

TUGAS AKHIR
“OPTIMASI SISTEM PENGGERAK KAPAL
POLBENG 2 MELALUI PERUBAHAN
MODIFIKASI PULLEY”

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi
Diploma III Jurusan Teknik Perkapalan*



OLEH :

SITI SAPUTRI MUSDALIFAH

1103221277

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
PROGRAM STUDI D-III TEKNIK PERKAPALAN
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
2025

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan ini sesungguhnya bahwa tugas akhir ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis di publikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis di sebutkan sebenarnya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Bengkalis, Kamis, 27-Nov-2025



Erma Yulia
NIT.8303221249

HALAMAN PENGESAHAN

OPTIMASI SISTEM PENGGERAK KAPAL POLBENG 2 MELALUI PERUBAHAN MODIFIKASI PULLEY

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi
Diploma III Jurusan Teknik Perkapalan*

Oleh :

SITI SAPUTRI MUSDALIFAH
NIM. 1103221277

Disetujui oleh tim penguji tugas akhir

Tanggal Ujian :
Periode Wisuda : 2025

1. Budhi Santoso, ST., MT
NIP. 198603292015041002

(Pembimbing 1)

2. Nur Audina, S.Pi., M.Si
NIP. 199408062022032013

(Pembimbing 2)

3. Muhammad Helmi, ST., MT
NIP. 198208152014041001

(Penguji 1)

4. Dr. Egi Yuliora, M.Si
NIP. 198807312025062001

(Penguji 2)

5. M. Sidik Purwoko, ST., MT
NIK. 12002150

(Penguji 3)

Bengkalis, 21 Juli 2025

Ketua Program Studi D-III Teknik Perkapalan


Muhammad Ihsan, S.T., M.T.
NIP. 198802122022031002

LEMBAR PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan bahwa, kami telah membaca keseluruhan dari tugas akhir ini, dan kami berpendapat bahwa Tugas Akhir ini layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.md).

Tanda Tangan : 
Nama Penguji I : Muhammad Helmi, ST., MT
Tanggal Pengujian : 28 November 2025

Tanda Tangan : 
Nama Penguji 2 : Dr. Egi Yuliora, M.Si
Tanggal Pengujian : 28 November 2025

Tanda Tangan : 
Nama Penguji 3 : M. Sidik Burwoko, ST., MT
Tanggal Pengujian : 28 November 2025

OPTIMASI SISTEM PENGGERAK KAPAL POLBENG 2 MELALUI PERUBAHAN MODIFIKASI PULLEY

Nama	: Siti Saputri Musdalifah
Nim	1103221277
Dosen Pembimbing I	: Budhi Santoso, ST.,M.T
Dosen Pembimbing II	: Nur Audina.S. Pi., M. Si

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan meningkatkan performa sistem penggerak Kapal Polbeng 2 yang mengalami penurunan daya dorong, putaran mesin tidak stabil, dan kecepatan rendah akibat ketidaksesuaian mesin dongfeng 16 PK dengan kebutuhan hidrodinamika kapal. Upaya perbaikan dilakukan melalui modifikasi sistem transmisi dengan penambahan *pulley* berasio 2:1, yang dirancang berdasarkan perhitungan teknis serta diuji melalui sea trial pada berbagai tingkat putaran mesin. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan performa yang signifikan, di mana kecepatan kapal naik dari 5 knot menjadi 7.50 knot, akselerasi lebih responsif, putaran mesin lebih stabil, dan efisiensi waktu tempuh membaik. Modifikasi ini terbukti efektif dalam mengoptimalkan penyaluran daya dan dapat menjadi solusi praktis untuk meningkatkan kinerja kapal kecil berbasis mesin Dongfeng.

Kata Kunci: Sistem Penggerak kapal,Dongfeng 16 PK,Transmisi, Pulley Rasio 2:1, Performa Hidrodinamika,Sea Trial,Peningkatan Kecepatan,Efisiensi Daya kapal Polbeng 2.

OPTIMASI SISTEM PENGGERAK KAPAL POLBENG 2 MELALUI PERUBAHAN MODIFIKASI PULLEY

Nama	: Siti Saputri Musdalifah
Nim	1103221277
Dosen Pembimbing I	: Budhi Santoso, ST.,M.T
Dosen Pembimbing II	: Nur Audina.S. Pi., M. Si

ABSTRACT

This study aims to improve the propulsion system performance of the Polbeng 2 vessel, which experienced reduced thrust, unstable engine speed, and low velocity due to the incompatibility of the 16 HP Dongfeng engine with the vessel's hydrodynamic requirements. Improvements were carried out by modifying the transmission system through the addition of a 2:1 *pulley* ratio, designed based on technical calculations and tested through sea trials at various engine speed levels. The results show a significant performance enhancement, with the vessel's speed increasing from 5 knots to 7.50 knots, more responsive acceleration, more stable engine rotation, and improved travel efficiency. This modification proved effective in optimizing power delivery and can serve as a practical solution to improve the performance of small vessels powered by Dongfeng engines.

Keywords: Ship propulsion system; Dongfeng 16 HP; transmission; 2:1 pulley ratio; hydrodynamic performance; sea trial; speed improvement; power efficiency; Polbeng 2 vessel.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia, rahmat, dan kekuatan, juga segala petunjuk dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini. Proposal ini berjudul “Optimasi Sistem Penggerak Kapal Polbeng 2 Melalui Perubahan Estimasi *Pulley*”. Yang disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan di Program Studi D3 Teknik Perkapalan. Dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada orang-orang yang berjasa dalam menyelesaikan proposal ini, di antaranya :

1. Allah SWT yang telah memberikan saya kesehatan hingga dapat menyelesaikan proposal tugas akhir.
2. Terima Kasih kepada Bapak Budhi Santoso ST., MT sebagai ketua jurusan dan Pembimbing I dan Ibu Nur Audina. S.Pi.,M.Si dan Dosen Pembimbing II Tugas Akhir penulis yang telah berkenan meluangkan waktu, memotivasi dan membagikan ilmunya dalam membimbing pengerjaan Proposal Tugas Akhir.
3. Terima Kasih kepada Bapak Muhammad Ikhsan, ST.,MT. selaku Ketua Prodi D III Teknik perkapalan.
4. Terima kasih kepada Bapak Muhammad Helmi, ST.,MT selaku Wali Dosen penulis.
5. Terimakasih kepada seluruh dosen dan tenaga pendidik Jurusan Teknik Perkapalan yang tidak mungkin untuk saya sebutkan satu persatu.
6. Terimakasih kepada kedua orang tua tercinta bapak M.aman ibu Supiah atas doa dan restunya yang selalu menyertai setiap langkah dan tujuan.
7. Terima kasih kepada diri sendiri yang sudah berjuang untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Terimakasih kepada abang Zainal Arsikin.Yang telah menjadi contoh yang baik untuk saya.
9. Terimakasih kepada teman sekelas Bunga lestari, muhammad ixsmal,aditya

somanto yang selalu menjadi partner terbaik

untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini serta nama-nama lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Bengkalis, 18 Desember 2025

Siti Saputri Musdalifah

1103221277

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	1
PERNYATAAN ORISINALITAS	1
HALAMAN PENGESAHAN	2
LEMBAR PENGESAHAN	3
ABSTRAK	4
KATA PENGANTAR	6
DAFTAR ISI	8
DAFTAR GAMBAR	11
DAFTAR TABEL	13
1.1 Latar Belakang	12
1.2 Rumusan Masalah	15
1.3 Batasan Masalah	15
1.4 Tujuan Penelitian	15
1.5 Manfaat	15
1.6 Sistematika Penulisan	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	17
2.1 Kajian Literatur	17
2.1.1 Prinsip Kerja Sistem <i>Pulley</i> Dalam Penggerak Mekanis	21
2.1.2 Prinsip Dasar System Transmisi Dengan <i>Pulley</i>	22
2.1.3 Hubungan Antara Kecepatan Putaran (RPM), Torsi, Dan Efisiensi Mesin.	25
2.1.2 Peran Modifikasi Teknis Dalam Optimalisasi Performa Kapal	26
2.1.3 Geometri Mesin Dongfeng	27
4.2 Penelitian Terkait	35
2.2.2. Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Stasioner di Sebuah Huller	35
2.2.3. Penerapan Perawatan Main Engine Di Kapal	36
2.2.4. Teknologi Baru Untuk Meningkatkan Efisiensi Termal Mesin Diesel.	36
2.2.5. Modifikasi Struktural Untuk Meningkatkan Sifat Tribologis Unit Silinder Pada Mesin Diesel Laut Kecepatan Lambat	36
2.2.6. Evaluasi Umur Mesin Kendaraan Berat Dengan Modifikasi Terkontrol	

Pada Oli Mesin.....	37
2.2.7. Geometri Spasial Pembelajaran Mesin Dari Fitur Keterikatan.....	37
2.2.8. Performa In-Live Mesin Kelautan: Alat Untuk Evaluasinya.....	37
2.2.9. ASME Aplikasi Unik Mesin Turbin Gas di Kapal Laut	38
2.2.10. Berkecepatan Tinggi	38
2.2.11. Pemodelan Dan Analisis Kompensator Gravitasi Lavitasi Magnetik Silinder Baru Dengan Kekakuan Rendah Untuk Tahap Halus 6-DOV .	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	39
3.1 Alat dan Bahan	39
3.1.1 Alat	39
3.1.2 Bahan.....	39
3.2 Tahap Penelitian.....	40
3.3 Studi Literatur.....	40
3.5 Implementasi Modifikasi	41
3.6 Laporan.....	41
3.8 Lokasi penelitian	43
3.9 Teknik Pengumpulan Dan Analisis Data	43
3.9.1 Document	43
3.9.2 Analisa Teknis.....	43
3.10 Jadwal Penelitian	43
3.11 Rincian anggaran biaya	44
3.12 Personalia Proposal.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Evaluasi Kondisi Estimasi.....	46
4.1.2 Menganalisis dan mengevaluasi pengaruh penambahan <i>pulley</i> pada sistem penggerak kapal terhadap efisiensi dan performa kapal.	48
4.1.6 Ukuran Utama Kapal.....	58
4.1.7 Karakteristik Tahanan Kapal.....	64
4.2 Desain Pulley Baru	65
4.2.1 Gambar Pulley Baru	70
4.4 Hasil Simulasi Modifikasi Pulley sebelum dan sesudah	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	74
5.1 Kesimpulan.....	74
Identifikasi kendala teknis sistem penggerak.	74

Analisis pengaruh penambahan pulley terhadap efisiensi dan performa	74
Evaluasi hasil kinerja setelah modifikasi.....	74
5.2 Saran.....	75
1. Saran Teknis Untuk Pengoprasian Kapal Polbeng 2	75
2. Pengembangan Lanjutan Sistem Penggerak.....	75
3. Penyempurnaan Metode Pengujian dan Instrumentasi	75
4. Penguatan Aspek Akademik dan Pembelajaran	76
5. Publikasi dan Replikasi Penelitian.....	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kapal Pesiar Mini.....	1
Gambar 1. 2 Mesin Dongfeng 16 pk.....	2
Gambar 1. 5 Piston.....	16
Gambar 1 10 Pegas Katup (valves).....	19
Gambar 1 15 Radiator & Water Pump	21
Gambar 2. 1 Geometri Mesin Dongfeng.....	15
Gambar 2 2 Blok Mesin	16
Gambar 2.3 Slinder	16
Gambar 2.4 Piston.....	16
Gambar 2 5 Batang Piston.....	17
Gambar 2 6 Poros Engkol	17
Gambar 2 7 Kepala Slinder	18
Gambar 2 8 Katup (valves)	18
Gambar 2 9 Pegas Katup (valves).....	19
Gambar 2 10 Camshaft.....	19
Gambar 2 11 Timing chain / belt	20
Gambar 2 12 Fuel Pump.....	20
Gambar 2 13 Carburetor/Fuel Injector.....	21
Gambar 2 14 Radiator & Water Pump	21
Gambar 2 15 Alternator.....	22
Gambar 2 16 Sistem Pengapian.....	22
Gambar 2 17 Saringan Oli	23
Gambar 3 1 Gambar pulley Transmisi	28
Gambar 3 2 Flow Chart	30
Gambar 4 1 Tampak Depan Kapal	38
Gambar 4 2 Tampak Samping Kapal	39
Gambar 4 3 Tampak Atas Kapal	40
Gambar 4 4 Desain Pulley	42

Gambar 4 5 hasil kecepatan.....	49
---------------------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 3 3 Jadwal Pelaksanaan Tugas Akhir.....	31
Tabel 3 4 Rincian Anggaran Biaya Tugas Akhir	32
Tabel 4 1Ukuran Utama Kapal	38

BAB I

LATAR BELAKANG

1.1 Latar Belakang

Kapal Polbeng 2 merupakan jenis kapal pesiar mini yang dirancang dan dibangun oleh Politeknik Negeri Bengkalis dengan menggunakan material fiberglass. Material ini dipilih karena memiliki karakteristik yang ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi sehingga banyak digunakan dalam industri pembangunan kapal modern. Di lingkungan kampus, Kapal Polbeng 2 berfungsi sebagai sarana praktik mahasiswa serta mendukung kegiatan operasional, khususnya pada jurusan yang berkaitan dengan teknik perkapalan dan pengoperasian kapal. Dengan dimensi panjang 12,5 meter, lebar 1,8 meter, dan draft 1,6 meter, kapal ini dirancang untuk dapat beroperasi secara efektif pada perairan dangkal di sekitar wilayah kampus.

Namun, berdasarkan hasil wawancara dengan teknisi kapal, Bapak Roher, diketahui bahwa Kapal Polbeng 2 saat ini mengalami penurunan performa pada sistem penggeraknya. Kapal yang awalnya dirancang untuk mencapai kecepatan hingga 14 knot kini tidak mampu mencapai kinerja optimal. Kondisi ini ditandai dengan menurunnya respons mesin serta sering terjadinya *engine down* atau mesin tidak berfungsi dengan baik. Permasalahan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya usia mesin yang sudah cukup tua serta ketidaksesuaian antara karakteristik mesin dengan desain bodi kapal. Ketidaksesuaian ini berdampak pada tidak optimalnya transfer daya dari mesin menuju baling-baling, sehingga efisiensi propulsi menurun.

Salah satu komponen penting yang diduga berpengaruh terhadap performa sistem penggerak adalah rasio transmisi *pulley* yang menghubungkan mesin dengan poros baling-baling. Rasio *pulley* yang tidak sesuai dapat menyebabkan mesin bekerja pada putaran yang tidak ideal, mengakibatkan beban berlebih, torsi yang tidak tersalurkan dengan baik, serta kecepatan kapal yang jauh di bawah desain. Oleh karena itu, diperlukan upaya optimasi melalui modifikasi rasio *pulley*, baik dengan mengubah ukuran *pulley* penggerak maupun *pulley* yang

digerakkan, agar putaran mesin dapat disesuaikan dengan kebutuhan putaran poros propeller secara lebih efisien.

Melalui perubahan rasio *pulley* yang tepat, diharapkan kinerja sistem penggerak Kapal Polbeng 2 dapat meningkat kembali, baik dari sisi kecepatan, efisiensi penggunaan bahan bakar, maupun keandalan mesin saat beroperasi. Penelitian ini berfokus pada analisis kebutuhan transmisi, perhitungan rasio *pulley* yang optimal, implementasi modifikasi, serta evaluasi peningkatan performa melalui uji coba (*sea trial*) setelah modifikasi dilakukan. Dengan demikian, penelitian ini menjadi langkah strategis untuk mengatasi permasalahan teknis yang terjadi pada Kapal Polbeng 2 dan memberikan solusi yang efektif, ekonomis, serta mudah diterapkan dalam kegiatan operasional kampus.



