

Volume 2, Nomor 1, Juni 2023

Jurnal Riset & Teknologi Terapan Kemaritiman

Penerbit :



**Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin**



e-ISSN: 2962-3359

Hak Cipta© 2023, Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Penggandaan atau penerjemahan sebagian/seluruh bagian dari jurnal ilmiah ini harus seijin tertulis Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Alamat Sekretariat:

Redaksi Jurnal Riset & Teknologi Terapan Kemaritiman (JRT2K)
Lantai 3, Gedung Naval A
Kampus Fakultas Teknik Gowa, Universitas Hasanuddin (UNHAS)
Jl. Poros Malino, km. 6, Bontomarannu
Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia
E-mail : jrt2k@unhas.ac.id
Website : <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jrt2k>

Staf Redaksi

- Pengarah : Dekan Fakultas Teknik, UNHAS
- Pemimpin Redaksi : Dr.Eng. Ir. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M.Eng
- Editor Pelaksana : Balqis Shintarahayu, ST, M.Sc.
- Dewan Redaksi : Ir. H. Zulkifly A. Yususf, MT
Muhdar Tasrief, ST., M.Eng., P.hD
Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl,-Ing
A. Haris Muhammad,MT.,PhD
Baharuddin, ST.,MT
Dr. Rahimuddin, ST., MT
Haryanti Rivai, ST., MT, PhD
Suryanti Hariyanto, ST., MT
Hasnawiyah Hasan, ST., M. Eng
Andi Husni Sitepu, ST., MT
Muhammad Iqbal Nikmatullah, ST., MT
Wira Setiawan, ST.,MT
Apriyansyah,ST.,MT
- Staf Kesekretariatan : Abdul Rahman, S.Sos
Indah Nur Hahyu, A.md, A.B

Kata Pengantar Redaksi

Assalamu Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Salam Hormat,

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin. Dalam kesempatan ini, kami dengan rendah hati mempersembahkan edisi terbaru Jurnal Ilmiah Jurnal Riset & Teknologi Terapan Kemaritiman (JRT2K) Volume 2 Nomor 1. Edisi terbaru JRT2K ini berisi artikel-artikel yang membahas berbagai topik penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan yang terkini dan relevan.

Edisi kali ini berisi 6 (enam) makalah yang membahas berbagai macam topik penelitian maupun pengabdian masyarakat yang menarik dan terkini dalam bidang teknik sistem perkapalan dan kemaritiman, diantaranya terdapat 4 (empat) makalah penelitian dan 2 (dua) makalah terapan riset.

Makalah pertama mengkaji bahaya dan risiko pada pekerjaan reparasi kapal, menganalisa tingkat risiko pada setiap pekerjaan, dan merumuskan langkah pengendalian risiko pada setiap bahaya yang ada pada pekerjaan reparasi kapal di PT. Afta Teknik Mandiri Shipyard Makassar. Sedangkan makalah kedua membahas permasalahan stabilitas lereng baik analisis statik maupun dinamik pada lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Non-Komersial, eksplorasi tanah dan pengujian rangkaian angka dilakukan untuk membantu persiapan desain, dengan parameter input untuk model SLOPE/W menggunakan metode Morgenstern-Price.

Makalah ketiga merencanakan sistem pembangkit listrik tenaga hybrid (angin - panel surya dan generator) pada kapal Ro-Ro 1500 GT yang merupakan kapal penyeberangan Lintas Lembar – Padang Bai untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dengan memaksimalkan penggunaan energi yang terbarukan. Makalah keempat yang merupakan makalah riset terakhir pada edisi ini mengevaluasi efisiensi gearbox dengan variasi tegangan listrik yang menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan, semakin tinggi efisiensi gearbox, dan semakin rendah tegangan, semakin besar torsi yang dihasilkan.

Makalah berikutnya adalah sebuah makalah tentang terapan riset yang melaksanakan pelatihan dan bimbingan pada masyarakat untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan mereka dalam teknologi pengelasan dan dapat berhasil menghasilkan produk hasil las yang baik. Makalah keenam atau yang terakhir juga melaksanakan kegiatan pelatihan berupa pengukuran kapasitas gross tonnage (GT) pada kapal kayu tradisional di Penajam Paser Utara. Program pelatihan ini adalah peningkatan kemampuan mitra sebagai pemilik kapal dan masyarakat untuk mampu menghitung tonase kapal yang dimiliki.

Kami mengucapkan terima kasih kepada para penulis dan reviewer yang telah berkontribusi dalam memastikan kualitas dari setiap artikel yang dimuat dalam edisi bulan Juni 2023. Semoga hasil-hasil riset inovatif yang terbit di edisi kali ini dapat bermanfaat bagi pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi serta umat manusia. Terima kasih kami ucapkan juga semua pihak yang telah membantu dalam proses pengelolaan, pengeditan, hingga produksi Jurnal Riset & Teknologi Terapan Kemaritiman.

Makassar, 30 Juni 2023

Dr.Eng. Faisal Mahmuddin, ST. M.Inf.Tech., M.Eng.
Pemimpin Redaksi

Daftar Isi

Staf Redaksi	i
Kata Pengantar Redaksi	ii
Daftar Isi	iv

✚ Riset KEMARITIMAN

Analisa Resiko dengan Job Safety Analysis (JSA) pada Pekerjaan Reparasi Kapal di PT. Afta Teknik Mandiri Shipyard Makassar	
Baharuddin, Haryanti Rivai, Andi Husni Sitepu, Tomy Benolexmana Purba	1-7
Static and Dynamic Slope Stability Analysis for Non-Commercial Nuclear Power Site	
Hijraini, Abdul Hafid	8-15
Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid pada Kapal Penyeberangan Lintas Lembar – Padang Bai	
Muhammad Alim Khairi Khalqih Nazril, Faisal Mahmuddin, Syerly Klara	16-25
Analisa Efisiensi Gearbox pada Motor Penggerak Listrik Kapal Nelayan	
Petra Yericen, Faisal Mahmuddin, Syerly Klara	26-32

✚ TERAPAN RISET

Aplikasi Teknologi Pengelasan dalam Mendukung Industri Rumah Tangga di Karang Joang, Balikpapan	
Andi Mursid Nugraha Arifuddin, Suardi, Alamsyah, Samsu Dlukha Nurcholik, Muhammad Uswah Pawara	33-38
Pelatihan Pengukuran Kapasitas Gross Tonnage (GT) pada Kapal Kayu Tradisional KUB. Mitra Nelayan Muara Baru di Penajam Paser Utara	
Muhammad Uswah Pawara, Daffa Ahmad Naufal, Irentya Anugra Baratau, Ade Fitri, Gusrawati, Sander V S Simatupang, Diva Syahirah Dwiyantri, Firman Veryvicasi Vernando Siagian, Hendra Eliakim Lumbantoruan, Alamsyah, Abdul Mujib Syadzali, Suardi, Andi Mursid Nugraha Arifuddin, Sutomo Bancin	39-45

Analisa Resiko dengan Job Safety Analysis (JSA) pada Pekerjaan Reparasi Kapal di PT. Afta Teknik Mandiri Shipyard Makassar

Baharuddin^{1,*}, Hariyanti Rivai¹, Andi Husni Sitepu¹, Tomy Benolexmana Purba¹

¹Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

*Email: baharmarine@yahoo.com

Abstrak

Potensi bahaya yang tinggi dan kecelakaan kerja yang terjadi pada PT. Afta Teknik Mandiri Shipyard Makassar khususnya pada pekerjaan reparasi kapal memerlukan perhatian lebih. Beberapa penyebabnya adalah perilaku tindakan tidak aman yang dilakukan oleh pekerja, kurangnya pengawasan dan pengecekan atau inspeksi peralatan kerja. Sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bahaya dan risiko pada pekerjaan reparasi kapal, menganalisa tingkat risiko pada setiap pekerjaan, dan merumuskan langkah pengendalian risiko pada setiap bahaya yang ada pada pekerjaan reparasi kapal. Dalam mengidentifikasi bahaya dan risiko metode yang digunakan adalah Job Safety Analysis (JSA). Untuk mengetahui nilai risiko maka harus menentukan tingkat kemungkinan suatu kejadian (Likelihood) dan tingkat keparahan yang di timbulkan (Severity). Setelah itu, digunakan tabel matriks untuk mengetahui peringkat risiko, dan pengendalian risiko berdasarkan standar *ILO code of practice: safety and health in shipbuilding and ship repair (revised edition)*. Terdapat 6 jenis pekerjaan pada reparasi kapal yaitu sandblasting dan painting, replating, pemeliharaan rantai dan jangkar kapal, pemeliharaan propeller dan poros propeller, tank cleaning dan pemeliharaan tongkat kemudi. Potensi bahaya yang teridentifikasi sejumlah 67 dengan uraian tingkat risiko ekstrim ada 4, tingkat risiko tinggi ada 33, tingkat risiko sedang ada 29, dan tingkat risiko rendah ada 1 pada 6 pekerjaan reparasi kapal.

Abstract

Risk Analysis with Job Safety Analysis (JSA) on Ship Repair Work at PT. Afta Teknik Mandiri Shipyard Makassar. High hazard potential and work accidents that occurred at PT. Afta Teknik Mandiri Shipyard Makassar, especially ship repair work, requires more attention. Some of the causes are the behavior of unsafe acts carried out by workers, lack of supervision, and checking or inspection of work equipment. So the purpose of this study was to determine the hazards and risks in ship repair work, analyze the level of risk in each job, and formulate risk control measures for each hazard in ship repair work. In identifying hazards and risks, the method used was Job Safety Analysis (JSA). To determine the value of the risk, it is necessary to determine the likelihood of an event (Likelihood) and the level of severity incurred (Severity). After that, a matrix table was used to determine the risk rating and risk control based on the standard *ILO code of practice: safety and health in shipbuilding and ship repair (revised edition)*. There are 6 types of work in ship repair, namely sandblasting and painting, replating, chain and ship anchor maintenance, propeller and its shaft maintenance, tank cleaning and steering rod maintenance. There were 67 identified potential hazards with a description of 4 extreme risk levels, 33 high-risk levels, 29 moderate-risk levels, and 1 low-risk level in 6 ship repair works.

Kata Kunci: Job Safety Analysis; Reparasi Kapal; ILO; Potensi Bahaya Kerja; Tingkat Risiko Kerja

1. Pendahuluan

Perusahaan galangan kapal merupakan suatu perusahaan yang bergerak di sektor industri kemaritiman dimana aktivitas utamanya yakni melakukan kegiatan pembangunan kapal (*new building*), perbaikan kapal (*ship repair*) maupun kegiatan pemeliharaan kapal

(*maintenance*). Sebagai perusahaan industri konstruksi kapal, aktivitas dan pekerjaan di galangan kapal cukup beragam serta kompleks serta mengandung potensi risiko kecelakaan kerja yang cukup tinggi.

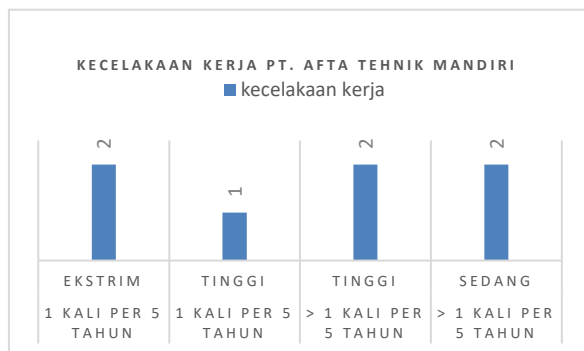
Dalam rangka meminimalisir risiko di perusahaan yang rawan mengalami kecelakaan kerja, maka penerapan program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) mutlak

diterapkan, bahkan ILO sebagai induk organisasi buruh internasional secara khusus telah mengeluarkan petunjuk dan prosedur pada pekerjaan reparasi kapal yang dikenal sebagai *code of practice: safety and health in shipbuilding and ship repair* merupakan aturan praktik mengenai keselamatan dan kesehatan dalam pembangunan dan perbaikan kapal [1].

Minimnya fasilitas alat keselamatan kerja terutama alat pelindung diri (APD) seringkali membuat pekerjaan reparasi kapal mengandung risiko dan bahaya didalamnya. Disisi lain kurangnya pengawasan dan kesadaran pekerja turut menjadi pemicu dan menjadi penyebab musibah yang mengancam keselamatan dan jiwa pekerja.

PT. Afta Teknik Mandiri Shipyard Makassar adalah salah satu perusahaan galangan kapal yang berlokasi di kota Makassar. Perusahaan ini mengkhususkan pada pekerjaan reparasi kapal. Tantangan terbesar yang dihadapi perusahaan adalah bagaimana mengelola dan mengurangi risiko yang melekat dalam setiap kegiatan reparasi dengan harapan perusahaan mampu bersaing dalam hal kualitas maupun kuantitas produk yang dihasilkan.

Data statistik kecelakaan kerja yang terjadi di PT. Afta Teknik Mandiri Shipyard Makassar dalam 5 tahun terakhir ditunjukkan sebagaimana pada Gambar 1.



Gambar 1. Data Kecelakaan kerja PT. Afta Teknik Mandiri (Sumber: PT. ATM Makassar)

Penelusuran lebih lanjut mengenai faktor penyebab kecelakaan kerja diatas yang diperoleh dari PT. Afta Teknik Mandiri Shipyard – Makassar terutama disebabkan oleh karena para pekerja tidak melengkapi diri dengan APD (alat pelindung diri) pada saat bekerja atau pekerja dalam melaksanakan pekerjaannya tidak berdasarkan pada tahapan dan standar operasional pekerjaan (SOP) yang ada.

Berangkat dari latar belakang diatas maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisa bahaya serta resiko pekerjaan di galangan terutama pada pekerjaan reparasi kapal di galangan PT. Afta Teknik Mandiri Shipyard – Makassar.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan dalam rentang antara bulan Juni hingga bulan Desember 2022, dimana data

penelitian diperoleh dengan cara sebagai berikut:

1. Melakukan observasi langsung kelapangan.
2. Melakukan wawancara dengan para pekerja serta manajemen perusahaan.
3. Menyebarkan form Kuesioner JSA.

2.2. Metode Analisa Data

Metode dan tahapan analisis dalam metode *Job Safety Analysis (JSA)* pada pekerjaan reparasi kapal dapat dijabarkan sebagai berikut [2] :

- a. Menentukan urutan dan tahapan dalam pekerjaan reparasi kapal.
- b. Menganalisa potensi bahaya dari masing-masing tahapan pekerjaan.
- c. Merumuskan tindakan dan langkah-langkah pencegahan dan pengendalian pada setiap potensi bahaya yang ada.

Potensi bahaya dapat diidentifikasi kedalam beberapa kategori yakni [3] :

- a. Potensi bahaya yang menimbulkan risiko jangka panjang pada kesehatan.
- b. Potensi bahaya yang menimbulkan risiko langsung pada keselamatan.
- c. Risiko terhadap kesejahteraan atau kesehatan sehari-hari.
- d. Potensi bahaya yang menimbulkan risiko pribadi dan psikologis.

Sedangkan dalam tahapan analisis dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut [4] :

- a. Melakukan Analisis dan Penilaian Risiko (*Risk Assessment*). Yakni menentukan standar nilai risiko suatu pekerjaan dan memperkirakan tingkat kemungkinan terjadinya suatu kejadian (*likelihood*) serta menentukan tingkat keparahan yang dapat ditimbulkan (*severity*). Dalam menentukan peringkat risiko digunakan tabel matriks risiko, dimana perhitungan skor risiko dilakukan dengan persamaan berikut;

$$\text{Skor risiko} = \text{likelihood} \times \text{consequences}$$

dimana,

- a) *Likelihood*: Kemungkinan risiko kecelakaan kerja terjadi
 - b) *Consequences*: Tingkat keparahan cedera
- b. Melakukan Analisis Pengendalian Risiko (*Risk Control*). Yakni analisis terhadap potensi bahaya dan risiko serta pengendaliannya. Pengendalian risiko dalam kesehatan dan keselamatan kerja terbagi dalam beberapa jenis pengendalian yaitu eliminasi, substitusi, pengendalian rekayasa, dan pengendalian administrasi [5].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Job Safety Analysis

Job Safety Analysis atau analisa keselamatan kerja merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk

mengidentifikasi bahaya serta menentukan pengendalian bahaya yang tepat pada suatu pekerjaan tertentu atau sebuah proses pekerjaan [6].

Objek kapal yang diteliti adalah kapal KT. Anggada IX yang sedang di reparasi di PT. Afta Teknik Mandiri – Shipyard, dengan data kapal sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal KT. Anggada IX

Ukuran Utama Kapal	
Panjang (LOA)	: 29 m
Lebar (Breadth)	: 25 m
Tinggi (Depth)	: 8,20 m
Sarat (draft)	: 2,50 m
Tonase Kotor (GT)	: 212
Tonase Bersih (NT)	: 64
Mesin Induk	: 2 x 1000 hp
Propulsi	: Fixed Pitch Propeller
Material Konstruksi	: Baja
Pemilik	: PT Pelindo Marine Service
Klas/Survey	: BKI/ Special Survey

Dengan jenis pekerjaan, durasi pekerjaan serta jumlah tenaga kerja yang terlibat sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2 [7].

3.2. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian risiko dilakukan untuk menganalisis dan menghitung besaran suatu risiko guna mengetahui apakah risiko tersebut dapat diterima

atau tidak. Dalam menentukan nilai tingkat keparahan (*consequences*) dan nilai kemungkinan kejadian (*likelihood*) diperoleh dari hasil pengisian kuesioner oleh responden.

Tabel 2. Jenis Pekerjaan, Durasi dan Jumlah Tenaga Kerja pada Reparasi Kapal KT. Anggada IX

No	Pekerjaan Docking repair	Durasi	Tenaga Kerja	Volume Pekerjaan
1	Pembersihan lambung	3 hari	7 orang	1331 m ²
2	Pengecatan	3 hari	5 orang	1697 m ²
3	Penggantian pelat lambung	10 hari	4 orang	3150 kg
4	Pemeliharaan rantai & jangkar	4 hari	5 orang	2 unit
5	Pemeliharaan propeller	6 hari	2 orang	6 unit 8 daun
6	Pemeliharaan poros propeller	6 hari	5 orang	2 unit
7	Pembersihan Tanki	3 hari	5 orang	3 ls
8	Pemeliharaan tongkat kemudi	6 hari	5 orang	2 unit

Selanjutnya nilai *consequences* dan *likelihood* yang paling banyak yang dipilih oleh para responden selanjutnya digunakan untuk menghitung tingkat risiko pada masing-masing pekerjaan seperti; *sandblasting*, *painting*, *replating*, pemeliharaan rantai dan jangkar kapal, pemeliharaan propeller dan poros propeller, *tank cleaning*, serta pemeliharaan tongkat kemudi.

Tabel 3. Analisis Resiko JSA pada Reparasi Kapal KT. Anggada IX

Pembersihan Lambung (Sand Blasting) Dan Pengecatan						
No	Tahapan Pekerjaan	Potensi Bahaya	L	C	Risk level	Kode
1	Pembersihan lambung kapal dari teritip atau kerang dengan sekrap.	Graving dock dipenuhi genangan air dan berlumpur.	3	2	6 (sedang)	1A
2	Badan kapal dari bottom/lunas sampai top side dicuci air tawar	Graving dock dipenuhi genangan air dan berlumpur.	3	2	6 (sedang)	2A
3	Melakukan sandblasting pada badan kapal	Debu pasir silica.	4	2	8 (tinggi)	3A
		Kebisingan.	4	2	8 (tinggi)	4A
		Selang sandblasting bocor.	3	4	12 (ekstrim)	5A
4	Melakukan pencampuran cat, thinner dan curing (pengeras)	Uap cat	3	2	6 (sedang)	6A
5	Pengecatan dasar / primer dari bottom sampai top side	Bekerja di ketinggian. Paparan uap cat.	3 3	3 2	9 (tinggi) 6 (sedang)	7A 8A
6	Pengecatan lapisan kedua atau AC (<i>anti corrosive</i>) dari bottom sampai batas garis air	Bekerja di ketinggian.	3	3	9 (tinggi)	9A
		Paparan uap cat.	3	2	6 (sedang)	10A
7	Pengecatan finish atau warna dari batas garis air s/d bulwark	Bekerja di ketinggian.	3	3	9 (tinggi)	11A
		Paparan uap cat.	3	2	6 (sedang)	12A
8	Pengecatan anti fouling dari bottom sampai batas garis air	Bekerja di ketinggian.	3	3	9 (tinggi)	13A
		Paparan uap cat.	3	2	6 (sedang)	14A
Penggantian Plat Lambung						
No	Tahapan Pekerjaan	Potensi Bahaya	L	C	Risk level	Kode
1	Pembersihan badan kapal	Graving dock dipenuhi genangan air dan berlumpur.	3	2	6 (sedang)	1B
		Debu pasir silica.	4	2	8 (tinggi)	2B
		Kebisingan.	4	2	8 (tinggi)	3B
		Selang sandblasting bocor.	3	4	12 (ekstrim)	4B
		Graving dock dipenuhi genangan air dan berlumpur.	3	2	6 (sedang)	5B
2	Pengecekan dan penandaan	Tabung, regulator dan selang rusak atau bocor.	3	4	12 (ekstrim)	6B
		Percikan api.	3	3	9 (tinggi)	7B
4	Fitting atau penyetulan plat yang akan diganti	Terpapar suhu panas.	3	2	6 (sedang)	8B
		Sling rusak atau putus.	2	4	8 (tinggi)	9B
		Rantai takel putus.	2	4	8 (tinggi)	10B
5	Pengelasan plat	Dongkrak rusak.	2	4	8 (tinggi)	11B
		Sinar las.	4	2	8 (tinggi)	12B
		Arus listrik.	3	3	9 (tinggi)	13B
		Terpapar suhu panas.	3	2	6 (sedang)	14B
		Percikan api.	3	3	9 (tinggi)	15B
		Asap pengelasan.	3	2	6 (sedang)	16B

PEMELIHARAAN RANTAI DAN JANGKAR KAPAL						
No	Tahapan Pekerjaan	Potensi Bahaya	L	C	Risk level	Kode
1	Mengatur meja kerja dengan crane	Sling rusak atau putus.	2	3	6 (sedang)	1C
2	Jangkar dan rantai jangkar diturunkan dan diatur diatas meja	Rem jangkar rusak.	2	4	8 (tinggi)	2C
3	Jangkar dan rantai jangkar diperiksa, diketok dan kemudian dibersihkan	Meja kerja licin .	3	2	6 (sedang)	3C
4	Jangkar dan rantai jangkar di sandblasting atau dibersihkan, kemudian dilakukan pengecatan	Debu pasir silica. Kebisingan. Selang sandblasting bocor. Uap cat.	4 4 3 3	2 2 4 2	8 (tinggi) 8 (tinggi) 12 (ekstrim) 6 (sedang)	4C 5C 6C 7C
PEMELIHARAAN PROPELLER DAN POROS PROPELLER						
No	Tahapan Pekerjaan	Potensi Bahaya	L	C	Risk level	Kode
1	Membersihkan propeller dengan sekrap	Graving dock dipenuhi genangan air dan berlumpur.	3	2	6 (sedang)	1D
2	Memindahkan daun propeller ke bengkel menggunakan crane	Sling rusak atau putus.	2	4	8 (tinggi)	2D
3	Melepas propeller dari poros dengan membuka nut propeller menggunakan kunci pas besar	Terkena palu-palu	3	2	6 (sedang)	3D
4	Pengelasan pada bagian-bagian propeller yang mengalami pengikisan	Sinar las. Arus listrik. Percikan api. Asap pengelasan.	4 3 3 3	2 3 3 2	8 (tinggi) 9 (tinggi) 9 (tinggi) 6 (sedang)	4D 5D 6D 7D
5	Propeller di gerinda dan dihaluskan sesuai kondisi awal dengan bentuk dan ketebalan yang sama	Percikan logam. Mata gerinda yang tajam.	4 3	2 3	8 (tinggi) 9 (tinggi)	8D 9D
6	Balancing	Tali lepas atau putus pada saat diangkat ke alat uji menggunakan forklift	1	3	3 (sedang)	10D
7	Pemasangan propeller pada poros	Terkena palu-palu	3	2	6 (sedang)	11D
8	Melepas sambungan poros propeller dengan flens kopling yang terdapat pada gear box di kamar mesin.	Lantai kamar mesin licin.	3	2	6 (sedang)	12D
9	Mengeluarkan poros propeller menggunakan alat bantu takel	Rantai takel putus	2	4	8 (tinggi)	13D
10	Memindahkan poros propeller ke bengkel menggunakan crane	Sling rusak atau putus	2	4	8 (tinggi)	14D
11	Membersihkan poros propeller di mesin bubut	Serutan mesin bubut yang tajam	3	2	6 (sedang)	15D
12	Pemasangan kembali poros propeller	Lantai kamar mesin licin. Rantai takel putus.	3 2	2 4	6 (sedang) 8 (tinggi)	16D 17D
TANK CLEANING						
No	Tahapan Pekerjaan	Potensi Bahaya	L	C	Risk level	Kode
1	Buka penutup manhole tangki	Terjepit penutup manhole.	2	2	4 (rendah)	1E
2	Masukkan blower agar suhu dan udara dalam kondisi baik	Tangga licin. Hawa panas. Gas.	3 4 3	3 2 3	9 (tinggi) 8 (tinggi) 9 (tinggi)	2E 3E 4E
3	Membersihkan tangki dari sisa-sisa muatan atau kotoran	Lantai licin.	3	2	6 (sedang)	5E
4	Mencuci tangki dengan air atau waterjet	Lantai licin.	3	2	6 (sedang)	6E
5	Menguras kembali air yang digunakan untuk mencuci tangki	Lantai licin.	3	2	6 (sedang)	7E
PEMELIHARAAN TONGKAT KEMUDI						
No	Tahapan Pekerjaan	Potensi Bahaya	L	C	Risk level	Kode
1	Melepas baut daun kemudi	Bekerja di ketinggian. Terkena palu-palu.	3 3	3 2	9 (tinggi) 6 (sedang)	1F 2F
2	Turunkan daun kemudi menggunakan alat bantu takel	Rantai takel putus.	2	4	8 (tinggi)	3F
3	Buka lengan kemudi dan turunkan tongkat kemudi menggunakan takel	Rantai takel putus.	2	4	8 (tinggi)	4F
4	Tongkat kemudi dinaikkan ke bengkel menggunakan crane	Sling rusak atau putus.	2	4	8 (tinggi)	5F
5	Tongkat kemudi dinaikkan ke mesin bubut dan dibubut rata untuk menyesuaikan kelonggaran poros kemudi terhadap bantalan	Serutan mesin bubut yang tajam.	3	2	6 (sedang)	6F
Total risiko bahaya					=	67 item
Presentase risiko rendah					=	2 %
Presentase risiko sedang					=	43 %
Presentase risiko tinggi					=	49 %
Presentase risiko ekstrim					=	6 %

