



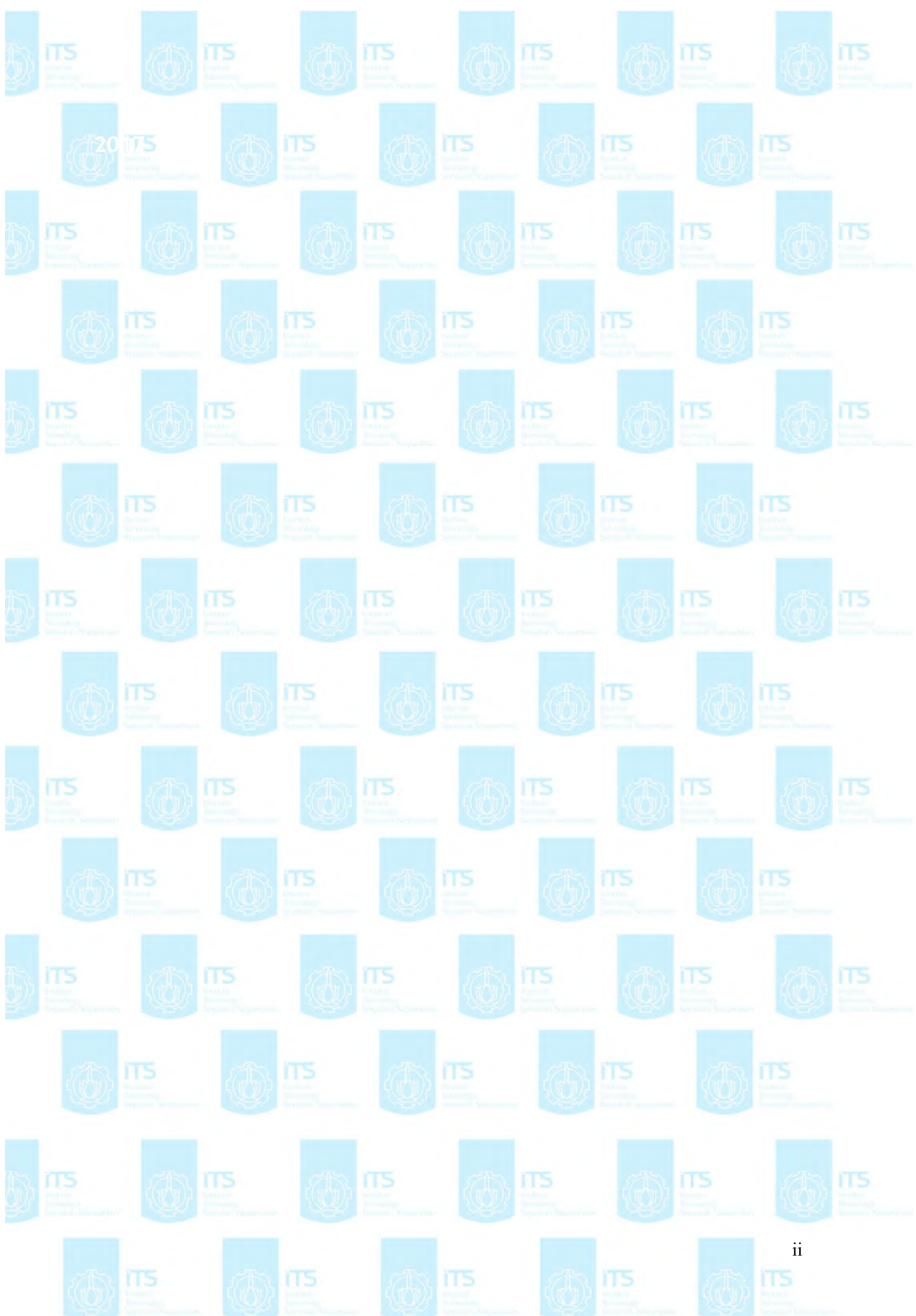
TUGAS AKHIR - MN 184802

Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan *Steel Hot Dip Galvanized* untuk Pembangunan Kapal Patroli