Gambar 1. 1 Kapal Pesiar Mini
(Sumber: Budhi Santoso 2025)

Gejala-gejala yang timbul akibat kondisi ini antara lain:

- A. Tenaga mesin berkurang
- B. Putaran mesin tidak stabil,
- C. Dan respon akselerasi mesin terhadap gas terasa lambat saat kapal dioperasikan

Masalah-masalah pada sistem penggerak Kapal Polbeng 2 tersebut tentu berdampak langsung terhadap efektivitas dan keandalan kapal dalam mendukung kegiatan operasional Politeknik Negeri Bengkalis. Penurunan performa mesin mengakibatkan kapal tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, sehingga aktivitas praktik mahasiswa maupun operasional kampus menjadi terhambat. Oleh

karena itu, diperlukan evaluasi menyeluruh terhadap sistem penggerak kapal dan dilaksanakan upaya perbaikan ataupun penggantian komponen yang tepat agar kapal dapat kembali beroperasi secara optimal.

Salah satu solusi teknis yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan ini adalah melakukan Optimasi Sistem Penggerak Kapal Polbeng Melalui Perubahan Modifikasi *Pulley*. Optimasi ini dilakukan dengan menambah atau mengganti ukuran *pulley* pada sistem transmisi sehingga putaran output mesin dapat disesuaikan dengan kebutuhan putaran poros baling-baling. Perubahan rasio *pulley* bertujuan untuk mengoptimalkan transfer daya dari mesin menuju propeller, sehingga mesin dapat bekerja pada rentang putaran yang lebih efisien dan mampu menghasilkan tenaga yang lebih sesuai dengan kebutuhan operasional kapal. Dengan demikian, optimasi *pulley* menjadi langkah strategis untuk mengembalikan performa kapal mendekati kondisi desain awalnya.



Gambar 1. 2 Mesin Dongfeng 16 pk
(Sumber: Taufik 2024)

Selain menawarkan peningkatan kinerja, metode optimasi *pulley* juga memiliki keunggulan dari sisi perawatan dan efisiensi biaya. Sistem transmisi berbasis *pulley* relatif mudah diakses dan tidak memerlukan pembongkaran struktur kapal secara keseluruhan. Perbaikan maupun penggantian komponen dapat difokuskan langsung pada bagian yang mengalami kerusakan atau ketidaksesuaian, sehingga proses perawatan menjadi lebih cepat, sederhana, dan hemat biaya. Kemudahan ini menjadikan metode optimasi *pulley* sebagai pilihan yang tepat dan realistis untuk diterapkan pada Kapal Polbeng 2 dalam rangka meningkatkan keandalan mesin dan efektivitas operasionalnya.

Dengan melakukan optimasi melalui perubahan rasio *pulley*, diharapkan Kapal Polbeng 2 dapat kembali mencapai performa yang diharapkan, khususnya dalam hal kecepatan, efisiensi sistem penggerak, dan keandalan mesin selama pengoperasian. Pendekatan ini sekaligus menjadi kontribusi penting dalam pemeliharaan fasilitas pembelajaran dan operasional kampus, serta dapat menjadi acuan bagi upaya perbaikan sistem penggerak pada kapal berukuran kecil lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa kendala system penggerak mesin dongfeng 16 pk saat ini pada kapal polbeng 2?
2. Bagaimana modifikasi dengan penambahan *pulley* dapat meningkatkan efisiensi dan performa kapal?
3. Apa hasil kinerja yang diharapkan dari modifikasi tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan adanya permasalahan sehingga dapat dipecahkan dalam sistematis yang baik, maka dalam penulisan laporan ini perlu membatasi untuk penyelesaian masalah yaitu:
2. Mesin yang akan dimodifikasi 16 pk.
3. Akan di terapkan dikapal polbeng 2.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kendala teknis yang terjadi pada sistem penggerak mesin dongfeng 16 pk pada kapal Polbeng 2.
2. Menganalisis dan mengevaluasi pengaruh penambahan *pulley* yang lama menjadi *pulley* yang baru
3. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan sea trial setelah perubahan *pulley*

1.5 Manfaat

Beberapa manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Bagi Akademisi: Sebagai referensi untuk pengembangan system penggerak

mesin sederhana.

2. Bagi industri: Memberikan solusi teknis praktis untuk kapal kecil berbasis mesin dongfeng.
3. Bagi Pengguna: Meningkatkan efisiensi dan kendala kapal Polbeng 2.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan ini berisikan uraian singkat dari tiap-tiap bab tugas akhir. Berikut ini merupakan uraian singkat dari setiap bab tugas akhir.

1. Bab 1 (Pendahuluan)

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

2. Bab 2 (Tinjauan Pustaka)

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka mengenai penelitian sebelumnya, pengertian kapal Pemadam Kebakaran, sistem pemadam kebakaran, teori desain kapal, metode desain kapal, *lines plan*, *general arrangement*, tinjauan teknis desain.

3. Bab 3 (Metode Penelitian)

Pada bab ini menjelaskan tentang alat dan bahan, tahap penelitian, model perancangan, diagram alir, dan teknik pengumpulan data.

4. Bab 4 (Hasil Dan Pembahasan)

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil yang di dapatkan setelah dilakukan desain kapal.

5. Bab 5 (Kesimpulan Dan Saran)

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran setelah dilakukan pembuatan tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

2.1.5 Mesin Dongfeng 16 Pk Dan Aplikasinya Pada Kapal Kecil

Mesin Dongfeng 16 PK adalah mesin diesel 4 tak yang banyak digunakan pada kendaraan atau perahu dengan tenaga 16 PK (tenaga kuda). Mesin ini memiliki prinsip kerja yang sama dengan mesin diesel pada umumnya, yaitu menggunakan pembakaran internal untuk mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan beban seperti propeller pada kapal atau roda pada kendaraan. (Grieshaber.dkk 2014)

1. Siklus 4 Tak Mesin Diesel

Mesin Dongfeng 16 PK menggunakan siklus 4 tak, yang terdiri dari empat tahap utama dalam setiap putaran poros engkol. Keempat tahapan tersebut adalah:

a) Langkah hisap (*Intake Stroke*)

Pada langkah ini, katup hisap terbuka dan piston bergerak turun dari TMA (Titik Mati Atas) ke TMB (Titik Mati Bawah). Udara dari luar masuk ke ruang bakar karena tekanan atmosfer yang lebih tinggi. Proses ini murni menghisap udara bebas tanpa bahan bakar.

b) Langkah kompresi (*Compression Stroke*)

Ketika piston bergerak ke atas, katup hisap tertutup rapat. Udara yang terperangkap di dalam silinder akan terkompresi hingga mencapai tekanan dan suhu yang sangat tinggi. Pada akhir langkah kompresi, suhu udara bisa mencapai sekitar 500-700°C, yang penting untuk proses pembakaran berikutnya.

c) Langkah pembakaran dan ekspansi (*Power Stroke*)

Ketika piston mencapai titik mati atas, injektor bahan bakar menyemprotkan bahan bakar diesel ke dalam ruang bakar yang telah terkompresi. Karena suhu

dan tekanan yang sangat tinggi, bahan bakar diesel langsung terbakar sendiri tanpa perlu busi (injeksi dan pembakaran spontan). Proses pembakaran menghasilkan gas panas yang mengembang, mendorong piston ke bawah dan menghasilkan daya mekanik yang akan diteruskan ke poros engkol.

d) Langkah buang (*Exhaust Stroke*)

Setelah piston bergerak ke bawah dan tenaga diekstraksi, katup buang terbuka dan piston bergerak naik kembali untuk mengeluarkan gas hasil pembakaran (sisa asap) dari ruang bakar melalui saluran buang. Katup buang kemudian tertutup dan siklus dimulai lagi dari langkah hisap.

2.1.6 Rumus Perhitungan *Pulley*

Dalam sistem mekanik pada kapal, penggunaan *pulley* atau katrol memiliki peran penting dalam membantu pemindahan beban atau penggerak dengan efisiensi tinggi. *Pulley* merupakan bagian dari sistem transmisi daya yang bekerja dengan prinsip perbandingan diameter dan kecepatan putaran. Oleh karena itu, perhitungan *pulley* menjadi aspek penting dalam menentukan kinerja sistem transmisi yang digunakan, seperti pada penggerak pompa pemadam kebakaran di kapal.

Perhitungan *pulley* dimulai dengan menentukan kebutuhan kecepatan putar (rpm) dari mesin penggerak (*driving pulley*) dan peralatan yang digerakkan (*driven pulley*). Hubungan antara kecepatan putar dan diameter *pulley* dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$N1 \cdot D1 = N2 \cdot D2$$

Keterangan:

- $N1$ = putaran *pulley* penggerak (rpm)
- $D1$ = diameter *pulley* penggerak (mm atau inchi)
- $N2$ = putaran *pulley* yang digerakkan (rpm)
- $D2$ = diameter *pulley* yang digerakkan (mm atau inchi)

Dalam merancang suatu alat, hal yang perlu diperhatikan adalah perhitungan

alat dan bahan serta perhitungan output yang dihasilkan agar dapat diketahui optimalisasi dan efisiensi dari alat yang dirancang. Beberapa perhitungan dalam penelitian perancangan ini terdiri dari (Jurnal Mesin Nusantara, Vol. 4, No. 1, Juni 2021).

1. Daya motor yang dibutuhkan

Perhitungan daya motor yang dibutuhkan dalam mesin ini dapat diperoleh sebagai berikut:

a) Mencari putaran motor

$$N = (f \times 120):$$

$$P \dots\dots\dots (1)$$

b) Mencari daya yang dibutuhkan

2. Perhitungan *Pulley*

Menghitung diameter *pulley* pada poros dengan mengasumsikan diameter *pulley* motor (*dpA*) bernilai 90 mm dan putaran motornya sebesar 1400 rpm. Sedangkan putaran *pulley* yang diinginkan adalah sebesar 800 rpm.

$$DpB = n1 \ n2.$$

$$dpA \dots\dots\dots (2)$$

3. Perhitungan V-Belt

Sabuk yang digunakan untuk mentransmisikan putaran dari *pulley* motor atau *pulley A* ke *pulley B* pada perancangan mesin ini adalah jenis sabuk-V pemilihan sabuk tersebut bertujuan untuk memperkecil terjadinya slip pada saat mentransmisikan daya dan putaran. Diameter *pulley* motor (*dp1*) :15 mm Putaran *pulley* penggerak (*n1*) : 1400 put/menit Diameter *pulley* (*dp2*) : 9 mm Jarak antara sumbu poros *pulley A* pada sumbu poros *pulley B* (*c*) : 600 mm. Panjang sabuk-V yang dibutuhkan (*L*):

$$L = 2C + \pi(D+d)/2+(Hd)^2/(4c) \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

L = Panjang Sabuk (dalam inci)

C = Jarak pusat ke pusat antara kontrol (dalam inci)

D = Diameter katrol besar (dalam inci)

d = Diameter katrol kecil(dalam inci)

$\pi = 3.1416$ (konstanta pi)

4. Jarak sumbu poros sabuk

$$L = 2C + \pi (D + D) + \frac{1}{4} (D + D)^2 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

C = Jarak Sumbu Poros

D1 = Diameter *pully* penggerak (mm)

D2 = Diameter pulley yang digerakkan (mm)

a) kecepatan keliling *pulley* penggerak

$$v = \pi \times d \times n \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

v = Kecepatan Linier (keliling) Pada *Pulley* Penggerak (dalam satuan meter per detik, m/s

d = Diameter *Pulley* Penggerak (dalam meter)

n = Kecepatan Putaran *Pulley* Penggerak (dalam putaran per menit, rpm)

b) Gaya keliling yang timbul,

$$\frac{f_r a t e d c}{V} = 102 \quad N \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

N = Daya alternator (kw)

v = kecepatan linier (m/s)

c) Gaya sisi Tarik

$$F_1 = F e^{\mu \theta} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

e = Bil. Exponet =2.7183

μ = koefisien gesek =0.28

θ = sudut kontak pulley =173,56°

d) Gaya sisi kendur

$$F_2 = F_1 -$$

$$F_e \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

F_1 = Gaya Awal

F_e = Gaya Gesek

F_2 = Gaya Hasil Setelah Mengurangi F_e dari F_1

e) Jumlah sabuk yang dipakai

$$k_o N = p_o \times p_d \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

N = Jumlah Sabuk Atau Jumlah Putaran

P_d = Daya Masuk Atau Input Power

P_o = Daya Keluar Atau Output Power

k_o = Koefisien efisiensi

2.1.1 Prinsip Kerja Sistem *Pulley* Dalam Penggerak Mekanis

Prinsip kerja sistem *pulley* dalam penggerak mekanis didasarkan pada konsep gaya dan pergerakan rotasi. *Pulley*, atau katrol, adalah roda beralur yang berfungsi untuk mengubah arah atau memindahkan gaya pada tali atau kabel yang melilitnya. Sistem *pulley* sering digunakan untuk mengangkat beban atau mentransmisikan tenaga dari satu titik ke titik lainnya dalam mesin atau alat mekanis. Berikut adalah prinsip kerja dasar sistem *pulley*.(Park.Dkk 2018)

Estimasi mesin dongfeng 16 pk untuk meningkatkan efisiensi Studi sebelumnya yang telah banyak dilakukan di berbagai bidang teknik, terutama dalam konteks mesin pembakaran internal, sistem transmisi, dan mesin-mesin industri lainnya. Beberapa modifikasi utama yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi mesin meliputi optimasi bahan bakar, pengurangan gesekan, peningkatan transfer energi, serta penggunaan teknologi terbaru. Berikut adalah beberapa contoh studi yang relevan.(Wong.Dkk 2016). Peningkatan Efisiensi Pembakaran :

- a) Peningkatan Sistem Transmisi
- b) Sistem Hybrid dan Elektrifikasi
- c) Optimasi Sistem Pengapian

- d) Teknologi Pemulihan Energi
- e) Penggunaan Bahan Bakar Alternatif
- f) Penggunaan Teknologi Aerodinamika dan Pengurangan Berat
- g) Sistem Pendinginan yang Lebih Efisien

2.1.2 Prinsip Dasar System Transmisi Dengan *Pulley*

Prinsip dasar sistem transmisi dengan *pulley* adalah untuk mentransmisikan gerakan dan tenaga terhubung dengan tali atau sabuk. Sistem ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti mesin industri, kendaraan, atau alat berat, untuk memindahkan tenaga dengan efisiensi dan fleksibilitas. Berikut adalah penjelasan tentang prinsip dasar sistem transmisi dengan *pulley*. dari satu poros ke poros lainnya menggunakan serangkaian *pulley* (katrol). Sistem ini bekerja berdasarkan prinsip mekanika sederhana, yaitu pemindahan energi melalui gaya gesek antara sabuk dan permukaan *pulley*. (Persson, B. 2020)

1. Penggunaan *Pulley* (Katrol)

- a) *Pulley* Penggerak (*Driver Pulley*): *Pulley* yang terhubung langsung dengan sumber tenaga (misalnya motor atau mesin utama) yang berputar dan mentransmisikan gerakan ke *pulley* lainnya.
- b) *Pulley* Terpacu (*Driven Pulley*): *Pulley* yang digerakkan oleh *pulley* penggerak dan menerima gerakan atau tenaga dari *pulley* tersebut.