Tabel 4. Matriks Risiko Pekerjaan Reparasi Kapal KT. Anggada IX

SKALA		CONSEQUENCES (KEPARAHAN)				
		1	2	3	4	5
LIKELIHOOD (KEMUNGKINAN)	5					
	4		(3A) (4A) (2B) (3B) (4C) (5C) (4D) (8D) (3E)			
	3		(1A) (2A) (6A) (8A) (10A) (12A) (14A) (1B) (5B) (8B) (14B) (16B) (3C) (7C) (1D) (3D) (7D) (11D) (12D) (15D) (16D) (5E) (6E) (7E) (2F) (6F)	(7A) (9A) (11A) (13A) (7B) (13B) (15B) (5D) (6D) (9D) (2E) (4E) (1F)	(5A) (4B) (6B) (6C)	
	2		(1E)	(1C)	(9B) (10B) (11B) (12B) (2C) (2D) (13D) (14D) (17D) (3F) (4F) (5F)	
	1			(10D)		

3.3. Pengendalian Risiko

Pengendalian risiko adalah suatu upaya yang dilakukan oleh perusahaan untuk mengurangi dan menghindari risiko yang akan terjadi. Pengendalian risiko kali ini menggunakan aturan praktik ILO (*International Labour Organization*) mengenai keselamatan dan kesehatan dalam pembangunan dan

perbaikan kapal. Dalam aturan praktik ILO membahas mengenai sistem manajemen kesehatan, persyaratan kesehatan dan keselamatan untuk pengoperasian dan tugas berbahaya pada pembangunan dan perbaikan kapal, bahan-bahan berbahaya, bahaya fisik, persyaratan keselamatan untuk alat, mesin dan peralatan, serta peralatan pelindung diri dan pakaian pelindung.

Tabel 5. Potensi Bahaya dan Saran Pengendalian pada reparasi kapal KT. Anggada IX

Pengendalian Risiko Pekerjaan Pembersihan Lambung dan Pengecatan		
No	Potensi Bahaya	Saran Pengendalian
1	Graving dock dipenuhi genangan air dan berlumpur	- Menguras genangan air. - Membersihkan graving dock dari kotoran atau lumpur
2	Debu pasir silica	- Memakai APD yang sesuai dengan aturan atau standar seperti respirator jenis filter serta pelindung mata, wajah, pendengaran dan kepala, overalls dan sarung tangan. - Memasang tanda atau batas saat melakukan sandblasting. - Penambahan jaring.
3	Kebisingan	- Memakai APD yang sesuai aturan dan standar seperti ear plugs. - Mengurangi tingkat kebisingan dan memasang tanda peringatan.
4	Paparan uap cat	- Memakai APD sesuai aturan dan standar seperti overalls, penutup kepala dan wajah, perlindungan pendengaran, respirator, dan sarung tangan.
5	Bekerja di ketinggian	- Memakai safety full body harness - Memastikan scaffolding atau peralatan yang digunakan kondisi baik.
6	Kebocoran pada selang sandblasting	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan sandblasting. - Memperhatikan jalur selang agar tidak kusut atau tertekuk.
Pengendalian Risiko Pekerjaan Penggantian Plat Lambung		
No	Potensi Bahaya	Saran Pengendalian
1	Graving dock dipenuhi genangan air dan berlumpur	- Menguras genangan air. - Membersihkan graving dock dari kotoran atau lumpur
2	Debu pasir silica	- Memakai APD yang dengan aturan seperti respirator jenis filter, pelindung mata, wajah, pendengaran dan kepala, overalls sarung tangan. - Memasang tanda atau batas saat melakukan sandblasting. - Penambahan jaring.
3	Kebisingan	- Memakai APD yang sesuai aturan dan standar seperti ear plugs. - Mengurangi tingkat kebisingan dan memasang tanda peringatan.

4	Kebocoran pada selang sandblasting	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan sandblasting. - Memperhatikan jalur selang agar tidak kusut atau tertekuk.
5	Percikan api	- Menjauhkan semua benda yang mudah terbakar. - Menyediakan APAR.
6	Terpapar suhu panas	- Menggunakan APD yang sesuai aturan atau standar seperti sarung tangan dan celemek yang tahan api.
7	Tabung, regulator, dan selang rusak atau bocor	- Memeriksa peralatan sebelum melakukan pekerjaan. - Memperhatikan jalur selang agar tidak kusut atau tertekuk. - Menyediakan APAR.
8	Sinar las	- Memakai APD yang sesuai aturan atau standar seperti kacamata las yang memiliki lensa filter yang sesuai.
9	Arus listrik	- Memeriksa kondisi peralatan terutama kabel pengelasan sebelum melakukan pekerjaan. - Memperhatikan kondisi kerja apalagi ditempat yang ada air atau basah. - Memakai APD yang sesuai aturan atau standar seperti sarung tangan yang terisolasi.
10	Asap pengelasan	- Memakai APD yang sesuai aturan atau standar seperti masker atau respirator.
11	Sling rusak atau putus	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan.
12	Rantai takel putus	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan. - Memperhatikan beban berat barang yang akan diangkat agar tidak melebihi kapasitas.
13	Dongkrak rusak	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan. - Memperhatikan beban berat barang yang akan diangkat agar tidak melebihi kapasitas.

Pengendalian Risiko Pekerjaan Pemeliharaan Rantai dan Jangkar Kapal

No	Potensi Bahaya	Saran Pengendalian
1	Sling rusak atau putus	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan. - Memperhatikan beban berat barang yang akan diangkat agar tidak melebihi kapasitas.
2	Rem jangkar rusak	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan. - Memperhatikan posisi aman pekerja agar tidak tertimpa rantai dan jangkar pada saat diturunkan.
3	Meja kerja licin	- Memasang papan dan keset di meja kerja. - Memakai APD yang sesuai dengan aturan atau standar seperti respirator jenis filter serta pelindung mata, wajah, pendengaran dan kepala, overalls dan sarung tangan.
4	Debu pasir silica	- Memasang tanda atau batas saat melakukan sandblasting. - Penambahan jaring.
5	Kebisingan	- Memakai APD yang sesuai aturan dan standar seperti ear plugs. - Mengurangi tingkat kebisingan dan memasang tanda peringatan.
6	Uap cat	- Memakai APD yang sesuai aturan dan standar seperti overalls, penutup kepala dan wajah, respirator, dan sarung tangan.
7	Kebocoran pada selang sandblasting	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan sandblasting. - Memperhatikan jalur selang agar tidak kusut atau tertekuk.

Pengendalian Risiko Pekerjaan Pemeliharaan Propeller dan Poros Propeller

No	Potensi Bahaya	Saran Pengendalian
1	Graving dock dipenuhi genangan air dan berlumpur	- Menguras genangan air. - Membersihkan graving dock dari kotoran atau lumpur
2	Lantai kamar mesin licin	- Memasang keset di jalur pekerja - Membersihkan lantai yang basah atau berminyak.
3	Rantai takel putus	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan. - Memperhatikan beban berat barang yang akan diangkat agar tidak melebihi kapasitas.
4	Sling rusak atau putus	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan. - Memperhatikan beban berat barang yang akan diangkat agar tidak melebihi kapasitas.
5	Sinar las	- Memakai APD yang sesuai aturan atau standar seperti kacamata las yang memiliki lensa filter yang sesuai. - Memeriksa kondisi peralatan terutama kabel pengelasan sebelum melakukan pekerjaan.
6	Arus listrik	- Memperhatikan kondisi kerja apalagi ditempat yang ada air atau basah. - Memakai APD yang sesuai aturan atau standar seperti sarung tangan yang terisolasi.
7	Percikan api	- Menjauhkan semua benda yang mudah terbakar. - Menyediakan APAR.
8	Asap pengelasan	- Memakai APD yang sesuai aturan atau standar seperti masker atau respirator.
9	Percikan logam	- Memakai APD yang sesuai aturan atau standar seperti tameng wajah

Pengendalian Risiko Pekerjaan PEMELIHARAAN PROPELLER dan POROS PROPELLER

No	Potensi Bahaya	Saran Pengendalian
10	Mata gerinda yang tajam	- Memakai safety gloves
11	Tali lepas atau putus pada saat diangkat ke alat uji menggunakan forklift	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan. - Memperhatikan beban berat barang yang akan diangkat agar tidak melebihi kapasitas.
12	Tajam nya serutan mesin bubut	- Memakai APD yang sesuai aturan atau standar seperti safety gloves.
13	Terkena palu-palu	- Memakai safety gloves.

Pengendalian Risiko Pekerjaan PEMBERSIHAN TANGKI

No	Potensi Bahaya	Saran Pengendalian
1	Terjepit penutup manhole	- Memakai safety gloves - Tidak memaksakan jika beban terlalu berat.
2	Tangga licin	- Membersihkan tempat pijakan agar tidak berminyak.
3	Lantai licin	- Memasang keset untuk tempat pijakan pekerja.
4	Hawa panas	- Memberi air minum ke pekerja agar tidak dehidrasi.
5	Gas	- Memakai respirator atau masker gas yang sesuai aturan atau standar.

Pengendalian Risiko PEMELIHARAAN TONGKAT KEMUDI

No	Potensi Bahaya	Saran Pengendalian
1	Bekerja di ketinggian	- Memakai safety full body harness - Memastikan scaffolding atau peralatan yang digunakan kondisi baik.
2	Terkena palu-palu	- Memakai safety gloves.
3	Rantai takel putus	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan. - Memperhatikan beban berat barang yang akan diangkat agar tidak melebihi kapasitas.
4	Sling rusak atau putus	- Memeriksa kondisi peralatan sebelum melakukan pekerjaan. - Memperhatikan beban berat barang yang akan diangkat agar tidak melebihi kapasitas.
5	Tajam nya serutan mesin bubut	- Memakai APD yang sesuai aturan atau standar seperti safety gloves.

4. Kesimpulan

Dari 6 jenis pekerjaan dalam kegiatan reparasi kapal yakni; pembersihan lambung (*sandblasting*), penggantian plat lambung (*replating*), pemeliharaan rantai dan jangkar, pemeliharaan propeller, pemeliharaan poros propeller, pembersihan tangki dan pemeliharaan tongkat kemudi, jika diuraikan kedalam jenis pekerjaan dengan beresiko tinggi sebanyak 33 item, pekerjaan beresiko sedang sebanyak 29 item, dan pekerjaan beresiko rendah sebanyak 6 item. Pada prinsipnya, pengendalian risiko dapat dilakukan melalui pengendalian secara teknis dan pengendalian secara administratif.

Referensi

[1] International Labour Organization, "ILO code of practice : Safety and Health in Shipbuilding and Ship Repair (Revised edition). International

Labour Office," 2019 [Online]. Available: <https://www.ilo.org/sector/Resources/publications>

[2] Ardinal, *Analisa Keselamatan Kerja (Job Safety Analysis)*. Jakarta: Yong Ardinal Rhuekamp, 2020.

[3] "6 Langkah Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko Sesuai Standar OSHAS", [Online]. Available: www.SafetySign.co.id

[4] M. W. S. Ratri and W. Yusuf, "Operability Study Melalui Perangkingan Risk Assessment Studi Kasus : Divisi Spinning Unit 4 Ring Yarn Pt Apac Inti Corpora," 2016, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id>

[5] OSHAS, *Occupational Health and Safety Management Systems Require-ments*. United Kingdom: BSI, 2017.

[6] M. Fatimah, I. P. Mulyanto, and Chrismianto, "Reschedule Reparasi Lambung Pada Kapal TB. Pancaran 811 dan BG. Alike 101 Dengan Shop Level Planning and Scheduling Berbasis CPM," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 20, no. 10, pp. 73–77, 2022.

Static and Dynamic Slope Stability Analysis for Non-Commercial Nuclear Power Site

Siti Hijraini Nur^{1,*}, Abdul Hafid²

¹*Civil Engineering Department, Hasanuddin University, Makassar, Indonesia 90245*

²*National Research and Innovative Agency, Jalan M.H Thamrin, Jakarta Pusat 10340*

*Email: hijraininur@unhas.ac.id

Abstract

This paper discuss slope stability problems both static and dynamic analysis in Non-Commercial Nuclear Power site. Soil exploration and number series of test were made to assist in preparing design, carried out input parameter for SLOPE/W model with Morgenstern-Price method. Morgenstern-Price method considers both shear and normal forces, satisfies both moment and force equilibrium, and allows for a variety of user-selected interslice force function. Slope stability analysis results in static modeling conditions relatively safe with the number of safety factors are 2.937 for normal condition and 2.292 when ground water table increase. In the condition of earthquake loads of the 1000-year period with a ground level peak acceleration value of 0.406 g, safety factor value analysis dropped to 0.914. Dynamic Slope stability analysis results pore water pressure shows a different pattern compared to the initial conditions at 0 seconds, total stress pattern does not change, while the vertical effective stress and displacement pattern changes very significantly.

Keywords: Slope Stability; Static Analysis; Dynamic Analysis; Morgenstern-Price Method

1. Introduction

Geotechnical investigation was done in order to attain the data needed to evaluate the site for Non-Commercial Nuclear Power Site, as such has been conditioned in head of BAPETEN regulation No. 5 year 2007 about the safety control of Nuclear Reactor Site Evaluation.

One of the geotechnical disasters is landslide, which is why geotechnical aspect and site evaluation are highly required for the sufficiency analysis based upon the geotechnical hazard potential. Soil Exploration and number series of test were made to assist in preparing design. Certain general subsurface information is generated by state agencies in this collaborative research report. Description of soils, water levels, bedrock locations, topography, geophysical logging, and laboratory data obtain very detail and contained very useful information to evaluated landslide potential [1]–[3].

The invention of computers has led to the development of more sophisticated techniques. Currently, software like GeoStudio and Geo5 are used to carry out the majority of slope stability evaluations. The integrated of the software suite enables you to assemble many analyses performed using various products into a single modeling project. For example

SLOPE/W can efficiently assess a variety of slip surface shapes, pore-water pressure conditions, soil parameters, analytical methodologies, and loading circumstances for basic and complex situations. Quake/W is also a powerful finite element software product for modeling earthquake liquefaction and dynamic loading which determines the motion and excess pore water pressure that arise due to shaking, blast or sudden impact factor.

In this paper we use SLOPE/W and QUAKE/W to evaluate the static and dynamic slope stability analysis in Non-Commercial Nuclear Power Site in Serpong.

2. Methodology

SLOPE/W may use a wide range of soil models to use limit equilibrium to describe diverse soil types, intricate stratigraphic and slip surface geometry, and varying pore-water pressure conditions. Both deterministic and probabilistic input parameters can be used for analyses [4], [5].

For the most thorough slope stability study currently possible, stresses calculated using a finite element stress analysis may be utilized in addition to the limit equilibrium computations. SLOPE/W can assess virtually any slope stability issue you will run into in your geotechnical, civil, and mining

engineering projects because to its broad range of capabilities [4], [6], [7].

Since slope stability is a statically indeterminate problem, engineers have a variety of analytical techniques at their disposal. The finite element method (FEM), limit analysis method, limit equilibrium method (LEM), and finite difference method can all be used to analyze slope stability [8], [9]. The majority of limit equilibrium approaches rely on slice techniques, which can be either vertical, horizontal, or inclined [10], [11].

In contrast to a strict mechanical premise, the first slice approach by Fellenius was more based on engineering intuition. Bishop, Janbu et al., Lowe and Karafiath, Morgenstern and Price, and Spencer all made significant contributions to the rapid development of the slice methods in the 1950s and 1960s (1967) [12], [13]. The numerous 2D slice limit equilibrium analysis techniques have been thoroughly reviewed and condensed by Fredlund and Krahn, 1984; Nash, 1987; Morgenstern, 1992; Duncan, 1996. Zhu et al. have outlined the common traits of the ways of slices [13], [14]:

- (a) A finite number of slices make up the sliding body over the failure surface. Although the slices are typically cut vertically, some studies have also used horizontal and angled cuts. The vertical cut is currently used by the majority of engineers since the variations between other ways of cutting are generally not significant.
- (b) To get the sliding body into a limit state, the strength of the slip surface is mobilized to the same extent. That indicates that only one safety factor is used throughout the entire failure mass.
- (c) To make the problem deterministic, inter-slice force assumptions are used.
- (d) Equations for force and/or moment equilibrium are used to calculate the factor of safety.

The ratio of the ultimate shear strength divided by the mobilized shear stress at incipient failure is typically used to define the factor of safety for slope stability analyses. The factor of safety F can be formulated in a variety of ways [6], [15], [16]. The most typical formulation for F is defined with reference to the force or moment equilibrium and assumes that the factor of safety is constant along the slip surface:

- (1) Moment equilibrium: Rotational landslide analysis is frequently employed. The factor of safety F_m defined with regard to moment is given by when a slip surface is taken into consideration

$$F_m = \frac{Mr}{Md} \quad (1)$$

where Mr is the sum of the resisting moments and Md is the sum of the driving moment.

- (2) Force equilibrium: usually used to describe slip surfaces made up of polygonal or flat shapes that

fail in translation or rotation. The force-related definition of the factor of safety F_f is provided by:

$$F_f = \frac{Fr}{Fd} \quad (2)$$

where Fr is the sum of the resisting forces and Fd is the sum of the driving forces.

3. Study and Analysis

3.1. Soil characteristics

Analysis of layer characteristics is carried out by combining result geotechnical data and geophysical testing. Geotechnical data includes observations of core rock and SPT values obtain by soil investigation with deep borehole and open cut as shown in Figure 1 and Figure 2.

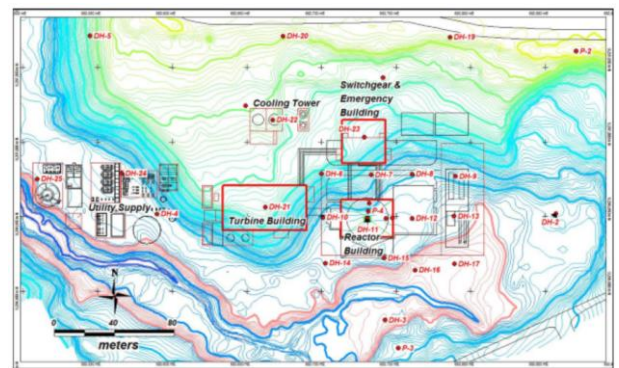


Figure 1. Point of soil investigation by deep borehole on site

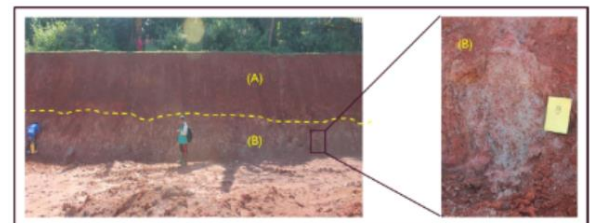


Figure 2. Stratigraphy and layer characteristics on site

Groundwater level data obtained from manually measuring results. Maximum groundwater level conditions obtained from the results of assumptions and extrapolation based on groundwater level monitoring data on the site. Laboratory analysis is carried out at the soil mechanics laboratory and rock mechanics laboratory according to the material being analyzed. Laboratory analysis is divided into two types; physical / index properties, and technical properties [17] Physical / index properties include gradation analysis, percentage of fine grains, atterberg limits, specific gravity, moisture content, relative density, and compacting. Technical properties include consolidation, permeability, salinity, direct shear, unconfined compressive strength, triaxial UU, CU, CD, and cyclic Triaxial.

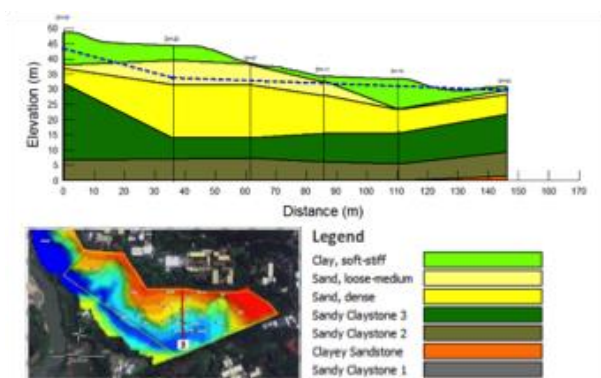


Figure 3. Slope section A-A with ground water table

Data input for soil parameter in SLOPE/W analysis for Morgenstern and Price method is shown in Table 1.

Value of bulk density and saturated is determined from the average value of the sample in the same layer and CU triaxial analysis in effective conditions. Data on the effective shear strength of the clay soft-stiff layer were obtained from the DH-1 and loose-medium sand layer obtained from DH-23. Correlation with average SPT data are performed to compare empirical values, especially ϕ values (internal friction) for sand layer. The shear strength value of the Sand dense layer is taken from the empirical value obtained from the SPT results.

Table 1. Input data of soil parameter

Layer	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_n (kN/m ³)	ϕ' (deg)	c' (kN/m ²)	N SPT (average)	ϕ_{emp} (deg)	c (kN/m ²)
1. Clay, soft-stiff	15.12	14.97	31.62	43.12	9.80	N/A	N/A
2. Sand, loose-medium	15.73	14.95	33.60	0.00	17.40	38.00	0.98
3. Sand, dense	18.27	16.12	-	-	43.70	35.00	0.98
4. Sandy claystone			Bedrock		42.50		
5. Clayey sandstone			Bedrock		50.00		

Layer	Volume Weight (kN/m ³)	Poisson's Ratio	Damping Ratio
Clay	15.03		
Sand Loose-Medium	15.32		
Sand, Dense	19.72	0.334	0.2
Sand Claystone 3	12.14		
Sand Claystone 2	11.76		
Clayey Sandstone	12.81		

3.2. Static slope stability analysis

Analysis using the Morgenstern-Price method with software SLOPE/W. Morgenstern and Price (1965) developed a method similar to the Spencer method, they developed two factor of safety equations; one with respect to moment equilibrium and another with respect to horizontal force equilibrium, but they allowed for various user-specified interslice force functions.

The interslice functions available in SLOPE/W for use with the Morgenstern-Price (M-P) method are:

- Constant
- Half-sine
- Clipped-sine
- Trapezoidal
- Data-point specified

Selecting the Constant function makes the M-P method.

For illustrative purposes, let us look at a M-P analysis with a half-sine function with the result as presented in Figure 4 while Figure 5 shows how the moment and force factors of safety vary with lambda. The M-P Factor of safety occurs where the two curves across.

