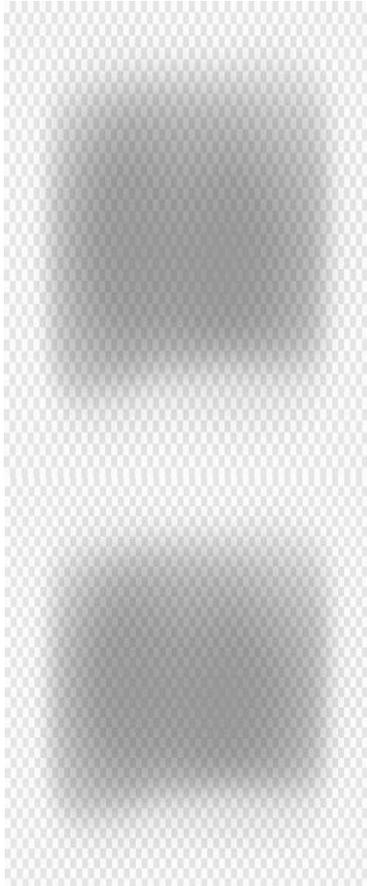
Tabel 4. 4 Frequency Meter Sebelum Kalibrasi

Kapal	Parameter (Hz)	Hasil aktual (Hz)	Selisih (Hz)	Deviasi (%)
MT. ARTEMIS	65 Hz	61 Hz	4 Hz	6,2 %
MT. ROSA DINI	57,5 Hz	54 Hz	3,5 Hz	6,1 %
	62,5 Hz	58,5 Hz	4 Hz	6,4 %

Tabel 4. 1 Frekuensi sebelum kalibrasi

Pada tabel diatas terjadi penyimpangan yang signifikan pada kapal MT.ARTEMIS parameter 65Hz, kapal MT.ROSA DINI parameter 57,5Hz dan 62,5Hz yang melewati batas toleransi 5%, maka dari itu harus dihitung berapa persen yang melewati batas toleransinya, yang dimana:

Kapak MT. ARTEMIS



#### 4.4.5 Data Hasil Pengukuran Sesudah Kalibrasi

Setelah proses kalibrasi selesai dilaksanakan, peneliti kembali melakukan pengujian terhadap setiap alat ukur untuk mengevaluasi tingkat akurasi terkini. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan presisi alat ukur setelah dilakukan penyetelan berdasarkan deviasi yang ditemukan sebelumnya.

Hasil pengukuran sesudah kalibrasi kemudian dibandingkan dengan nilai referensi dari alat standar untuk memastikan bahwa instrumen telah berfungsi dalam batas toleransi teknis yang diizinkan. Dengan demikian, perbandingan ini menjadi dasar dalam menyimpulkan bahwa alat telah layak digunakan kembali dalam sistem kelistrikan kapal dengan tingkat keakuratan yang memadai berikut hasil dari sesudah dilakukanya kalibrasi oleh peneliti :

#### 4.4.6 Kw Meter Sesudah kalibrasi

Setelah proses kalibrasi selesai dilaksanakan, KW meter diuji kembali menggunakan metode yang sama. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi

efektivitas kalibrasi yang telah dilakukan dan memastikan bahwa penyimpangan nilai telah berkurang secara signifikan. Nilai pembacaan setelah kalibrasi dibandingkan kembali dengan alat standar untuk melihat peningkatan akurasi dan kesesuaian alat dengan spesifikasi teknis.