1. Pengaturan Kecepatan dan Arah

- c) Perbandingan Diameter *Pulley*: Salah satu prinsip penting dari sistem transmisi *pulley* adalah perbandingan diameter antara *pulley* penggerak dan *pulley* terpacu. Jika *pulley* penggerak lebih besar daripada *pulley* terpacu, maka kecepatan putaran pada *pulley* terpacu akan lebih rendah, tetapi torsi (gaya putar) yang dihasilkan lebih besar. Sebaliknya, jika *pulley* penggerak lebih kecil, maka kecepatan putaran akan lebih cepat, tetapi torsi yang dihasilkan lebih kecil.
- d) Hubungan Kecepatan dan Diameter: Kecepatan putaran pada *pulley*-

pulley dalam sistem transmisi berbanding terbalik dengan diameter *pulley*.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kecepatan putaran adalah:

$$n_1 \cdot d_2 = n_2 \cdot d_1 \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

n_1 = kecepatan putar *pulley* penggerak(RPM)

n_2 = kecepatan putar *pulley* terpacu (RPM)

d_1 = diameter *pulley* penggerak

d_2 = diameter *pulley* terpacu

2. Penghantaran Tenaga dan Torsi

Sistem transmisi *pulley* digunakan untuk mentransmisikan tenaga atau torsi dari satu komponen ke komponen lainnya. Torsi yang ditransmisikan bergantung pada kekuatan gesekan antara sabuk dan *pulley*. Sistem ini dapat mengubah torsi yang dihasilkan, tergantung pada ukuran *pulley* dan sabuk yang digunakan.

e) Jenis – Jenis Transmisi Kapal

Transmisi Langsung (Direct Drive)	Mesin dihubungkan langsung ke poros baling-baling tanpa menggunakan gear.
Transmisi Reduksi (Reduction Gear)	Menggunakan roda gigi untuk menurunkan kecepatan putar mesin agar sesuai dengan kebutuhan baling-baling.
Transmisi Hidrolik	Menggunakan fluida sebagai media untuk mengontrol kecepatan dan arah putaran.
Transmisi Elektrik	Menggunakan motor listrik dan sistem kontrol untuk mengatur putaran baling-baling.

f) Komponen Utama Sistem Transmisi

Gearbox/Reduction Gear	Menurunkan kecepatan putar mesin dan meningkatkan torsi.
------------------------	--

Kopling (Clutch)	Menghubungkan atau memutuskan tenaga mesin ke poros penggerak.
Poros Penggerak (Shaft)	Meneruskan daya dari gearbox ke baling-baling.

g) Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja Transmisi yaitu :

- Daya mesin (horse power).
- Ukuran dan tipe baling-baling.
- Beban kapal dan jenis operasional.
- Efisiensi sistem transmisi dalam mengurangi kehilangan tenaga.

h) Tujuan Penerapan Transmisi adalah untuk

- Meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar.
- Menyesuaikan kebutuhan operasional kapal.
- Memperpanjang umur mesin dan baling-baling dengan menghindari beban berlebih.

i) Hambatan Kapal dan rumus hambatan total

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Adapun untuk rumus hambatan total adalah sebagai berikut:

$$R_T = 2 \times (1/2) \times \rho \times V^2 \times WSA \dots \dots \dots (9)$$

$$\times C_{Tot} \quad (2.1) \quad C_{Tcat} = (1 + \beta k) \times \dots \dots \dots (10)$$

$$C_F \times \tau C_W \dots \dots \dots (11)$$

Perhitungan Kebutuhan Daya Penggerak perhitungan kebutuhan daya penggerak utama supaya kapal bisa beroperasi sesuai dengan perencanaan ialah sebagai berikut:

- Effective horse power (EHP)

$$EHP = R_T \times V_s \dots \dots \dots (12)$$

- R_T = Hambatan total kapal (N) V_S = Kecepatan dinas kapal (m/s)
Delivery horse power (DHP)

$$DHP = EHP / \eta_D \dots \dots \dots (13)$$

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_O \times \eta_{RR} \dots \dots \dots (14)$$

η_H = Efisiensi badan kapal

η_O = Efisiensi baling-baling yang terpasang pada bagian belakang kapal

- η_{RR} = Efisiensi relatif rotatif Break horse power (BHP)

$$BHP = DHP + (X \% \times DHP) \dots \dots \dots (15)$$

- X = Faktor tambahan (koreksi letak kamar mesin dan koreksidaerah pelayaran).

2. Jenis Sabuk yang Digunakan Sabuk atau tali yang digunakan dalam sistem transmisi *pulley* bisa bervariasi. seperti:

- a) Keuntungan Sistem *Pulley*
- b) Kelemahan Sistem *Pulley*

2.1.3 Hubungan Antara Kecepatan Putaran (RPM), Torsi, Dan Efisiensi Mesin.

Hubungan antara kecepatan putaran (RPM), torsi, dan efisiensi mesin sangat penting dalam memahami bagaimana mesin beroperasi dan bagaimana energi diubah menjadi tenaga yang digunakan untuk pekerjaan. Ketiga faktor ini saling terkait, dan perubahan pada salah satunya dapat memengaruhi yang lainnya serta efisiensi keseluruhan mesin. Berikut penjelasan lebih detail tentang hubungan tersebut. (Turnnidge.Dkk 2016)

1. Kecepatan Putaran (RPM) dan Torsi

- a) Kecepatan Putaran (RPM) adalah ukuran seberapa cepat poros mesin berputar dalam satu menit (rotasi per menit). Kecepatan ini menggambarkan seberapa cepat energi bergerak melalui sistem mekanis.
- b) Torsi adalah gaya rotasi yang dihasilkan oleh mesin yang bekerja pada komponen seperti roda atau poros. Torsi ini penting karena mengukur seberapa besar kemampuan mesin untuk menghasilkan gaya putar yang digunakan untuk menggerakkan beban atau melakukan pekerjaan mekanis.

2. Efisiensi Mesin dan Hubungannya dengan Kecepatan Putaran dan Torsi

Efisiensi mesin mengacu pada seberapa baik mesin dapat mengubah energi input (seperti bahan bakar atau listrik) menjadi tenaga keluaran yang berguna (tenaga mekanik). Efisiensi ini dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk bagaimana mesin mengelola hubungan antara kecepatan putaran dan torsi.

1. Rumus Hubungan antara Torsi, Kecepatan Putaran, dan Daya (Power)

Salah satu cara untuk memahami hubungan antara torsi, RPM, dan efisiensi adalah dengan menggunakan rumus daya (power).

$$Power (P) = T \times N \times 9.5488 \dots \dots \dots (16)$$

Dimana :

P = Daya (power) dalam satuan kW (kilowatt)

T = Torsi dalam satuan Nm (Newton meter)

N = Kecepatan putaran dalam RPM (rotasi per menit)

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Mesin

3. Optimasi Efisiensi Mesin

2.1.2 Peran Modifikasi Teknis Dalam Optimalisasi Performa Kapal

Modifikasi teknis memainkan peran yang sangat penting dalam optimalisasi performa kapal. Modifikasi ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, dan kinerja kapal, baik dari segi kecepatan, konsumsi bahan bakar, maupun kemampuan manuver di perairan. Berikut adalah beberapa peran utama modifikasi teknis dalam optimalisasi performa kapal.(Geertsma. Dkk 2018)

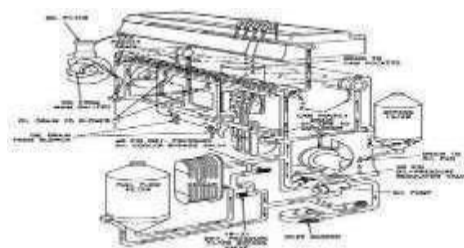
- a) Peningkatan Efisiensi Bahan: Bakar Salah satu tujuan utama modifikasi teknis adalah mengurangi konsumsi bahan bakar kapal. Modifikasi pada mesin atau sistem propulsi (seperti mengganti propeller dengan desain yang lebih efisien atau mengoptimalkan sistem pembakaran mesin) dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar kapal. Penggunaan teknologi terbaru, seperti sistem pemantauan kinerja mesin, dapat memberikan data yang diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar.
- b) Peningkatan Performa Mesin: Performa mesin kapal dapat dimodifikasi dengan mengganti atau memodifikasi komponen-komponen mesin seperti

turbocharger, intercooler, dan sistem pelumasan. Modifikasi ini

- c) Dapat meningkatkan daya mesin, mengurangi emisi, serta memperpanjang umur mesin, yang pada gilirannya meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional kapal.
- d) Optimasi Desain Hull (Rangka Kapal): Desain hull kapal yang efisien dapat mengurangi hambatan hidrodinamis dan meningkatkan kecepatan kapal. Modifikasi seperti perbaikan lapisan bawah kapal (*fouling control*) atau penggantian material dengan yang lebih ringan namun kuat dapat meningkatkan kinerja kapal. Hull yang dirancang dengan baik memungkinkan kapal melaju lebih cepat dengan lebih sedikit energi, serta meningkatkan stabilitas dan kenyamanan di laut.

2.1.3 Geometri Mesin Dongfeng

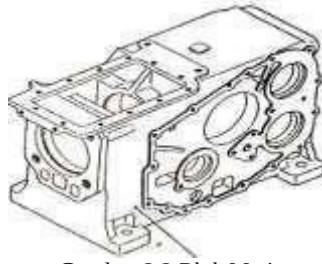
Geometri Mesin Dongfeng adalah" bisa diartikan sebagai suatu pernyataan yang mengarah pada penjelasan mengenai aspek geometris atau desain dari mesin yang diproduksi oleh Dongfeng. Namun, kalimat ini belum lengkap. Mungkin yang dimaksud adalah penjelasan tentang bagaimana struktur, ukuran, dan konfigurasi mesin Dongfeng dirancang untuk mencapai kinerja tertentu. (Kim, Y.,Dkk 2024)



Gambar 2. 1Geometri Mesin Dongfeng
(Sumber: <https://komponen-utama-pada-mesin>)

1. Blok Mesin (*Engine Block*)

Blok mesin adalah komponen utama tempat komponen lainnya dipasang. Ini adalah bagian yang memegang silinder, poros engkol, dan bagian-bagian lainnya yang berfungsi sebagai struktur utama mesin. Dan fungsinya adalah sebagai tempat dudukkan komponen mesin lainnya.



Gambar 2.2 Blok Mesin
(Sumber: <https://niagakita.id/mesin-diesel>)

2. Silinder (Cylinder)

Silinder adalah ruang tempat piston bergerak naik dan turun. Mesin Dongfeng 16 PK biasanya memiliki beberapa silinder yang diatur dalam konfigurasi tertentu. Dan fungsinya sebagai tempat menempelnya dua komponen tersebut sehingga mampu bekerja untuk membalikkan piston ke atas.



Gambar 2.3 Slinder
(Sumber: <https://silinder>)

3. Piston

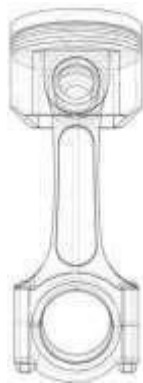
Piston bergerak di dalam silinder untuk menerima tenaga dari pembakaran campuran udara dan bahan bakar. Piston mengubah energi pembakaran menjadi energi mekanik. Dan fungsinya mengubah volume dari silinder.



Gambar 2.4 Piston
(Sumber: <https://www.lazada.co.id/piston>)

1. Batang Piston (*Connecting Rod*)

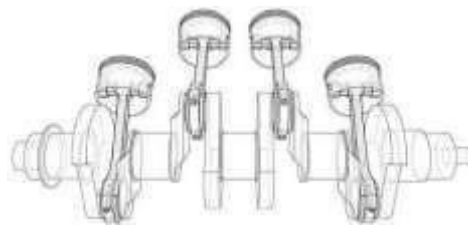
Batang piston menghubungkan piston dengan poros engkol. Saat piston bergerak naik dan turun, batang piston mengubah gerakan tersebut menjadi gerakan rotasi pada poros engkol. Dan fungsinya mentransferkan tenaga yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar didalam silinder ke poros engkol.



Gambar 2 5 Batang Piston
(Sumber: <https://prints.alamy.com/piston>)

2. Poros Engkol (*Crankshaft*)

Poros engkol mengubah gerakan naik turun piston menjadi gerakan rotasi yang digunakan untuk menggerakkan komponen lainnya seperti roda atau sistem transmisi. Dan fungsinya mengubah tenaga dari piston yang bergerak naik turun menjadi rotasi yang memutar roda.

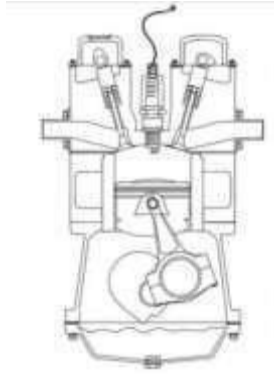


Gambar 2 6 Poros Engkol
(Sumber: <https://www.google.com/poros+engkol>)

3. Kepala Silinder (*Cylinder Head*)

Kepala silinder terletak di atas silinder dan berfungsi untuk menutup ruang pembakaran. Di dalam kepala silinder terdapat katup dan saluran untuk udara dan gas buang. Dan fungsinya tempat sirkulasi oli, kepala

silinder juga berfungsi sebagai tempat sirkulasi air pendingin.

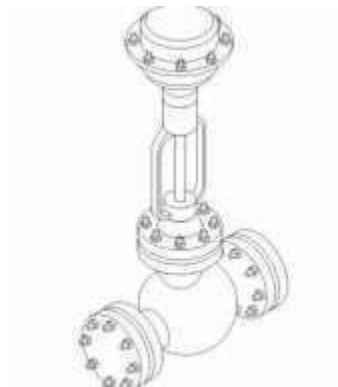


Gambar 2 7Kepala

(Sumber: <https://id.pngtree.com/kepala-silinder>)

4. Kepala Selinder

salah satu komponen yang umum ditemukan pada mesin, termasuk mesin mobil. Dan fungsinya Katup mengontrol masuknya campuran udara dan bahan bakar ke dalam silinder serta keluarnya gas buang setelah pembakaran. Ada dua jenis katup: katup masuk (intake) dan katup buang (exhaust).



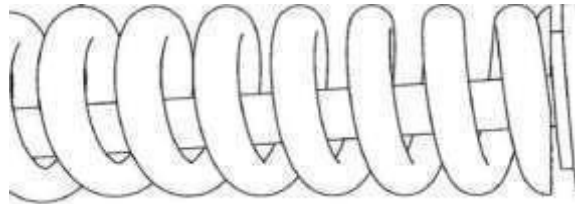
Gambar 2 8 Katup (valves)

(Sumber: <https://www.bibliocad.com/valve>)

1. Pegas Katup (Valve Springs)

Pegas katup digunakan untuk menekan katup agar tetap menutup setelah dibuka oleh camshaft. Pegas ini memastikan katup kembali ke posisi semula dengan cepat. Dan fungsinya Fungsi pegas katup bekerja dengan memanfaatkan gaya pegas. Saat camshaft berputar dan menekan katup,

posisi katup pun akan terbuka. Sebaliknya, saat camshaft kembali bergerak, maka pegas akan menghasilkan tekanan.



Gambar 2 9 Pegas Katup (valves)
(Sumber: <https://rpgatta.com/valve-spring>)

2. Camshaft

Camshaft berfungsi untuk mengatur waktu pembukaan dan penutupan katup sesuai dengan putaran mesin. Camshaft berputar dengan kecepatan setengah dari poros engkol.



Gambar 2 10 Camshaft
(Sumber: <https://www.bibliocad.com/camshaft>)

3. TimingChain

Timing chain atau timing belt menghubungkan poros engkol dan camshaft untuk memastikan bahwa katup terbuka dan tertutup pada waktu yang tepat seiring dengan putaran mesin. Fungsi timing belt yang pertama adalah membuat katup mesin secara otomatis bisa membuka dan menutup. Ini bisa terjadi karena komponen tersebut terhubung secara langsung dengan kedua katup masuk dan bagian pembuangan dengan camshaft.



Gambar 2 11 Timing chain / belt
(Sumber: <https://timing-belt>)

1. Pompa Bahan Bakar (*Fuel Pump*)

Pompa bahan bakar berfungsi untuk menyuplai bahan bakar dari tangki Karburator atau injektor untuk memasukkan bahan bakar ke ruang pembakaran.