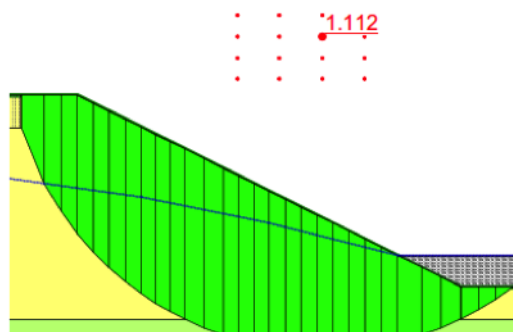


Figure 4. Results of Morgenstern price analysis

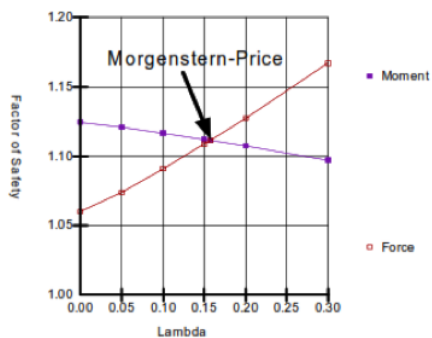


Figure 5. Morgenstern Price SF with half-sine function

The specified and applied interslice force functions are shown in Figure 6. The specified function has the shape of a half-sine curve. The applied function has the same shape, but is scaled down by a value equal to lambda which is 0.145. Consider the forces on Slice 10 (Figure 7). The specified function at Slice 10 is 0.86 and lambda is 0.146. The normal force on the right side of Slice 10 is 316.62. The corresponding interslice shear then is,

$$X = E\lambda f(x)$$

$$X = 316.62 \times 0.146 \times 0.86$$

$$X = 39.7$$

This matches the interslice shear value on the free body diagram in Figure 7.

A significant observation in Figure 7 is that the M-P Factor of Safety (cross over point) is lower than the Bishop's Simplified Factor of Safety (moment equilibrium by lambda zero).

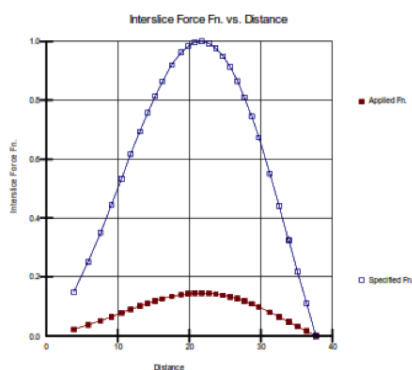


Figure 6. Interslice half sine-function

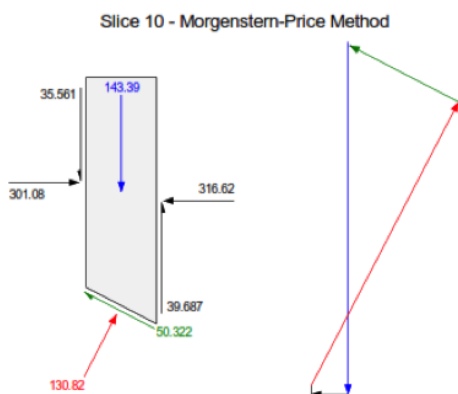


Figure 7. Free body and force polygon

This is because the moment equilibrium curve has a negative slope. This example shows that a simpler method like Bishop's Simplified method that ignores interslice shear forces does not always err on the safe side. A more rigorous method like the M-P method that considers both interslice shear and normal forces results in a lower factor of safety in this case.

In summary, the Morgenstern-Price method:

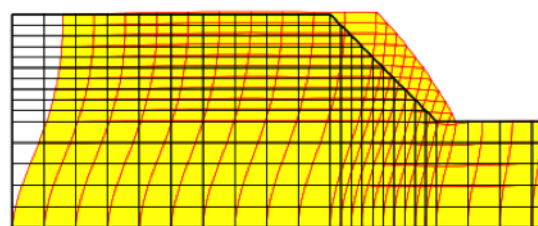
- Considers both shear and normal interslice forces,
- Satisfies both moment and force equilibrium, and
- Allows for a variety of user-selected interslice force function.

3.3. Dynamic slope stability

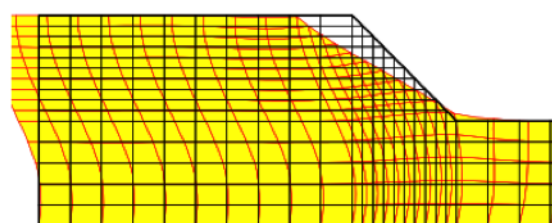
In SLOPE/W, dynamic effects can be considered in several ways. The simplest is a pseudostatic type of analysis. A more complex way is to use QUAKE/W finite element dynamic stresses and pore-water pressures together with SLOPE/W.

QUAKE/W can animate the motion of the slope during the entire 10 seconds. The diagrams in Figure 8 are two snapshots during the shaking and as is readily evident, the dynamic stresses oscillate dramatically.

The condition in Figure 8(a) may cause the factor of safety to decrease while the situation Figure 8(b) may cause the factor of safety to increase. This type of information is available for each time step the results are saved to a file during analysis. In this example, the integration along the earthquake record occurred at an interval of 0.02 seconds. The total of 500 integration steps is consequently required for the 10 seconds of shaking. The results were saved for every 10th time step resulting in 50 sets of output files.



(a)



(b)

Figure 8. A snapshot of deformation during an earthquake

SLOPE/W computes a factor of safety for each time step the data is saved to a file. For this example, SLOPE/W computes 50 safety factors. These safety

factors can then be plotted versus time as shown in Figure 9. The graph vividly illustrates the oscillation in the factor of safety as noted earlier. Note that the factor of safety momentarily falls below 1.0 several times during the shaking.

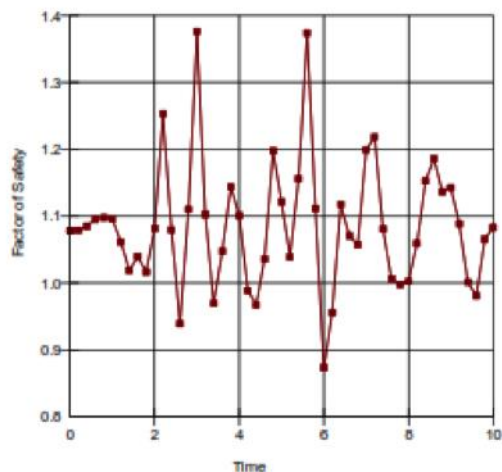


Figure 9. Factor of safety Vs time

Soil dynamic parameters can be determined based on the results of measurements in situ in the field such as seismic cross hole tests, seismic down-holes (up-hole tests), Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW), microtremor array or test results laboratories such as the resonant column test, cyclic triaxial test, and cyclic direct simple shear test. Soil dynamic parameters needed for propagation analysis. Shear waves are dynamic shear modulus, G_{max} , or shear wave velocity, V_s , dynamic damping material, ξ , and the relationship between shear modulus and damping ratio with shear strain. The maximum dynamic shear modulus (G_{max}) is usually correlated with the shear wave velocity (v_s) at a small strain (+ 10-4%) as:

$$G_{max} = v_s^2 \gamma / g \quad (3)$$

where : γ = unit weight, and g = gravity velocity

In this study the shear wave velocity profile (V_s 30) uses cross-hole data up to a depth of 100 meters and data from the study of microtremor arrays to bedrock to correlate it with G_{max} values as discussed above. From the results of the study of speed profiles shear waves using the microtremor array method obtained a value of v_s 750 m/s at a depth of approximately 390 meters. Velocity v_s value of 750 m/s is considered as v_s value of bedrock.

4. Results

4.1. Static slope stability analysis

Groundwater level data is obtained from direct measurement results inside drill holes using a dipmeter. Based on the results of permeability tests, the ground water system at the site is a free ground water system and there is no depressed ground water so that

groundwater data is entered as phreatic not as a piezometric level.

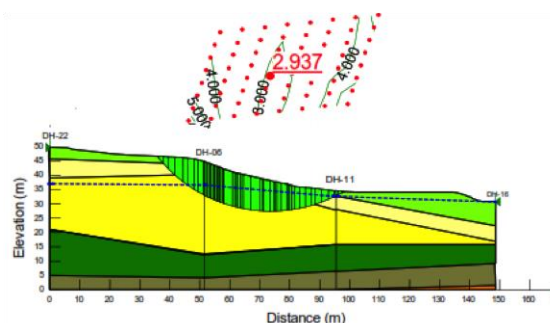


Figure 10. Slope stability analysis normal condition

Analysis of slope stability under normal conditions results in a value minimum security 2,937 as shown in Figure 10. Analysis of slope stability with a water level rise scheme the soil is done by considering the groundwater level observation data, and the maximum possible groundwater level rise. Based on scheme for maximum groundwater level rise, models are set for calculation with an increase in ground water level of 2 m obtained the safety factor of 2.282 as shown in Figure 11.

Simulation calculations with the peak acceleration scheme on the surface of 0.406 produce a safety factor of 0.914 (Figure 12).

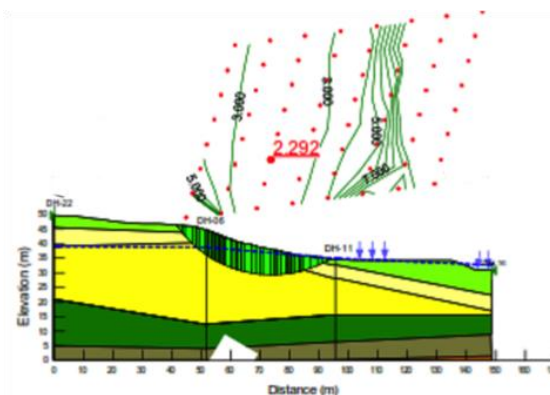


Figure 11. Slope Stability Analysis increase in ground water level

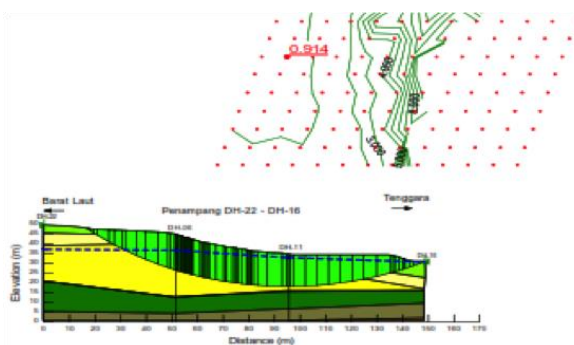


Figure 12. Slope Stability Analysis with peak acceleration on the surface

4.2. Dynamic slope stability analysis

Physical and mechanical parameters for input in the analysis are shown in Table 1. Pore-Water Pressure (PWP) Function in the form of Spline Data Point Function type with estimated parameter N exponent = 0.7. Cyclic Number Function is a type of Spline Data Function with Estimated material samples are Loose Sand, Medium Loose Sand, Medium Dense Sand, and Dense Sand (adjusting to the material). Mesh distribution using 5 m (Approx. Global Element Size = 5 m) as shown in Figure 13. Boundary conditions made with the left and right "Fixed X" and the bottom "Fixed XY".

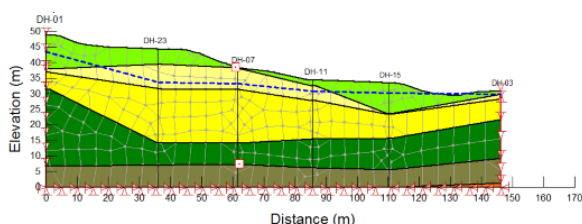


Figure 13. Cross section analysis and mesh properties

Initial pore water pressure ranges from 0 kPa at ground water level position and reaches 200 kPa at a depth of 30-40 m. The results of the initial condition analysis for pore water pressure, total stress, and effective vertical stress are shown in Figure 14.

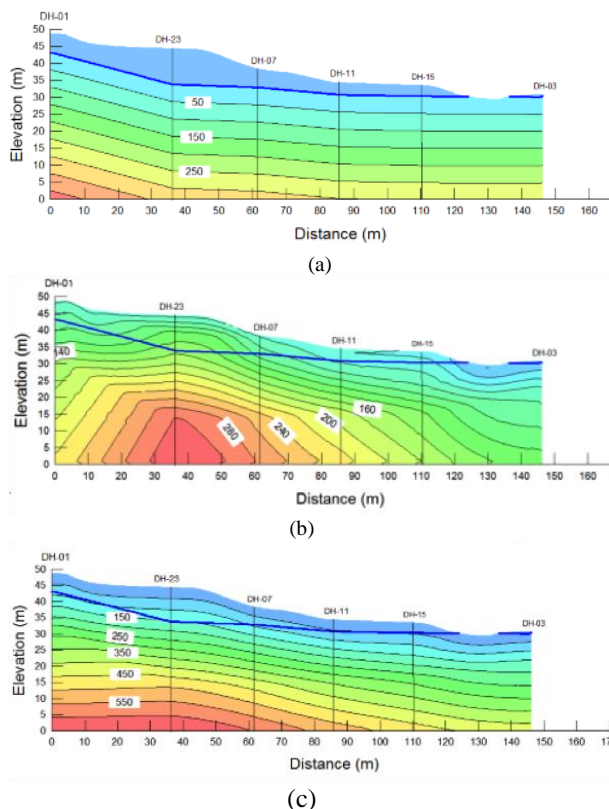


Figure 14. Analysis results of initial condition. (a) pore water pressure; (b) total stress and; (c) effective vertical stress

The graph of acceleration vs time in a 1000 year return period earthquake can be seen in Figure 15. In the boundary condition section, the left and right sides of the fixed Y, and the bottom fixed X and Y. History points are set at the bottom and at the top of the cross section to show the ground's response to the earthquake in a position on the surface and far from the surface.

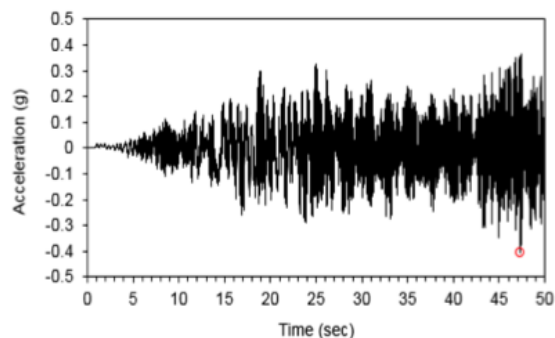


Figure 15. Acceleration Vs time

Based on the analysis results obtained graphs of ground response to earthquakes are depicted on the horizontal acceleration graph each time unit based on the history point position Figure 16 and 17. Horizontal earthquake acceleration graph shows the earthquake acceleration on the surface is greater than the history point position in the depth.

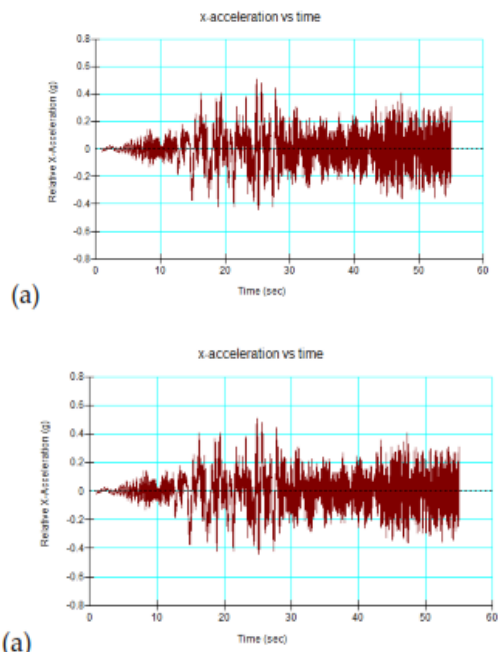


Figure 16. Graph of earthquake acceleration on (a) ground level, and; (b) a depth of 32 m from ground level

Graph relative lateral displacement at the history point position on the surface and below the surface shows changes in the position of soil material unity of time when experiencing earthquake acceleration. In the position at the bottom, displacement between 0 - 2 cm, while on the intermediate surface 0 - 5.5 cm. Graph of

the relationship between relative displacement and position soil depth on the line that connects the point history at the top and below are shown in Figure 18. The lines show displacement pattern at a time unit that varies between 25 – 50 seconds.

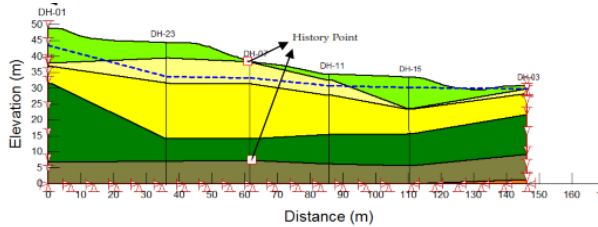


Figure 17. History point position

Pore water pressure pattern at the 25th earthquake seconds shows a different pattern compared to the initial conditions at 0 seconds.

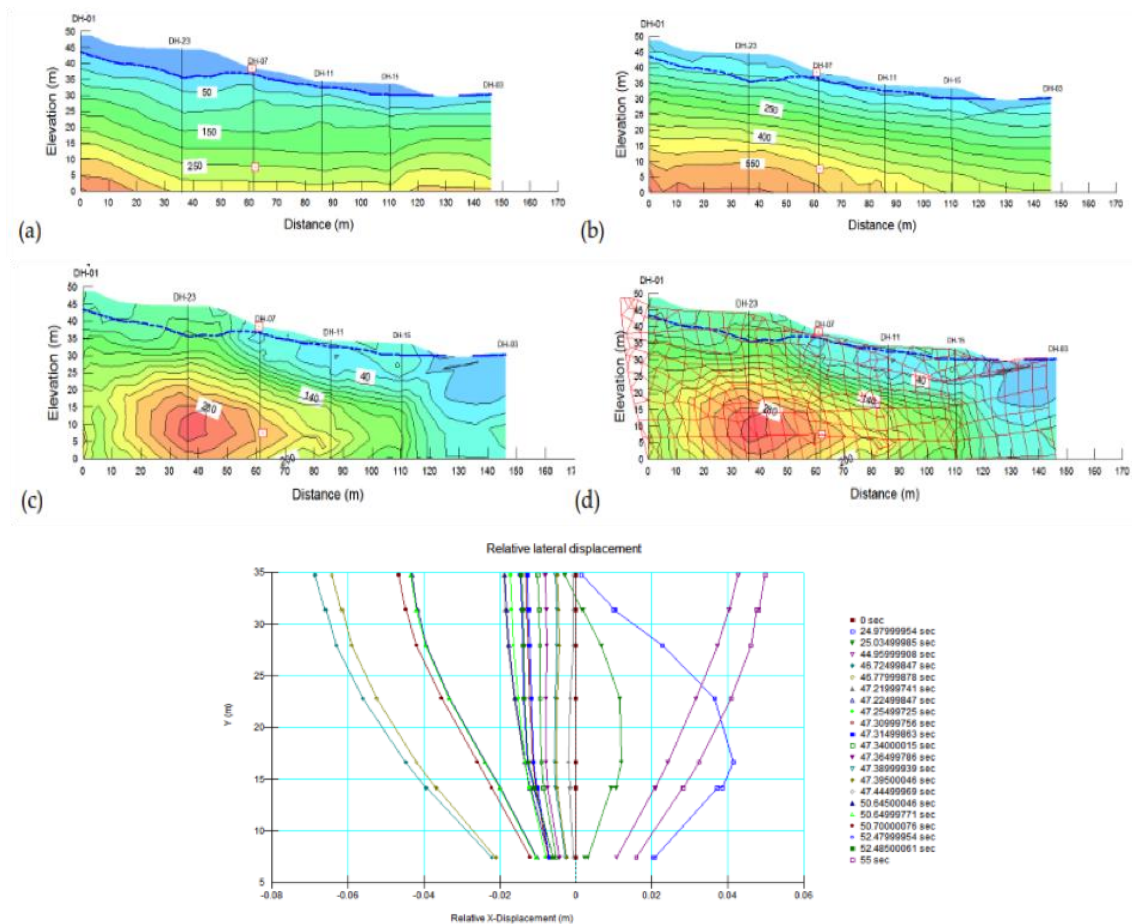


Figure 19. Cross section (a) pore water pressure, (b) total stress, (c) vertical effective stress, and (d) displacement

5. Conclusion

Slope stability analysis results in static modeling conditions relatively safe with the number of safety factors are 2.937 for normal condition and 2.292 when ground water table increase. The safety factor value analysis decreased to 0.914 under the condition of

The total stress pattern does not change, while the vertical effective stress pattern changes very significantly. In the 46th second ground vibrations reach the top with a shift of 7 cm so that stress patterns in the soil are relatively far changed from the initial conditions (Figure 19).

Figure 18. Horizontal displacement vs. depth (Y) graph in units of time

earthquake loading of the 1000-year re-period with a ground level peak acceleration value of 0.406 g. Dynamic Slope stability analysis results pore water pressure shows a different pattern compared to the initial conditions at 0 seconds, total stress pattern does

not change, while the vertical effective stress and displacement pattern changes very significantly.

References

- [1] H. Syaeful, "Studi Geoteknik dan Geohidrologi di Lokasi Longsor Belakang Gedung 50-52." 2003.
- [2] H. Syaeful and Sartapa, "Pengujian Permeabilitas, Perhitungan dan Implementasi Penurunan Tekanan Pori pada Tanah di Lereng Belakang Gedung 50-52, PTLR-BATAN," *Eksplorium*, vol. 30, no. 151, 2009.
- [3] H. Syaeful, "Penyalir Mendatar: Tujuh Tahun Penanggulangan Longsor di Area Puspiptek," *Publ. Ilm. Pendidik. dan Pelatih. Geol.*, vol. VI, no. 2, 2010.
- [4] V.E. Morgenstern N.R. and Price, "The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces," *Geotechnique*, vol. 15, pp. 79–93, 1965.
- [5] E. Spencer, "A method of analysis for stability of embankments using parallel inter-slice forces," *Geotechnique*, vol. 17, pp. 11–26, 1967.
- [6] H. Y.-F. L. Wei-Ming Jiang Qing-Qing, "Three dimensional stability analysis of stratified rock slope based on ubiquitous-joint model," *Rock Soil Mech.*, vol. 30, no. 3, pp. 712–716, 2019.
- [7] P. Lumb, "Safety Factors and the Probability Distribution of Soil Strength," *Can. Geotech. J.*, vol. 7, no. 3, pp. 225–242, 1970.
- [8] K. A. Aryal, "Slope Stability Evaluations by Limit Equilibrium and Finite Element Methods." 2006.
- [9] J. Krahn, "The 2001 R.M. Hardy Lecture: The Limits of Limit Equilibrium Analyses," *Can. Geotech. J.*, vol. 40, pp. 643–660, 2003.
- [10] I. K. C. H. Bardet J. P. and LIN, "EERA: A computer program for Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses of layered soil deposits." 2000.
- [11] J. P. T Bardet and TOBITA, "NERA a computer program for Nonlinear Earthquake site Response Analyses of Layered Soil Deposits." p. 46, 2001.
- [12] A. W. N. Bishop and Morgenstern, "Stability coefficients for earth slopes. *Geotechnique*," vol. 10, no. 4, pp. 164–169, 1960.
- [13] M. N. R. C. D.M. El-Ramly H., "Probabilistic Slope Stability Analysis for Practice," *Can. Geotech. J.*, vol. 39, pp. 665–683, 2002.
- [14] J. T. Christian, "Reliability methods for stability of existing slopes! (In C.D. Shackelford et al, editor), *Uncertainty in the geologic environment: From theory to practice.*" pp. 409–419, 1996.
- [15] F. D. G. G.W. Fan K. and Wilson, "An Interslice Force Function for Limit Equilibrium Slope Stability Analysis," *Can. Geotech. J.*, vol. 23, 1986.
- [16] C. A. O. P. C. A. O. L. J. J. X. He Zhong-ming Hang L., "Deformation stability of three-dimensional slope based on Hoek-Brown criterion," *Rock Soil Mech. 11*, 2010.
- [17] A. S. F. Testing and M. (ASTM), "ASTM D 5777-00. Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation." 2000.

Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Pada Kapal Penyeberangan Lintas Lembar – Padang Bai

Muhammad Alim Khairi Khalqih¹, Faisal Mahmuddin^{1,*}, Syerly Klara¹

¹*Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia*

*Email: f.mahmuddin@gmail.com

Abstrak

Tujuan utama dari penggunaan sistem hibrid adalah mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dengan cara memaksimalkan penggunaan energi yang terbarukan. Sistem hibrid ini menggabungkan dua atau lebih sumber energi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada dan mengetahui kelayakan penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga hybrid (angin – panel surya dan generator) pada kapal Ro-Ro 1500 GT. Berdasarkan metode simulasi program HOMER serta mengetahui nilai ekonomi dari penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga hybrid pada kapal Ro-RO 1500 GT, maka dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem pembangkit listrik hybrid cukup menguntungkan serta mendukung program ecoship dimasa yang akan datang. Pembangkit listrik tenaga hibrid yang memiliki nilai ekonomis yang terbaik adalah Pembangkit listrik tenaga hibrid yang menggunakan panel surya – turbin angin dan generator. PLTH yang menghasilkan energi listrik terbesar juga berada pada PLTH turbin angin yang menghasilkan listrik sebesar 40.242 kWh/yr.