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SESUDAH PERBAIKAN				No. Dokumen : FM-RPD-10-12			
Nama Kapal : MT.ARTEMIS		Pelaksana :							
Meter Indikator: KYONGBO ELECTRIC CO. LTD . KW METER									
Type :WA-W3 PT 460/115V CT 1800/5A		GENERATOR PANEL 1							
No	Step	Secondary				Actual KW	Selisih KW	Remark	
		CT	Parameter	CosPhi	Parameter KW				
1	0%	0 A	0 A	1	0 KW	0 KW	0 KW	OK	
2	25%	1,04 A	375 A	1	300 KW	300 KW	0 KW	OK	
3	50%	2,9 A	750 A	1	600 KW	600 KW	0 KW	OK	
4	75%	3,94 A	1125 A	1	900 KW	900 KW	0 KW	OK	
5	100%	4,18 A	1500 A	1	1200 KW	1200 KW	0 KW	OK	

Gambar 4. 24 Data Kw Meter Sesudah Kalibrasi MT. Artemis

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SESUDAH PERBAIKAN				No. Dokumen : FM-RPD-10-12			
Nama Kapal : MT. ROSA DINI		Pelaksana :							
Pemilik :		No. Proyek :							
Meter Indikator: DEE SYS KW METER									
Type : W11-W3 PT 460/115 V CT 1800/5 A		GENERATOR PANEL 1							
No	Step	Secondary				Actual KW	Selisih KW	Remark	
		CT	Parameter	CosPhi	Parameter KW				
1	0%	0 A	0 A	1	0 KW	0 KW	0 KW	OK	
2	25%	1,25 A	450 A	1	300 KW	300 KW	0 KW	OK	
3	50%	2,5 A	900 A	1	600 KW	600 KW	0 KW	OK	
4	75%	3,75 A	1350 A	1	900 KW	900 KW	0 KW	OK	
5	100%	5 A	1800 A	1	1200 KW	1200 KW	0 KW	OK	

Gambar 4. 25 Data Kw Meter Sesudah Kalibrasi MT. Rosa Dini

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SESUDAH PERBAIKAN				No. Dokumen : FM-RPD-10-12			
Nama Kapal : MT. RED DYNASTY		Pelaksana :							
Meter Indikator: MC KW METER									
Type : F9-WB 3~2E VT 450 CT 1500/5A		GENERATOR PANEL 1							
No	Step	Secondary				Actual KW	Selisih KW	Remark	
		CT	Parameter	CosPhi	Parameter KW				
1	0%	0 A	0 A	1	0 KW	0 KW	0 KW	OK	
2	25%	1,25 A	375 A	1	250 KW	250 KW	0 KW	OK	
3	50%	2,5 A	750 A	1	500 KW	500 KW	0 KW	OK	
4	75%	3,75 A	1125 A	1	750 KW	750 KW	0 KW	OK	
5	100%	5 A	1500 A	1	1000 KW	1000 KW	0 KW	OK	

Gambar 4. 26 Data Kw Meter Sesudah Kalibrasi MT. Red Dynasty

Pada Gambar 4.24, gambar 4.25 dan juga gambar 4.26 menyatakan bahwa hasil pembacaan KW meter setelah proses kalibrasi menunjukkan peningkatan akurasi yang signifikan. Ketiga gambar tersebut memperlihatkan jarum penunjuk alat ukur sudah sesuai dengan nilai acuan yang diberikan oleh power calibrator.

Penyimpangan yang sebelumnya cukup besar berhasil dikoreksi melalui proses penyetelan, sehingga nilai yang ditunjukkan telah berada dalam batas toleransi teknis yang ditetapkan.berikutnya alat ukur tersebut sudah bisa dipakai Kembali ke kapal MT. RED DYNASTY sebelum dipasang Kembali alat ukur terlebih dahulu diberikan marking atau tanda alat tersebut sudah dikalibrasi.

#### 4.4.7 Ampere Meter Sesudah dikalibrasi

Setelah dilakukan proses kalibrasi, amperemeter kembali diuji untuk menilai sejauh mana peningkatan akurasi terjadi. Pengujian ini dilakukan pada titik-titik input arus yang sama seperti sebelumnya, agar hasil perbandingan lebih objektif. Hasil pembacaan kemudian dievaluasi untuk memastikan bahwa alat telah bekerja dalam batas toleransi dan siap digunakan kembali dalam sistem kelistrikan kapal.