Gambar 2 12 Fuel Pump

(Sumber: <https://Fuel-Pump-Diesel>)

2. Karburator/Injektor (*Carburetor/Fuel Injector*)

Karburator (untuk mesin yang lebih lama) atau injektor (untuk mesin yang lebih modern) berfungsi untuk mencampurkan bahan bakar dan udara dalam proporsi yang tepat sebelum masuk ke silinder untuk pembakaran.



*Gambar 2 13 Carburetor/Fuel Injector
(Sumber: <https://Engine-Carburetor-For-Dongfeng>)*

3. Sistem Pendingin (*Radiator & Water Pump*)

Sistem pendingin terdiri dari radiator dan pompa air yang berfungsi untuk menjaga suhu mesin agar tetap dalam batas yang aman, mencegah mesin dari overheating. Pompa air mengalirkan cairan pendingin melalui mesin.



Gambar 2 14 Radiator & Water Pump

(Sumber <https://Radiator-mesin-Diesel-Dompeng>)

4. Alternator

Alternator menghasilkan listrik untuk mengisi baterai dan memberi daya pada komponen listrik di dalam mesin, seperti sistem pengapian dan lampu. Dan fungsinya mengalirkan listrik yang menjadi bagian penting pada kendaraan seperti mesin, lampu, AC mobil, wiper hingga tape mobil.



*Gambar 2 15 Alternator
(Sumber: <https://dongfeng-alternator>)*

4. Sistem Pengapian (Ignition System)

Sistem pengapian terdiri dari koil pengapian, platina, dan distributor (untuk mesin yang lebih lama) atau sistem pengapian elektronik. Sistem ini menghasilkan percikan api yang menyalakan campuran udara dan bahan bakar di ruang pembakaran. dan fungsinya membantu membangkitkan percikan api melalui pemutusan arus.



*Gambar 2 16 Sistem Pengapian
(Sumber: <https://sistem-pengapian-diesel>)*

5. Saringan Oli (oil filter)

Menyaring kotoran dari oli mesin untuk menjaga oli tetap bersih dan mencegah kerusakan komponen mesin. Dan fungsinya.



*Gambar 2 17 Saringan Oli
(Sumber: Sumber: <https://saringan-oli-mesin>)*

2.2 Penelitian Terkait

2.2.1. Modifikasi Sistem Pendingin Mesin Diesel Merk Dongfeng Menggunakan Heat Exchanger Untuk Kapal Motor Nelayan

Modifikasi sistem pendingin mesin diesel merk dongfeng menggunakan heat exchanger untuk kapal motor nelayan bertujuan untuk menjaga temperatur air pendingin terbuka yang dinilai kurang efisien dan banyak menimbulkan dampak negatif bagi mesin seperti korosi dan temperatur air pendingin pada water jacket dibawah standar yang ditentukan. Modifikasi yang penulis lakukan dirancang menggunakan heat exchanger sebagai alat penukar kalor air tawar ke air laut. Berdasarkan hasil pengujian terhadap alat yang dirancang didapatkan hasil nilai kalor.(M. Jufri Nizam,dkk 2018)

2.2.2. Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Stasioner di Sebuah Huller

Suatu motor diesel yang banyak dipakai di huller untuk menggiling gabah membutuhkan pendinginan oleh air yang bersirkulasi. Salah satu cara untuk menghemat bahan bakar adalah dengan mencari temperatur air pendingin masuk engine yang optimal. Dari penelitian di sebuah huller di Lumajang, didapat bahwa untuk menggiling gabah IR64 dan IR70 temperatur optimal tersebut adalah 65oC. Penghematan bahan bakar jika air masuk engine pada 65oC dibanding jika masuk pada 40oC adalah 13,6%. gabah IR70.

2.2.3. Penerapan Perawatan Main Engine Di Kapal

Main Engine (ME) adalah penggerak utama untuk membangkitkan tenaga penggerak untuk mendorong kapal penggerak utama dapat berupa mesin diesel dan mesin uap. Benda ini yang menggerakkan sebuah kapal dalam operasinya membawa muatan dari pelabuhan ke pelabuhan lainnya, baik barang padat, cairan, gas, maupun manusia. Main engine adalah dengan sistem kerja bolak balik pada piston gerakan bolak balik dari piston dikonversi menjadi energi putar oleh crankshaft dengan penggerak cylinder crank terdiri dari connecting rod dengan crank yang tersambung dengan tenaga piston. Proses pembakaran yang terjadi didalam cylinder liner pada *main engine* (ME) menghasilkan sumber panas. Sumber panas tersebut menyebabkan suhu pada mesin induk meningkat. (ugoji, dkk 2022)

2.2.4. Teknologi Baru Untuk Meningkatkan Efisiensi Termal Mesin

Diesel

Makalah ini mengilustrasikan teknologi baru untuk meningkatkan efisiensi termal mesin diesel modern, termasuk injeksi langsung, multi-katup, pengaturan waktu katup variabel, turbocharged dan intercooled, turbo geometri variabel, turbocharging berurutan, injeksi bahan bakar common rail tekanan tinggi yang dikontrol secara elektronik, teknologi HCCI gas pra-campuran. Juga berbagai teknik untuk efisiensi termal mesin diesel, dan tren perkembangan masa depan dianalisis. (Y. Ting, Dkk 2010)

2.2.5. Modifikasi Struktural Untuk Meningkatkan Sifat Tribologis Unit

Silinder Pada Mesin Diesel Laut Kecepatan Lambat

Meningkatkan efisiensi energi sistem propulsi laut saat ini merupakan salah satu prioritas di pasar pelayaran maritim. Pemilik kapal yang bercita-cita untuk mesin diesel yang lebih besar dan lebih bertenaga menuntut agar produsen mesin kelautan menerapkan berbagai modifikasi teknologi untuk meningkatkan efisiensi mesin, memperpanjang umur komponen mesin, dan memperpanjang periode perombakan reguler. Salah satu cara untuk memenuhi tuntutan tersebut, antara lain, adalah dengan meningkatkan karakteristik tribologis komponen mesin. Tujuan dari makalah ini adalah untuk menyajikan modifikasi struktural sistem tribologi

"cylinder liner - piston ring - piston" dari mesin diesel laut kecepatan lambat lubang besar untuk mengurangi masalah gesekan dalam sistem. (Branko Lalić,Dkk 2012)

2.2.6. Evaluasi Umur Mesin Kendaraan Berat Dengan Modifikasi Terkontrol Pada Oli Mesin

Artikel ini menyajikan metode modifikasi oli mesin yang terkontrol, serta hasil studi operasional untuk menilai masa pakai mesin kendaraan tugas berat. Metode modifikasi oli mesin yang terkontrol mencakup sistem lima tingkat informasi yang membantu menilai kondisi teknis mesin kendaraan tugas berat, termasuk dump truck pertambangan. Tingkat pertama dari metodologi ini mencakup penggunaan metode subjektif untuk menentukan kondisi teknis mesin dengan manifestasi eksternalnya. (A. Shalkov,Dkk 2021)

2.2.7. Geometri Spasial Pembelajaran Mesin Dari Fitur Keterikatan

Pembelajaran mesin adalah area yang berkembang pesat yang menemukan aplikasi di semua disiplin ilmu. Di sini, penulis menunjukkan bahwa teknik pembelajaran mesin (khususnya pembelajaran mendalam) dapat diterapkan untuk memahami munculnya geometri spasial dari mempelajari fitur keterikatan banyak benda kuantum, sebuah gagasan yang diusulkan dalam studi baru-baru ini tentang dualitas holografi dalam gravitasi kuantum. Karya ini adalah yang pertama yang berhasil mendemonstrasikan gagasan "geometri yang muncul dari pembelajaran. (Yi-Zhuang You, Dkk 2017)

2.2.8. Performa In-Live Mesin Kelautan: Alat Untuk Evaluasinya

mesin pembakaran internal (ICE) baik sebagai mesin penggerak atau genset. Meningkatnya kepedulian dalam perlindungan lingkungan bersama dengan kerangka aturan internasional yang diakibatkannya memotivasi pemilik kapal dan perancang untuk mengganti sistem tenaga konvensional untuk mengurangi emisi polutan. TDE masih memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensinya dan mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi polutan. Secara khusus, interpretasi Industri 4.0 yang diberikan oleh produsen memungkinkan pemasangan jaringan sensor yang kuat pada TDE, yang mampu memungkinkan sistem manajemen daya yang andal dan membuat kapal jauh lebih efisien dalam hal biaya pengoperasian dan jejak lingkungan. (Matteo Doderio, S. Bertagna, A. 2020)

2.2.9. ASME Aplikasi Unik Mesin Turbin Gas di Kapal Laut

ASME (American Society of Mechanical Engineers) adalah organisasi profesional yang merancang standar dan pedoman teknis di berbagai bidang rekayasa mesin, termasuk dalam aplikasi mesin turbin gas di kapal laut. Mesin turbin gas adalah jenis mesin pembakaran internal yang menggunakan gas panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar untuk menghasilkan tenaga mekanik. Mesin ini bekerja dengan cara mengubah energi panas dari pembakaran bahan bakar menjadi energi kinetik yang menggerakkan turbin dan menghasilkan daya untuk propulsi kapal.

2.2.10. Berkecepatan Tinggi

Geometri kapal sedang dimodifikasi untuk menyertakan jalan setapak garis tengah untuk menyediakan jalan ke dek belakang. Model skala sistem asupan udara kapal diuji untuk menentukan apakah desain yang dimodifikasi sesuai dengan spesifikasi kinerja yang ditentukan oleh produsen mesin. Ditemukan bahwa kehilangan tekanan total dan distorsi udara masuk mesin berada dalam batas kinerja. Namun, sudut pusaran udara masuk untuk mesin tengah melebihi batas secara lokal. Modifikasi sistem dirancang dan diuji untuk meningkatkan kualitas udara masuk. Modifikasi mengurangi besaran sudut pusaran menjadi umumnya sesuai spesifikasi pabrikan mesin. (T. Higgins,Dkk 1997)

2.2.11. Pemodelan Dan Analisis Kompensator Gravitasi Levitasi

Magnetik Silinder Baru Dengan Kekakuan Rendah Untuk Tahap Halus 6-DOF

Kompensator gravitasi levitasi magnetik silinder baru (MLGC) dengan karakteristik kekakuan rendah dan kompatibel dengan vakum diusulkan dalam `out-of-plane untuk tahap halus 6-DOF dalam aplikasi pemosisian presisi tinggi tertentu, misalnya, tahap wafer dalam mesin litografi. Dibandingkan dengan aktuator konvensional seperti motor elektromagnet dan kumparan suara, panas dan kenaikan suhu yang dihasilkan yang menurunkan akurasi pemosisian panggung dapat dikurangi dengan menggunakan kompensasi gravitasi magnetik pasif. (He Zhang,Dkk 2015)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan selama pembuatan tugas akhir adalah sebagai berikut :

3.1.1 Alat

- a) Silinder dan Piston
- b) *Crankshaft*
- c) *Camshaft*
- d) *Valves*
- e) *Timing Belt/Chain*
- f) Sistem Pendingin
- g) *Fuel Injector*
- h) *Alternator*
- i) Starter Motor
- j) Sistem Pengapian
- k) Gergaji Besi
- l) Kunci Pas
- m) Bor

3.1.2 Bahan

- a) Selang Air
- b) *Pulley*
- c) Pipa
- d) Klahar
- e) As Pembantu
- f) Gerbok
- g) Balting

3.2 Tahap Penelitian

Metode penelitian ini harus menjelaskan secara utuh tahapan penelitian yang akan dilaksanakan, luaran, indicator capaian yang terukur disetiap tahapan, teknik pengumpulan data dan analisa data, cara penafsiran dan penyimpulan hasil penelitian langkah-langkah sebagai berikut:

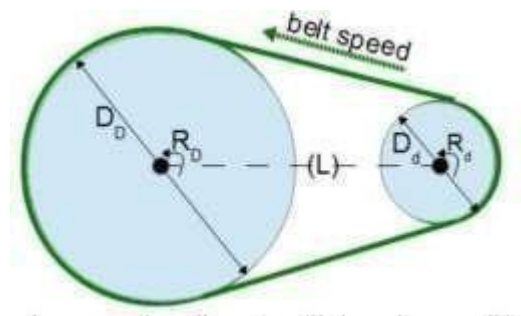
3.3 Studi Literatur

Studi literatur yang digunakan dengan cara mengumpulkan referensi guna untuk menunjang penulisan Tugas Akhir. Adapun referensi yang diperlukan dalam Optimasi sistem penggerak kapal polbeng melalui perubahan modifikasi *pulley*, antara lain seperti internet, jurnal, artikel, dan buku.

3.4 Perhitungan *Pulley*

Sebelum memulai untuk membuat alat ada tahapan yang sangat penting yaitu mendesain alat supaya pada saat pengerjaan pembuatan alat tidak ada kendala dalam pembuatan atau merancang alat. Disini penulis menggunakan aplikasi software Autocad dalam proses mendesain alat tersebut. Dan melakukan perhitungan *pulley*.

1. Gambar *Pulley* Transmisi



Gambar 3 1 Gambar pulley Transmisi

(Sumber: <https://www.gramconveyor.com/belt>)

- Large *pulley* diameter (DD) and RMs (RD)
- Small *pulley* diameter (Dd) and RPMs (Rd) L - distance between axles

2. Perhitungan *Pulley*

Misalnya, jika *pulley* 1 memiliki diameter $D1$ dan *pulley* 2 memiliki

diameter D2, rasio 1:3 berarti:

$$D1 = 1 \dots\dots\dots (17)$$

Langkah-langkah perhitungan:

Menentukan Kecepatan *Pulley*: Kecepatan putaran pada *pulley* 1 dan *pulley* 2 akan berkaitan dengan rasio diameter atau jumlah gigi.

$$N1 \cdot D1 = N2 \cdot D2 \dots\dots\dots (18)$$

Dimana :

N1 dan N2 adalah kecepatan putaran (RPM) dari *pulley* 1 dan *pulley* 2, dan D1 dan D2 adalah diameter *pulley* 1 dan *pulley* 2.

Jika diketahui kecepatan atau diameter salah satu *pulley*, kita bisa menghitung kecepatan putaran *pulley* lainnya.

3.5 Implementasi Modifikasi

pada proses melakukan perubahan atau penyesuaian terhadap suatu sistem, mesin, perangkat, atau proses yang sudah ada untuk meningkatkan kinerja, efisiensi, atau fungsionalitas. Modifikasi bisa mencakup berbagai aspek, dari peningkatan performa hingga penyesuaian untuk memenuhi kebutuhan spesifik pengguna aplikasi tertentu.