Abstract

The main goal of using a hybrid system is to reduce the consumption of fossil fuels by maximizing the use of renewable energy. This hybrid system combines two or more different energy sources to meet the needs of the existing load and determines the feasibility of using a hybrid power generation system (wind - solar panels and generator) on a Ro-Ro 1500 GT ship. Based on the HOMER program simulation method and knowing the economic value of using a hybrid power generation system on the Ro-RO 1500 GT ship, it can be concluded that the application of a hybrid power generation system is quite profitable and supports ecoship programs in the future. Hybrid power plants that have the best economic value were hybrid power plants that use solar panels - wind turbines and generators. The PLTH that produced the largest amount of electrical energy was also the wind turbine PLTH which produces electricity of 40.242 kWh/yr.

Kata Kunci: Energi terbarukan; tenaga angin; panel surya; software HOMER; Feri Lintas Lembar- Padang Bai

1. Pendahuluan

Dengan semakin maraknya isu lingkungan termasuk di bidang maritim, Komite Perlindungan Lingkungan Kelautan (MEPC) sebagai salah satu unit di Organisasi Maritim Internasional (IMO) telah melakukan revisi terhadap Annex VI MARPOL bagi pengurangan secara bertahap kadar emisi oksida belerang (SO_x), NO_x, serta CO₂ dari kapal. Revisi Annex VI MARPOL tersebut dilakukan dalam rangka mensukseskan peraturan IMO TIER III, dimana untuk kapal dengan mesin diesel generator yang dibangun sejak 1 Januari 2016 dan sesudahnya harus memenuhi kadar emisi NO_x sebesar 3,4 g/kWh

serta untuk kapal yang dibangun sebelum tahun 2000 sebesar 17 g/kWh [1].

Bagi semua kapal yang akan memasuki wilayah perairan suatu negara, yang telah meratifikasi Annex VI MARPOL, harus memenuhi standar sesuai peraturan tersebut. Oleh karena itu, saat ini berbagai riset telah dilakukan untuk mengurangi emisi gas buang dari kapal, salah satu diantaranya adalah penggunaan sistem hybrid di kapal, seperti pada sistem pembangkit listriknya. Manfaat utama dari penggunaan sistem hybrid adalah pengurangan konsumsi bahan bakar fosil dengan cara memaksimalkan penggunaan energi yang berwawasan lingkungan ataupun peningkatan efisiensi motor bakar.

Sistem hybrid merupakan konsep penggabungan dua atau lebih sumber energi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada. Salah satu sistem pembangkit listrik hybrid yang berpotensi untuk dikembangkan di kapal yang beroperasi di Indonesia adalah kombinasi antara sel surya (Photovoltaic) dengan diesel generator. Hal ini dikarenakan letak geografis Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa, maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10-12 jam dalam sehari. Potensi sumber energi matahari di Indonesia mencapai rata-rata 4,5 kWh per meter persegi per hari, matahari bersinar berkisar 2000 jam per tahun, sehingga Indonesia tergolong kaya sumber energi matahari [2]–[4].

Pada penelitian ini menggunakan turbin sebagai pembangkit listrik tenaga hybrid dan telah diteliti sebelumnya mengenai perencanaan optimalisasi dan manajemen dari sistem pembangkit listrik tenaga hybrid ini.

Kapal Ferry Ro – Ro Lintas Lembar - Padang Bai ini memiliki 3 generator yang digunakan dalam kapal. Untuk mengurangi emisi bahan bakar yang dihasilkan oleh kapal ini kita merencanakan sistem pembangkit listrik hybrid pada kapal ini [5].

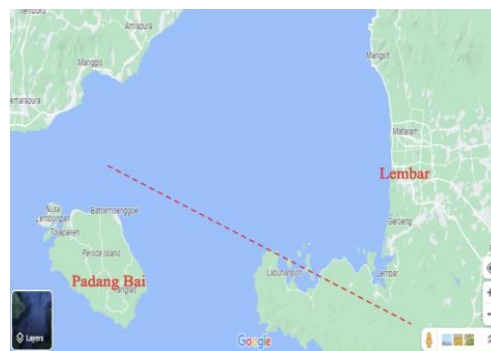
2. Metodologi

Kegiatan utama yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengambilan dan pengolahan data. Data yang diperlukan dan dikumpulkan melalui sumber primer maupun sekunder.

Data kapal yang digunakan adalah sebagai berikut:

Rute Pelayaran	: Pelabuhan Lembar – Pelabuhan Padang Bai
Jarak Pelayaran	: 99 Seamiles
Panjang Seluruh (LOA)	: 77,78 m
Length Between	: 72,60 m
Perpendiculars (LPP)	
Lebar Kapal (B)	: 14,00 m
Tinggi Geladak (H)	: 4.60 m
Sarat Kapal (T)	: 3.30 m
Kecepatan Dinas (Vs)	: 15 knot
Kecepatan Percobaan (Vt)	: 16 knot
Daya Mesin Induk	: 2 x 1350 kW
Mesin Bantu	: 404 kW

Rute pelayaran kapal yang ditunjukkan pada Gambar 1. Rute tersebut merupakan rute pelayaran dari kapal yang akan diteliti. Pelayaran pertama mulai dari Padang Bai yang berlabuh menuju Lembar, yang kemudian kembali lagi dari Lembar berlabuh menuju Padang Bai.

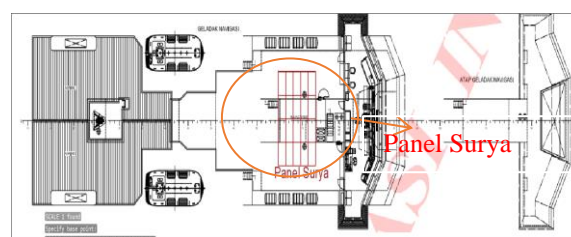


Gambar 1. Rute pelayaran Lintas Lembar – Padang Bai

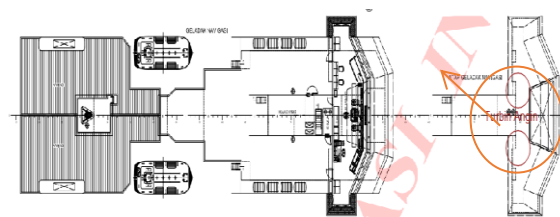
Dalam penelitian ini juga dibutuhkan data kelistrikan di kapal seperti electric balance dan wiring diagram yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data electric balance

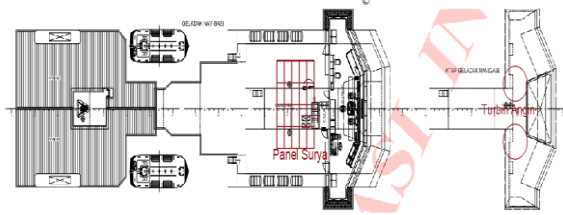
Peralatan	Jumlah	Daya (Kw)	Jumlah Kerja	LF	Continuous load (KW)
Peralatan Listrik Lampu Penerangan, Navigasi & Stop Kontak					
Kompartemen Lambung (JL-1)	1	5,81	1	0,85	4,938
Geladak Kendaraan & Antara (JL-2A)	1	2,38	1	0,85	2,023
Geladak Kendaraan & Antara (JL-2B)	1	1,49	1	0,85	1,266
Geladak Penumpang (JL3)	1	15,49	1	0,85	13,166
Geladak Navigasi	1	13,53	1	0,85	11,500
Lampu Navigasi	1	4,78	1	0,85	4,063
Lampu Emergency	1	2,5	-	-	-
Battery Charger	2	0,5	2	0,85	0,425
Total Daya					37,383



Gambar 1. 100% panel surya



Gambar 2. 100% turbin angin

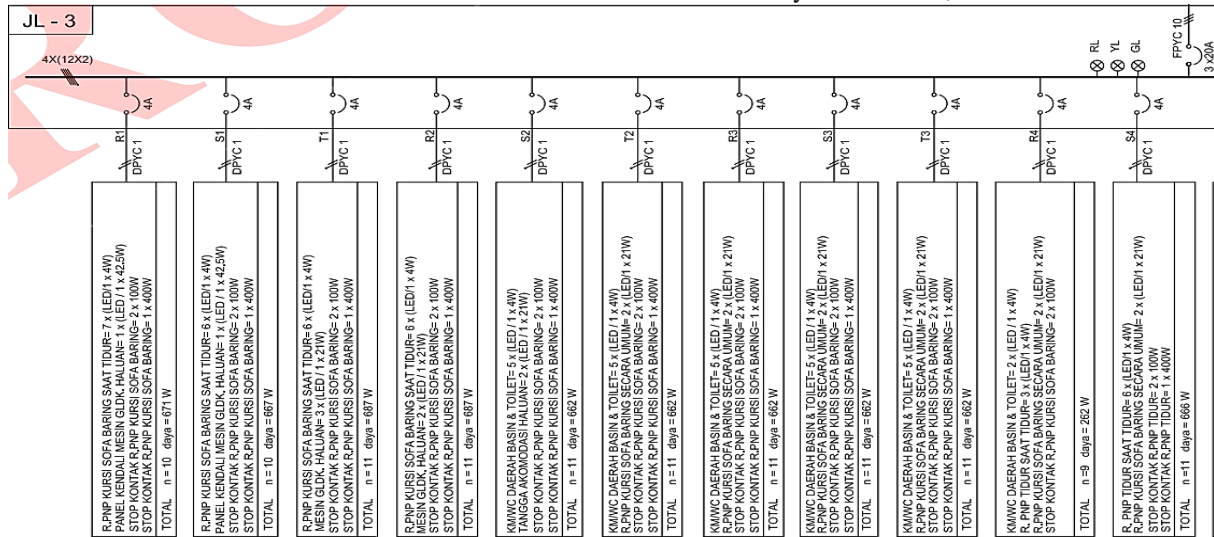


Gambar 3. 50% hibrid panel surya – 50% turbin angin

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisa Beban Kelistrikan Pada Kapal Ro - Ro

Berdasarkan data dari Electric Balance Kapal Ro – Ro Lintas Lembar – Padang Bai yang dapat dilihat pada Gambar 5, beban listrik yang di suplai oleh Arus AC saat keadaan berlayar sebesar 247,17 kW dan beban listrik yang di suplai oleh Arus DC saat keadaan berlayar sebesar 11,95 kW.



Gambar 4. Wiring diagram Ferry Ro - Ro

Setelah mendapat data tersebut kita bisa memvariasikan pembagian beban yang akan disuplai tetapi beban kelistrikan lainnya yang tidak dihitung tetap disuplai listrik oleh generator. Variasi pembagian beban tersebut adalah seperti 100% panel surya, 100% turbin angin, dan hibrid 50% panel surya – 50% turbin angin, juga adanya tambahan variasi pembagian beban sebesar 50% panel surya – 50% generator, 50% turbin angin – 50% generator agar kita dapat mengetahui mana pembagian beban yang paling baik digunakan dalam kapal.

Pada variasi hibrid diatas dirancang agar beban listrik dapat disuplai 50% dari panel surya dan 50% dari turbin angin untuk meringankan beban generator dengan harapan daya listrik yang dirancang disuplai 100% dari PLTH rancangan diatas.

Langkah analisis data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu 1) Studi Literatur, 2) Studi Lapangan, 3) Menganalisis beban kelistrikan pada kapal, 4) Menganalisis radiasi matahari dan kecepatan angin pada trayek kapal, 5) Menganalisis ketersediaan panel surya dan turbin angin pada kapal, 6) Menganalisis beban kelistrikan yang akan disuplai oleh sistem pembangkit listrik hybrid, 7) Merencanakan sistem pembangkit listrik hybrid, 8) Menghitung produksi listrik dari PLTH, 9) Analisa dan pembahasan, dan 10) Kesimpulan

Peralatan yang akan disuplai beban kelistrikannya oleh PLTH adalah peralatan penerangan, penerangan navigasi & stop kontak yang memiliki arus AC yang dapat dilihat pada Tabel 2. Selain dari peralatan tersebut beban listrik akan disuplai oleh generator.

Tabel 2. Beban listrik pada kapal Ro – Ro Lintas Lembar – Padang Bai

Alternate Current (AC)	
Peralatan	Daya (kW)
Permesinan	18,70
Akomodasi	190,66
Penerangan, Penerangan Navigasi & Stop Kontak	37,81
Direct Current (DC)	
Navigasi	11,95

3.2. Analisa Radiasi Matahari dan Kecepatan Angin

Data banyak radiasi matahari didapatkan dari RETScreen dimana data merupakan rata-rata dalam jangka 12 bulan terakhir yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Data kecepatan angin didapatkan dari RETScreen dimana data merupakan rata-rata dalam jangka 12 bulan terakhir. Dari data pada Tabel 4 dapat ditentukan panel surya apa yang cocok untuk digunakan di daerah pelayaran dan dapat diolah lagi untuk mengetahui berapa daya yang dapat digunakan untuk panel surya pada daerah pelayaran.

Tabel 3. Hasil input radiasi matahari

Bulan	Radiasi Matahari (kWh/m ²)	Suhu Rata - Rata (C°)
Januari	4,91	28.9
Februari	4,92	28.6
Maret	5,34	28.9
April	5,52	29.0
May	5,35	28.4
Juni	4,92	27.8
Juli	4,96	27.1
Agustus	5,47	26.9
September	6,06	27.5
Oktober	6,27	28.5
November	5,76	29.2
Desember	5,33	29.1

Tabel 4. Hasil inputan kecepatan angin rata – rata

Bulan	Kecepatan Angin rata – rata (m/s)
Januari	2,9
Februari	2,9
Maret	2,5
April	2,7
May	3,3
Juni	3,6
Juli	3,9
Agustus	3,9
September	3,7
Oktober	3,3
November	2,8
Desember	2,7

3.3. Analisa Ketersediaan Energi Surya

Perhitungan luasan area yang dapat dimanfaatkan sebagai peletakan panel surya dilakukan pada kanopy awning yang mana luasannya sebesar 45.2 m² pada Gambar 6. Dengan potensi ketersediaan energi surya ini dan melalui pertimbangan panel surya yang digunakan yaitu surya SUN POWER SPR-X21-470-COM. Dengan data spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi panel surya

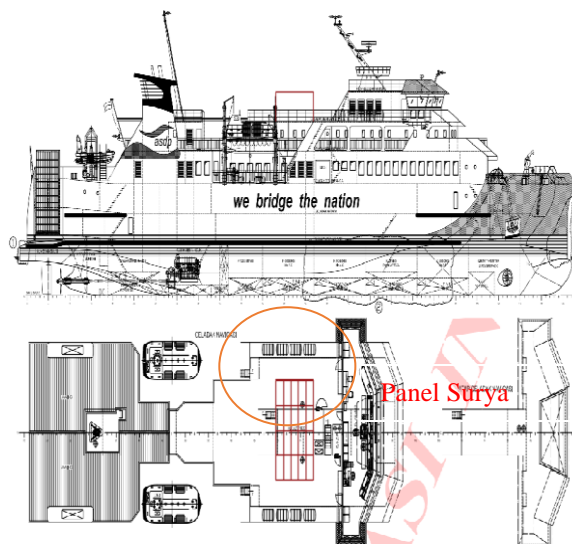
Deskripsi	Nilai
Merek	Sun Power
Model	SPR – X21 – 470 COM
Nominal Power (W)	470
Power Tolerance (%)	+5/0%
Efficiency (%)	21,7 %
Rated Voltage (V)	77.6
Rated Current (A)	6,06
Weight (Kg)	25,4
Price (IDR)	59.290.000
Dimension (mm)	2067 x 1046 x 46

Berdasarkan tabel diatas jumlah panel surya yang dapat digunakan dan diletakkan pada kanopy awning yaitu sebanyak 20 buah panel surya. Jika kita mengkalikan jumlah panel surya dengan daya yang dapat dihasilkan per satuan panel surya maka kita dapat mengetahui berapa daya yang mungkin dihasil oleh panel surya di rute pelayaran pada kapal. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Total daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya

Lokasi	Jumlah Panel	Daya Panel (Watt)	Total Daya Panel (Watt/jam)
Awning			
Geladak	20	470	9400
Navigasi			

Daya maksimum yang dihasilkan panel surya yaitu sebanyak 9400 watt/jam tersinari matahari langsung. Dengan lama waktu penyinaran matahari di rute pelayaran adalah 12 jam, lama penyinaran



maksimum diasumsikan selama 5 jam per hari, maka daya total yang dapat dihasilkan adalah 47 kw per hari.

Gambar 5. Peletakan panel surya pada kapal

3.4. Analisa Ketersediaan Energi Angin

Perhitungan luasan area yang dapat dimanfaatkan sebagai peletakan turbin angin dilakukan pada atap geladak navigasi yang mana luasannya sebesar 37.97 m². Pada analisa ini dilakukan pemilihan turbin angin dengan mempertimbangkan aspek daya aktual, power coefficient (Cp), daya per luas bidang area, daya per swept area, dan rasio daya. Dari pertimbangan ini kita memilih Aelos – V5kW. Data spesifikasi turbin angin yang dianalisa tertera pada Tabel 7 dan Gambar 7.

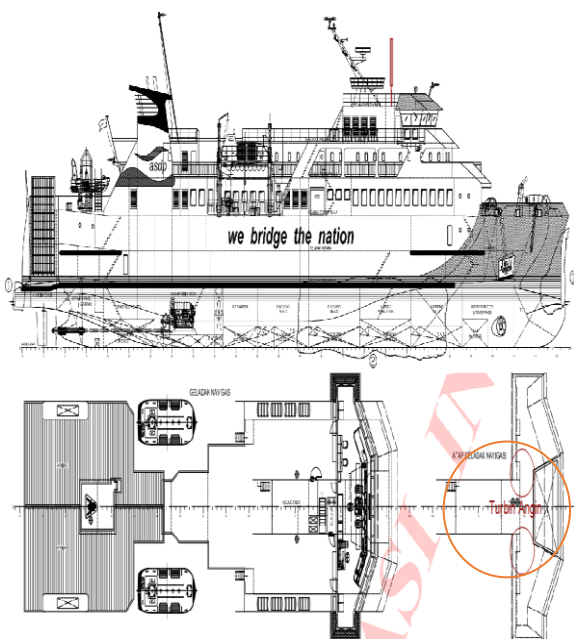
Tabel 7. Spesifikasi turbin angin

Deskripsi	Nilai
Merk	Aeolos
Model	Aeolos – V 5kW
Rated Power (kW)	5
Cut in Wind Speed (m/s)	2,5
Rated Wind Speed (m/s)	10
Survival Wind Speed (m/s)	55
Blade Quantity	3
Diameter (m)	4,2
Harga (Rp)	495.097.600,00
Berat (kg)	80

Berdasarkan tabel diatas jumlah turbin angin yang dapat digunakan dan diletakkan pada atap geladak navigasi yaitu sebanyak 2 buah turbin angin.

Tabel 8. Total daya listrik yang dihasilkan oleh turbin angin

Lokasi	Jumlah Turbin Angin	Daya Turbin Angin (Watt)	Total Daya Turbin Angin (Watt/jam)
Atap Geladak Navigasi	2	5	10000



Gambar 6. Turbin angin pada kapal

Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwa daya maksimum turbin angin jika terkena angin sebesar 10 m/s adalah 10000 watt/jam. Kita mengharapkan kecepatan angin di daerah pelayaran ditambah dengan kecepatan kapal itu sendiri sudah dapat memenuhi kecepatan angin yang dibutuhkan turbin angin yaitu sebesar 10 m/s.

3.5. Pembagian Beban Kelistrikan yang akan Disuplai oleh Panel Surya

Dengan mempertimbangkan potensi ketersediaan energi surya dan energi angin pada Kapal Ro – Ro Lintas Lembar – Padang Bai, daya listrik yang akan disuplai dilakukan perhitungan.

Tabel 9. Daya listrik yang akan disuplai oleh panel surya

Description	Output	Qty	Power
	Kw	Pcs	Kw
Kompartemen Lambung (Jl-1)	5,81	1	5,81
Geladak Kendaraan & Antara (Jl-2a)	2,38	1	2,38
Geladak Kendaraan & Antara (Jl-2b)	1,49	1	1,49
Geladak Penumpang (Jl-3)	15,49	1	15,49
Geladak Navigasi (Jl-4)	13,53	1	13,53
Lampu Navigasi	4,78	1	4,78
Lampu Emergency	2,50	1	2,50
Battery Charger	0,50	2	1,00

Berdasarkan Tabel 9 load genset, total kebutuhan daya peralatan tersebut kita mendapatkan total 29,02 kW, nilai tersebut didapatkan dari menambahkan daya yang akan dirancang yaitu geladak penumpang dan geladak navigasi. Daya tersebut akan disuplai selama kapal berlayar.

3.6. Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hibrid

Perencanaan ini dilakukan dengan merangkai komponen yang akan digunakan di dalam HOMER (HOMER PRO) serta data – data lain yang diperlukan dalam simulasi [6].

• Pemilihan Baterai

Dalam optimasi perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga hybrid berdasarkan simulasi, maka dipilih lithium battery sebagai Energy Storage System (ESS), spesifikasinya ditunjukkan pada Tabel 10. Dari data di atas dapat diketahui persentase perbandingan antara data pengukuran dan data perbandingan sebesar 2.25%.

Tabel 10. Spesifikasi baterai

Deskripsi	Nilai
Merk	LG Chem
Model	RESU 3.3
Total Energy (kWh)	3,3
Usable Energy (kWh)	2,9
Capacity (Ah)	63
Nominal Voltage (V)	51,8
Voltage Range (V)	42-58,8
Weight (Kg)	31
Price (IDR)	38.236.066,43
Dimension (mm)	452 x 403 x 120

Maka dapat ditentukan jumlah minimal baterai sebagai berikut :

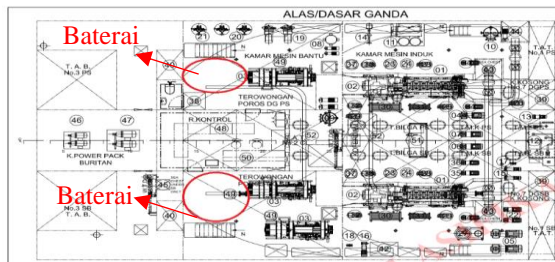
$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{daya yang akan disuplai}}{\text{daya baterai}}$$

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{29,02}{2,9}$$

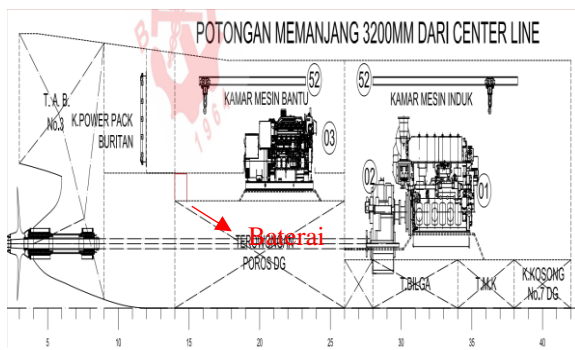
$$\text{Jumlah baterai} = 10,006 \text{ baterai}$$

$$\text{Jumlah baterai} = 10 \text{ baterai}$$

Memperhitungkan ketersediaan ruang pada kamar mesin yang tersedia adalah seluas 30,77 m² juga memperhitungkan kebutuhan daya sebanyak 29,02 kW selama waktu pelayaran yaitu sebanyak 10 battery dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 7. Peletakan baterai tampak atas



Gambar 8. Peletakan baterai tampak samping

- **Pemilihan Inverter :**
Adapun jumlah inverter yang digunakan adalah dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Spesifikasi inverter

Deskripsi	Nilai
Merek	LG Chem
Model	SMA America SB7.0-1SP-US-40
Nominal AC (kVa)	7
Output Power (Va)	208-240
Nominal AC (Va)	183-229
Output Power (V)	60 Hz / 50 Hz
AC GRID FREQUENCY	
MAXIMUM AC OUTPUT CURRENT	29,2A@240V;32A@208V
MAX EFFICIENCY (%)	97,2
CEC EFFICIENCY (%)	96,5
Dimension (mm)	535,94 x 723,94 x 198,12

3.7. Simulasi Model Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Menggunakan Software HOMER

HOMER merupakan suatu program simulasi untuk mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik stand alone (off grid) maupun grid connected yang dapat terdiri dari kombinasi pembangkit listrik konvensional dan kombinasi pembangkit sumber energi terbarukan, battery bank, bidirectional converter serta untuk melayani beban listrik maupun thermal. Selain itu software HOMER juga berfungsi untuk mempermudah dalam merancang, menganalisa, serta mengevaluasi disain sistem pembangkit listrik. Software ini melakukan perhitungan keseimbangan energi untuk setiap konfigurasi sistem yang akan dipertimbangkan [7].