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SESUDAH PERBAIKAN				
Nama Kapal : MT. ARTEMIS			Pelaksana : ELECTRICAL			
Meter Indikator: KYONGBO ELECTRIC CO. LTD . AMPERE METER						
Type : WA-A2 CT 1800/5 A			GENERATOR PANEL 1			
No	Step	Secondary		Aktual Ampere	SELISIH	Remark
		CTA	Parameter			
1	0%	0 A	0 A	0 A	0 A	OK
2	25%	1,25 A	450 A	450 A	0 A	OK
3	50%	2,5 A	900 A	900 A	0 A	OK
4	75%	3,75 A	1350 A	1350 A	0 A	OK
5	100%	5 A	1800 A	1800 A	0 A	OK

Gambar 4. 27 Data Ampere Meter Sesudah Kalibrasi MT. Artemis

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyard - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SESUDAH PERBAIKAN				No. Dokumen : FM-RPD-10-12 Revisi : 02	
Nama Kapal : MT. ROSA DINI				Pelaksana : ELECTRICAL			
Meter Indikator: DEE SYS							
Type : W11-AA CT 1800/5A				GENERATOR PANEL 1			
No	Step	Secondary		Aktual	SELISIH	Remark	
		CTA	Parameter	Ampere			
1	0%	0 A	0 A	0 A	0 A	OK	
2	25%	1,25 A	450 A	450 A	0 A		
3	50%	2,5 A	900 A	900 A	0 A		
4	75%	3,75 A	1350 A	1350 A	0 A		
5	100%	5 A	1800 A	1800 A	0 A		

Gambar 4. 28 Data Ampere Meter Sesudah Kalibrasi MT. Rosa Dini

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyard - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SEBELUM DAN SESUDAH PERBAIKAN				No. Dokumen : FM-RPD-10-12 Revisi : 02	
Nama Kapal : MT. RED DYNASTY				Pelaksana : ELECTRICAL			
Meter Indikator: YT AMPERE METER							
Type : F96-ACB 1500/5A				GENERATOR PANEL 1			
No	Step	Secondary		Aktual	SELISIH	Remark	
		CTA	Parameter	Ampere			
1	0%	0 A	0 A	0 A	0 A	OK	
2	25%	1,25 A	375 A	375 A	0 A	OK	
3	50%	2,5 A	750 A	750 A	0 A	OK	
4	75%	3,75 A	1125 A	1125 A	0 A	OK	
5	100%	5 A	1500 A	1500 A	0 A	OK	

Gambar 4. 29 Data Ampere Meter Sesudah Kalibrasi MT. Red Dynasty

Ketiga Gambar diatas merupakan hasil dari sesudah dilakuknya kalibrasi pada ampere meter di ketiga kapal, yang diamana proses kalibrasi tersebut berhasil menurunkan deviasi hingga di bawah 2%, yang menunjukkan peningkatan presisi dalam pengukuran arus listrik.

#### 4.4.8 Volt Meter Sesudah Kalibrasi

Setelah dilakukan kalibrasi, voltmeter diuji kembali dengan input tegangan yang sama seperti saat pengujian awal. Hasil pembacaan menunjukkan peningkatan akurasi yang signifikan, di mana nilai yang ditampilkan oleh alat menjadi lebih mendekati nilai acuan. Hal ini membuktikan bahwa proses kalibrasi mampu mengoreksi deviasi yang sebelumnya terjadi, sehingga alat dapat diandalkan kembali untuk pengukuran tegangan sistem kelistrikan kapal.