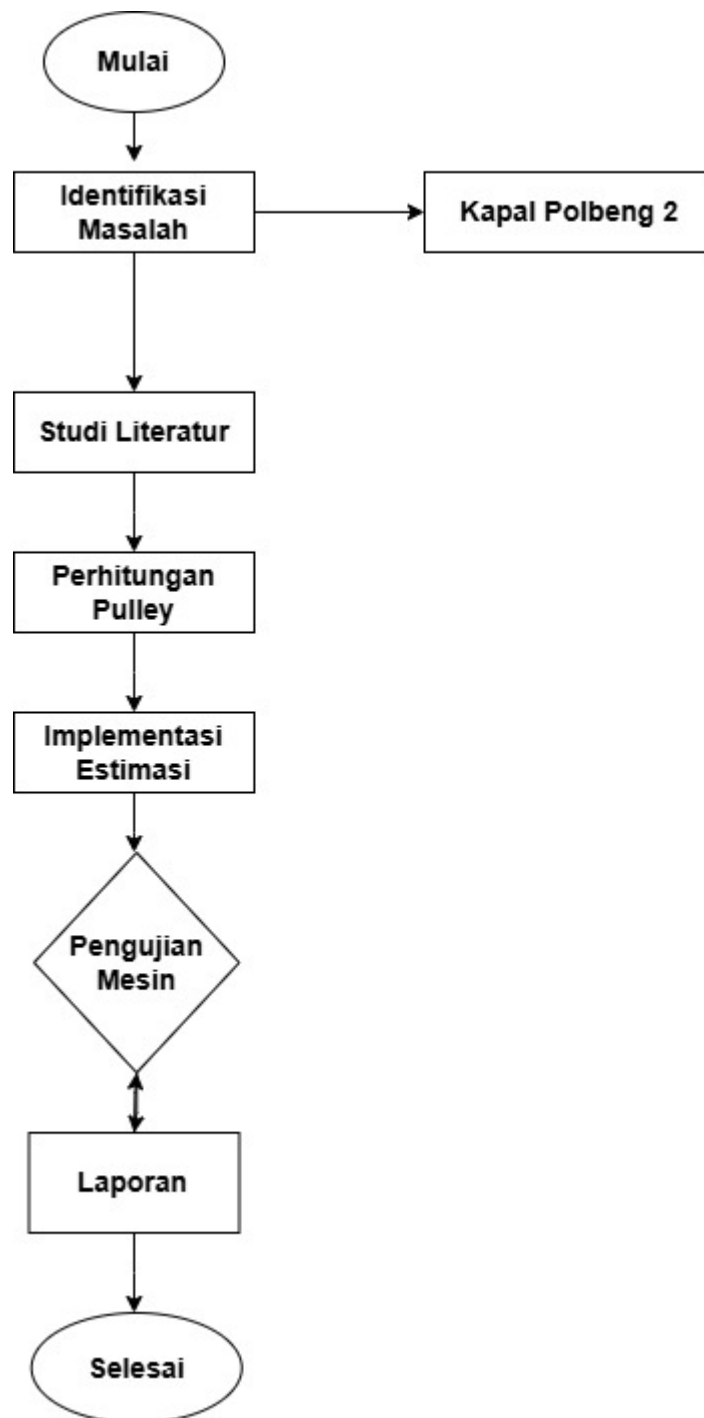
3.6 Laporan

Kesimpulan dibuat berdasarkan hasil pelaksanaan proposal ini sehingga didapatkan suatu jawaban dari permasalahan yang dipecahkan, sesuai dengan tujuan dilaksanakannya penyusunan proposal ini.

3.7 Diagram Alir (*Flowchart*)

Flowchart adalah suatu bagian dengan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan urutan proses secara mendetail dan hubungan antar suatu proses (instruksi) dengan proses lainnya dalam suatu program. *Flowchart* sistem merupakan bagian yang menunjukkan alur kerja atau apa yang sedang dikerjakan di dalam sistem keseluruhan dan menjelaskan urutan dari prosedur-prosedur yang ada di dalam sistem. Dengan kata lain, *flowchart* merupakan deskripsi secara grafik

dari urutan prosedur yang terkombinasi dan membentuk suatu sistem. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.3



*Gambar 3.2 Flow Chart
(Sumber:Penulis)*

3.8 Lokasi penelitian

Untuk pembuatan tugas akhir dikerjakan di Kampus II Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis. Waktu penelitian dimulai pada Semester genap TA 2024/2025 terhitung mulai Maret-Juni (setelah proposal diterima).

3.9 Teknik Pengumpulan Dan Analisis Data

Teknik pengumpulan dan analisis data ini adalah proses pengumpulan data–data yang diperoleh dari buku, artikel, jurnal, dan lain lain yang mencakup pengujian Modifikasi *pulley* mesin dongfeng 16 pk. Penulis juga mencari data-data modifikasi mesin dongfeng 16 pk yang ada di Internet.

3.9.1 Document

Teknik pengumpulan data menggunakan dokumen ini yaitu peneliti mengambil dokumen sumber penelitian atau dari dokumen ataupun catatan dari peristiwa yang sudah berlalu. Penulis juga mencari data-data kapal pemadam yang ada di internet.

3.9.2 Analisa Teknis

Perhitungan teknis dilakukan sesuai dengan literatur yang dipelajari untuk menentukan kebutuhann Modifikasi Mesin.

3.10 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Maret				April				Mei				Juni				Juli			
1	Study Literatur																				
2	Desain dan perhitungan Puli																				
3	Implementasi Modifikasi																				
4	Pengujian Mesin																				
5	Penyusunan Laporan																				
6	Sidang TA																				

Tabel 3 1 Jadwal Pelaksanaan Tugas Akhir

3.11 Rincian anggaran biaya

Berdasarkan hasil perincian biaya dalam tahap pengerjaan Tugas Akhir memiliki anggaran biaya sebesar Rp3.772.000 untuk tahapan pengerjaan Tugas Akhir. Dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut.

No	Nama barang	Jumlah	Harga/unit	Harga/total
1	Proposal & Laporan			
	Print Proposal + Jilid	5 Rangkap	Rp50.000	Rp250.000
	Print Laporan + Jilid	5 Rangkap	Rp60.000	Rp300.000
2	<i>Pulley</i>	2	Rp150.000	Rp300.000
3	Baut	1	Rp45.000	Rp 45.000
4	Selendang	1	Rp200.000	Rp 200.000
5	Mour	1	Rp500.000	Rp 500.000
6	Water	1	Rp 150.000	Rp 150.000
7	Pompa Siput	1	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000
8	Selang Kawat	1 Meter	Rp77.000	Rp 77.000
9	Oli Mesin	1 Liter	Rp 350.000	Rp 350.000
10	Vibrasi dan Peredam Getaran	1 unit	Rp600.000	Rp600.000
			Total	Rp3.772.000

Tabel 3 2 Rincian Anggaran Biaya Tugas Akhir

3.12 Personalia Proposal

Nama : Siti Saputri Musdalifah
Nim 1103221277
Jurusan/Program Studi : Teknik Perkapalan / D-II Teknik
Perkapalan Alamat Rumah : Jln. Pematang Duku Timur
Telepon/HP : +6283829560973

Section 1.01

Dosen Pembimbing I

Nama : Budhi Santoso, ST.,MT
NIP 199863292015041002
Jurusan/Program Studi : Teknik Perkapalan/D-III Teknik
Staff : Dosen Tetap
Keterangan Pegawai : Aktif

Section 1.02

Dosen Pembimbing II

Nama : Nur Audina. S. Pi., M. Si
NIP 199408062022032013
Jurusan/Program Studi : Teknik Perkapalan/D-III Teknik
Staff : Dosen Tetap
Keterangan Pegawai : Aktif

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Evaluasi Kondisi Estimasi

4.1.1 Hasil Data Survei

Pengujian kecepatan Kapal Polbeng 2 setelah optimasi sistem *pulley* dilakukan pada tiga tingkat putaran mesin, yaitu putaran rendah ($\pm 500\text{--}600$ rpm), putaran menengah (± 1000 rpm), dan putaran tinggi (± 1500 rpm). Setiap tingkat putaran diukur beberapa kali (4–5 pengulangan) untuk memperoleh data yang lebih stabil dan mengurangi pengaruh kesalahan pembacaan alat. Kecepatan kapal diukur menggunakan GPS dalam satuan knot.

Data lengkap hasil pencatatan kecepatan untuk tiap pengulangan disajikan pada Lampiran, sedangkan rekapitulasi hasil uji coba ditunjukkan pada Tabel sebagai berikut.

Variasi putaran mesin (rpm)	Jumlah pengulangan	Kecepatan minimum (knot)	Kecepatan maksimum (knot)	Kecepatan rata-rata (knot)
500 rpm (putaran rendah)	2 kali	5,00	5,90	2,95
1000 rpm (putaran menengah)	2 kali	6,10	6,90	3,45
1500 rpm (putaran tinggi)	2 kali	7,10	7,90	3,95

Berdasarkan data pada Tabel 4.3.2, terlihat bahwa hubungan antara putaran mesin dan kecepatan kapal menunjukkan kecenderungan menaik secara bertahap. Pada putaran rendah (500rpm), kecepatan rata-rata kapal berada di kisaran $\pm 5,38$ knot, dengan rentang kecepatan antara 5,00–5,90 knot. Nilai ini mendekati kecepatan awal kapal sebelum dimodifikasi (sekitar 5 knot), sehingga dapat dikatakan bahwa pada putaran rendah, performa kapal setelah modifikasi sudah setara bahkan sedikit lebih baik dibanding kondisi awal, meskipun menggunakan mesin yang berbeda.

Ketika putaran mesin dinaikkan menjadi 1000 rpm, kecepatan kapal

meningkat cukup signifikan menjadi rata-rata $\pm 6,68$ knot. Rentang kecepatan pada level ini berada antara 6,10–7,00 knot. Peningkatan sekitar 1,3 knot dari kondisi putaran rendah menunjukkan bahwa sistem transmisi sabuk-*pulley* yang baru mampu menyalurkan tambahan putaran mesin menjadi gaya dorong yang efektif di propeller. Dengan kata lain, setiap kenaikan RPM mesin memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kecepatan kapal, bukan hanya hilang sebagai slip atau kerugian mekanis di sistem transmisi.

Pada putaran tinggi 1500 rpm, kecepatan rata-rata kapal mencapai $\pm 7,50$ knot, dengan kecepatan maksimum pengukuran sekitar 7,90 knot (≈ 8 knot). Ini sejalan dengan informasi lapangan bahwa setelah modifikasi, kapal mampu mencapai kurang lebih 8 knot. Kenaikan kecepatan dari 5,38 knot (putaran rendah) ke 7,50 knot (putaran tinggi) menunjukkan adanya peningkatan sekitar 39–40% pada rentang pengujian ini. Secara operasional, peningkatan ini akan berdampak langsung pada efisiensi waktu tempuh kapal saat digunakan untuk kegiatan praktikum maupun operasional kampus.

Jika dilihat dari sebaran data (min–maks), variasi kecepatan pada setiap tingkat putaran relatif kecil, yang menandakan bahwa hasil pengujian cukup konsisten. Fluktuasi yang muncul diduga dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kondisi arus, gelombang, dan kestabilan throttle saat pengujian, namun tidak sampai mengubah tren utama bahwa kecepatan kapal meningkat sejalan dengan kenaikan RPM mesin. Hal ini menguatkan dugaan bahwa modifikasi sistem *pulley* telah mengurangi kerugian daya pada transmisi, sehingga perubahan putaran mesin dapat diterjemahkan dengan lebih “setia” menjadi perubahan kecepatan kapal.

Secara keseluruhan, analisis data hasil uji coba pada subbab ini mendukung kesimpulan bahwa penambahan dan pengaturan rasio *pulley* pada mesin Dongfeng 16 PK memberikan pengaruh positif terhadap kinerja Kapal Polbeng 2. Peningkatan kecepatan rata-rata pada berbagai tingkat putaran mesin, disertai konsistensi data dan perbaikan respon akselerasi, menjadi bukti kuantitatif bahwa modifikasi yang dilakukan berhasil memperbaiki performa sistem propulsi kapal dibandingkan kondisi sebelum modifikasi.

4.1.2 Menganalisis dan mengevaluasi pengaruh penambahan *pulley* pada sistem penggerak kapal terhadap efisiensi dan performa kapal.

Hasil analisis awal menunjukkan bahwa sebelum dimodifikasi, Kapal Polbeng 2 yang menggunakan mesin 40 HP hanya mampu mencapai kecepatan maksimum sekitar 5 knot pada saat sea trial. Kondisi ini mengindikasikan adanya ketidakefisienan sistem transmisi daya, karena daya mesin yang relatif besar tidak sepenuhnya berubah menjadi daya dorong propeller. Gejala yang teramati berupa tenaga mesin terasa berat, putaran tidak stabil, dan akselerasi lambat ketika kapal mulai bergerak.

Untuk mengatasi masalah tersebut, dilakukan modifikasi sistem penggerak dengan menerapkan transmisi sabuk-*pulley* pada mesin Dongfeng 16 PK. Pada tahap simulasi, penulis menghitung tiga skenario spesifikasi *pulley* dengan mempertimbangkan daya mesin, putaran mesin (N_1), dan karakteristik sabuk V- belt. Ketiga parameter ini dianalisis karena berpengaruh langsung terhadap penyaluran daya dari mesin ke poros propeller.

Perhitungan dilakukan mengacu pada teori transmisi sabuk-*pulley*, di mana hubungan antara putaran dan diameter dinyatakan dengan persamaan $N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2$. Dengan demikian, perubahan rasio diameter *pulley* penggerak dan *pulley* yang digerakkan akan mengubah kombinasi kecepatan putar (RPM) dan torsi pada poros propeller. Prinsip ini kemudian dikaitkan dengan hubungan daya, torsi, dan kecepatan putar $P = T \times N/9,5488$ $P = T \times N/9,5488$ $P = T \times N/9,5488$, sehingga setiap konfigurasi *pulley* dapat dievaluasi tidak hanya dari sisi putaran, tetapi juga kemampuan menghasilkan torsi efektif di propeller.

Salah satu skenario yang dianalisis, misalnya, menggunakan putaran mesin $N_1=2500$ rpm dengan diameter *pulley* mesin 150 mm dan *pulley* propeller 350 mm. Hasil perhitungan memberikan rasio reduksi sekitar 2,3 : 1 dan menghasilkan putaran propeller sekitar 1100 rpm. Konfigurasi ini menunjukkan adanya penurunan putaran dari mesin ke propeller sesuai perbandingan diameter *pulley*, sehingga torsi di poros propeller meningkat meskipun RPM-nya lebih rendah.

Dari tiga skenario yang dihitung, penelitian ini akhirnya memilih skenario 2 sebagai konfigurasi terbaik, yaitu mesin berputar pada $N_1=2200$ rpm dengan kombinasi diameter *pulley* 150 mm (*pulley* mesin) dan 300 mm (*pulley* propeller).

Rasio yang dihasilkan adalah 2 : 1 dengan putaran propeller $N_2 \approx 1100 N_1$ \approx 1100 rpm. Konfigurasi ini dipilih karena dianggap memberikan kompromi yang paling seimbang antara kecepatan putar dan torsi, sehingga penyaluran daya dari mesin Dongfeng 16 PK ke propeller menjadi lebih stabil dan sesuai dengan kebutuhan operasional Kapal Polbeng 2.

Secara teoritis, rasio 2 : 1 ini membuat mesin dapat bekerja pada putaran menengah-tinggi yang mendekati daerah efisiensi terbaiknya, sementara propeller berputar pada RPM yang lebih rendah namun dengan torsi yang lebih besar. Peningkatan torsi di poros propeller penting untuk mengatasi hambatan total kapal dan mengurangi slip, sehingga sebagian besar daya mesin benar-benar terkonversi menjadi gaya dorong. Hal ini sejalan dengan konsep bahwa efisiensi sistem transmisi sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara RPM mesin, karakteristik propeller, serta rasio reduksi transmisi.

Setelah konfigurasi *pulley* dipilih, dilakukan sea trial pasca modifikasi untuk mengevaluasi pengaruh praktis perubahan tersebut terhadap kinerja kapal. Uji coba dilakukan pada dua kondisi, yaitu kapal melawan arus dan mengikuti arus, agar diperoleh gambaran yang lebih objektif mengenai kecepatan kapal, stabilitas putaran mesin, dan respons akselerasi. Pengamatan selama sea trial menunjukkan bahwa mesin bekerja lebih halus, putaran lebih terkontrol, dan respon terhadap perubahan throttle menjadi lebih cepat dibandingkan kondisi awal. Secara kualitatif hal ini menunjukkan bahwa penambahan *pulley* dengan rasio yang tepat mampu memperbaiki penyaluran daya dan meningkatkan efektivitas sistem propulsi.