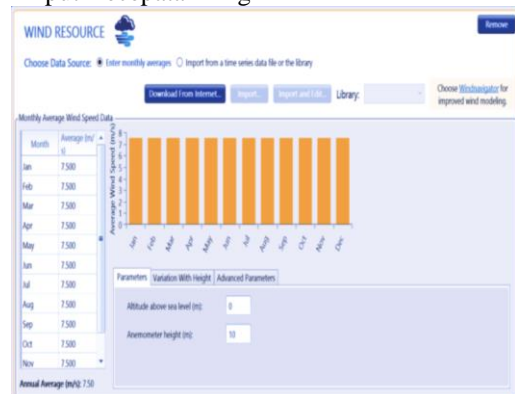
- **Input Radiasi Matahari**

HOMER mempunyai alat yang dapat memberikan data radiasi matahari berdasarkan titik koordinat yang ditentukan dalam hal ini yaitu titik tengah rute pelayaran [8]. Berdasarkan data yang ada pada Gambar 10 wilayah pelayaran kapal sangat baik untuk pengaplikasian panel surya dengan besar rata-rata tiap tahunnya 5,34 kW/m²/d dan disimpulkan cukup layak untuk diterapkan [9].



Gambar 9. Input intensitas matahari

- **Input Kecepatan Angin**



Gambar 10. Input kecepatan angin

Berdasarkan data yang ditunjukkan oleh HOMER dapat dilihat bahwa kecepatan angin tahunan yaitu sebesar 7,5 m/s, kecepatan tersebut sudah cukup untuk menggerakkan turbin angin dan disimpulkan layak untuk diterapkan [10], [11].

• Input Beban Harian

Data beban harian diperlukan untuk mengetahui beban apa saja yang akan disuplai oleh sistem hybrid. Data yang dimasukkan yaitu data beban harian yang dapat dilihat sebesar 29,02 kW/waktu berlayar maka didapatkan 7.255 kWh. Tampilan input pada HOMER ditunjukkan pada Gambar 12.

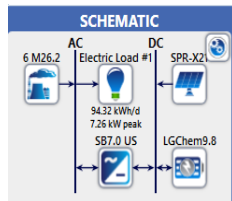


Gambar 11. Tampilan input beban harian

3.8. Hasil Simulasi

Pada penelitian ini dilakukan lima jenis simulasi yang berbeda untuk mendapatkan hasil optimasi dari setiap komponen dapat mencapai titik optimal

• Simulasi Pertama



Gambar 12. Skematik PLTH (panel surya – generator)



Gambar 13. Hasil produksi PLTH (panel surya – generator)

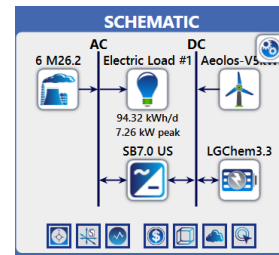
Tabel 12. Hasil simulasi pertama (100% panel surya)

Pembangkit	Daya Panel (kw)	Daya Generator (kw)	Jumlah Baterai	NPC Rp	COE Rp
PLTD	-	404	10	45.4M	84.301
PLTH	9,87	404	10	12.7M	23.597

Kita dapat melihat bahwa listrik yang diproduksi tahunannya sebesar 51.493 kWh/yr. Turbin angin memproduksi sebesar 40.242 kWh/yr atau setara dengan 78,2% dari listrik total yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 13-14 dan Tabel 12.

• Simulasi Kedua

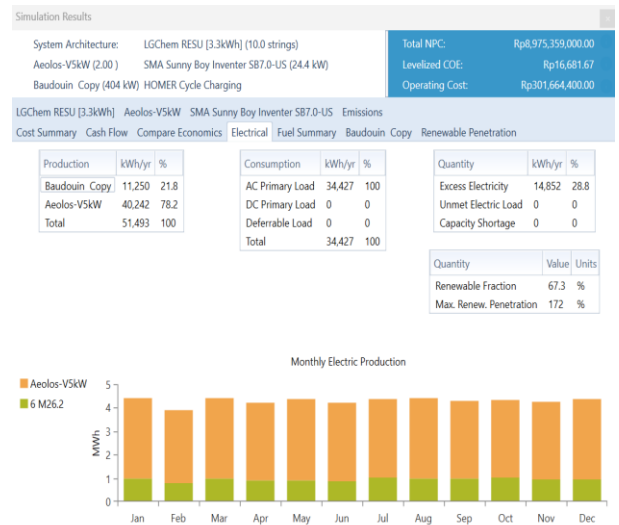
Rancangan simulasi pertama ditunjukkan.. Dimana beban listrik akan disuplai oleh dua buah turbin angin untuk menghasilkan listrik sebesar 10 kW dan generator. Dan hasil simulasi 2 yang mencakup seluruh biaya kelayakan ditunjukkan. Serta hasil produksi listrik tahunan yang ditunjukkan pada Gambar 15-16 dan Tabel 13.



Gambar 14. Skematik PLTH (tenaga angin – generator)

Tabel 13. Hasil simulasi kedua (100% turbin angin)

Pembangkit	Jumlah Turbin	Daya Generator (kw)	Jumlah Baterai	NPC Rp	COE Rp
PLTD	-	404	10	45.4M	84.301
PLTH	2	404	10	8.9M	16.682

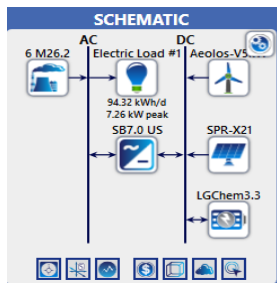


Gambar 15. Hasil Produksi PLTH (turbin angin – generator)

Kita dapat melihat bahwa listrik yang diproduksi tahunannya sebesar 51.493 kWh/yr. Turbin angin memproduksi sebesar 40.242 kWh/yr atau setara dengan 78,2% dari listrik total yang dihasilkan.

• Simulasi Ketiga

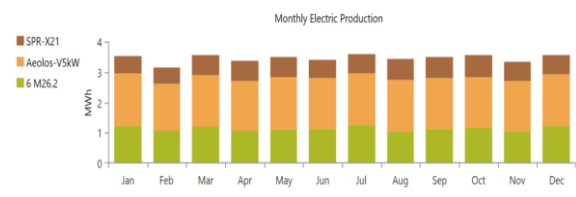
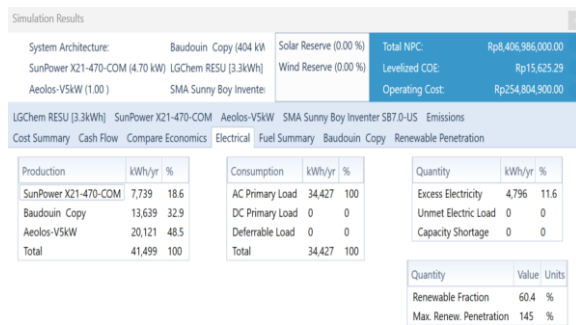
Pada simulasi ketiga ini kita membandingkan PLTD dengan PLTH (angin – panel surya, dan diesel generator) [12], [13]. Pada simulasi ini kita memperhatikan bagaimana pembagian listrik dari yang akan disuplai oleh PLTH, Untuk pembagian ini kita berusaha mengoptimalkan pembagian listrik akan disuplai oleh panel surya dan sisanya akan disuplai oleh turbin angin. Rancangan simulasi ketiga ditunjukkan. Dan hasil simulasi 3 yang mencakup seluruh biaya kelayakan serta hasil produksi listrik tahunan yang ditunjukkan pada Gambar 17-18 dan Tabel 14.



Gambar 16. Skematik PLTH (Angin – Panel Surya dan Generator)

Tabel 14. Hasil simulasi ketiga (hibrid panel surya dan turbin angin)

Pembangkit	Daya Panel (kw)	Jumlah Turbin	Daya Generator (kw)	Jumlah Baterai	NPC Rp	COE Rp
PLTD	-	-	404	10	45.4M	84.301
PLTH	4,70	1	404	10	8.40M	15.625

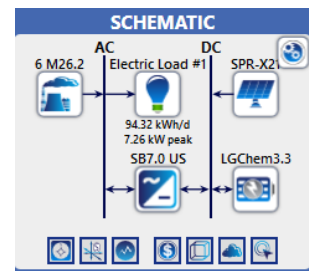


Gambar 17. Hasil produksi listrik PLTH (turbin angin – panel surya dan generator)

Kita dapat melihat bahwa listrik yang dihasilkan tiap tahunnya oleh PLTH sebesar 41.499 kWh/yr. Panel surya menghasilkan 7.739 atau setara dengan 18,6% dari produksi listrik total dan turbin angin menghasilkan sebesar 20.121 kWh/yr atau setara dengan 48.5% dari produksi total listrik.

• Simulasi Keempat

Pada simulasi keempat ini kita mencoba variasi pembagian beban listrik yaitu 50% disuplai oleh panel surya dan sisanya disuplai oleh generator. Rancangan simulasi ketiga ditunjukkan dan hasil simulasi 4 yang mencakup seluruh biaya kelayakan ditunjukkan serta hasil produksi listrik tahunan yang ditunjukkan Gambar 19-20 dan Tabel 15.



Gambar 18. Simulasi keempat (50% panel surya – 50% generator)

Tabel 15. Hasil simulasi keempat (50% panel surya – 50% generator)

Pembangkit	Daya Panel (kw)	Daya Generator (kw)	Jumlah Baterai	NPC Rp	COE Rp
PLTD	-	404	10	45.4M	84.301
PLTH	4,7	404	10	10.1M	18.799

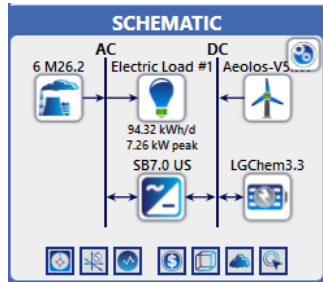


Gambar 19. Hasil produksi listrik PLTH simulasi keempat

Kita dapat melihat bahwa listrik yang dihasilkan tiap tahunnya oleh PLTH sebesar 39,240 kWh/yr. Panel surya menghasilkan 7.739 atau setara dengan 19,7% dari produksi listrik total.

• Simulasi Kelima

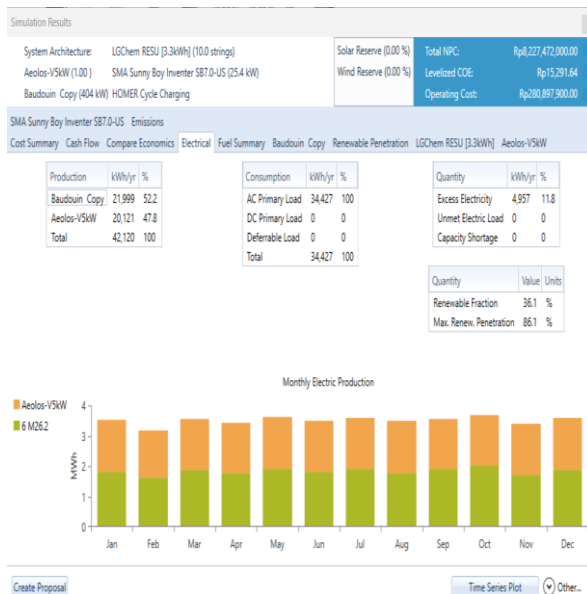
Pada simulasi kelima ini kita memvariasikan pembagian beban listrik yaitu 50% turbin angin dan 50% generator. Rancangan simulasi ketiga ditunjukkan Dan hasil simulasi 5 yang mencakup seluruh biaya kelayakan ditunjukkan. Serta hasil produksi listrik tahunan yang ditunjukkan Gambar 21-22 dan Tabel 16.



Gambar 20. Skematik simulasi kelima

Tabel 16. Hasil simulasi kelima

Pembangkit	Jumlah Turbin	Daya Generator (kw)	Jumlah Baterai	NPC Rp	COE Rp
PLTD	-	404	10	45.4M	84.301
PLTH	1	404	10	8.2M	15.291



Gambar 21. Hasil produksi listrik simulasi kelima

Kita bisa melihat bahwa hasil produksi PLTH tersebut yaitu turbin angin sebesar 20.121 kWh/yr atau sebesar 47,8% dari total produksi listrik yang dihasilkan keseluruhan. Generator menghasilkan sebesar 20.121 kWh/yr atau sebesar 52.2%.

3.9. Perbandingan Hasil Simulasi

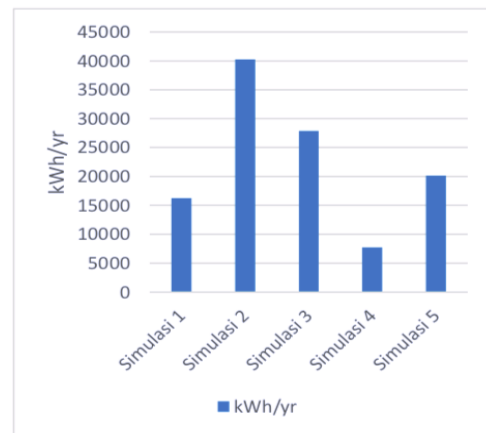
Pada bagian ini kita akan membandingkan hasil simulasi agar kita dapat menentukan PLTH apa yang paling cocok untuk di pasang pada kapal ferry RO –

RO ini. Hasil perbandingan dapat dilihat dalam tabel yang tertera dibawah ini. Pada tabel ini kita dapat melihat mana sistem yang menghasilkan daya terbesar mana yang menghasilkan daya terkecil, juga kita dapat melihat mana COE terkecil dan terbesar pada Tabel 17.

Tabel 17. Tabulasi hasil simulasi

NO	Simulasi	Hasil Produksi Listrik (kWh/yr)	NPC (Rp)	COE (Rp)
1	PLTH (100% Panel Surya – Generator)	16.252	12.4 M	23.597
2	PLTH (100% Turbin Angin – Generator)	40.242	8.9 M	16.682
3	PLTH (Panel Surya – Turbin Angin Generator)	27.860	8.4 M	15.625
4	PLTH (50% Panel Surya – Generator)	7.739	10 M	18.637
5	PLTH (50% Turbin Angin – Generator)	20.121	8.41 M	15.630

Dapat kita lihat bahwa produksi listrik terbesar dapat dilihat bahwa simulasi 2 memiliki produksi listrik terbesar yaitu 40.242 kWh/yr dan produksi listrik terkecil berada pada simulasi 4 yaitu sebesar 7.739 kWh/yr. Untuk melihat perbandingan lebih jelas dipaparkan pada Gambar 23.



Gambar 23. Perbandingan produksi listrik PLTH

Pada bagian ini kita membandingkan hasil produksi listrik tiap simulasi untuk mengetahui PLTH mana yang memiliki produksi listrik terbanyak.

Kita dapat melihat bahwa simulasi yang memproduksi listrik terbanyak adalah simulasi 2 yang dapat memproduksi listrik 40.242 kWh/yr dan simulasi yang memproduksi listrik paling sedikit adalah simulasi ke 4 sebesar 7.739 kWh/yr.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi, pemasangan PLTH pada Kapal Ferry Ro – Ro Lintas Lembar – Padang

Bai adalah PLTH (Turbin Angin – Generator) yang menghasilkan energi listrik sebesar 40.242 kWh/yr. Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomis diatas, maka dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem pembangkit listrik hybrid cukup menguntungkan serta mendukung program ecoship dimasa yang akan datang. Pembangkit listrik tenaga hibrid yang memiliki nilai ekonomis yang terbaik adalah Pembangkit listrik tenaga hibrid yang menggunakan panel surya – turbin angin dan generator

Referensi

- [1] W. H, “Feasibility of IMO Annex VI Tier III implementation using Selective Catalytic Reduction,” *Int. Counc. Clean Transp.*, pp. 1–9, 2014.
- [2] Kementerian ESDM, 2010. Accessed: Sep. 06, 2022. [Online]. Available: esdm.go.id
- [3] M. R. Fachri and H. Hendrayana, “Analisa Potensi Energi Angin dengan Distribusi Weibull Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Banda Aceh,” *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, 2017.
- [4] K. D. Negeri, *Buku Panduan Energi Yang Terbarukan*. 2016.
- [5] S. Saodah and N. Hariyanto, “Perancangan sistem pembangkit listrik hybrid dengan kapasitas 3 kva,” in *Proceedings of National Colloquium Research and Community Service*, 2019, pp. 187–190.
- [6] K. Kunaifi, “Program homer untuk studi kelayakan pembangkit listrik hibrida di propinsi riau,” *Semin. Nas. Inform.*, vol. 1, no. 2, 2015.
- [7] Homer Energy, 2022. Accessed: Sep. 15, 2022. [Online]. Available: www.homerenergy.com
- [8] F. P. A. Ma’arif, “Simulasi Paralel Generator Secara Otomatis pada Kapal STAR-50 BSBC 50,000 DWT dengan Menggunakan Pendekatan Software LabVIEW 8.5,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2011.
- [9] S. Velina, “Perencanaan Optimalisasi dan Manajemen Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (Sel Surya dan Diesel Generator) Pada Bus Air Roro,” Universitas Hasanuddin, 2022.
- [10] A. Mustofa, “Optimalisasi Perencanaan Dan Manajemen Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Diesel Generator-Photovoltaic Pada Perancangan Kapal Tanker 1700 Dwt Berpenggerak Motor Induksi Tiga Fasa,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [11] B. Pranoto, D. G. Cendrawati, N. W. Hesty, and E. Kusriadi, “Evaluasi pemetaan potensi energi surya berbasis model wrf di desa palihan dan desa aikangkung,” *J. Sains Dirgant.*, vol. 15, no. 2, pp. 63–72, 2018.
- [12] D. P. Putri and E. S. Koenhardono, “Perencanaan sistem pembangkit listrik hybrid (sel surya dan diesel generator) pada kapal tanker,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. B394--B399, 2016.
- [13] G. E. Rumaropen and N. Hariyanto, “Rancang Bangun Sistem Pengaturan Suplai Energi Listrik Pembangkit Hibrida antara PLTS dan Generator 1.000 VA Menggunakan Arduino Uno,” in *Prosiding Diseminasi FTI*, 2021, pp. 1–12.

Analisa Efisiensi Gearbox pada Motor Penggerak Listrik Kapal Nelayan

Petra Yericen¹, Faisal Mahmuddin^{1,*}, Syerly Klara¹

¹Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin,
Jalan Poros Malino km. 6 Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan

*Email: f.mahmuddin@gmail.com

Abstrak

Gearbox berfungsi sebagai alat untuk melambatkan putaran motor listrik, sehingga diharapkan dapat digunakan untuk menyesuaikan putaran serta mengubah daya atau torsi dari motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar. Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisa masalah efisiensi dari *gearbox* sebagai sistem penunjang dalam pengoperasian motor listrik. Pada penelitian dilakukan beberapa variasi tegangan listrik yaitu 60, 110, 160, dan 210 Volt. Pengambilan data juga dilakukan dengan menggunakan beban (air) dan tanpa beban. Dari hasil analisa didapatkan hasil bahwa semakin tinggi tegangan listrik yang diberikan pada motor listrik maka semakin besar nilai efisiensi yang didapatkan dimana pada kondisi tanpa beban saat tegangan 210 volt nilai efisiensi gearbox sebesar 99,870%, pada saat kondisi dengan beban (air) saat tegangan 210 volt nilai efisiensi gearbox sebesar 98,887%. Semakin kecil tegangan semakin besar torsi yang dihasilkan dimana pada kondisi tanpa beban saat tegangan 60 volt torsi poros *propeller* sebesar 1.809 Nm, pada kondisi dengan beban (air) saat tegangan 60 volt 3.361 Nm.

Abstract

Analysis of Gearbox Efficiency on Fishing Boat Electric Drive Motors. The gearbox functions as a tool to slow down the rotation of the electric motor, so it is hoped that it can be used to adjust the rotation and change the power or torque of the rotating motor into greater power. This research also aims to analyze the efficiency problem of the gearbox as a supporting system in the operation of electric motors. In the research experiment, several variations of electrical voltage were carried out, namely 60, 110, 160, and 210 Volts. Data collection was also carried out using a load (water) and without a load. From the results of the analysis, it was found that the higher the electrical voltage given to the electric motor, the greater the efficiency value obtained, where in no-load conditions when the voltage is 210 volts, the gearbox efficiency value is 99.870%, in conditions with a load (water) when the voltage is 210 volts, the gearbox efficiency value is 98.887%. The smaller the voltage, the greater the torque produced, where in no-load conditions when the voltage is 60 volts, the propeller shaft torque was 1,809 Nm, in conditions with a load (water) when the voltage was 60 volts, it is 3,361 Nm.

Kata Kunci: Motor listrik; gearbox; tegangan listrik; efisiensi, torsi motor

1. Pendahuluan

Dalam pengoperasiannya, kapal membutuhkan daya yang sangat besar sehingga menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utama. Kapal beroperasi dalam jangka waktu yang cukup lama sehingga menghabiskan bahan bakar yang banyak (*diesel oil*), yang mana kita ketahui Solar (*diesel oil*) merupakan bahan bakar fosil yang akan habis suatu saat nanti, serta menghasilkan polusi udara yang cukup besar [1].

Dengan menggunakan mesin diesel, kebutuhan *diesel oil* sebagai bahan bakar sangat besar, sedangkan harga bahan bakar juga semakin naik. Melihat kondisi tersebut perlu dilakukan suatu terobosan untuk mencari solusi bagi para nelayan

agar mereka bisa terlepas dari masalah tersebut, dan bisa terlepas dari ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Salah satu solusi yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil adalah dengan menggunakan motor listrik. Dengan menggunakan motor listrik dinilai dapat mengurangi beban tersebut dengan mempertimbangkan dari segi ekonomis dan ketersediaan bahan bakarnya [2].

Untuk mendukung pengoperasian *main engine* termasuk pada kapal dengan motor listrik dibutuhkan suatu mesin yang berfungsi sebagai penghantar daya ke *propeller* di atas kapal, mesin tersebut dinamakan *gearbox*. *Gearbox* memiliki fungsi sebagai pemindah tenaga penggerak (mesin diesel atau dinamo motor elektrik) ke mesin yang ingin digerakkan. Setidaknya

ada dua alasan kunci mengapa penggunaan *gearbox* dalam dunia permesinan memegang peranan penting. Pertama, fungsi *gearbox* utamanya adalah memperlambat kecepatan putaran yang dihasilkan dari perputaran *dynamo* motor atau mesin diesel. Kedua adalah untuk memperkuat tenaga putaran yang dihasilkan oleh *dynamo* atau diesel [3].

Untuk menunjang operasional kapal tersebut, maka diperlukan *gearbox* sebagai alat untuk memperlambat putaran motor listrik, sehingga diharapkan dapat digunakan untuk menyesuaikan putaran serta mengubah daya atau torsi dari motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar [4].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa masalah efisiensi dari *gearbox* sebagai sistem penunjang dalam pengoperasian motor listrik.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Gearbox

Worm gear speed reduce adalah komponen utama motor yang diperlukan untuk menyalurkan daya atau torsi (*torque*) mesin ke bagian mesin lainnya, sehingga unit mesin tersebut dapat bergerak menghasilkan sebuah pergerakan baik putaran maupun pergeseran, serta mengubah daya atau torsi dari motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar [5].

Roda gigi merupakan bagian dari mesin yang mengalami perputaran serta memiliki bentuk lingkaran yang memiliki beberapa gigi yang bersinggungan. Roda gigi memiliki fungsi sebagai mentransmisikan kecepatan, membalikan putaran hingga berfungsi sebagai menaikkan dan menurunkan kecepatan [6].

Nilai efisiensi gearbox didapatkan dengan mencari nilai RPM ideal Poros propeller pada setiap titik tegangan listrik dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Rpm\ ideal = \frac{Rpm\ Poros\ Motor}{Ratio\ Gearbox} \dots\dots\dots(1)$$

Setelah didapatkan nilai rpm ideal poros propeller selanjutnya dilakukan perhitungan efisiensi pada setiap titik tegangan listrik. Untuk menghitung efisiensi putaran poros propeller adalah dengan membandingkan rpm poros propeller dengan rpm ideal poros propeller [7].

$$\eta = \frac{Rpm\ Poros\ Propeller}{Rpm\ Ideal\ Poros\ Propeller} \times 100\% \dots\dots(2)$$

Dalam penelitian ini juga menggunakan alat penelitian berupa *gearbox*, motor listrik sebagai penggerak, dan *voltage regulator* sebagai alat pengatur tegangan listrik.