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SESUDAH PERBAIKAN			No. Dokumen : FM-RPD-10-12	
Nama Kapal : MT. ARTEMIS		Pelaksana : ELECTRICAL				
Klasifikasi :		No. Item/Pekerjaan :				
Meter Indikator: KYONGBO ELECTRIC CO. LTD. VOLT METER						
Type : WA-V2 460/115V		GENERATOR PANEL 1				
No	Step	Secondary		Aktual Volt	Selisih	Remark
		PTV	Parameter			
1	0%	0 V	0 V	0 V	0 V	OK
2	25%	28,75 V	110 V	110 V	0 V	OK
3	50%	57,5 A	225 V	225 V	0 V	OK
4	75%	86,25 V	345 V	345 V	0 V	OK
5	100%	115 V	460 V	460 V	0 V	OK

Gambar 4. 30 Data Volt Meter Sesudah kalibrasi MT. Artemis

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SESUDAH PERBAIKAN			No. Dokumen : FM-RPD-10-12	
Nama Kapal : MT. ROSA DINI		Pelaksana : ELECTRICAL				
Meter Indikator: DEE SYS						
Type : W11-VA PT 460/115V		GENERATOR PANEL 2				
No	Step	Secondary		Aktual Volt	Selisih	Remark
		PTV	Parameter			
1	0%	0 V	0 V	0 V	0 V	OK
2	25%	28,75 V	115 V	115 V	0 V	OK
3	50%	57,5 V	230 V	230 V	0 V	OK
4	75%	86,25 V	345 V	345 V	0 V	OK
5	100%	115 V	460 V	460 V	0 V	OK

Gambar 4. 31 Data Volt Meter Sesudah Kalibrasi MT. Rosa Dini

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SESUDAH PERBAIKAN			No. Dokumen : FM-RPD-10-12	
Nama Kapal : MT. RED DYNASTY		Pelaksana : ELECTRICAL				
Meter Indikator: YT VOLT METER						
Type : F96-ACB		GENERATOR PANEL 1				
No	Step	Secondary		Aktual Volt	Selisih	Remark
		PTV	Parameter			
1	0%	0 V	0 V	0 V	0 V	OK
2	25%	150 V	150 V	150 V	0 V	OK
3	50%	300 V	300 V	300 V	0 V	OK
4	75%	450 V	450 V	450 V	0 V	OK
5	100%	600 V	600 V	600 V	0 V	OK

Gambar 4. 32 Data Volt Meter Sesudah Kalibrasi MT. Red Dynasty

Gambar 4.30, Gambar 4.31, dan Gambar 4.32 memperlihatkan hasil pembacaan voltmeter analog sebelum dan sesudah dilakukan proses kalibrasi. Dari

gambar-gambar tersebut terlihat adanya peningkatan akurasi yang signifikan setelah kalibrasi dilakukan. Nilai tegangan yang ditampilkan oleh jarum voltmeter pasca kalibrasi menunjukkan angka yang hampir identik dengan nilai referensi dari alat standar digital.

Kondisi ini menunjukkan bahwa proses kalibrasi berhasil memperbaiki penyimpangan yang sebelumnya terjadi pada alat ukur. Perbedaan yang sebelumnya cukup mencolok, terutama pada tegangan tinggi, kini telah berada dalam batas toleransi teknis yang diizinkan. Hal ini membuktikan bahwa prosedur kalibrasi tidak hanya bersifat korektif, tetapi juga berperan penting dalam memastikan keandalan voltmeter dalam sistem panel listrik kapal.

#### 4.4.9 Frequency Meter Sesudah Kalibarsi

Setelah proses kalibrasi dilakukan, frequency meter kembali diuji dengan titik frekuensi yang sama. Hasil pembacaan menunjukkan deviasi yang lebih kecil dan konsisten terhadap nilai standar. Hal ini menunjukkan bahwa alat telah bekerja dalam batas toleransi yang diperbolehkan, dan proses kalibrasi terbukti mampu meningkatkan akurasi serta keandalan alat ukur dalam sistem kelistrikan kapal.