**Mohamad Baramulia Bimantara
NRP 0411154000065**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



20



TUGAS AKHIR - MN 184802

**ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN *STEEL
HOT DIP GALVANIZED* UNTUK PEMBANGUNAN KAPAL
PATROLI**

**Mohamad Baramulia Bimantara
NRP 0411154000065**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



FINAL PROJECT - MN 184802

**TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF HOT DIP
GALVANIZED STEEL FOR PATROL BOAT CONSTRUCTION**

**Mohamad Baramulia Bimantara
NRP 0411154000065**

**Supervisor
Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PENGEMBANGAN GALANGAN KAPAL MENGGUNAKAN METODE *ADVANCED OUTFITTING SYSTEM* UNTUK PEMBANGUNAN KAPAL 2000 GT

TUGAS AKHIR


Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD NAUFAL AZIZ
NRP 0411154000052

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing II



Sufian Imam Wahidi, S.T., M.Sc.
NIP 19900322 201903 1 011

Dosen Pembimbing I



Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.
NIP 19610914 198701 1 001



Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

Ir. Wasis Dwi Arवान, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 31 JANUARI 2020

LEMBAR REVISI

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PENGEMBANGAN GALANGAN KAPAL MENGGUNAKAN METODE *ADVANCED OUTFITTING SYSTEM* UNTUK PEMBANGUNAN KAPAL 2000 GT

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 7 Januari 2020

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD NAUFAL AZIZ
NRP 0411154000052

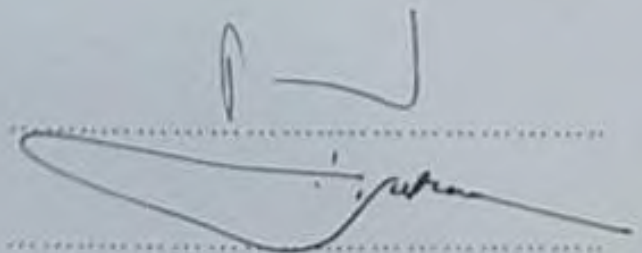
Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.
2. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.
3. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.
4. M. Sholikhhan Arif, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.
2. Sufian Imam Wahidi, S.T., M.Sc.



SURABAYA, 31 JANUARI 2020

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan, ilmu, dan nasihat yang diberikan kepada Penulis selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini sehingga terselesaikan dengan baik;
2. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku Kepala Laboratorium Teknologi dan Manajemen Produksi Kapal, Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya dalam perizinan pemakaian fasilitas laboratorium;
3. Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T., Bapak Imam Baihaqi, S.T., M.T., Bapak Mohammad Sholikhhan Arif, S.T., M.T. dan Bapak Sufian Imam Wahidi, S.T., M.Sc selaku dosen bidang Industri Perkapalan yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama pengerjaan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK-ITS;
5. Kedua orang tua terus memberikan nasihat, motivasi, dan dukungan moril maupun materiil.
6. Bapak Pardi dan Mas Joko, dan Abdul Rahman atas waktu, ilmu, dan bantuannya dalam proses pembuatan material uji yang digunakan pada Tugas Akhir ini;
7. Bapak Didik, Mas Agil, dan Bapak Fairil yang telah membantu Penulis dalam pelaksanaan pengujian di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan;
8. Rekan-Rekan P 55 Samudraraksa atas dukungan dan bantuan menyelesaikan pendidikan serta berjuang bersama – sama;
9. Hegar Pradipta selaku teman dekat yang setia memberikan semangat dan menemani penyusunan Tugas Akhir ini hingga akhir;

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 20 Januari 2020

Mohamad Baramulia Bimantara

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN *HOT DIP GALVANIZED* UNTUK PEMBANGUNAN KAPAL PATROLI

Nama Mahasiswa : Mohamad Baramulia Bimantara
NRP : 04111540000065
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.