Spesifikasi *gearbox* dan gambar instalasi sistem pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gearbox WPA

Spesifikasi gearbox

- Merk : HRF
- Size : 60
- Ratio : 30:1
- Input shaft : 12 mm X 40 mm
- Output shaft: 22 mm X 50 mm
- Dimensi : 198 mm X 168 mm X 204 mm

2.2 Motor Listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Alat yang berfungsi sebaliknya, mengubah energi mekanik menjadi energi listrik disebut generator atau dinamo. Motor listrik dapat ditemukan pada peralatan rumah tangga seperti kipas angin, mesin cuci, pompa air dan penyedot debu. Pada motor listrik, tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektromagnet. Sebagaimana kita ketahui bahwa kutub dari magnet yang Senama akan tolak-menolak dan kutub tidak senama, tarik-menarik. Maka dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap [8].

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini biasanya digunakan untuk memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan *compressor*, menggerakkan *conveyor*, mengangkat bahan, dan lain-lain. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik [9].

Dalam memahami sebuah motor listrik, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/torsi sesuai dengan kecepatan yang diperlukan [10].

Daya listrik atau *electrical power* adalah jumlah energi yang di serap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, daya listrik

adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Rumus yang digunakan untuk menghitung daya listrik adalah sebagai berikut [11]

$$P = V \times I \cos \varphi \dots \dots \dots (3)$$

dimana,

- P_{out} = Daya keluaran (watt)
- V = Tegangan Listrik (Volt)
- I = Arus Listrik (Ampere)
- $\cos \varphi$ = Rugi-rugi daya (0,89)

Setelah didapatkan nilai daya, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai torsi motor listrik serta torsi poros *propeller* pada setiap titik tegangan listrik. Untuk menghitung torsi motor listrik dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\tau = \frac{P}{n (Rpm)} \times 60 \dots \dots \dots (4)$$

dimana,

- τ = Torsi beban (Nm)
- P_{out} = Daya keluaran (watt)
- n = Kecepatan motor (rps)

Untuk menghitung torsi pada poros propeller dapat digunakan persamaan sebagai berikut [12]:

$$\tau = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{P}{n (rpm)} \right) \dots \dots \dots (5)$$



Gambar 2. Contoh motor listrik

2.3. Roda Gigi

Roda gigi atau *gears* adalah roda silinder dengan gigi-gigi yang digunakan untuk mentransmisikan gerak dan daya dari suatu poros yang berputar ke poros yang lain. Dua buah roda dengan bentuk kerucut atau silinder yang saling bersinggungan pada kelilingnya guna mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat dengan dibuat bergerigi pada kelilingnya sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi dari kedua roda, disebut roda gigi [13].

Roda gigi cacing ialah suatu elemen transmisi yang dapat meneruskan daya dan putaran pada poros yang bersilang. Roda gigi cacing mempunyai gigi yang dipotong menyudut seperti pada roda gigi helik

dan dipasangkan dengan ulir yang dinamakan ulir cacing. Penggunaan roda gigi ini biasanya untuk mereduksi kecepatan, roda gigi ini dalam operasionalnya akan “mengunci sendiri” sehingga tidak dapat diputar pada arah yang berlawanan. Keuntungan dari roda gigi ini adalah dengan memberikan input minimal dapat dihasilkan *output* dengan kekuatan maksimal. Roda gigi ini biasanya digunakan untuk kecepatan-kecepatan tinggi dengan kemampuan mereduksi kecepatan yang maksimal [5].

3. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di ruang laboratorium energi terbarukan Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, laboratorium permesinan kapal Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, serta pada *circulating water channel* (CWC) laboratorium energi terbarukan Departemen Teknik Sistem Perkapalan.

Metode penelitian menggunakan studi pustaka tentang perhitungan nilai efisiensi putaran dari *gearbox* serta perhitungan daya serta torsi motor listrik tanpa beban dan dengan menggunakan beban (air), serta analisis data hasil penelitian.

Percobaan dilakukan dengan dua tahap, yaitu pengujian tanpa beban (*propeller* tidak terendam air) serta pengujian dengan menggunakan beban (*propeller* terendam air) dengan mengatur nilai tegangan listrik yang masuk ke motor listrik (60, 110, 160, dan 210 Volt). Setelah dilakukan pengujian langkah terakhir adalah pengolahan data.

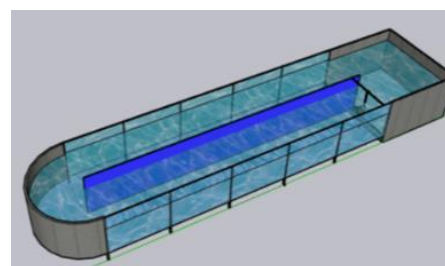
3.1. Alat Pengujian

a. Circulating water channel

Circulating water channel adalah sebuah tangki yang akan digunakan untuk pengujian yang menggunakan fluida (air) sebagai medianya, yang didesain sedemikian rupa agar dapat dipakai untuk melakukan pengujian yang dapat bersirkulasi.

Data CWC

- Panjang : 9.6 m
- Lebar : 2.4 m
- Tinggi : 1.2 m
- Massa air : 27.640 Ton
- Bahan : Besi , acrylic



Gambar 3. Desain *Circulating Water Channel*

b. *Regulator Voltage*

Voltage regulator atau pengatur tegangan berfungsi untuk menyediakan suatu tegangan output DC yang mempunyai nilai tegangan tetap dan tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan input, arus beban *output*, dan suhu.



Gambar 4. *Voltage Regulator*

c. *Tachometer*

Tachometer adalah alat yang dirancang untuk mengukur kecepatan putaran dari objek yang bergerak, unit ini juga dikenal sebagai alat penghitung revolusi, penghitung putaran atau pengukur RPM.

Tachometer digunakan pada pengukuran kecepatan motor, misalnya : kecepatan poros engkol motor / mesin lainnya.

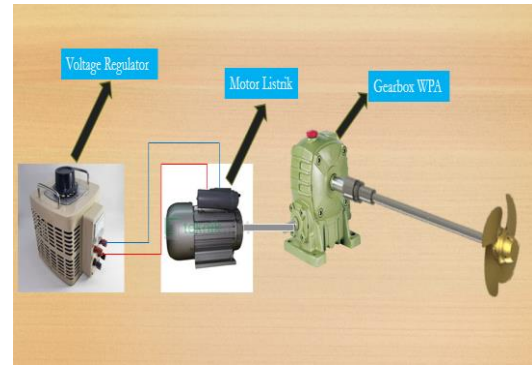


Gambar 5. *Tachometer*

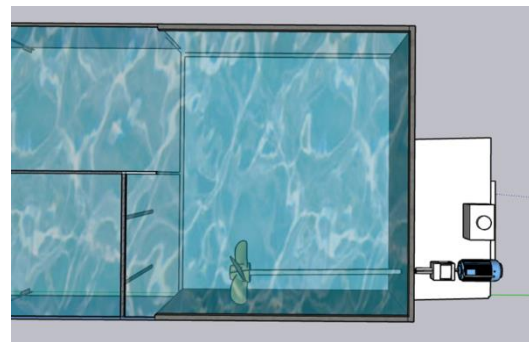
3.2. *Instalasi Alat Pengujian*

Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran manual menggunakan alat ukur tachometer dan multimeter. Adapun data yang diambil adalah data putaran motor listrik, data putaran poros *propeller*, data tegangan listrik dan data arus listrik. Adapun cara pengambilan data dilakukan dengan mengatur tegangan yang masuk ke motor listrik dengan menggunakan *voltage regulator*, tegangan listrik diukur dengan menggunakan multimeter, kemudian dilakukan pengukuran putaran motor listrik dengan menggunakan *tachometer* pada bagian poros input motor listrik, serta putaran pada poros *propeller*.

Setelah dilakukan pengujian dan pengambilan data maka tahap selanjutnya adalah analisa data untuk mengetahui pengaruh tegangan terhadap torsi serta efisiensi Putaran poros *propeller*.



Gambar 6. Instalasi sistem pengujian



Gambar 7. Tampak atas pada CWC

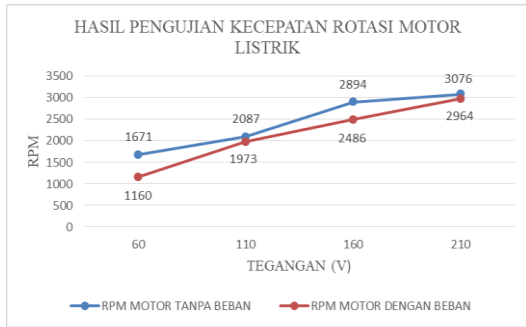
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. *Pengukuran Kecepatan Rotasi Motor Listrik dan Poros Propeller Tanpa Beban dan Menggunakan Beban*

Pengambilan data dilakukan mulai dari tegangan 60 volt sampai dengan tegangan 220 volt dengan kenaikan tegangan setiap 50 volt. Dalam proses pengambilan data dimulai dari tegangan 60 volt karena pada tegangan tersebut motor listrik dapat berputar dengan stabil. Proses pengambilan data dilakukan masing-masing sebanyak 3 kali pada setiap kenaikan tegangan listrik dan pada kondisi menggunakan beban dan tanpa beban.

Tabel 1. Hasil pengukuran kecepatan rotasi motor listrik dan poros propeller tanpa beban dan menggunakan beban

Dengan Beban			
Tegangan Listrik (V)	Arus Listrik (A)	RPM Poros Motor (Rpm)	RPM poros Propeller (Rpm)
60	35,3	1160	37,8
110	12,3	1973	63,4
160	7,8	2486	81,6
210	5,4	2964	97,7
Tanpa Beban			
60	27,6	1671	54,9
110	8,5	2087	68,5
160	5,9	2894	96,2
210	3	3076	102,4



Gambar 8. Hasil pengujian kecepatan rotasi motor listrik

Dari Gambar 8 dapat kita lihat hasil pengukuran kecepatan putaran (rpm) motor listrik dimana kecepatan putaran yang dihasilkan berbanding lurus dengan tegangan listrik yang diberikan pada motor listrik. Semakin besar tegangan listrik yang diberikan maka semakin besar kecepatan putaran motor yang dihasilkan. Beban (air) yang diberikan juga mempengaruhi kecepatan putaran rotasi motor, dimana pada gambar diatas dapat kita lihat bahwa nilai dari kecepatan putaran rotasi motor tanpa beban lebih besar bila dibandingkan dengan kecepatan putaran rotasi motor yang diberikan beban (air). Hasil putaran motor listrik tanpa beban lebih tinggi dibandingkan dengan beban karena dipengaruhi oleh adanya gesekan yang terjadi antara permukaan *propeller* dengan air, serta adanya pengaruh perbedaan tekanan yang disebabkan oleh beban (air) itu sendiri.

4.2. Analisa Efisiensi Gearbox Tanpa Beban dan dengan Beban

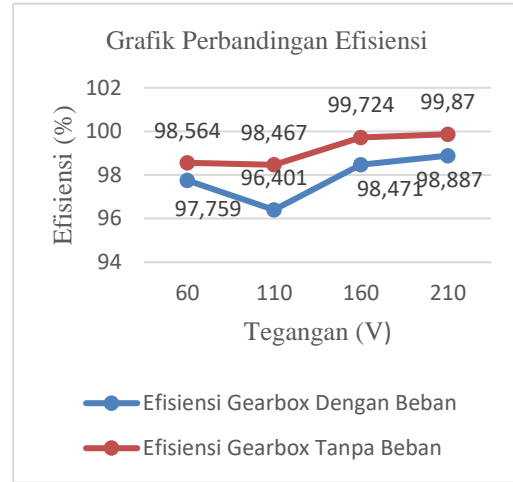
Nilai efisiensi gearbox didapatkan dengan mencari nilai RPM ideal Poros *propeller* pada setiap titik tegangan listrik dengan menggunakan Pers. 1. Setelah didapatkan nilai rpm ideal maka dimasukkan ke Pers. 2 untuk mencari nilai efisiensinya. Hasil perhitungan kemudian disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan Rpm ideal dan efisiensi

Tegangan (V)	RPM Ideal Poros <i>Propeller</i> (Rpm)	Efisiensi (%)
Dengan Beban		
60	38,667	97,759
110	65,767	96,401
160	82,867	98,471
210	98,8	98,887
Tanpa Beban		
60	55,7	98,564
110	69,567	98,467
160	96,467	99,724
210	102,533	99,870

Gambar 9 menunjukkan perbandingan efisiensi *gearbox* dengan menggunakan beban dan tanpa beban pada setiap kenaikan tegangan. *Gearbox*

bekerja dengan lebih efisien pada saat kondisi tanpa beban dan pada saat tegangan tinggi, hal ini dapat ditunjukkan pada grafik diatas dimana nilai efisiensi yang dihasilkan pada saat kondisi tanpa beban lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi menggunakan beban.



Gambar 9. Perbandingan efisiensi

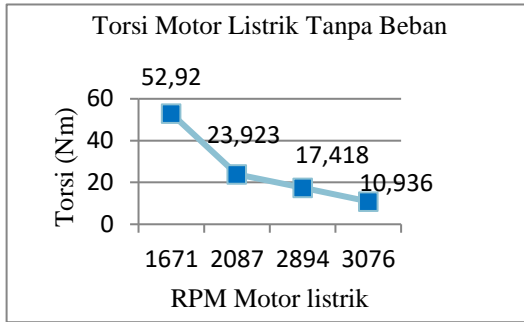
Pada saat tegangan tinggi, nilai efisiensi yang dihasilkan lebih tinggi dikarenakan kecepatan putaran yang dihasilkan oleh motor listrik lebih stabil jika dibandingkan dengan tegangan yang lebih rendah, sedangkan pada kondisi menggunakan beban, nilai efisiensi yang dihasilkan lebih rendah disebabkan oleh putaran *propeller* yang lebih kecil akibat adanya gesekan yang terjadi antara permukaan daun *propeller* dengan air serta adanya perbedaan tekanan pada saat kondisi tanpa beban dan pada saat kondisi menggunakan beban.

4.3. Pengaruh Tegangan Terhadap Torsi Motor dan Torsi Poros *Propeller* dengan Beban dan Tanpa Beban

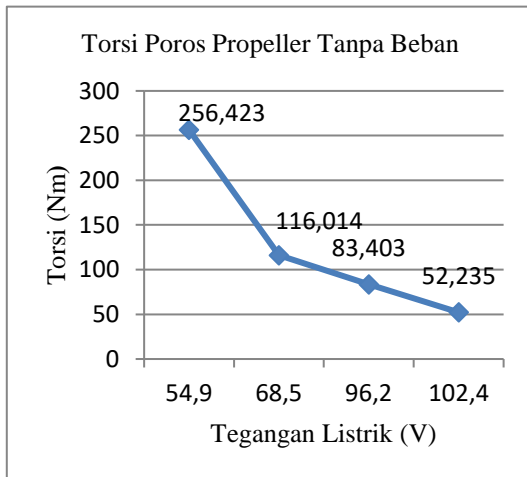
Untuk menghitung daya dapat digunakan Pers. 3. Setelah dilakukan perhitungan daya maka dapat kita masukkan ke Pers. 4 dan 5. Hasil perhitungan kemudian disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan torsi motor dan torsi poros *propeller* tanpa beban

Tegangan Listrik (V)	Daya (Watt)	Torsi Motor (Nm)	Torsi Poros (Nm)
60	1473.84	52,92	256,423
110	832.15	23,923	116,014
160	840.16	17,418	83,403
210	560.7	10,936	52,235



Gambar 10. Torsi motor tanpa beban



Gambar 11. Torsi poros *propeller* tanpa beban

Pada Gambar 10 dan 11 dapat kita lihat bahwa RPM berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkan dimana semakin besar RPM maka semakin kecil torsi yang dihasilkan. Torsi terbesar pada motor listrik yaitu 59,461 Nm pada saat putaran 1671 RPM, sedangkan torsi terkecil yaitu 12,288 Nm pada saat putaran 3076 RPM. Pada poros *propeller* torsi terbesar yang dihasilkan yaitu 256,423 Nm pada saat putaran 54,9 RPM, sedangkan torsi yang terkecil yang dihasilkan yaitu 52,235 Nm pada saat putaran 102,4 RPM. Torsi yang dihasilkan dipengaruhi oleh daya yang dihasilkan oleh motor listrik, oleh karena itu semakin besar daya yang dihasilkan oleh motor listrik maka akan semakin besar pula torsi yang dihasilkan.

Dari hasil perhitungan daya pada bagian sebelumnya dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan yang diberikan pada motor listrik maka semakin kecil daya yang dihasilkan, berbanding terbalik dengan rpm, semakin besar tegangan maka semakin besar pula nilai rpm nya. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa torsi berbanding lurus dengan daya dan berbanding terbalik dengan rpm.

3.4 Pengaruh Tegangan terhadap Torsi Motor Listrik dan Torsi Poros Propeller Tanpa Beban

Torsi adalah gaya pada gerak translasi

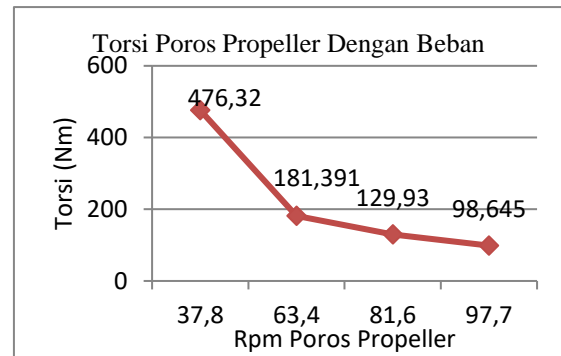
menunjukkan kemampuan sebuah gaya untuk membuat benda melakukan gerak rotasi/berputar. Sebuah benda akan berotasi bila dikenai torsi. Satuan yang sering digunakan adalah Newtonmeter (Nm). Torsi pada motor listrik dapat diperoleh dari hasil bagi antara daya keluaran (watt) dengan kecepatan motor (rpm).

Untuk mencari nilai torsi motor listrik dan torsi poros *propeller* menggunakan Pers. 4 dan 5. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

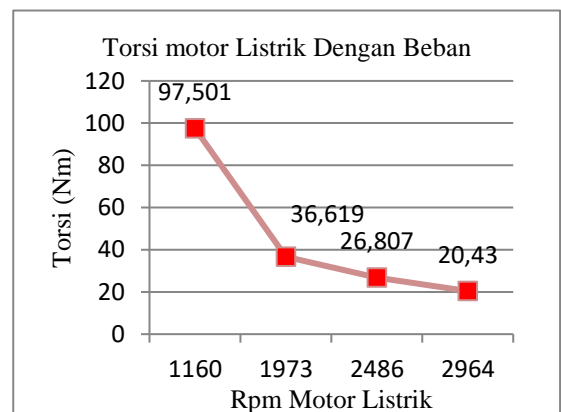
Tabel 4. Hasil Perhitungan torsi motor listrik dan torsi poros *propeller* dengan beban

Tegangan Listrik (V)	Daya (Watt)	Torsi Motor (Nm)	Torsi Poros <i>Propeller</i> (Nm)
60	1885	97,501	476,320
110	1204	36,619	181,39
160	1110	26,807	129,930
210	1009	20,430	98,645

Grafik torsi poros motor dan torsi poros *propeller* tanpa beban dapat dilihat pada Gambar 12 dan 13.



Gambar 12. Torsi motor listrik dengan beban



Gambar 13 Torsi Poros *Propeller* Dengan Beban

Pada Gambar 12 dan 13 dapat kita lihat bahwa RPM berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkan dimana semakin besar RPM maka semakin kecil torsi yang dihasilkan. Torsi terbesar pada motor listrik yaitu 109,551 Nm pada saat

putaran 1160 RPM, sedangkan torsi terkecil yaitu 22,955 Nm pada saat putaran 2.964 RPM. Pada poros *propeller* torsi terbesar yang dihasilkan yaitu 476,32 Nm pada saat putaran 37,8 RPM, sedangkan torsi yang terkecil yang dihasilkan yaitu 98,645 Nm pada saat putaran 97,7 RPM. Torsi yang dihasilkan dipengaruhi oleh daya yang dihasilkan oleh motor listrik, oleh karena itu semakin besar daya yang dihasilkan oleh motor listrik maka akan semakin besar pula torsi yang dihasilkan.

Dari hasil perhitungan daya pada bagian sebelumnya dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan yang diberikan pada motor listrik maka semakin kecil daya yang dihasilkan, berbanding terbalik dengan rpm, semakin besar tegangan maka semakin besar pula nilai rpm nya. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa torsi berbanding lurus dengan daya dan berbanding terbalik dengan rpm.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan berpengaruh terhadap putaran yang dihasilkan oleh motor dan nilai efisiensi yang dihasilkan oleh *gearbox*, semakin besar tegangan maka semakin besar efisiensi yang dihasilkan.
2. Semakin besar putaran maka semakin kecil

torsi yang dihasilkan dan sebaliknya, semakin kecil putaran maka semakin besar torsi yang dihasilkan.

Referensi

- [1] U. W. R. Siagian, B. B. Yuwono, S. Fujimori, and T. Masui, "Low-carbon energy development in Indonesia in alignment with Intended Nationally Determined Contribution (INDC) by 2030," *J. Energies*, vol. 10, no. 1, 2017.
- [2] I. N. Bagia and I. M. Parsa, *Motor-motor listrik*. Bandung: Rasi Terbit, 2017.
- [3] Arafiq, *Perancangan Gear Box*. 2012.
- [4] M. N. A. Mukhtar, "Rancang Bangun Gearbox Untuk Turbin Angin Savonius Vertikal (TASV) Menggunakan Metode FEA," *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, 2020.
- [5] R. Asri, "Jenis-jenis roda gigi." 2017.
- [6] Erinofardi., K. Asyarial, and Hendra, "Perancangan Roda Gigi Lurus, Roda Gigi Miring dan Roda Gigi Kerucut Lurus Berbasis Program Komputasi," *J. Mech.*, vol. 4, no. 1, 2013.
- [7] Energy Efficiency Asia, "Energy Efficiency Guide for Industry in Asia." 2017. [Online]. Available: <https://www.energyefficiencyasia.org/index.html>.
- [8] Z. Anthony, *Mesin listrik ac*. 2010.
- [9] Y. Drs Riyono, *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi Offset, 2002.
- [10] E. C. Lister, *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Penerbit Erlangga, 1993.
- [11] A. E. Fitzgerald and Dkk, *Mesin-Mesin Listrik (terjemahan oleh Joko Achyanto)*. Surabaya: Erlangga, 1997.
- [12] H. A, *Tahanan dan Propulsi Kapal*. Surabaya: Airlangga Press, 1988.
- [13] S. K. Sularso, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Cetakan ke-11*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1978.

Aplikasi Teknologi Pengelasan dalam Mendukung Industri Rumah Tangga di Karang Joang, Balikpapan

Andi Mursid Nugraha Arifuddin^{1,*}, Suardi¹, Alamsyah¹, Samsu Dlukha Nurcholik¹,
Muhammad Uswah Pawara¹

¹Program Studi Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Kalimantan, Indonesia, Jl. Soekarno Hatta Km. 15, Balikpapan, Indonesia

*Email : andi.mursid@lecturer.itk.ac.id

Abstrak

Salah satu teknologi saat ini yang banyak digunakan untuk menghasilkan pendapatan yaitu teknologi penyambungan material logam yang biasanya disebut pengelasan (*welding*). Salah satu contoh produk hasil pengelasan yang kini punya pasar (*market*) dan menjadi opsi berwirausaha yaitu kanopi rumah. Namun, produk hasil pengelasan lain yang dapat dikomersilkan masih banyak seperti rak sepatu, tiang lampu dan lain-lain. Semakin berkembangnya Kota Balikpapan dengan masifnya pembangunan kawasan perumahan dari tahun ke tahun menjadikan permintaan produk hasil las sangat tinggi. Dengan demikian, untuk memenuhi permintaan pasar yang begitu besar terhadap kebutuhan keahlian mengelas, maka perlu dilakukan pelatihan kepada masyarakat terkait pemanfaatan teknologi pengelasan ini. Dalam hal ini, masyarakat yang menjadi sasaran kegiatan pelatihan dan unjuk kerja teknologi pengelasan yaitu salah satu kelompok masyarakat yang terdapat di Kelurahan Karang Joang. Karang Joang sebagai salah satu kelurahan di kecamatan Balikpapan Utara menjadi salah satu daerah yang memiliki pembangunan perumahan yang sangat tinggi utamanya di wilayah jalan Batu Ratna KM. 11. Terdapat kurang lebih 9 perumahan yang saat ini masih melakukan tahap pembangunan yang terbentang sepanjang ± 3 KM. Olehnya itu, tingkat kebutuhan akan produk hasil las sangat tinggi. Mitra yang akan dijadikan pada kegiatan pengabdian masyarakat ini yaitu kelompok Pengurus Mushollah Baitussalam Karang Joang KM. 11 yang terdiri dari 20 orang anggota pengurus. Mitra ini dipilih karena anggota pengurus belum memiliki pemahaman dan keterampilan terkait teknologi pengelasan. Selain itu, potensi usaha produk hasil las untuk di kawasan ini sangat tinggi. Mitra diberikan bekal penyuluhan teori teknologi pengelasan dan kewirausahaan. Selain itu mitra berkesempatan unjuk kerja mengelas dan berhasil menghasilkan produk hasil las berupa tiang lampu dari bahan pipa *carbon steel* sebanyak 15 batang.