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyard - Marine Engineering						DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SESUDAH PERBAIKAN		No. Dokumen : FM-RPD-10-12	
Nama Kapal : MT. ARTEMIS				Pelaksana					
Meter Indikator: KYONGBO ELECTRIC CO. LTD. FREQUENCY METER									
Type : WA-H1 AC 115V				GENERATOR PANEL 1					
No	Step	Secondary Hz	Aktual Hz	SELISIH	Remark				
1	0%	55 Hz	55 Hz	0 Hz	OK				
2	25%	57,5 Hz	57,5 Hz	0 Hz	OK				
3	50%	60 Hz	60 Hz	0 Hz	OK				
4	75%	62,5 Hz	62,5 Hz	0 Hz	OK				
5	100%	64,5 Hz	64,5 Hz	0 Hz	OK				

Gambar 4. 33 Data Frekuensi Meter Sesudah Kalibrasi MT.Artemis

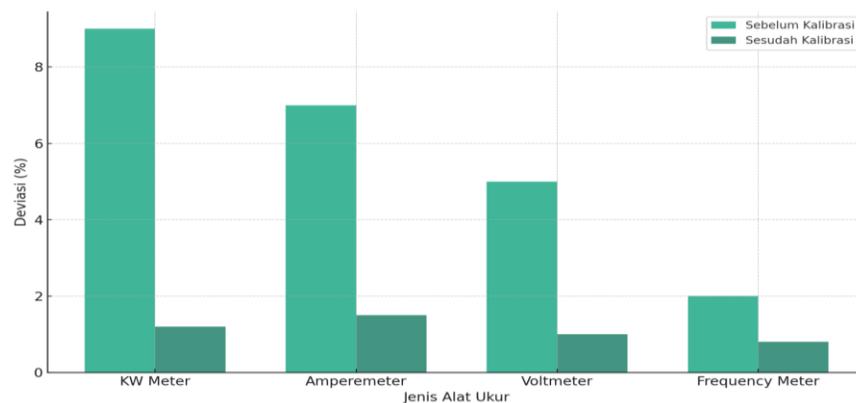
PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SESUDAH PERBAIKAN			No. Dokumen : FM-RPD-10-12	
Nama Kapal : MT. ROSA DINI		Pelaksana :				
Meter Indikator: DEE SYS FREQUENCY METER						
Type : W11-F		GENERATOR PANEL 1				
No	Step	Secondary Hz	Aktual Hz	SELISIH	Remark	
1	0%	55 Hz	55 Hz	0 Hz	OK	
2	25%	57,5 Hz	57,5 Hz	0 Hz	OK	
3	50%	60 Hz	60 Hz	0 Hz	OK	
4	75%	62,5 Hz	62,5 Hz	4 Hz	OK	
5	100%	65 Hz	65 Hz	0 Hz	OK	

Gambar 4. 34 Data Frekuensi Meter Sesudah Kalibrasi Mt. Rosa Dini

PT WARUNA SHIPYARD INDONESIA Shipyards - Marine Engineering		DATA UKUR DAN PEMERIKSAAN SESUDAH PERBAIKAN			No. Dokumen : FM-RPD-10-12	
Nama Kapal : MT. RED DYNASTY		Pelaksana :				
Meter Indikator: YT FREQUENCY METER						
Type : F96-HZB 450V		GENERATOR PANEL 1				
No	Step	Secondary Hz	Aktual Hz	SELISIH	Remark	
1	0%	55 Hz	55 Hz	0 Hz	OK	
2	25%	57,5 Hz	57,5 Hz	0 Hz	OK	
3	50%	60 Hz	60 Hz	0 Hz	OK	
4	75%	62,5 Hz	62,5 Hz	0 Hz	OK	
5	100%	65 Hz	65 Hz	0 Hz	OK	

Gambar 4. 35 Data Frekuensi Sesudah Kalibrasi MT. Dynasty

Gambar 4.33, 4.34, dan 4.35 menunjukkan peningkatan akurasi voltmeter setelah kalibrasi. Nilai tegangan yang terbaca hampir sama dengan alat standar, menandakan bahwa kalibrasi berhasil mengoreksi deviasi dan voltmeter telah bekerja dalam batas toleransi yang telah di tentukan.