ABSTRAK

Pembangunan kapal patroli umumnya menggunakan material aluminium. Namun, aluminium memiliki kekurangan seperti harga material yang tinggi dan membutuhkan *treatment* khusus pada proses fabrikasi. Material *steel hot dip galvanized* dapat dijadikan material alternatif karena memiliki ketahanan korosi yang sama baiknya dengan material aluminium, tidak memerlukan *treatment* khusus pada proses pekerjaannya, dan memiliki harga yang lebih ekonomis dibandingkan dengan aluminium. Tujuan penelitian ini adalah menjadikan *steel hot dip galvanized* sebagai material pembangunan kapal patroli. Perlu diketahui apakah material *steel hot dip galvanized* memenuhi standar BKI Volume V, *Rules for Materials* sebagai material pembangun kapal. Kemudian, dilakukan perancangan konstruksi kapal patroli *steel hot dip galvanized* dengan acuan konstruksi kapal patroli aluminium. Material *steel hot dip galvanized* kemudian di analisa secara teknis dan ekonomis dalam proses pembangunan kapal patroli dengan perbandingan pembangunan kapal patroli aluminium. Pada pengujian tarik material *steel hot dip galvanized*, didapatkan nilai *yield strength* sebesar 334,77 MPa, Nilai *Tensile Strength* sebesar 460,27 MPa, dan Nilai *Elongation* sebesar 30,47%. Hasil uji *impact* didapatkan nilai sebesar 139 Joule. Hasil pengujian material menunjukkan bahwa material *steel hot dip galvanized* memenuhi standar BKI. Pada perancangan konstruksi kapal dengan standar BKI Volume III, *Rules for High Speed Craft* kapal *steel hot dip galvanized* memiliki ukuran konstruksi yang lebih kecil karena perbedaan nilai faktor material. Pada pembangunan kapal aluminium, metode pengelasan yang digunakan adalah *Tungsten Inert Gas* sedangkan kapal *steel hot dip galvanized* menggunakan metode pengelasan *shield metal arc welding*. Pada proses pengecatan, kapal *steel hot dip galvanized* menggunakan cat *epoxy polyamide* sebagai lapisan primer dan cat *aliphatic polyurethanes* sebagai lapisan top coat. Secara ekonomis, biaya pembangunan kapal patroli aluminium sebesar Rp 2.389.522.500 dan biaya pembangunan kapal patroli material *steel hot dip galvanized* sebesar Rp 1.774.878.000. Pembangunan kapal *steel hot dip galvanized* memiliki presentase harga yang lebih ekonomis sebesar 25,73% dengan selisih harga sebesar Rp 614.644.500.

Kata kunci: Kapal patroli, *Steel Hot Dip Galvanized*, Aluminium, Material Alternatif.

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE USE HOT DIP GALVANIZED FOR PATROL BOAT CONSTRUCTION

Author : Mohamad Baramulia Bimantara
Student Number : 0411154000065
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.

ABSTRACT

Patrol boat development generally use aluminium as construction material. However, aluminum has disadvantages such as high material prices and requires special treatment in the ship building process. Hot dip galvanized steel material can be used as an alternative material because it has the same corrosion resistance as aluminum material, does not require special treatment in the work process, and has a lower economic value compared to aluminum. Therefore, research was conducted with the aim of making steel hot dip galvanized as a patrol boat construction material. First, it is necessary to know whether the hot dip galvanized steel material meets the BKI Volume V standard, Rules for Materials as ship building material. Then, a hot dip galvanized steel patrol boat construction is carried out with reference to aluminum patrol boat construction. Hot dip galvanized steel material is then analyzed technically and economically in the process of building a patrol boat with a comparison of aluminum patrol boat construction. In tensile testing, hot dip galvanized steel yield strength value is 334.77 MPa, tensile strength value is 460.27 MPa, and elongation value is 30.47%. Impact test results obtained an impact value of 139 Joules. These results meet technical requirements according to BKI standards. In the design of patrol boat construction with BKI Volume III standards, Rules for High Speed Craft obtained hot dip galvanized steel ships have smaller construction sizes due to differences in material factor values. In the process of building aluminum vessels using the tungsten inert gas welding method while steel hot dip galvanized vessels use the shield metal arc welding method. In the painting process, hot dip galvanized steel vessels use epoxy polyamid paint as a primary layer and aliphatic polyurethanes paint as a top coat layer. Economically, the cost of building an aluminum patrol boat is Rp 2,389,522,500 and the construction cost of a hot dip galvanized steel material patrol boat is Rp 1,774,878,000. The construction of hot dip galvanized steel vessels has a more economical price percentage of 25.73% with a price difference of Rp 614,644,500.