Abstract

Application of Welding Technology to Support Home Industries in Karang Joang, Balikpapan. One of the current technologies that is widely used to generate income is the technology of joining metal materials which is usually called welding. One example of a welding product that now has a market and has become an entrepreneurial option is home canopies. However, there are still many other welding products that can be commercialized, such as shoe racks, lamp posts, and others. The increasing development of Balikpapan City with the massive development of residential areas from year to year makes the demand for welded products very high. Thus, to meet the huge market demand for welding skills, it is necessary to provide training to the public regarding the use of this welding technology. In this case, the community that is the target of training activities and welding technology performance is one of the community groups in Karang Joang Village. Karang Joang, as one of the sub-districts in North Balikpapan, is one of the areas that has very high housing development, especially in Batu Ratna Street KM 11. There are approximately 9 housing complexes that are currently still under construction, stretching for ± 3 KM. Therefore, the level of need for welded products is very high. The partners who will be used for this community service activity are the Baitussalam Mushollah Management Group Karang Joang KM 11 consisting of 20 management members. This partner was chosen because the management members did not have the understanding and skills related to welding technology. Apart from that, the business potential for welded products in this area is very high. Partners are provided with counseling on welding technology theory and entrepreneurship. Apart from that, partners had the opportunity to perform welding work and succeeded in producing a welded product in the form of a lamp post made from 15 carbon steel pipes.

Kata Kunci : Penyuluhan; unjuk kerja; teknologi las; produk las

1. Pendahuluan

Industri fabrikasi dan *assembly* material logam saat ini merupakan salah satu opsi bidang usaha yang bisa menjadi pilihan untuk dijadikan sebagai usaha mandiri. Salah satu jenis usaha mandiri yang bisa dijalankan yaitu bengkel las material logam. Namun, untuk memulai terbentuknya usaha bengkel las maka pemahaman terkait teknologi pengelasan dan manajemen usaha mikro perlu dipahami. Perkembangan teknologi yang sangat pesat saat ini menjadikan masyarakat harus memahami tata cara penggunaannya. Olehnya itu, diperlukan peran institusi pendidikan dalam melakukan *sharing* pengetahuan ke masyarakat terkait perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Seiring perkembangan dunia dewasa ini, melalui revolusi industri 4.0 dan saat ini menuju revolusi industri 5.0 maka masyarakat diharapkan mampu untuk mengikuti perkembangan zaman. Sumber daya manusia (SDM) yang dapat mengimbangi perkembangan industri saat ini yaitu masyarakat yang memiliki kreatifitas dan inovasi. Salah satu faktor penting dalam peningkatan kualitas SDM adalah pendidikan dan pelatihan yang bisa beradaptasi dengan perubahan sosial masyarakat. Teknologi las saat ini semakin banyak digeluti karena permintaan terhadap kebutuhan produk hasil las sangat ramai akhir-akhir ini. Menurut Mokhtar (2018), adanya penerapan teknologi pengelasan ini dapat memberikan keterampilan baik perorangan maupun kelompok yang mampu digunakan untuk bekal bekerja di industri maupun berwirausaha sendiri, sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan ketenteraman dan kenyamanan dalam masyarakat [1]. Olehnya itu, untuk memasyarakatkan teknologi las untuk kebutuhan industri rumah tangga sangat memungkinkan dilakukan.

Salah satu lembaga yang dapat mensosialisasikan pemanfaat teknologi las saat ini yaitu Lembaga Pendidikan seperti perguruan tinggi. Sesuai dengan instruksi Undang - Undang nomor 12 tahun 2012 tentang perguruan tinggi, perguruan tinggi mempunyai tugas pokok untuk menyelenggarakan Tridarma Pendidikan yaitu pengajaran, penelitian dan pengabdian masyarakat [2]. Untuk kegiatan yang disebutkan terakhir yaitu pengabdian masyarakat harus dilaksanakan agar masyarakat dapat memperoleh informasi terbaru terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Untuk eksisting teknologi pengelasan saat ini sudah semakin sederhana. Teknologi las sebelumnya harus membutuhkan peralatan yang mahal dan ruang

kerja yang memadai. Dengan perkembangan teknologi saat ini, pengelasan dapat dilakukan dimana saja karena peralatan pengelasan sudah sangat sederhana terkhusus untuk keperluan menghasilkan produk hasil las untuk kebutuhan rumah tangga. Namun, yang harus diperhatikan yaitu *welding procedur*. Dengan adanya *welding procedur* dapat menghindari kesalahan dalam kegiatan pengelasan [3]. Selain prosedur pengelasan terdapat juga *welding prosedur specification* (WPS) yaitu dokumen tertulis yang menjelaskan prosedur pengelasan dan memberikan arahan pada juru las untuk menghasilkan mutu produk las sesuai dengan kode dan standar yang ditentukan [4]. Untuk mendukung terbentuknya suatu usaha dibidang industri pengelasan skala kecil diperlukan juga pemahaman terkait manajemen usaha agar mampu mempertahankan dan mengembangkan usaha industri yang telah dibangun.

Melalui kegiatan pengabdian masyarakat masyarakat Institut Teknologi Kalimantan tahun 2023, tim dosen dan mahasiswa mencoba untuk memasyarakatkan teknologi las sederhana dan memberikan pemahaman terkait manajemen usaha kepada mitra kegiatan. Dalam hal ini yang menjadi mitra kegiatan pengmas yaitu kelompok pengurus mushollah Baitussalam RT. 14 KM. 11 Batu Ratna, Karang Joang. Kegiatan pengabdian masyarakat akan dilaksanakan dengan skema Program Pengembangan Kewirausahaan (PPK). Mitra ini dijadikan sebagai sasaran kegiatan pengmas karena kawasan mitra saat ini menjadi salah satu daerah pengembangan hunian (perumahan) kota Balikpapan. Terdapat kurang lebih 9 pengembang perumahan yang sedang membangun unit rumah komersil maupun subsidi. Sehingga peluang ini akan dimanfaatkan sebagai market/pasar usaha dibidang penyedia jasa teknologi las seperti kanopi, pagar, tiang lampu dan lain-lain. Diharapkan dengan memberikan pelatihan terkait teori dan unjuk kerja teknologi las dapat menciptakan terbentuknya jiwa kewirausahaan pada mitra.

Namun, permasalahan yang dialami oleh mitra saat ini yaitu anggota kelompok belum mendapatkan pelatihan teknologi las sehingga keterampilan untuk mengoperasikan peralatan las dan mengayunkan busur las masih rendah. Selain itu, pemahaman mitra terkait manajemen usaha mikro masih rendah sehingga perlu dilakukan pembinaan dalam bentuk penyuluhan. Secara umum, Tujuan akhir yang ingin dicapai pada kegiatan pengabdian masyarakat ini yaitu membentuk pemahaman kewirausahaan anggota pengurus mitra dalam bidang pemanfaatan teknologi

pengelasan di bidang fabrikasi dan *assembly material* logam.

2. Metode Pelaksanaan

Solusi permasalahan yang diberikan kepada mitra yaitu pemberian pelatihan aplikasi teknologi pengelasan berupa kelas teori untuk penambahan pemahaman terkait tema kegiatan dan unjuk kerja/praktik pengelasan untuk melihat keterampilan mitra dalam mengelas. Menurut Siagian (dalam Patricia, 2014), definisi pelatihan adalah proses belajar mengajar dengan menggunakan teknik dan metode tertentu secara konseptual dapat dikatakan bahwa latihan dimaksudkan untuk meningkatkan keterampilan dan kemampuan kerja seseorang atau sekelompok orang [5]. Mengadopsi teknologi baru perlu dibarengi dengan peningkatan pengetahuan dan keterampilan sumber daya manusia dalam organisasi melalui pendidikan maupun pelatihan yang tepat waktu dan sasaran [6].

Sumber daya manusia memerlukan pelatihan untuk memperbaharui kemampuan yang mereka miliki. Karena pada dasarnya tujuan pelatihan yaitu untuk mengembangkan karyawan agar terampil, terdidik, dan terlatih secara profesional serta siap pakai dalam bidangnya masing-masing [7]. Pelatihan atau *workshop* juga memiliki fungsi agar partisipan pelatihan mudah berkembang, sebab sulit bagi seseorang untuk mengembangkan diri hanya berdasarkan pengalaman tanpa adanya suatu pendidikan khusus.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan skema Program Pengembangan Kewirausahaan (PPK) ini akan dilakukan di lokasi mitra yaitu Jalan Batu Ratna KM. 11 Kota Balikpapan seperti pada Gambar 1 dengan melibatkan 3 orang dosen Teknik Perkapalan Institut Teknologi Kalimantan dan 10 orang mahasiswa. Adapun tahapan kegiatan yang akan dilakukan pada kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini sebagai berikut :

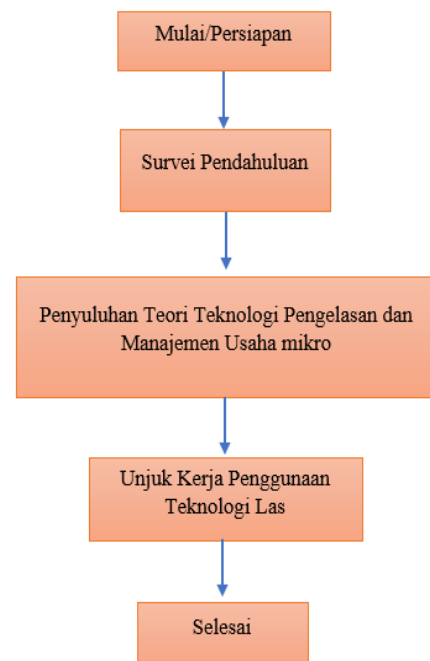
1. Tahap persiapan yang dilakukan oleh tim pengabdian masyarakat. Adapun persiapan yang dilakukan terkait kesiapan materi penyuluhan dan peralatan pendukung rangkaian kegiatan pengabdian kepada masyarakat.
2. Melakukan survei pendahuluan terkait pemahaman para anggota pengurus mitra terkait teknologi pengelasan dan manajemen usaha mikro melalui *pre-test*.



Gambar 1. Tempat mitra

3. Melakukan penyuluhan kepada anggota pengurus mitra dengan tema penggunaan dan pemanfaatan teknologi las serta manajemen usaha mikro dengan metode cerama.
4. Unjuk kerja penggunaan mesin las dan busur las dengan mencoba membuat *prototype* tiang lampu dengan material besi. Sehingga, setiap peserta pelatihan mampu mengetahui cacat las.

Susunan rangkaian kegiatan pengabdian kepada masyarakat di atas di tuangkan dalam diagram alir kegiatan seperti pada Gambar 2. Dengan rangkaian/tahapan kegiatan di atas, diharapkan permasalahan mitra dapat terselesaikan sedikit demi sedikit.



Gambar 2. Diagram alir kegiatan

3. Hasil dan Pembahasan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan sesuai dengan tahapan kegiatan yang didesain sebelumnya. Pada tahap survei kondisi mitra diperoleh sebuah ide kegiatan dengan tema pengelasan. Tema ini disampaikan oleh mitra dengan alasan kebutuhan produk las disekitar lokasi mitra cukup tinggi. Dengan permasalahan tersebut, selanjutnya tim pengabdian masyarakat menyanggupi usulan kegiatan mitra dengan alasan potensi tim pengabdian masyakat (dosen dan mahasiswa) yang memiliki keterampilan pengelasan. Selain itu, salah satu mata kuliah yang diprogramkan di prodi Teknik Perkapalan ITK menyelenggarakan mata kuliah Teknologi Pengelasan.

Setelah menetapkan tema dan judul kegiatan pengabdian masyarakat, selanjutnya tim membuat perencanaan dua kegiatan utama yang mendukung pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat sesuai usulan mitra. Kegiatan pertama yaitu kegiatan penyuluhan terkait teori pengelasan dan kewirausahaan dibidang teknologi hasil las seperti pada Gambar 3.



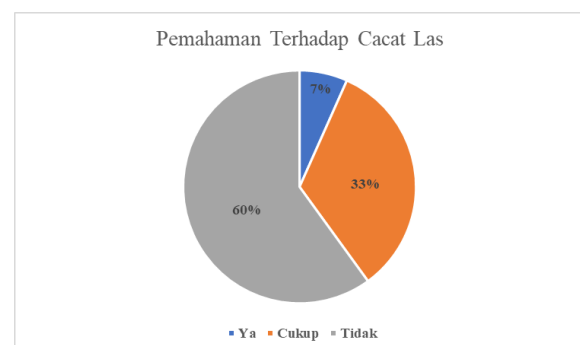
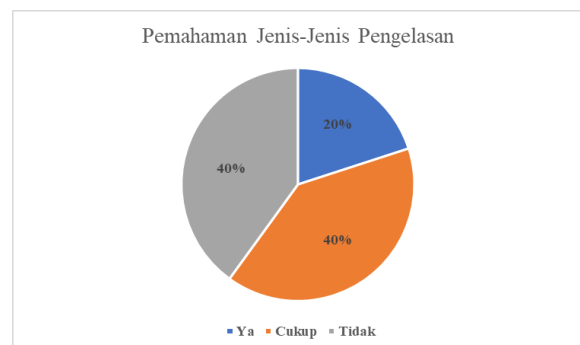
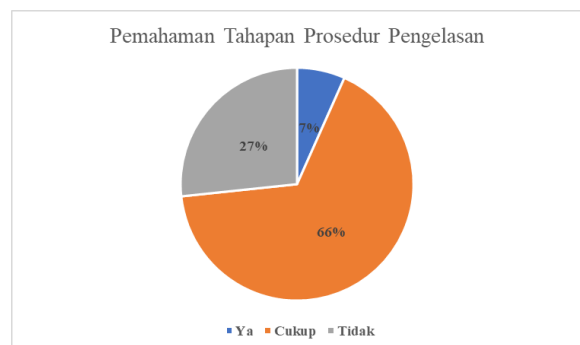
Gambar 3. Penyuluhan teknologi pengelasan dan manajemen usaha mikro

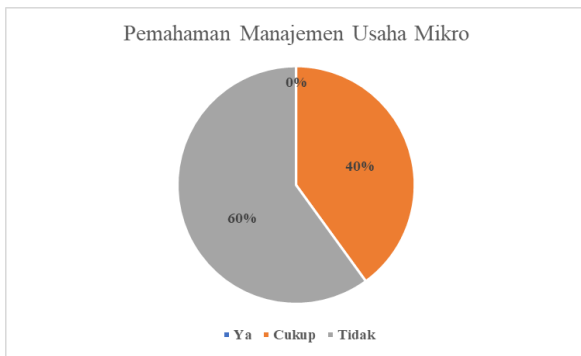
Sebelum penyuluhan, dilakukan *pre-test* terkait pemahaman teknologi las dan usaha mikro seperti yang terlihat pada Gambar 4. Proses pengambilan pre test dilakukan oleh mahasiswa dengan memberikan pertanyaan sesuai dengan *form* yang telah disiapkan sebelumnya. Selain itu beberapa peserta penyuluhan melakukan pengisian form *pre-test* secara mandiri.



Gambar 4. *Pre-Test* kegiatan penyuluhan

Berdasarkan hasil *pre-test* yang dilakukan, diperoleh angka pemahaman peserta penyuluhan terkait teknologi pengelasan dan usaha mikro sebelum pemberian teori dan unjuk kerja seperti yang digambarkan dalam grafik pada Gambar 5.





Gambar 5. Distribusi hasil *pre-test* penyuluhan

Berdasarkan hasil *pre-test* yang diperlihatkan oleh grafik pada Gambar 5, peserta penyuluhan sebagian cukup memahami teknologi pengelasan. Namun, istilah yang umum digunakan didunia pengelasan yang tidak dipahami. Setelah mengikuti pelatihan, mitra mulai memahami istilah-istilah yang digunakan dibidang pengelasan.



Gambar 6. Proses marking pada material las



Gambar 7. Proses pemotongan material

Kegiatan kedua yaitu unjuk kerja/paktek pengelasan yang dilakukan oleh anggota mitra melalui bimbingan dan pengawasan tim pengabdian kepada masyarakat ITK seperti yang terlihat pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8. Unjuk kerja pengelasan oleh mitra

dilakukan secara bergantian untuk melihat keterampilan las peserta pelatihan.



Gambar 8. Unjuk kerja pengelasan oleh mitra

Dari hasil unjuk kerja pengelasan telah berhasil menghasilkan produk hasil las berupa tiang lampu jalan. Namun, pada saat proses pengelasan ditemukan beberapa kendala berupa cacat las yang terjadi pada saat unjuk kerja seperti pada Gambar 9. Sehingga, selanjutnya dilakukan proses reparasi terhadap cacat las yang terjadi.



(a)



(b)

Gambar 9. Cacat Las yang terjadi unjuk kerja : (a) *Porosity*, (b) *Undercut* dan *Spatter*

Selanjutnya, setelah dilakukan reparasi pada hasil las berupa pengelasan kembali dan meratakan hasil dengan gerinda. Untuk menambah kerapian, bagian penetrasi las diberikan dempul untuk lebih menghaluskan sambungan. Setelah sambungan las terlihat mulus, selanjutnya mitra melakukan pengecatan pada tiang lampu yang merupakan produk pelatihan ini seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengecatan produk hasil las

4. Kesimpulan

Rangkaian kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan telah berjalan baik. Pengurus mushollah Baitussalam sebagai mitra kegiatan memperlihatkan semangat yang tinggi dalam berpartisipasi dalam kegiatan ini. Mitra pada kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini terlihat antusias karena dilakukan unjuk kerja untuk menghasilkan produk. Pada kesempatan tersebut mitra melalui pengawasan dan bimbingan dari tim pengmas Institut Teknologi Kalimantan berhasil menghasilkan karya tiang lampu dari pipa *carbon steel*. Produk yang dihasilkan pun telah diiklankan ke berbagai *marketplace*, sehingga memungkinkan adanya komersialisasi produk hasil las. Selanjutnya, mitra telah mencoba untuk segera membentuk UMKM untuk mewadahi mitra dalam berwirausaha dibidang teknologi pengelasan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Kalimantan (LPPM ITK). Jurnal ini merupakan luaran wajib kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang didanai oleh LPPM ITK tahun 2023 dengan nomor kontrak : 4284/IT10.II/PPM.04/2023 pada skema Program Pengembangan Kewirausahaan (PPK). Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mitra kegiatan yaitu anggota pengurus Mushollah Baitussalam RT. 14 Karang Joang atas kerjasamanya dalam kegiatan ini.

Referensi

- [1] A. Mokhtar and Murjito, "Teknologi Pengelasan Untuk Peningkatan Sumber Daya Manusia Ranting Muhammadiyah Tlogomas," *Semin. Nas. Teknol. dan Rekayasa*, pp. 115–120, 2018, [Online]. Available: <http://research-report.umm.ac.id/index.php/sentra/article/view/2338>
- [2] P. R. Indonesia, *UU RI No. 12/2012 tentang Pendidikan Tinggi*. 2012, p. 18.
- [3] H. Yudo and S. Jokosisworo, "Prosedur Pengelasan," *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 6, no. 2, pp. 123–125, 2012, doi: 10.14710/kpl.v6i2.2720.
- [4] A. Rahmatika, E. Sutarto, and A. C. Arifin, "Pengujian Merusak Pada Kualifikasi Prosedur Las Plat Baja Karbon SA-36 dengan Proses Pengelasan SMAW Berdasarkan Standar ASME Section IX," *J. Vokasi Teknol. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 24–30, 2021, doi: 10.36870/jvti.v3i1.218.
- [5] P. M. Sahangamu and S. L. Mandey, "Pengaruh Pelatihan Kerja, Motivasi, dan Disiplin Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Pada PT Bank Perkreditan Rakyat Dana Raya," *Emba*, vol. 2, no. 4, pp. 514–523, 2014.
- [6] S. Hadi, I. Rajiani, Mutiani, and Jumriani, *Manajemen Sumber Daya Manusia*, no. 1. 2022. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=e2ppEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=manajemen+pengetahuan&ots=gV368HYIR3&sig=ugm1Twmq-r6Ya9ITLRHYA6ieJi0>
- [7] Endang Haryati and Jessica Debora Sibarani, "Pengaruh Pelatihan Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan pada PT PP. London Sumatera Indonesia, Tbk Medan," *Bisa*, vol. 9, no. 02, pp. 23–40, 2020, doi: 10.55445/bisa.v9i02.37.

Pelatihan Pengukuran Kapasitas Gross Tonnage (GT) pada Kapal Kayu Tradisional KUB. Mitra Nelayan Muara Baru di Penajam Paser Utara

Muhammad Uswah Pawara^{1,*}, Andi Mursid Nugraha Arifuddin¹, Suardi¹, Abdul Mujib Syadzali¹, Alamsyah¹, Hendra Eliakim Lumbantoruan¹, Firman Veryvicasi Vernando Siagian¹, Diva Syahirah Dwiyantri¹, Gusrawati, Sander V S Simatupang¹, Ade Fitri¹, Irentya Anugra Baratau¹, Daffa Ahmad Naufal¹, Sutomo Bancin¹

¹*Program Studi Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Kalimantan
Jl. Soekarno Hatta km. 15, Balikpapan, Indonesia*

*Email: uswah.pawara@lecturer.itk.ac.id

Abstract

Setiap kapal sebelum dioperasikan wajib dilakukan pengukuran untuk menentukan ukuran panjang, lebar, dalam dan tonase kapal sesuai dengan metode pengukuran kapal yang telah diatur dalam PM Perhubungan Nomor 8 Tahun 2013 tentang Pengukuran Kapal. Salah satu ukuran utama kapal yang harus dihitung pada kapal yang dibuat adalah *Gross Tonnage* (GT) yang berfungsi untuk pendataan kapal dan system administrasi yang berkaitan dengan pajak, sewa pelabuhan, asuransi dan docking space. Tujuan dari program pengabdian ini adalah untuk mengadakan pelatihan pengukuran kapasitas *Gross Tonnage* pada kapal nelayan tradisional sedangkan manfaat yang dapat diperoleh adalah peningkatan kemampuan mitra sebagai pemilik kapal dan masyarakat untuk mampu menghitung tonase kapal yang dimiliki. Mitra yang terlibat dalam kegiatan ini adalah nelayan pada Kelompok Usaha Bersama (KUB). Mitra Nelayan Muara Baru di Muara Tunan, Tanjung Tengah, Penajam Paser Utara. Dari hasil kegiatan, permasalahan yang selama ini dihadapi oleh nelayan dapat terlihat akar masalahnya, yaitu kurangnya pemahaman mereka terkait ukuran kapal terutama GT. Dengan kegiatan ini melalui materi yang diberikan dan praktek langsung perhitungan nilai GT, mereka dapat mengerti pentingnya nilai tersebut, dan implikasinya pada berbagai hal yang terkait dengan profesi mereka terutama banyaknya kebijakan pengelolaan perikanan di Indonesia ditinjau dari besar atau kecilnya nilai GT kapal. Selain itu, pada saat pelaksanaan kegiatan peserta sangat antusias sehingga dapat dikatakan kegiatan ini berhasil dan harapannya kedepan peserta dapat bersinergi dengan pihak perguruan tinggi dan pemerintah daerah melalui program-program untuk pengembangan kualitas dan peningkatan produksi kapal tradisional.

Abstract

Gross Tonnage Determination Training on Traditional Wooden Boats at KUB. Mitra Nelayan Muara Baru In Penajam Paser Utara . Dimensions of Traditional fishing boats including length, breadth, depth, and tonnage must be determined before operating based on measurement methods in accordance with Minister of Transportation Regulation No. 8 of 2013 concerning vessel measurement. The main dimension that must be calculated is Gross Tonnage (GT) for ship registration and administration systems related to taxes, port services, insurance, and docking space. However, the GT unit is not common for traditional fishermen thus a community service is conducted to introduce the unit and to train in the method of determining the GT. Through the training, fisherman communities and traditional ship owners will be able to calculate GT. Our partners in this activity are members of the Joint Business Group (KUB). Mitra Nelayan Muara Baru in Muara Tunan, Tanjung Tengah, Penajam Paser Utara. As for the results of the training, the main problem of the partners can be addressed which is a lack of understanding regarding ship dimensions, especially GT. In this activity, a lecture on GT and first-hand experience of its calculation were provided, so their understanding of the significance of the unit, and its implications on various matters related to their profession were established in which many fisheries management policies in Indonesia are referring to GT value. Moreover, during the training, the participants were very enthusiastic so this activity was successful. Therefore, the participants would synergize with universities and local governments through programs to develop the quality and increase the production of traditional fishing boats.