Dengan demikian, dari sisi hasil simulasi perhitungan maupun evaluasi sea trial, tujuan penelitian nomor dua dapat dinyatakan tercapai: penambahan dan pengaturan rasio *pulley* terbukti mempengaruhi distribusi RPM dan torsi pada sistem penggerak, sehingga meningkatkan efisiensi transmisi daya dan memberikan perbaikan performa operasional Kapal Polbeng 2 dibandingkan kondisi sebelum modifikasi.

4.1.3 Analisis Perbandingan kinerja kapal sebelum dan sesudah modifikasi sistem *pulley*

Untuk menjawab tujuan penelitian kedua, dilakukan analisis komparatif antara kondisi Kapal Polbeng 2 sebelum dan sesudah modifikasi sistem *pulley* pada mesin Dongfeng 16 PK. Perbandingan ini tidak hanya meninjau kecepatan kapal,

tetapi juga stabilitas putaran mesin, respons akselerasi, serta efisiensi penyaluran daya dari mesin ke sistem propulsi.

Perbandingan kinerja Kapal Polbeng 2 sebelum dan sesudah modifikasi sistem pulley sebagai berikut.

No	Aspek yang Dibandingkan	Sebelum Modifikasi Sistem Pulley	Sesudah Modifikasi Sistem Pulley
1	Konfigurasi mesin dan transmisi	Menggunakan mesin dengan daya 40 HP. Sistem transmisi belum dioptimasi, sehingga hubungan antara putaran mesin dan putaran propeller kurang sesuai dengan karakteristik kapal.	Menggunakan mesin Dongfeng 16 PK dengan sistem transmisi sabuk-pulley. Rasio pulley dirancang 2 : 1 (pulley mesin 150 mm, pulley propeller 300 mm) sehingga putaran propeller lebih sesuai dengan kebutuhan gaya dorong kapal.
2	Kecepatan maksimum saat sea trial	Kapal hanya mampu mencapai kecepatan maksimum sekitar 5 knot , menunjukkan bahwa sebagian besar daya mesin belum termanfaatkan secara efektif untuk mendorong kapal.	Hasil sea trial setelah modifikasi menunjukkan kenaikan kecepatan dibanding kondisi awal. Pada variasi putaran 1500–2200 rpm dan +10% 2200 rpm, kecepatan kapal meningkat seiring bertambahnya putaran mesin. Rata-rata kecepatan pada konfigurasi terbaik dapat diisi dari Tabel (7.50 knot).

3	Stabilitas putaran mesin	Putaran mesin cenderung tidak stabil, muncul gejala getaran dan fluktuasi RPM, terutama	Putaran mesin lebih stabil pada kisaran 2000–2200 rpm. Rasio pulley 2 : 1 membuat mesin bekerja pada daerah putaran yang lebih “enak”
		ketika beban kapal meningkat.	dan torsi pada poros propeller meningkat sehingga getaran dan penurunan putaran dapat dikurangi.
4	Respons akselerasi	Respon akselerasi lambat; meskipun throttle dinaikkan, kapal membutuhkan waktu cukup lama untuk mencapai kecepatan jelajah. Kapal terasa berat saat mulai bergerak.	Respons akselerasi lebih baik; kapal lebih cepat merespons perubahan posisi throttle. Kenaikan putaran mesin langsung memberikan peningkatan kecepatan kapal yang lebih terasa.
5	Efisiensi penyaluran daya	Efisiensi transmisi daya rendah: mesin bertenaga 40 HP hanya menghasilkan kecepatan 5 knot. Artinya terdapat kehilangan daya yang cukup besar pada sistem transmisi dan propulsi.	Dengan daya mesin yang lebih kecil (16 PK) tetapi rasio pulley yang tepat, sebagian besar daya mesin dapat disalurkan menjadi gaya dorong. Hal ini terlihat dari peningkatan kecepatan kapal serta putaran mesin yang lebih stabil.

6	Kesesuaian dengan kebutuhan operasional	Kecepatan aktual kapal berada di bawah kebutuhan untuk kegiatan latihan dan operasional kampus, sehingga manuver dan waktu tempuh menjadi kurang efisien.	Kecepatan dan performa kapal setelah modifikasi lebih mendekati kebutuhan operasional. Kapal dapat digunakan lebih efektif untuk kegiatan praktik dan transportasi internal, dengan sistem transmisi yang lebih mudah dirawat karena
			fokus perubahan hanya pada komponen <i>pulley</i> dan sabuk.

Secara lebih rinci, peningkatan kinerja setelah modifikasi tidak hanya terlihat dari angka kecepatan, tetapi juga dari kualitas olah gerak kapal selama pengujian. Pada kondisi sebelum modifikasi, ketika throttle dinaikkan, kapal cenderung membutuhkan jarak yang lebih panjang untuk mencapai kecepatan jelajah. Awak kapal merasakan respon yang “berat” karena torsi yang tersedia di poros propeller belum cukup untuk mengatasi hambatan total kapal. Sesudah penerapan rasio pulley 2 : 1, kapal dapat mencapai kecepatan jelajah dalam jarak yang lebih pendek. Hal ini menunjukkan bahwa torsi yang dihasilkan pada poros propeller telah meningkat, sehingga gaya dorong yang bekerja di buritan lebih efektif mendorong lambung kapal.

Dari perspektif efisiensi transmisi daya, modifikasi ini juga dapat dipahami sebagai upaya menempatkan mesin pada zona operasi yang lebih mendekati range efisiensi optimal. Mesin diesel pada umumnya memiliki daerah putaran tertentu di mana konsumsi bahan bakar per unit daya relatif lebih rendah. Sebelum modifikasi, mesin sering dipaksa bekerja pada putaran tinggi dengan hasil kecepatan kapal yang tidak sebanding, sehingga konsumsi bahan bakar per mil laut menjadi kurang ekonomis. Setelah penyesuaian rasio *pulley*, mesin dapat beroperasi pada putaran menengah–tinggi yang stabil, sementara propeller berputar dalam kisaran RPM yang lebih sesuai dengan karakteristik hidrodinamika kapal. Implikasinya, untuk

kecepatan yang sama, kebutuhan throttle dan bahan bakar berpotensi lebih rendah dibanding kondisi awal.

Selain itu, dari sisi keandalan dan kenyamanan operasi, konfigurasi baru memberikan beberapa keuntungan. Putaran mesin yang lebih stabil membuat getaran dan kebisingan berkurang selama pelayaran. Bagi kapal latihan seperti Kapal Polbeng 2, kondisi ini penting karena menunjang kenyamanan taruna/mahasiswa saat praktikum. Di sisi lain, penurunan beban kejut pada sistem transmisi dan propeller juga berkontribusi terhadap umur pakai komponen yang lebih panjang, sehingga biaya perawatan jangka panjang dapat ditekan.

Dari sudut pandang pendidikan dan rekayasa, penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan sederhana pada komponen transmisi (*pulley* dan sabuk) dapat memberikan dampak signifikan terhadap performa kapal. Hal ini memberikan nilai tambah bagi Kapal Polbeng 2 sebagai media ajar, karena hasil estimasi dapat digunakan sebagai studi kasus nyata bagaimana konsep teori mesin, transmisi daya, dan hidrodinamika kapal diterapkan untuk memecahkan masalah performa di lapangan. Dengan demikian, estimasi sistem *pulley* bukan hanya meningkatkan kinerja operasional kapal, tetapi juga memperkaya kompetensi praktis mahasiswa dalam menganalisis dan melakukan troubleshooting terhadap sistem penggerak kapal.

Pada akhirnya, jika dibandingkan secara keseluruhan, kondisi sesudah modifikasi menunjukkan bahwa rasio *pulley* yang dirancang dengan benar mampu menghubungkan kemampuan mesin dengan kebutuhan hidrodinamika kapal secara lebih seimbang. Peningkatan kecepatan, stabilitas RPM, perbaikan akselerasi, serta potensi efisiensi bahan bakar menjadi indikator kuat bahwa tujuan penelitian kedua telah tercapai dan modifikasi yang dilakukan dapat direkomendasikan sebagai acuan untuk perbaikan sistem penggerak pada kapal sejenis.

4.1.4 Evaluasi Hasil Setelah Optimasi Pulley (Pencapaian Tujuan Penelitian 3)

Tujuan penelitian nomor tiga adalah “menilai dan mengukur hasil kinerja yang diharapkan dari modifikasi penambahan *pulley* pada sistem penggerak kapal”. Berdasarkan hasil uji coba di lapangan, modifikasi sistem *pulley* pada mesin Dongfeng 16 PK memberikan perubahan kinerja yang cukup signifikan terhadap performa Kapal Polbeng 2.

Sebelum dilakukan modifikasi, kapal hanya mampu mencapai kecepatan

sekitar 5 knot saat sea trial. Kecepatan ini berada jauh di bawah kecepatan rencana kapal yang dirancang hingga ± 14 knot, dan dirasakan kurang memadai untuk kebutuhan operasional dan praktikum di lingkungan Politeknik Negeri Bengkalis. Setelah dilakukan modifikasi sistem transmisi dengan penambahan *pulley* dan penyesuaian rasio putaran mesin–propeller, hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan maksimum kapal meningkat menjadi sekitar 7.50 knot. Dengan

demikian terjadi kenaikan kecepatan sebesar 2.5 knot atau kurang lebih 60% dibanding kondisi awal (dari 5 knot menjadi 8 knot).

Peningkatan kecepatan ini menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan mesin Dongfeng 16 PK kini lebih efektif dikonversi menjadi gaya dorong oleh propeller. Secara praktis, untuk jarak pelayaran yang sama, waktu tempuh kapal berkurang secara signifikan. Sebagai ilustrasi, jika sebelumnya kapal membutuhkan waktu $T_1 = D/5$ jam untuk menempuh jarak D mil laut, maka setelah modifikasi waktu tempuh menjadi $T_2 = D/8$ jam. Artinya, waktu tempuh berkurang menjadi sekitar 62,5% dari kondisi awal (penghematan waktu $\pm 37,5\%$), yang menggambarkan peningkatan kinerja operasional kapal dalam melayani aktivitas praktik dan transportasi.

Selain peningkatan kecepatan, pengamatan selama uji coba juga menunjukkan bahwa respons akselerasi kapal membaik. Kapal terasa lebih ringan saat mulai bergerak dari posisi diam, dan perubahan pada throttle lebih cepat direspon oleh perubahan kecepatan kapal. Hal ini sejalan dengan analisis teoritis sebelumnya, bahwa rasio pulley yang baru meningkatkan torsi di poros propeller pada kisaran putaran mesin 2000–2200 rpm, sehingga kapal lebih mudah mengatasi hambatan air pada saat akselerasi awal maupun saat manuver.

Dari sisi kenyamanan dan keandalan, putaran mesin setelah modifikasi cenderung lebih stabil dibandingkan sebelum modifikasi. Getaran berlebihan dan fluktuasi putaran yang sebelumnya sering dirasakan mulai berkurang. Hal ini penting untuk menjaga kenyamanan awak dan mahasiswa saat praktikum, serta berpotensi memperpanjang umur pakai komponen mesin dan transmisi karena beban kerja yang lebih seimbang.

Walaupun kecepatan 8 knot masih belum mencapai kecepatan desain awal kapal (± 14 knot), hasil ini sudah menunjukkan bahwa modifikasi penambahan *pulley* berhasil mendekatkan kinerja kapal ke arah yang diharapkan. Dengan mesin berdaya lebih kecil (16 PK) dan sistem transmisi yang dioptimasi, kapal kini mampu memberikan performa yang lebih baik daripada kondisi sebelumnya yang hanya 5 knot dengan mesin lama yang tidak lagi optimal. Dengan demikian, dari sudut pandang kinerja aktual di lapangan, tujuan penelitian ketiga dapat dinyatakan tercapai: modifikasi penambahan *pulley* memberikan peningkatan kecepatan, akselerasi, stabilitas operasi, serta efisiensi waktu tempuh yang sesuai

dengan harapan penelitian.



Gambar 4 5 hasil kecepatan

4.1.5 Data Mesin Dongfeng 16 PK

Dongfeng Tipe	S 1100 adalah sebagai model motor atau skuter dengan tipe "S 1100".
Tipe I	S 1100" mengacu pada varian atau model spesifik motor itu.
Tenaga	16 HP merujuk pada daya atau kekuatan mesin motor yang diukur dalam satuan Horse Power (HP), yang dalam Bahasa Indonesia dikenal dengan istilah Tenaga Kuda.
Kecepatan	mesin atau revolusi per menit (RPM, Revolutions Per Minute) yang mengukur seberapa cepat mesin berputar. Dalam hal ini, angka 2600 RPM menunjukkan bahwa mesin motor berputar sebanyak 2600 kali dalam satu menit.
Tipe II	4 Langkah merujuk pada sistem kerja mesin 4 langkah atau 4- stroke engine, yang adalah jenis mesin pembakaran internal yang paling umum digunakan pada motor dan kendaraan lainnya.

Sistem Pembakaran	Pengabutan Langsung Jumlah merujuk pada sistem injeksi bahan bakar langsung ke ruang bakar dalam mesin pembakaran internal. Dalam sistem ini, bahan bakar disuntikkan langsung ke dalam ruang bakar (cylinder), di mana ia akan bercampur dengan udara sebelum dibakar
Silinder	1 Silinder Diameter x Panjang mengacu pada spesifikasi mesin motor yang memiliki 1 silinder dengan ukuran diameter dan panjang langkah tertentu. Langkah: 100 x 115 merujuk pada ukuran diameter dan panjang langkah pada mesin yang disebutkan, yang menggambarkan dimensi fisik ruang pembakaran dan pergerakan piston dalam mesin.
Kapasitas Oli	3.5 L mengacu pada jumlah oli mesin yang dibutuhkan oleh motor atau kendaraan untuk mengisi ruang mesin secara keseluruhan, agar mesin dapat beroperasi dengan lancar dan terlindungi dari keausan.

Sistem Pendingin	Air Sistem mengacu pada sistem pendinginan mesin yang menggunakan air atau cairan pendingin untuk menjaga suhu mesin tetap stabil selama operasi. Sistem ini umumnya digunakan pada kendaraan bermotor, termasuk sepeda motor, mobil, dan mesin lainnya yang membutuhkan kontrol suhu untuk mencegah overheating.
Pelumas	Tekanan / Percikan mengacu pada dua konsep yang sering ditemukan dalam sistem pembakaran mesin, khususnya terkait dengan injeksi bahan bakar dan cara bahan bakar disemprotkan atau disalurkan ke dalam ruang bakar mesin.

4.1.6 Ukuran Utama Kapal

Data ukuran utama Kapal Polbeng 2 menjadi dasar acuan dalam penelitian ini yang berjudul “Modifikasi *Pulley* Mesin Dongfeng 16 PK untuk Kapal Polbeng 2”. Informasi mengenai dimensi kapal digunakan untuk menyesuaikan rancangan sistem transmisi daya yang akan dimodifikasi, sehingga hasil perhitungan dan implementasi *pulley* dapat disesuaikan secara tepat terhadap karakteristik teknis kapal. Dengan memahami ukuran utama kapal, seperti panjang, lebar, dan draft, maka proses modifikasi dapat dilakukan secara terarah dan sesuai dengan kebutuhan operasional kapal Polbeng 2.

Parameter Kapal	Satuan
Lwl	6.99 M

B	1.669 M
T	1.055M
Displaced Volume	3.866 M ³
Wetted Area	15.636 M ²
Cp	0.647
Cwp	0.858

Tabel 4 1Ukuran Utama Kapal

Gambar 3D berikut menunjukkan desain keseluruhan Kapal Polbeng 2 sebagai objek penelitian. Model ini menampilkan bentuk lambung, struktur atas, dan dimensi kapal secara visual, yang digunakan sebagai acuan dalam proses modifikasi sistem pulley pada mesin Dongfeng 16 PK.