Keywords: Patrol Boat, Steel Hot Dip Galvanized, Aluminium, Alternative Material.

DAFTAR ISI

LEMBAR REVISI	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERUNTUKAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Hipotesis	4
BAB 2 STUDI LITERATUR	5
2.1. Kapal Patroli	5
2.2. Aluminium	5
2.2.1. Aluminium 5083	6
2.3. <i>Hot Dip Galvanizing</i>	7
2.3.1. Tahap-Tahap Proses <i>Hot Dip Galvanizing</i>	7
2.3.2. Tahap Persiapan (<i>Pre Treatment</i>)	8
2.3.3. Tahap Pencelupan (<i>Hot Dip Galvanizing</i>)	9
2.3.4. Tahap Pendinginan dan Tahap Akhir	10
2.3.5. Tahap Fabrikasi, Pengecatan, dan Perawatan	10
2.4. Deret Volta	11
2.5. Korosi	12
2.5.1. Proses Anodik	13
2.5.2. Proses Katodik	13
2.5.3. Mekanisme terjadinya Korosi	17
2.5.4. Korosi Galvanik	18
2.6. Laju Korosi	19
2.7. Konsep Dasar Ekonomi Teknik	20
2.8. Biaya Produksi	23
2.8.1. Biaya Berdasarkan Produk	24
BAB 3 METODOLOGI	25
3.1. Metode	25
3.2. Proses Pembuatan Spesimen Uji	25
3.2.1. Bahan dan Peralatan	26
3.3. Pembuatan Spesimen Uji	26
3.4. Pengujian Spesimen	28
3.4.1. Tahapan Pengujian Kuat Tarik	29
3.4.2. Tahapan Pengujian Kuat <i>Impact</i>	30