Kata Kunci: Kapal kayu; pelatihan pengukuran; gross tonnage; Penajam Paser Utara

1. Pendahuluan

Kapal penangkap ikan merupakan bagian dari unit penangkapan ikan yang mempunyai peran penting untuk menunjang keberhasilan operasi penangkapan ikan, baik sebagai alat transportasi dari fishing base ke fishing ground dan sebaliknya maupun sebagai alat untuk menampung, menyimpan ikan hasil tangkapan [1]. Oleh karena itu kemampuan kapal penangkap ikan untuk menampung hasil tangkapan menunjukkan besar ataupun kecilnya kapasitas keuntungan yang didapat [2]. Kapal penangkap ikan tradisional berbahan kayu pada lokasi mitra pengabdian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Dalam pembuatan kapal ikan tradisional di PPU tidak ada perencanaan ukuran (Gross Tonnage) GT, dikarenakan para pengrajin kapal kayu tradisional hanya membangun fisik dari kapal. Dampaknya kapal yang telah dibangun tidak memiliki nilai GT setelah selesai dibangun dan diberikan kepada pemesan kapal, hal ini juga dialami oleh mitra pengabdian dimana sebagian besar kapal yang mereka peroleh dari pembuat kapal tradisional setempat tidak menghitung nilai GT-nya, maka mereka harus berusaha mengetahui sendiri nilai GT kapal mereka atau hanya memperkirakan nilainya jika ada inspeksi atau pemeriksaan fisik kapal dari pemerintah.



Gambar 1. Kapal ikan tradisional yang dimiliki mitra

Dalam hal ini Pemeriksaan fisik kapal penangkap ikan dilakukan untuk mengetahui ukuran kapal (GT) yang selanjutnya dijadikan sebagai dasar penetapan besarnya nilai pungutan perusahaan perikanan yang harus disetorkan pemohon kepada Ditjen Perikanan Tangkap sebagai Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP).

Pada prinsipnya aspek penerimaan negara ditopang oleh dua unsur pokok yaitu penerimaan perpajakan dan (PNBP) [3]. Hingga sekarang ukuran kapal penangkap ikan dalam kaitan dengan pengelolaannya selalu ditinjau berdasarkan Gross Tonnage (GT) yang merupakan gambaran kapasitas dan daya muat untuk menghitung berbagai hal terkait

dengan produktivitas usaha penangkapan ikan. Selain itu banyak kebijakan pengelolaan perikanan di Indonesia ditinjau dari besar atau kecilnya Gross Tonnage (GT) kapal penangkap ikan [2].

Setiap kapal sebelum dioperasikan wajib dilakukan pengukuran untuk menentukan ukuran panjang, lebar, dalam dan tonase kapal sesuai dengan metode pengukuran kapal yang telah diatur dalam PM Perhubungan Nomor 8 Tahun 2013 tentang Pengukuran Kapal [4].

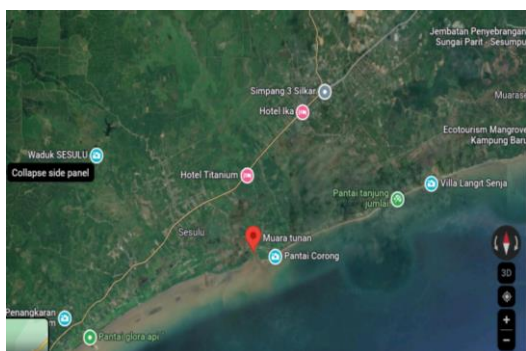
Pengukuran kapal bertujuan untuk memperoleh identitas fisik kapal berupa panjang, lebar, tinggi, tonase kotor (GT), tonase bersih (NT). Fungsi pengukuran kapal itu sendiri adalah untuk memenuhi persyaratan pendaftaran dan penerbitan surat kebangsaan kapal, serta menetapkan persyaratan keselamatan yang harus dipenuhi oleh seluruh kapal.

Di Indonesia, instansi atau pejabat yang berwenang untuk melaksanakan pengukuran kapal disebut ahli ukur kapal. Ahli ukur kapal adalah pegawai negeri sipil di lingkungan Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, yang telah lulus mengikuti pendidikan dan pelatihan pengukuran kapal yang dibuktikan dengan sertifikat yang dilaksanakan oleh badan pengembangan sumber daya manusia perhubungan.

Setelah dilakukan pengukuran kapal, maka ahli ukur kapal akan mengeluarkan daftar ukur kapal sebagai dasar untuk menerbitkan surat ukur. Daftar ukur kapal adalah daftar yang memuat perhitungan tonase kapal, sementara surat ukur adalah surat kapal yang memuat ukuran dan tonase kapal berdasarkan hasil pengukuran yang terlampir di daftar ukur. Ketika pengukuran kapal telah dilaksanakan oleh ahli ukur kapal dan diketahui gross tonage kurang dari 7 GT, maka hasil pengukuran tersebut akan diserahkan kepada pihak pemerintah daerah setempat untuk diproses dan diterbitkan pas kecil.

Informasi terkait ukuran kapal dan kewajiban pemilik kapal untuk mendaftarkan kapalnya melalui nilai GT yang telah diperoleh tidak diketahui oleh sebagian nelayan terutama nelayan yang berada di Penajam Paser Utara khusus Mitra pengabdian ini yaitu Kelompok Usaha Bersama (KUB). Mitra Nelayan Muara Baru, mereka tidak mengetahui bahwa setiap kapal harus diukur terlebih dahulu untuk memperoleh ukuran utamanya yang merupakan identitas dari kapal tersebut terutama Nilai GT yang digunakan untuk mendapatkan pas kecil.

Maka dari itu, pengabdian ini dilaksanakan untuk mensosialisasikan peraturan pemerintah terkait identitas kapal, dan kewajiban mereka untuk mendaftarkan kapalnya melalui materi yang diberikan, dan juga pada kegiatan ini akan diberikan pelatihan praktis terkait perhitungan GT sehingga mereka memiliki bekal awal jika dilakukan kegiatan pengecekan kapal yang mereka miliki.



Gambar 2. Foto satelit lokasi kegiatan pengabdian

2. Latar Belakang dan Permasalahan Mitra

Kabupaten Penajam Paser Utara merupakan kabupaten yang sebagian besar wilayahnya langsung berhadapan dengan laut dan teluk Balikpapan. Potensi perikanan di kabupaten ini juga cukup tinggi, dari segi armadanya, nelayan menggunakan beberapa jenis kapal, mulai kapal tidak bermotol kecil sampai kapal motor 5 – 10 GT [5], termasuk di daerah mitra di Muara Baru, Muara Tunan, Tanjung Tengah, kapal yang dimiliki mitra sesuai dengan hal tersebut berdasarkan hasil survey awal. Lokasi Muara Tunan seperti terlihat pada Gambar 2.

Berdasarkan informasi yang diperoleh bahwa kebanyakan nelayan dilokasi mitra sangat sedikit yang mendaftarkan kapalnya umumnya karena ketidaktahuan atas hal ini dan banyak juga yang menyatakan para nelayan merasa dirugikan dan sering terjadi penolakan dari masyarakat karena sering terjadi perbedaan nilai GT hal ini juga terjadi di banyak tempat di Indonesia Misalnya di Cirebon terjadi mark down ukuran GT kapal [6], di Jakarta hasil pengukuran ukang menunjukkan bahwa terjadi perbedaan ukuran GT setelah dilakukan pengukuran ulang [2], dan berdasarkan Sunardi et al, sering kali ditemukan ukuran yang tercantum di dokumen berbeda dengan ukuran kapal yang sesungguhnya [6]. Hal ini marak dilakukan oleh pelaku usaha sehingga praktik – praktik tersebut harus dikaji [7].

Berdasarkan kasus yang disebutkan diatas, banyak terjadi penolakan atas kegiatan pengukuran kapal ikan karena banyak nelayan merasa dirugikan segi kebijakan, biaya labuh, jatah mendapatkan BBM bersubsidi, perijinan dan sebagainya. Hal ini juga dirasakan oleh masyarakat mitra, oleh karena itu, tim pengabdian ITK berinisiatif menindaklanjuti permasalahan ini melalui kegiatan pengabdian berupa pemberian materi terkait GT, metode perhitungannya dan sosialisasi PNB, agar mitra memahami kebijakan pemerintah sehingga meminimalisir penolakan terhadap kebijakan ini.

3. Metode

3.1. Target Capaian

Target capaian dari kegiatan pengabdian ini berupa pelatihan pengukuran kapasitas Gross Tonnage (GT) kapal kayu tradisional pada mitra sebagai berikut.

1. Memahami konsep ukuran utama kapal: Peserta diharapkan mampu memahami konsep ukuran utama kapal khususnya tonase kotor kapal atau Gross Tonnage.

2. Menghitung Gross Tonnage: Peserta akan belajar menghitung cara menentukan GT kapal berdasarkan pertauran yang ditetapkan pemerintah.

3. Menerapkan Metode Penentuan GT: Pelatihan ini bertujuan untuk memberi keterampilan kepada peserta agar mampu mengaplikasikan metode pengukuran GT yang telah diberikan dengan tepat.

4. Meningkatkan pengetahuan dan pemahaman tentang PNB: peserta diharapkan memperoleh pemahaman terkait Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) yang dihasilkan dari pengukuran GT kapal tersebut.

Dengan target – target capaian yang telah ditetapkan, maka pelaksanaan kegiatan ini dapat terarah karena target yang jelas, sehingga peserta pelatihan diharapkan mampu memperoleh pengetahuan khususnya tentang pengukuran GT dan kewajiban PNB yang harus mereka stor ke pemerintah sebagai kewajiban dalam melaksanakan aktivitas usahanya.

3.2. Implementasi Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan pelatihan dilaksanakan di sekretariat (KUB). Mitra Nelayan Muara Baru di Muara Tunan, Tanjung Tengah, Penajam Paser Utara, di rumah ketua Kelompok Nelayan tersebut. Kegiatan ini ditujukan kepada nelayan anggota KUB dan masyarakat sekitar dengan target peserta dua puluh orang.

Pelatihan ini dilaksanakan dengan melibatkan peserta untuk aktif dan berdiskusi dengan pemateri sehingga materi yang diberikan mampu diimplementasikan dengan baik oleh peserta nantinya setelah pelatihan. Bentuk pelatihan tidak hanya berupa sosialisasi metode perhitungan GT namun juga praktek langsung penggunaan metode tersebut agar peserta memperoleh pengalaman praktis dan konkret dalam mengimplementasikan metode tersebut dalam estimasi GT kapal mereka.

3.2.1 Materi Kegiatan

Dalam pelatihan ini, materi dirancang agar peserta dapat memperoleh pengetahuan mendalam terkait tonase kapal dan metode yang digunakan untuk menentukan ukuran tersebut kemudian peserta juga

diharapkan mampu menerapkan perhitungan tersebut secara tepat karena akan diberikan contoh kasus berupa perhitungan kapal sesungguhnya dilapangan, adapun beberapa materi yang akan disampaikan antara lain:

1. Prinsip dasar dimensi kapal: peserta akan dikenalkan informasi umum terkait dimensi kapal baik panjang, lebar dan tinggi kapal dan khususnya tonase kapal.

2. Urgensi perhitungan dimensi kapal: setelah mengetahui dimensi kapal secara umum, peserta akan diberikan pengetahuan mengenai tujuan dari penentuan dimensi kapal terutama pentingnya pengukuran GT

3. Metode estimasi nilai GT: Peserta akan diajarkan beberapa metode yang biasanya digunakan untuk menentukan nilai GT sekaligus pemberian contoh perhitungannya kemudian peserta didorong untuk langsung mempraktekkannya.

4. Sosialisasi Tentang PNBP: setelah peserta familiar dengan konsep GT, implementasi dari nilai tersebut juga akan diberikan yaitu penerimaan negara bukan pajak (PNBP) dimana besarnya pungutan dari pemerintah berdasarkan nilai GT yang telah mereka peroleh.

3.2.2 Pelaksanaan Kegiatan

Ada beberapa rangkaian kegiatan yang dilaksanakan pada pengabdian ini. Pertama, survey lokasi, sebelum memilih lokasi kegiatan terlebih dahulu anggota tim mengunjungi lokasi yang direncanakan menjadi tempat pelatihan, informasi terkait lokasi diperoleh dari anggota tim setelah dianggap memenuhi persyaratan kemudian dilanjutkan dengan komunikasi kepada perwakilan mitra. Selanjutnya penyusunan materi pelatihan meliputi konsep dasar dimensi kapal, GT dan urgensinya, metode dan contoh perhitungan GT, dan materi terkait PNBP. Kemudian pelaksanaan inti kegiatan berupa pelatihan pengukuran kapasitas GT dilokasi yang telah ditentukan.

Pelaksanaan kegiatan pelatihan dirancang agar lebih partisipatif dan interaktif adapun tahapan pelaksanaan kegiatan meliputi mengunjungi kapal – kapal nelayan yang terparkir dibibir pantai untuk mendapatkan gambaran awal mengenai bentuk dan ukuran kapal yang dimiliki mitra yang dapat dijadikan referensi untuk memberikan materi saat pelatihan dan contoh yang akan diberikan.

Setelah mendapatkan gambaran terkait kapal yang terdapat disekitar lokasi kegiatan, kemudian dilanjutkan dengan pemberian materi yang diawali dengan pemaparan tentang konsep dasar ukuran kapal, kemudian definisi GT dan implikasi nilai GT, metode – metode perhitungan dan contohnya, selanjutnya sosialisasi PNBP dan perhitungan nilainya berdasarkan besar kapasitas nilai GT kapal

mitra. Pemberian materi ini dirancang sesuai dengan kebutuhan mitra berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan sebelumnya yaitu kunjungan ke lokasi kapal yang terparkir sebelum pelatihan ini memberikan informasi awal mengenai kondisi kapal yang dimiliki mitra.

3.3. Metode Pengukuran Capaian Kegiatan

Untuk mengetahui tercapainya target kegiatan, pada penelitian ini dibuat beberapa indikator berupa pemahaman mereka tentang ukuran kapal, GT, kemampuan mengaplikasikan metode pengukuran GT, dan pengetahuan peserta tentang PNBP, hal ini langsung terlihat saat akhir kegiatan misalnya kemampuan mengaplikasikan metode mengukur GT peserta diajak untuk langsung mengaplikasikan metode perhitungan tersebut dan dapat terlihat kemampuan peserta tersebut.



Gambar 3. Diagram alir pelaksanaan kegiatan

Pada saat pelatihan, peserta diberikan kesempatan untuk terlibat langsung dalam kegiatan dengan menyampaikan pengalamannya terutama nilai GT yang mereka peroleh sebelum pelatihan untuk dibandingkan dengan nilai yang didapatkan pada saat pelatihan sehingga kegiatan lebih partisipatif.

Kemudian setelah materi diberikan dan diskusi dengan instruktur, panitia kembali memberikan kuesoiner untuk melihat perkembangan pengetahuan peserta, tujuannya untuk mengevaluasi jalannya pelatihan dan mengukur target yang tercapai. Melalui metode ini, dapat diperoleh informasi tingkat keberhasilan pengabdian, dan sebagai bahan evaluasi untuk kegiatan kedepannya. Adapun indikator keberhasilan bari kegiatan pengabdian ini meliputi hal – hal sebagai berikut.

1. Meningkatnya pengetahuan peserta mengenai ukuran kapal, indikator ini terlihat jika peserta mampu menjelaskan beberapa ukuran utama kapal.

2. Peserta mampu menerapkan metode pengukuran GT, hal ini dapat diukur dari kemampuan peserta menghitung GT kapal yang dimiliki.

3. Menghitung nilai PNBP berdasarkan besarnya GT dan jenis kapal yang dimiliki. Peserta dapat memperkirakan besarnya PNBP yang harus dibayar oleh Nelayan kepada pemerintah.

4. Tingkat kepuasan peserta terhadap kegiatan pengabdian yang dijalankan baik dari sisi materi, metode pelatihan, fasilitas dan pelayanan yang diberikan.

Adapun secara gasir besar jalannya kegiatan pengabdian ini dapat dirangkum melalui diagram alir kgiatan seperti yang terlihat pada Gambar 3, yang meliputi tahap awal yaitu persiapan kegiatan, kemudian dilanjutkan dengan survey atau observasi kapal mitra, selanjutnya tahap pelaksanaan kegiatan yang dilanjutkan dengan kegiatan diskusi, dan tahap akhir kegiatan yaitu penutup.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Observasi Kapal Mitra

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan pada tanggal 2 Juni 2023 di Sekretariat Kelompok Usaha Bersama (KUB) Mitra Nelayan Muara Baru yang dihadiri sekitar dua orang peserta. Sebelum pemberian materi, terlebih dahulu tim mengamati langsung kapal yang dimiliki oleh masyarakat sekitar untuk mendapatkan gambaran terkait objek kapal yang akan dihitung nilai GT nya, setelah mendapatkan gambaran kapal yang akan dihitung, instruktur kemudian menyusaikan materi yang akan diberikan kepada peserta terutama metode perhitungan GT kapal yang diaplikasikan. Gambar 4 menunjukkan kondisi lingkungan sekitar lokasi kegiatan dan kapal yang dikunjungi sebelum pemberian materi.

4.2. Pemberian Materi

Pelaksanaan inti kegiatan berupa pemberian materi yang diberikan langsung oleh instruktur oleh mahasiswa yang pernah melaksanakan Magang di

Syahbandar sehingga sangat memahami terkait perhitungan GT dan persoalan yang dihadapi oleh pemilik kapal dilapangan terkait pengukuran GT, dengan pengalaman yang dimilikinya peserta sangat antusias mengamati materi yang diberikan, Antusiasme peserta pelatihan seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Situasi sekitar lingkungan mitra



Gambar 5. Peserta menyimak materi yang diberikan

4.3. Aplikasi Metode Perhitungan GT

Setelah instruktur memaparkan metode pengukuran GT, peserta diberikan waktu untuk mengaplikasikan metode tersebut sesuai dengan metode berdasarkan peraturan yang ditetapkan oleh pemerintah, instruktur juga memberikan pengetahuan tambahan tentang pengukuran kapal yang detail kemudian membandingkannya dengan hasil yang diperoleh berdasarkan peraturan pemerintah tujuannya agar peserta mampu mengevaluasi sendiri besarnya GT kapal mereka untuk menghindari kecurangan dari pihak – pihak yang tidak bertanggung jawab.

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai GT kapal masing – masing peserta dan diketahui GT kapal mereka kebanyakan kurang dari 7 GT. Berdasarkan peraturan pemerintah kapal dengan ukuran tersebut akan diterbitkan pas kecil. Gambar 6 menunjukkan diskusi terkait perhitungan GT dengan instruktur.



Gambar 6. Diskusi perhitungan GT kapal mitra

4.4. Perhitungan PNBP

Pengetahuan yang tidak kalah pentingnya mengenai tonase kapal yakni implikasi GT itu sendiri berupa kewajiban peserta kepada Negara berupa PNBP yang dipungut karena usaha yang dijalankannya dan dasar penetapan besarnya berdasarkan nilai GT. Peserta dipaparkan peraturan pemerintah terkait PNBP yang mengatur besarnya tarif yang wajib disetor ke pemerintah, dalam aturan ini secara rinci dijelaskan. Peserta dengan mandiri mencari dan menghitung besarnya PNBP yang diwajibkan kepada mereka berdasarkan nilai GT dan jenis usahanya.

Pemaparan materi dari instruktur mengenai PNBP ini sangat bermanfaat karena maraknya perilaku *mark up* dari pihak – pihak yang bertanggung jawab yang memanfaatkan ketidak fahaman masyarakat kecil terkait aturan ini, sehingga besarnya setoran yang diberikan para nelayan jauh lebih besar dari yang sesungguhnya. Oleh karena itu mereka nantinya akan lebih kritis apabila kedepannya dilakukan pengukuran pada kapal yang mereka miliki.

4.5. Diskusi dan Penutupan Kegiatan

Sebelum berakhirnya kegiatan, diskusi terkait materi yang diberikan dilaksanakan agar peserta lebih memahami seluruh aspek yang terkait metode perhitungan GT dan PNBP, diskusi berjalan dengan baik karena instruktur sangat memahami persoalan yang terjadi dilapangan ketika ahli ukur turun melaksanakan tugasnya, sebab instruktur memiliki

pengalaman menjalankan training di Kantor Syahbandar, namun karena terbatasnya waktu kegiatan ini dicukupkan walaupun masih ada sedikit permasalahan dari peserta yang sebenarnya cukup penting untuk dijawab, ini menunjukkan pentingnya kegiatan seperti ini diberikan kepada masyarakat agar menambah wawasan mereka dan memberikan sedikit pencerahan atas masalah yang terkait profesi yang mereka jalankan.

Selanjutnya akhir dari kegiatan ini, yaitu penutupan berupa mendengarkan saran dan masukan terkait kegiatan yang dilaksanakan dan mengumpulkan bentuk – bentuk kegiatan yang dapat dikerjasamakan baik kegiatan pengabdian maupun kegiatan pengambilan data untuk tugas akhir mahasiswa dan penelitian dosen. Kemudian kegiatan ini diakhir dengan foto bersama dengan instruktur dan tim pengabdian untuk tujuan dokumentasi seperti yang terlihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Foto bersama instruktur dan peserta



Gambar 8. Foto bersama tim pengabdian

5. Kesimpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat dengan tema pengukuran kapasitas GT kapal telah dilaksanakan dengan baik, peserta sangat antusias mengikuti kegiatan karena materi yang diberikan sangat terkait dengan kebutuhan mereka yang selama ini tidak menjadi perhatian banyak pihak. Mengetahui dimensi kapal terutama GT sering dikesampingkan karena ketidak tahuan mereka atas implikasi dari hal ini, faktanya GT dibutuhkan dalam berbagai proses terutama besarnya tarif PNBP yang akan mereka setor. Harapannya kegiatan – kegiatan seperti ini terus digalakkan agar masyarakat nelayan mampu bertransformasikan diri lebih terbuka terhadap informasi dan kegiatan dari perguruan tinggi atau pihak eksternal lainnya sehingga sinergi yang lebih baik bisa dibangun kedepannya.

Ucapan Terima Kasih

Kegiatan pengabdian ini terlaksana atas dukungan dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Kalimantan (LPPM ITK) melalui Hibah Internal Program Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat 2023 dengan skema Program Kolaborasi Masyarakat (PKM).

Referensi

- [1] Y. Novita and B. H. Iskandar, “Stabilitas Beberapa Kapal Tuna Longline di Indonesia,” in *Simposium Nasional Pengelolaan Perikanan Tuna Berkelanjutan*, 2014, pp. 555–563.
- [2] B. Sudjasta, P. J. Suranto, and C. E. S. Putra, “Analisis Pengukuran Ulang Tonage Kapal Penangkap Ikan Dengan Panjang Kurang Dari 24 Meter,” *Bina Tek.*, vol. 14, no. 1, p. 79, 2018, doi: 10.54378/bt.v14i1.306.
- [3] D. A. Kumiasih, “Pembaharuan Pengelolaan Penerimaan Negara Bukan Pajak,” *Rechtsvinding*, vol. 5, no. 2, pp. 257–275, 2016.
- [4] K. Perhubungan, *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 8 Tahun 2013 tentang Pengukuran Kapal*. Jakarta, 2013.
- [5] L. Y. M. S. A. Y. Subagiyo, *Potensi kawasan pesisir Kabupaten Paser, Penajam Paser Utara dan Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur*. 2020.
- [6] S. Sunardi, A. Baidowi, and E. S. Yulianto, “Perhitungan Gt Kapal Ikan Berdasarkan Peraturan Di Indonesia Dan Pemodelan Kapal Dengan Dibantu Komputer (Studi Kasus Kapal Ikan Muncar Dan Prigi),” *Mar. Fish. J. Mar. Fish. Technol. Manag.*, vol. 10, no. 2, pp. 141–152, 2019, doi: 10.29244/jmf.v10i2.29495.
- [7] I. S. Tidajoh, A. Luasunaung, F. E. Kaparang, L. Manoppo, D. A. Sumilat, and R. O. S. E. Mantiri, “The Impact Study of Re-Measurement of Fishing Vessels Based at Tumumpa Coastal Fishing Port,” *Mar. Fish. J. Mar. Fish. Technol. Manag.*, vol. 11, no. 2, pp. 161–167, 2021, doi: 10.29244/jmf.v11i2.36155.



ISSN 2962-3359



9 772962 335001