Gambar 4 1 Tampak Depan Kapal



Gambar 4.2 Tampak Samping Bagian Belakang



Gambar 4.3 Tampak Samping Depan



Gambar 4.4 Tampak Atas Kapal

4.1.7 Karakteristik Tahanan Kapal

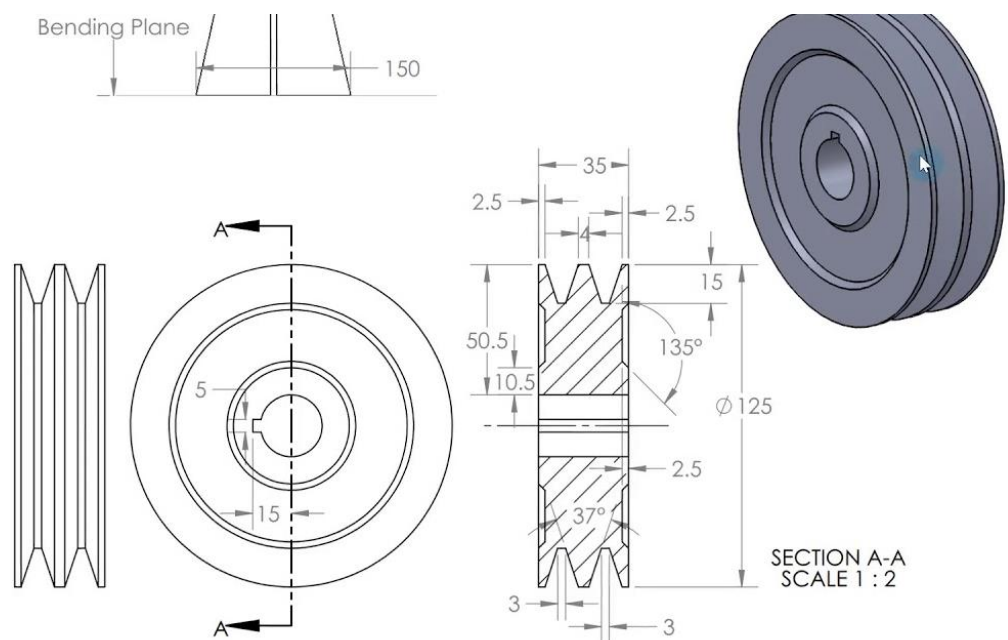
Sebelum dilakukan optimasi pada sistem mesin, Kapal Polbeng 2 telah melalui tahapan pengujian awal untuk mengetahui performa dasar kapal, khususnya terkait nilai tahanan saat beroperasi. Kapal Memiliki kecepatan 5 knot, tersebut, nilai tahanan total kapal mencapai sekitar 1,798 Newton. Selain itu, hasil perhitungan juga menunjukkan bahwa nilai *Froude Number* (Fr) berdasarkan panjang garis air (Lwl) adalah 0,311, sedangkan berdasarkan volume adalah 0,656. Nilai-nilai ini memberikan gambaran bahwa kapal masih berada dalam kategori *semi-displacement*, di mana efek gelombang dan gaya hambat mulai meningkat seiring kecepatan.

Data ini menjadi penting sebagai tolok ukur sebelum dilakukan modifikasi *Pulley* Mesin Dongfeng 16 PK untuk Kapal Polbeng 2, sehingga nantinya perubahan performa kapal setelah penggantian *pulley* dapat dinilai secara kuantitatif dan objektif. Berikut adalah data tahanan kapalnya:

N O	Speed (kn)	Frou de No.LWL	Frou deNo. VOL	Holtrop Resist (KN)	Holtrop Power (KW)	VanOort mersen Resist.(Kn)	VanOort merssen Power (KW)	Compton Resist. (Kn)	Compton Power (Kw)
1	0	0	0	--	--	--	--	--	--
2	0,5	0,031	0,066	0	0,001	0	0,001	--	--
3	1	0,062	0,131	0	0,006	0	0,005	--	--
`	1,5	0,093	0,197	0	0,02	0	0,015	--	--
5	2	0,124	0,262	0	0,046	0	0,038	0,1	0,083
6	2,5	0,155	0,328	0,1	0,088	0,1	0,081	0,1	0,158
7	3	0,186	0,393	0,1	0,151	0,1	0,144	0,2	0,272
8	3,5	0,217	0,459	0,1	0,249	0,1	0,229	0,2	
9	4	0,249	0,525	0,2	0,411	0,2	0,391	0,3	
10	4,5	0,28	0,59	0,3	0,708	0,2	0,433	0,5	1,147
11	5	0,311	0,656	0,5	1,229	0,5	1,323	0,7	
12	5,5	0,342	0,721	0,6	1,812	0,5	1,425	1	
13	6	0,373	0,787	0,9	2,753	0,2	0,615	1,2	3,594
14	6,5	0,404	0,852	1,4	4,652	0,5	1,583	1,4	
15	7	0,435	0,918	1,8	6,603	1,4	5,113	2,2	7,997
16	7,5	0,466	0,983	2,3	8,796	2,6	9,936	3,2	12,186
17	8	0,497	1,049	2,7	11,235	3,5	14,492	4,1	17,072
18	8,5	0,528	1,115	3,2	13,922	4,1	17,84	4,7	20,384
19	9	0,559	1,18	3,7	17,09	4,3	19,703	5,1	
20	9,5	0,59	1,246	4,3	20,859	4,1	20,213	5,4	26,187
21	10	0,621	1,311	4,8	24,586	3,8	19,678	--	--
22	10,5	0,652	1,377	5,2	28,334	3,4	18,432	--	--
23	11	0,684	1,442	5,7	32,192	3	16,771	--	--
24	11,5	0,715	1,508	6,1	36,239	2,5	14,924	--	--
25	12	0,746	1,574	6,6	40,546	2,1	13,061	--	--

26	12,5	0,777	1,639	7	45,164	1,8	11,296	--	--
27	13	0,808	1,705	7,5	50,135	1,5	9,704	--	--
28	13,5	0,839	1,77	8	55,49	1,2	8,329	--	--
29	14	0,87	1,836	8,5	61,252	1	7,194	--	--
30	14,5	0,901	1,901	9	67,442	0,8	6,309	--	--
31	15	0,932	1,967	9,6	74,071	0,7	5,673	--	--
32	15,5	0,963	2,033	10,2	81,151	0,7	5,281	--	--
33	16	0,994	2,098	10,8	88,691	0,6	5,122	--	--
34	16,5	1,025	2,164	11,4	96,696	0,6	5,185	--	--
35	17	1,056	2,229	12	105,17	0,6	5,459	--	--
36	17,5	1,087	2,295	12,7	114,12	0,7	5,932	--	--
37	18	1,118	2,36	13,3	123,54	0,7	6,593	--	--
38	18,5	1,15	2,426	14	133,44	0,8	7,432	--	--
39	19	1,181	2,491	14,7	143,82	0,9	8,438	--	--
40	19,5	1,212	2,557	15,4	154,67	1	9,604	--	--
41	20	1,243	2,623	16,1	165,99	1,1	10,921	--	--

4.2 Desain Pulley Baru



Gambar 4.5 Desain Pulley

Dalam proses modifikasi sistem penggerak pada Kapal Polbeng 2, dilakukan analisis terhadap tiga spesifikasi perhitungan *pulley* berdasarkan parameter teknis utama, yaitu daya mesin, putaran motor, dan perhitungan sabuk. Ketiga parameter ini saling berhubungan dan berpengaruh langsung terhadap performa sistem propulsi kapal, khususnya dalam hal penyaluran daya dari mesin ke baling-baling Kapal.

Perhitungan dan analisis sistem transmisi berbasis *pulley* ini mengacu pada pendekatan teori mekanika mesin yang dijelaskan oleh R.S. Khurmi dan J.K. Gupta

dalam buku “*A Textbook of Mechanical Engineering*”. Dalam buku tersebut, disebutkan bahwa transmisi daya melalui sabuk dan pulley ditentukan oleh rasio diameter *pulley* penggerak (*driver*) dan *pulley* yang digerakkan, serta efisiensi mekanis dari sistem transmisi.

Dengan pendekatan ini, rasio *pulley* dapat disesuaikan untuk menghasilkan kombinasi antara kecepatan putaran (RPM) dan torsi yang paling sesuai dengan kebutuhan operasional kapal. Penerapan tiga variasi spesifikasi *pulley* yang berbeda ini bertujuan untuk mencari konfigurasi paling optimal, sehingga mesin Dongfeng 16 PK yang digunakan mampu memberikan performa maksimal. Diharapkan dengan modifikasi ini, Kapal Polbeng 2 dapat beroperasi dengan lebih efisien, stabil, dan sesuai dengan kebutuhan manuver serta daya dorong di perairan yang menjadi lingkup operasionalnya.

1. Perhitungan Rasio *Pulley* pada skenario 1 Pada skenario ini, mesin Dongfeng 16 PK dioperasikan dengan putaran awal (N_1) sebesar 2000 rpm, dan menghasilkan daya sebesar 16 HP. Sistem transmisi yang digunakan adalah V-belt tunggal (1 buah) yang menghubungkan *pulley* mesin dengan *pulley* pada poros propeller. Berdasarkan konfigurasi *pulley* yang digunakan, putaran *pulley* yang digerakkan (poros propeller) ditargetkan sebesar 800 rpm, yang artinya terjadi penurunan putaran dari mesin ke propeller. Perhitungan rasio *pulley* dilakukan dengan menggunakan rumus:

Dik :

- Perhitungan Putaran Mesin (N_1) : 2000 Rpm
- Diameter *Pulley* D1 : 120 mm, D2 : 300 mm
- Daya Mesin : 16 Hp
- Putaran *Pulley* : 800 rpm
- Jumlah V-Belt yang digunakan 1
- Putaran Propeller : $2000 / 3 = 666,67$

A. Perhitungan rasio *Pulley* dengan rumus :

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{300}{120} = 2,5$$

Jadi untuk setiap 2,5 putaran pulley mesin propeller hanya berputar 1 kali

B. Perhitungan Putaran Propeller

$$N_2 = \frac{N_1}{i} = 2500 \div \frac{350}{150} = 2500 \times 0,4 = 1000 \text{ rpm}$$

Keterangan simbol:

N_1 = Putaran mesin (rpm)

N_2 = Putaran propeller (rpm)

d_1 = Diameter pulley penggerak (di mesin)

d_2 = Diameter pulley yang digerakkan (ke propeller)

Data pada gambar:

Putaran mesin (N_1) = 2500 rpm

Diameter pulley mesin (d_1) = 350 mm

Diameter pulley propeller (d_2) = 150 mm

Langkah Perhitungan

- Masukkan nilai ke rumus

$$N_2 = 2500 \times 150 / 350 \quad N_2 = 2500 \times 350 / 150$$

- Hitung perbandingan diameter pulley

$$150 / 350 = 0,4 \quad 350 / 150 = 0,4$$

- Hitung putaran propeller

$$N_2 = 2500 \times 0,4 = 1000 \text{ rpm} \quad N_2 = 2500 \times 0,4 = 1000 \text{ rpm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapat bahwa dengan menggunakan rasio pulley sebesar 2,5 : 1, maka putaran propeller yang dihasilkan dari putaran mesin 2000 rpm adalah sebesar 800 rpm. Konfigurasi ini menunjukkan adanya penurunan putaran yang sesuai dengan perbandingan diameter *pulley*, yaitu 120 mm untuk *pulley* mesin dan 300 mm untuk *pulley* propeller.

2. Perhitungan Rasio *Pulley* pada skenario 1 Pada skenario ini, mesin Dongfeng 16 PK dioperasikan dengan putaran awal (N_1) sebesar 2200 rpm, dan menghasilkan daya sebesar 16 HP. Sistem transmisi yang digunakan adalah V-belt tunggal (1 buah) yang menghubungkan *pulley* mesin dengan *pulley* pada poros propeller. Berdasarkan konfigurasi *pulley* yang digunakan, putaran *pulley* yang digerakkan (poros propeller) ditargetkan sebesar 1100 rpm, yang artinya terjadi penurunan putaran dari mesin ke propeller. Perhitungan rasio *pulley* dilakukan dengan menggunakan rumus:

Dik :

- Perhitungan Putaran Mesin (N_1) : 2200 Rpm
- Diameter *Pulley* D_1 : 150 mm, D_2 : 300 mm
- Daya Mesin : 16 Hp
- Putaran *Pulley* : 1100 rpm
- Jumlah V-Belt yang digunakan 1
- Putaran Propeller : $2200 / 3 = 73,34$

A. Perhitungan rasio *Pulley* dengan rumus :

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{300}{150} = 2$$

Jadi Untuk setiap 2 putaran *pulley* mesin, *pulley* propeller hanya berputar 1 kali.

B. Perhitungan Putaran Propeller

$$N_2 = \frac{N_1}{i} = \frac{2200}{2} = 1100 \text{ rpm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapat bahwa dengan menggunakan rasio pulley sebesar 2 : 1, maka putaran propeller yang dihasilkan dari putaran mesin 2200 rpm adalah sebesar 1200 rpm. Konfigurasi ini menunjukkan adanya penurunan putaran yang sesuai dengan perbandingan diameter pulley, yaitu 150 mm untuk pulley mesin dan 300 mm untuk pulley propeller.

3. Perhitungan Rasio Pulley pada skenario 1 Pada skenario ini, mesin Dongfeng 16 PK dioperasikan dengan putaran awal (N_1) sebesar 2500 rpm, dan menghasilkan daya sebesar 16 HP. Sistem transmisi yang digunakan adalah V-belt tunggal (1 buah) yang menghubungkan pulley mesin dengan pulley pada poros propeller. Berdasarkan konfigurasi pulley yang digunakan, putaran pulley yang digerakkan (poros propeller) ditargetkan sebesar 1000 rpm, yang artinya terjadi penurunan putaran dari mesin ke propeller. Perhitungan rasio pulley dilakukan dengan menggunakan rumus:

Dik :

- Perhitungan Putaran Mesin (N_1) : 2500 Rpm
- Diameter Pulley D_1 : 150 mm, D_2 : 350 mm
- Daya Mesin : 16 Hp
- Putaran Pulley : 0 rpm
- Jumlah V-Belt yang digunakan 1
- Putaran Propeller : $2500 / 3 = 83,44$

A. Perhitungan rasio Pulley dengan rumus :

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{350}{150} = 2,3$$

Jadi Untuk setiap 2,3 putaran pulley mesin, pulley propeller hanya berputar 1 kali.

B. Perhitungan Putaran Propeller

$$N_2 = \frac{N_1}{i} = 2500 \div \frac{350}{150} = 2500 \times 0,4 = 1000 \text{ rpm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapat bahwa dengan menggunakan rasio pulley sebesar 2,3 : 1, maka putaran propeller yang dihasilkan dari putaran mesin 2500 rpm adalah sebesar 1100 rpm. Konfigurasi ini menunjukkan adanya penurunan putaran yang sesuai dengan perbandingan diameter pulley, yaitu 150 mm untuk pulley mesin dan 350 mm untuk pulley propeller.

Dari ketiga spesifikasi perhitungan pulley yang telah dianalisis sebelumnya,

maka pada penelitian ini penulis menetapkan untuk menggunakan perhitungan *pulley* pada skenario 2, yaitu dengan putaran mesin (N_1) sebesar 2200 rpm. Pada skenario ini, digunakan konfigurasi diameter *pulley* 150 mm pada mesin dan 300 mm pada propeller, sehingga menghasilkan rasio *pulley* sebesar 2 : 1. Berdasarkan rasio tersebut, diperoleh putaran propeller (N_2) sebesar 1100 rpm. Skenario ini dipilih karena memberikan hasil transmisi daya yang stabil serta mendukung performa mesin Dongfeng 16 PK secara optimal untuk kebutuhan operasional kapal Polbeng 2.