#### Gambar 4.36 Grafik Perbandingan Deviasi Sebelum dan Sesudah Kalibrasi

Berdasarkan gambar grafik di atas, terlihat bahwa deviasi pengukuran pada seluruh alat ukur mengalami penurunan yang signifikan setelah dilakukan proses kalibrasi. Sebelum kalibrasi, KW meter mencatat deviasi tertinggi sebesar 9%, diikuti oleh amperemeter sebesar 7%, voltmeter 5%, dan frequency meter 2%. Setelah kalibrasi dilakukan, deviasi masing-masing alat menurun drastis ke angka yang jauh lebih kecil, yakni 0% yang berada dalam batas toleransi teknis untuk alat ukur analog. Hasil ini menunjukkan bahwa proses kalibrasi berhasil meningkatkan tingkat akurasi alat ukur secara menyeluruh. Dengan berkurangnya deviasi, alat ukur dinyatakan layak dan andal untuk digunakan kembali dalam sistem kelistrikan kapal, baik untuk keperluan monitoring maupun pengendalian daya.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai proses kalibrasi alat ukur panel listrik pada kapal di PT Waruna Shipyard Indonesia, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

#### **1. Proses Alat Ukur Panel Listrik**

Proses kalibrasi terhadap KW meter, amperemeter, voltmeter, dan frequency meter dilaksanakan secara sistematis melalui tahapan persiapan, penetapan standar acuan, pelaksanaan pengukuran, analisis hasil, hingga penerbitan sertifikat kalibrasi. Seluruh tahapan mengacu pada standar internasional ISO/IEC 17025 dan IEC 60051, sehingga menjamin keterlacakan hasil ukur serta meningkatkan kredibilitas data. Hal ini membuktikan bahwa kalibrasi bukan sekadar proses teknis, tetapi juga bagian dari sistem manajemen mutu yang terukur dan terdokumentasi guna menjamin keandalan sistem kelistrikan kapal.

#### **2. Identifikasi Jenis Alat Ukur dan Fungsinya dalam Sistem Kelistrikan Kapal**

Instrumen yang menjadi objek kalibrasi terdiri atas voltmeter, amperemeter, KW meter, dan frequency meter. Keempat alat ukur ini memiliki fungsi krusial, yakni voltmeter memastikan kestabilan tegangan, amperemeter memantau arus dan mencegah overcurrent, KW meter mengukur daya aktif serta membantu penyeimbangan beban antar generator, dan frequency meter menjaga stabilitas frekuensi listrik agar peralatan beroperasi optimal. Identifikasi ini menegaskan bahwa keakuratan instrumen ukur merupakan faktor utama yang menentukan efisiensi, keamanan, dan kehandalan operasional sistem kelistrikan kapal.

#### **3. Tingkat Akurasi Sebelum dan Sesudah Kalibrasi**

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sebelum dilakukan kalibrasi, alat ukur mengalami deviasi pengukuran antara 2% hingga 10%, yang berpotensi