4.2.1 Gambar Pulley Baru



Gambar 4.6 Pulley Baru

4.3 Sea trial mesin Dongfeng 16 pk pulley baru

Setelah selesai melakukan modifikasi pada sistem mesin, tahapan selanjutnya adalah melaksanakan proses *sea trial* atau uji coba pelayaran untuk mengevaluasi performa Kapal Polbeng 2 pasca modifikasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan sistem *pulley* terhadap kinerja kapal, terutama dalam hal kecepatan, respons mesin, dan efisiensi daya

dorong.

Sea trial dilakukan dengan mempertimbangkan dua kondisi aliran air, yaitu saat kapal melawan arus dan saat kapal mengikuti arus. Pengujian dalam dua arah ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih objektif dan menyeluruh. Saat melawan arus, kapal cenderung mengalami hambatan lebih besar sehingga membutuhkan daya yang lebih tinggi untuk mencapai kecepatan tertentu. Sebaliknya, saat mengikuti arus, kapal terbantu oleh aliran air sehingga kecepatan relatifnya meningkat.

Dengan membandingkan hasil pengujian pada kedua kondisi tersebut, performa kapal dapat dinilai secara komprehensif. Data yang diperoleh dari *sea trial* ini menjadi dasar dalam menilai keberhasilan modifikasi sistem transmisi, serta memastikan bahwa perubahan yang dilakukan mampu meningkatkan kinerja operasional kapal secara nyata di lapangan.

1. Pada saat kapal diuji dalam kondisi melawan arus, dilakukan sebanyak 5 kali pengujian. Setiap kali pengujian berlangsung selama 10 menit, dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang konsisten dan representatif terhadap performa kapal dalam menghadapi hambatan arus air.
2. Kemudian pada saat kapal diuji dalam kondisi mengikuti arus, dilakukan sebanyak 5 kali pengujian. Setiap kali pengujian berlangsung selama 10 menit, dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang konsisten dan representatif terhadap performa kapal dalam menghadapi hambatan arus air.

4.4 Hasil Simulasi Modifikasi Pulley sebelum dan sesudah

Pada awalnya, sistem *pulley* yang digunakan pada mesin kapal 16 Pk menunjukkan performa yang kurang optimal. Mesin kapal memiliki masalah dalam efisiensi daya, kecepatan, serta kestabilan operasional. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi pada *pulley* dengan tujuan meningkatkan kinerja kapal dan efisiensi penggunaan tenaga mesin.

Sebelum Modifikasi: *Pulley* lama memiliki ukuran yang tidak sesuai atau tidak seimbang, menyebabkan distribusi beban yang tidak merata dan mengurangi efisiensi tenaga. Setelah Modifikasi: Modifikasi dilakukan dengan menetapkan diameter *pulley* pada mesin sebesar 150 mm, sementara diameter *pulley* pada propeller menjadi 300 mm, menghasilkan rasio yang lebih sesuai dan meningkatkan efisiensi transmisi tenaga.

No	Aspek yang Dibandingkan	Mesin 16 Pk Pulley Lama (Sebelum Modifikasi	Mesin 16 Pk Pulley Baru (Setelah Modifikasi 2:1)
1	Diameter Pulley	Tidak sesuai atau tidak seimbang	Mesin :150 mm, Propeller :300 mm
2	Rasio Pulley ($i = D2/D1$)	Tidak Optimal	2:1
3	Putaran Propeller (N2)	Tidak Efektif dan tidak stabil	N2 = 2200 rpm atau 2 =1100 rpm
4	Kecepatan kapal	5 knot	7.50 sampai 8.00 knot
5	Aksalarasi	Lambat dan terasa berat	Lebih cepat dan responsif
6	Stabilitas putaran mesin (RPM)	Sering turun dan naik (tidak stabil)	Lebih halus,stabil,tidak banyak getaran
7	Efesiensi penyuluran daya	Rendah (tenaga tidak tersalurkan penuh	Lebih efesiensi (tenaga tersalurkan ke propeller dengan baik)
8	Efesiensi waktu tempuh	Lama ($T1 = D/5$)	Lebih cepat ~ 37,5% dari sebelum ($T2 = D/8$)
9	Kenyaman oprasi	Getaran lebih besar	Getaran berkurang,lebih nyaman
10	perawatan	Pulley mudah selip,mesin bekerja lebih berat	Beban mesin lebih ringan, pulley bekerja lebih stabil
11	Kemampuan mengatasi arus	lemah	Lebih kuat saat melawan arus
12	Kesesuaian dengan hidromika kapal	Tidak cocok atau kapal terasa berat	Cocok pada krakter kapal - gerakan lebih ringan

13	Hasil akhir	Tidak memenuhi peforma kapal	Peningkatan kerja signifikan
----	-------------	---------------------------------	---------------------------------

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, perhitungan, dan uji coba lapangan terhadap sistem penggerak Kapal Polbeng 2 dengan modifikasi penambahan *pulley* pada mesin Dongfeng 16 PK, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Identifikasi kendala teknis sistem penggerak.

Telah teridentifikasi bahwa kinerja sistem penggerak Kapal Polbeng 2 sebelum dimodifikasi masih kurang optimal. Kapal hanya mampu mencapai kecepatan sekitar 5 knot, putaran mesin cenderung tidak stabil, respon akselerasi lambat, dan kapal terasa berat saat mulai bergerak. Kondisi ini menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara spesifikasi mesin, sistem transmisi, dan kebutuhan gaya dorong kapal, sehingga penyaluran daya dari mesin ke propeller belum efisien.

Analisis pengaruh penambahan pulley terhadap efisiensi dan performa

Hasil perancangan dan perhitungan sistem transmisi sabuk-*pulley* menunjukkan bahwa pemilihan rasio pulley sekitar 2 : 1 (*pulley* mesin lebih kecil dari *pulley* poros propeller) mampu menurunkan putaran pada poros propeller sekaligus meningkatkan torsi yang diterima propeller pada kisaran putaran mesin 2000–2200 rpm. Secara teoritis dan praktis, konfigurasi ini memperbaiki efisiensi penyaluran daya karena mesin dapat bekerja pada rentang putaran yang lebih stabil, sementara propeller berputar pada RPM yang lebih sesuai dengan karakteristik hidrodinamika kapal. Hal ini berdampak pada respon akselerasi yang lebih baik dan perilaku olah gerak kapal yang lebih nyaman saat dioperasikan.

Evaluasi hasil kinerja setelah modifikasi

Uji coba setelah modifikasi menunjukkan adanya peningkatan kinerja yang jelas. Kecepatan maksimum kapal meningkat dari sekitar 5 knot menjadi sekitar 7.50 knot, sehingga terjadi kenaikan kecepatan sebesar 3 knot atau kurang lebih 60% dibanding kondisi awal. Peningkatan ini juga diikuti oleh respon akselerasi yang lebih cepat, putaran mesin yang lebih stabil, serta waktu tempuh yang lebih singkat untuk jarak pelayaran yang sama. Dengan demikian, modifikasi penambahan *pulley* pada mesin Dongfeng 16 PK dapat dinyatakan berhasil meningkatkan performa operasional Kapal Polbeng 2,

meskipun kecepatan yang dicapai masih dapat ditingkatkan lagi pada penelitian atau modifikasi lanjutan. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa optimasi sederhana pada sistem transmisi melalui pengaturan rasio *pulley* dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap efisiensi penyaluran daya dan kinerja kapal, serta dapat dijadikan rujukan awal untuk perbaikan sistem penggerak pada kapal sejenis.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, beberapa saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Saran Teknis Untuk Pengoprasian Kapal Polbeng 2

- a. Konfigurasi sistem *pulley* dan sabuk yang telah terbukti meningkatkan kecepatan dari 5 knot menjadi 8 knot sebaiknya dipertahankan dan didokumentasikan dalam bentuk SOP (Standard Operating Procedure), khususnya terkait batas aman putaran mesin (RPM), prosedur start–stop, dan pemeriksaan berkala.
- b. Perlu dilakukan perawatan rutin terhadap komponen transmisi (*pulley*, sabuk, dan sistem pengencang sabuk) untuk mencegah selip, keausan berlebih, serta potensi kegagalan mekanis yang dapat menurunkan performa kapal.

2. Pengembangan Lanjutan Sistem Penggerak

- a. Untuk mendekati atau mencapai kecepatan rencana kapal (± 14 knot), disarankan dilakukan kajian lanjutan terkait pencocokan propeller (*propeller matching*) dengan kondisi mesin dan rasio *pulley* yang baru, misalnya dengan analisis diameter, pitch, dan jumlah daun propeller yang lebih sesuai.
- b. Perlu dipertimbangkan juga pengaruh kondisi badan kapal (*fouling*, kebersihan lambung) serta distribusi berat muatan terhadap kecepatan dan efisiensi, sehingga pada penelitian berikutnya bisa dilakukan uji dengan variasi kondisi beban dan perawatan lambung kapal.

3. Penyempurnaan Metode Pengujian dan Instrumentasi

- a. Pada penelitian selanjutnya disarankan penggunaan instrumen ukur yang lebih lengkap, misalnya GPS dengan pencatatan data kecepatan secara kontinu, tachometer digital untuk RPM mesin dan propeller, serta pengukuran konsumsi bahan bakar per mil laut.
- b. Dengan data tersebut, analisis kinerja dapat diperluas tidak hanya pada

kecepatan dan akselerasi, tetapi juga pada efisiensi bahan bakar (fuel economy) dan emisi, sehingga memberi gambaran yang lebih komprehensif mengenai manfaat modifikasi sistem *pulley*.

4. Penguatan Aspek Akademik dan Pembelajaran

a. Hasil penelitian ini sebaiknya dimanfaatkan sebagai bahan ajar dan studi kasus pada mata kuliah terkait, seperti Sistem Propulsi Kapal, Mekanika Fluida, atau Praktikum Bengkel Mesin, sehingga mahasiswa dapat melihat hubungan langsung antara teori dan penerapannya di lapangan.

b. Disarankan pula untuk menyusun modul praktikum yang memuat langkah analisis masalah, perancangan rasio *pulley*, perhitungan torsi dan daya, sampai dengan evaluasi kecepatan kapal, sehingga Kapal Polbeng 2 benar-benar berfungsi sebagai laboratorium terapung bagi mahasiswa.

5. Publikasi dan Replikasi Penelitian

a. Mengingat hasil modifikasi terbukti meningkatkan kinerja kapal, penulis disarankan untuk mempublikasikan hasil penelitian ini dalam bentuk artikel ilmiah pada seminar atau jurnal nasional, agar dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem penggerak kapal pendidikan lainnya.

b. Penelitian serupa dapat direplikasi pada kapal-kapal kecil lain di lingkungan kampus atau mitra industri/perikanan, sehingga manfaat optimasi sistem *pulley* ini dapat dirasakan lebih luas dan memberi kontribusi nyata bagi peningkatan kinerja armada kapal kecil/pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Boretti, A. (2018). Super Turbocharging the Direct Injection Diesel engine. *Nonlinear Engineering*, 7, 17 - 27. <https://doi.org/10.1515/nleng-2017-0067>.
- Cheng, X., Feng, B., Chang, H., Liu, Z., & Zhan, C. (2019). Multi- objective optimisation of ship resistance performance based on CFD. 24, 152-165. <https://doi.org/10.1007/S00773-018-0543-5>.
- Grieshaber, H., & Raatz, T. (2014). Basic principles of the diesel engine. , 22-39. https://doi.org/10.1007/978-3-658-03972-1_4.
- Li, H., Li, Y., An, Y., Zhang, Y., Shi, Z., Zhu, W., Qiang, Y., & Wang, Z. (2023). Thermal Load Analysis of Piston Damaged by Wall-Wetting Combustion in a Heavy-Duty Diesel Engine.Sustainability.<https://doi.org/10.3390/su151914634>
- Lalić, B., Komar, I., & Dobrota, Đ. (2012). Structural Modifications for Improving the Tribological Properties of the Cylinder Unit in Two-stroke Slow Speed Marine Diesel Engines. , 1, 89-95. <https://doi.org/10.7225/TOMS.V01.N02.004>.
- M. Jufri Nizam, Becker, T., Schouten, B., Vlugt, T., & Ferreira, C. (2018). Ammonia/ionic liquid based double-effect vapor absorption refrigeration cycles driven by waste heat for cooling in fishing vessels. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.20>
- Park, J., Kim, J., Nguyen, C., Kim, K., & Kim, S. (2018). A passively adaptive variable-radius *pulley* for a tendon-driven robotic joint.
- Rubiono, G., & Martaviano, B. (2020). Reduksi Resiko dan Peningkatan Efisiensi Kerja Kelompok Nelayan Sampan Layar di Desa Alasrejo Kecamatan Wongsorejo Kabupaten Banyuwangi. , 4, 55. <https://doi.org/10.36339/je.v4i2.314>.
- Rodriguez-Cianca, D., Verstraten, T., Rodriguez-Guerrero, C., Jimenez- Fabian, R., Näf, M., Vanderborght, B., & Lefeber, D. (2020). The two-degree-of-freedom cable *pulley* (2DCP) transmission system: An under-actuated and

- motion decoupled transmission for robotic applications. 148, 103765.
<https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.103765>.
- Rohman, F., Yuliyanto, A., Attariq, T., & Surjadi, E. (2023). Pengaruh Penggunaan Sistem Penurun Temperatur Air Pendingin Jenis Roda Pendingin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Laju Peningkatan Temperatur Motor Diesel.
- Simmons, H. (2016). Cranky no more: The life and legacy of Charles Franklin Kettering. *World Patent Information*, 44, 1-9.
<https://doi.org/10.1016/J.WPI.2015.10.005>.
- Ulrich, K., & Pearson, S. (1998). Assessing the Importance of Design Through Product Archaeology. *Management Science*, 44, 352-369.
<https://doi.org/10.1287/MNSC.44.3.352>.
- Ugoji, K., Isaac, O., Nkoi, B., & O.K., W. (2022). Improving the Operational Output of Marine Vessel MainEngine System through Cost Reduction using Reliability.
- Wong, V., & Tung, S. (2016). Overview of automotive engine friction and reduction trends—Effects of surface, material, and lubricant-additive technologies. *Friction*, 4, 1-28. <https://doi.org/10.1007/S40544-016-0107-9>.
- Yasin, M., Paruka, P., Mamat, R., & Ali, M. (2015). Fundamental Study of Dual Fuel on Exhaust Gas Recirculation (EGR) Operating with a Diesel Engine. *Applied Mechanics and Materials*, 773-774, 415419. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.773-774.415>.
- M. Jufri Nizam, Becker, T., Schouten, B., Vlugt, T., & Ferreira, C. (2018). Ammonia/ionic liquid based double-effect vapor absorption refrigeration cycles driven by waste heat for energy conversion.
- Zainol, I., & Yaakob, O. (2016). Use of diesel engine and surface- piercing propeller to achieve fuel savings for inshore fishing boats. *Journal of Marine Science and Application*, 15, 214-221. <https://doi.org/10.1007/S11804-016-1336-Z>.

LAMPIRAN

1.1 Pengambilan Data Mesin



1.2. Melihat Contoh Peletakan Mesin



1.3 Gambar Pulley



1.4 Pemotongan Kayu untuk Kedudukan Mesin



1.5 Pemasangan Pulley



1.6 Pemasangan Selendang





1.7 Pemasangan Plat di Kedudukan Mesin



1.8 Pemotongan Baut Kedudukan Pompa Siput



1.9 Pemasangan Semua Baut



1.10 Pemasangan Selang Pompa Siput



1.11. Penggerindaan Kedudukan Mesin



1.12 Pemotongan Plat Kedudukan Mesin



1.13 Pemasangan Gearbox



1.14 Pemasangan Tali Belt