menurunkan keandalan sistem serta menimbulkan risiko gangguan operasional. Setelah dilakukan kalibrasi, deviasi menurun signifikan menjadi 0,17% hingga 3%, sehingga seluruh instrumen kembali berada dalam batas toleransi yang ditetapkan. Fakta ini membuktikan bahwa kalibrasi memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan akurasi alat ukur, menjamin keselamatan operasional kapal, serta mendukung efisiensi sistem kelistrikan secara menyeluruh.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa kalibrasi panel meter listrik kapal merupakan langkah fundamental yang tidak hanya berfungsi menjaga ketepatan pengukuran, tetapi juga mendukung penerapan standar keselamatan dan efisiensi energi di industri perkapalan. Dengan dilaksanakannya kalibrasi secara rutin dan terstandar, maka kualitas pengukuran dapat terjamin, operasional kapal lebih aman, dan keberlangsungan sistem kelistrikan dapat dipertahankan secara optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2019). *Manajemen Perawatan Alat Ukur di Industri Kelistrikan*. Surabaya: Graha Teknik.
- Arief, R. (2018). *Dasar-Dasar Pengukuran Listrik dan Elektronika*. Jakarta: Erlangga.
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *SNI 19-17025: Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Jakarta: BSN.
- Buchholz, W. (2019). *Power Measurement in Electrical Systems*. New York: McGraw-Hill Education.
- Darmadi, H. (2018). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Faisal, A., Nasution, R., & Siregar, M. (2012). Pengaruh Kalibrasi Alat Ukur terhadap Efisiensi Energi di Sistem Kelistrikan Industri. *Jurnal Teknologi Elektro*, 9(1), 21–29.
- Hariyadi, S., Wibowo, H., & Yulianto, D. (2019). Analisis Tingkat Akurasi Panel Meter Sebelum dan Sesudah Kalibrasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 17(2), 45–52.
- IEC. (2004). *IEC 60051: Direct Acting Indicating Analog Electrical Measuring Instruments and Their Accessories*. Geneva: International Electrotechnical Commission.
- International Maritime Organization (IMO). (2020). *Guidelines on the Maintenance of Electrical Measuring Equipment on Board Ships*. London: IMO Publishing.
- ISO. (2008). *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO/IEC. (2005). *Vocabulary of International Metrology (VIM)*. Geneva: ISO.
- ISO/IEC. (2017). *ISO/IEC 17025: General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories*. Geneva: ISO.
- Moleong, L. J. (2017). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: Remaja Rosdakarya.

- Nasution, E. (2019). Prosedur Kalibrasi Panel Meter Listrik di Industri Maritim. *Jurnal Rekayasa Elektro*, 6(1), 34–40.
- Pasaribu, F. I. (2020). *Teknik Kalibrasi dan Akurasi Panel Meter Listrik*. Medan: CV Elektro Nusantara.
- Prasetyo, B., & Wijaya, T. (2021). Kalibrasi Amperemeter dan Evaluasi Hasil Pengukuran. *Jurnal Teknik Elektro Kapal*, 13(1), 60–67.
- Ridwan, M. (2017). Standar Kalibrasi dan Ketertelusuran dalam Sistem Manajemen Mutu. *Jurnal Kalibrasi dan Instrumentasi*, 5(3), 18–25.
- Samsuri, T. (2016). *Pengantar Kelistrikan Kapal*. Jakarta: Penerbit Maritim Teknik.
- Sugeng, A. (2019). Manajemen Perawatan Panel Listrik Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 10(1), 55–63.
- Sulaiman, A. (2018). Penjadwalan Kalibrasi untuk Menjamin Keandalan Alat Ukur. *Jurnal Pemeliharaan Industri*, 7(2), 25–30.
- Sutopo, R. (2016). *Sistem Distribusi Listrik Kapal dan Monitoring Panel*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sutrisno, H. (2016). Pentingnya Kalibrasi dalam Sistem Pengukuran Listrik. *Jurnal Elektronika dan Instrumentasi*, 12(2), 10–15.
- Wahyudi, S. (2021). *Pengukuran dan Kalibrasi Instrumen Listrik*. Bandung: ITB Press.
- Widodo, D. (2015). *Pengantar Kalibrasi dan Sistem Ukur Listrik*. Jakarta: Gunadarma Press.
- Wildi, T. (2006). *Electrical Machines, Drives, and Power Systems* (6th ed.). New Jersey: Pearson Education.
- Yunus, A. M. (2020). Pengaruh Umur Alat terhadap Tingkat Akurasi Panel Meter. *Jurnal Teknik Energi*, 8(1), 14–22.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

NAMA : AIDIL KURNIANSYAH PARINDURI  
 NPM : 2107220065  
 Fakultas/Jurusan : TEKNIK ELEKTRO  
 Judul Skripsi : Analisis Proses Kalibrasi Alat Ukur Untuk Beberapa Jenis Panel Meter Listrik Kapal Di PT Waruna Shipyard Indonesia

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	24/02/2025	Revisi BAB I Rumusan masalah, Ruang lingkup, tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian	
2	21/04/2025	Revisi BAB II menggunakan teks Times New Roman	
3	29/04/2025	Tambahan gambar Volt meter, amperemeter, kW meter, Hz meter	
4	29/04/2025	Revisi BAB III lokasi dan waktu Penelitian	
5	05/05/2025	Perbaikan Flowchart	
6	05/05/2025	Ace Untuk sampul	
7			

Mengetahui  
Dosen Pembimbing

Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T.,



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
 Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Telp. (061)6622400

**LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN SKRIPSI**

NAMA : AIDIL KURNIANSYAH PARINDURI  
 NPM : 2107220065  
 FAKULTAS/JURUAN : TEKNIK/ELEKTRO  
 JUDUL : ANALISIS PROSES KALIBRASI ALAT UKUR UNTUK  
 BEBERAPA JENIS PANEL METER LISTRIK KAPAL DI PT  
 WARUNA SHIPYARD INDONESIA

No.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	14 Juli 2025	Perbaiki bab 3 pada metode penelitian.	
2.	21 Juli 2025	Perbaiki abstrack, dan perbaiki pada setiap sub bab halaman.	
3.	25 Juli 2025	Perbaiki dan penambahan kata pada setiap gambar, dan perbaiki pada bab 4 perbandingan hasil sebelum dan sesudah dilakukannya proses kalibrasi.	
4.	28 Juli 2025	Perbaiki diagram alir pada tanda panah, dan penambahan gambar pada proses kalibrasi serta keteranganya.	
5.	1 Agustus 2025	Perbaiki sub judul dan tabel secara detail.	
6.	5 Agustus 2025	ACC semhas	

Dosen Pembimbing



**Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
 Jl. Kapten Mochtar Basri No.3 Medan Telp. (061)6622400

LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN SKRIPSI

NAMA : AIDIL KURNIANSYAH PARINDURI  
 NPM : 2107220065  
 JUDUL : ANALISIS PROSES KALIBRASI ALAT UKUR UNTUK BEBERAPA  
 JENIS PANEL METER LISTRIK KAPAL DI PT WARUA SHIPYARD  
 INDONESIA

No.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	19 Agustus 2025	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perbaikan Pada Kesimpulan Penelitian</li> <li>• Perbaikan Abstrak</li> <li>• Perbaikan Hasil Deviasi</li> <li>• Perbaikan Penggunaan Kata Kata Asing</li> </ul>	
2.	20 Agustus 2025	ACC Sidang Meja Hijau	

Dosen Pembimbing

  
 Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP****DATA PRIBADI**

Nama : Aidil Kurniansyah Parinduri  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam  
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/28 Desember 2001  
Umur : 23 Tahun  
Alamat : Jl. Pembangunan Gg.H.Ruriz  
No Hp : 0815-3682-3767  
Email : [Aidilkurniansyah63@Gmail.Com](mailto:Aidilkurniansyah63@Gmail.Com)

**DATA ORANG TUA**

Nama Ayah : Solahuddin Parinduri  
Agama : Islam  
Nama Ibu : Yusnaida Lubis  
Agama : Islam  
Alamat : Jl. Pembangunan Gg.H.Ruriz

**PENDIDIKAN FORMAL**

- 2010-2015 : SD Alfalah Medan
- 2015-2017 : SMP Yayasan Hidayatul Islam
- 2017-2019 : SMK Negri 1 Percut Sei Tuan - teknik instalasi tenaga listrik
- 2021-2025 : S1 - Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)