3.5. Pengolahan Data dan Analisis Hasil Pengujian Tarik	30
3.6. Pengolahan Data dan Analisis Hasil Pengujian <i>Impact</i>	32
3.7. Permodelan Konstruksi	32
3.8. Analisis Teknis	32
3.9. Analisis Ekonomis	32
3.10. Diagram Alir Penelitian	33
BAB 4 ANALISA PERENCANAAN KAPAL	35
4.1. Tinjauan Material	35
4.1.1. Hasil Pengujian Tarik	35
4.1.2. Hasil Pengujian <i>Impact</i>	36
4.1.3. Analisis Hasil Pengujian Tarik dan Pengujian <i>Impact</i>	37
4.2. Perancangan Konstruksi Kapal Patroli <i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	40
BAB 5 ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS	45
5.1. Analisa Teknis	45
5.1.1. Teknis Pembangunan Kapal Patroli Aluminium	45
5.1.2. Analisa Teknis Pembangunan Kapal Patroli <i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	47
5.1.3. Perbandingan Teknis Pembangunan Kapal Patroli	52
5.1.4. Tinjauan Perubahan Daya Mesin Kapal Patroli	56
5.2. Analisa Ekonomis	56
5.2.1. Biaya Material	57
5.2.2. Biaya Tenaga Kerja	58
5.2.2.1. <i>Cutting</i>	58
5.2.2.2. <i>Welding</i>	59
5.2.2.3. <i>Painting</i>	60
5.2.3. Biaya Habis Pakai	60
5.2.3.1. <i>Welding</i>	61
5.2.3.2. <i>Painting</i>	62
5.2.4. Total Biaya Pembangunan	64
5.2.5. Tinjauan Biaya Operasional	65
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	67
6.1. Kesimpulan	67
6.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	
Lampiran A Hasil Pengujian Tarik	
Lampiran B Hasil Pengujian <i>Impact</i>	
Lampiran C Gambar Kapal Patroli Aluminium	
Lampiran D Konversi Konstruksi Kapal Patroli <i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	
Lampiran E Perhitungan Berat Kapal Patroli Aluminium	
Lampiran F Perhitungan Berat Kapal Patroli <i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	
Lampiran G Perhitungan Jam Orang	
Lampiran H Perhitungan Luas Permukaan Lambung Kapal	
Lampiran I Perhitungan Luas Permukaan Lajur Las	
Lampiran J Perhitungan Biaya Habis Pakai	
Lampiran K Perhitungan Biaya Operasional	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tahap Proses <i>Hot dip Galvanizing</i>	8
Gambar 2.2 Reaksi elektrokimia yang terjadi pada magnesium	14
Gambar 2.3 Reaksi elektrokimia yang terjadi pada korosi <i>zinc</i> di asam hidroklorid	16
Gambar 2.4 Formasi ion pada area anodik dan pelepasan hidrogen pada area katodik	16
Gambar 2.5 Reaksi elektrokimia yang terjadi pada korosi <i>zinc</i> di larutan asam hidroklorid tanpa udara	17
Gambar 2.6 Deret galvanis dari material	19
Gambar 2.7 Siklus kegiatan teknik yang berorientasi ekonomis	21
Gambar 3.1 Standar Ukuran Spesimen Uji Tarik.....	26
Gambar 3.2 Proses Pembuatan Spesimen	27
Gambar 3.3 Standar Ukuran Spesimen Pengujian <i>Impact</i>	27
Gambar 3.4 (a) Spesimen Uji Tarik, (b) Spesimen Uji Tekuk.....	28
Gambar 3.5 Proses Pengujian Kuat Tarik	29
Gambar 3.6 Proses Pengujian <i>Impact</i>	30
Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4.1 Grafik <i>Stress – Strain</i> Hasil Uji Tarik	38
Gambar 4.2 Standar BKI <i>Part 1 Volume V</i>	39
Gambar 4.3 <i>Midship Section</i> Kapal Patroli Aluminium	40
Gambar 5.1 Diagram Alir Pembangunan Kapal Aluminium Metode Konvensional.....	45
Gambar 5.2 Diagram Alir Pembangunan Kapal <i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standard potensial pada elektrode pada suhu 25 °C.....	11
Tabel 2.2 <i>Levelling</i> laju korosi berdasarkan tingkat keparahannya	20
Tabel 4.1 Data Pengujian Tarik.....	35
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tarik.....	35
Tabel 4.3 Data Pengujian <i>Impact</i>	36
Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>Impact</i>	36
Tabel 4.5 Rata-rata Hasil Pengujian Tarik	37
Tabel 4.6 Rata-rata Hasil Pengujian <i>Impact</i>	38
Tabel 5.1 Metode Teknis Pembangunan Kapal Patroli Aluminium.....	46
Tabel 5.2 Metode Teknis Pembangunan Kapal Patroli <i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	49
Tabel 5.3 Waktu Ketahanan Korosi <i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	50
Tabel 5.4 Perbandingan Metode Teknis Pembangunan Kapal Patroli	52
Tabel 5.5 Keunggulan dan Kelemahan Material <i>Steel Hot Dip Galvanized</i> dibandingkan dengan aluminium.....	53
Tabel 5.6 Kebutuhan Daya Mesin Kapal Patroli Kecepatan 20 Knot	56
Tabel 5.7 Rekapitulasi Perhitungan Berat Aluminium	57
Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Berat <i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	58
Tabel 5.9 Rekapitulasi Total Biaya Pekerjaan <i>Cutting</i>	59
Tabel 5.10 Rekapitulasi Total Biaya Pekerjaan <i>Welding</i>	59
Tabel 5.11 Rekapitulasi Total Biaya Pekerjaan <i>Painting</i>	60
Tabel 5.12 Rekapitulasi Biaya Habis Pakai Pekerjaan <i>Welding</i>	61
Tabel 5.13 Efisiensi Deposisi	62
Tabel 5.14 Rekapitulasi Biaya Habis Pakai Pekerjaan <i>Painting</i>	63
Tabel 5.15 Rekapitulasi Total Biaya.....	64
Tabel 5.16 Tinjauan Biaya Operasional.....	65

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kapal merupakan salah satu sarana transportasi pilihan utama masyarakat Indonesia. Hal ini dikarenakan Indonesia merupakan negara maritim, yaitu negara yang memiliki luas wilayah laut melebihi luas wilayah daratan. Lebih tepatnya Indonesia memiliki luas laut sebesar 4,51 juta km^2 dari 7,81 juta km^2 total luas Indonesia. Kondisi Geografis Indonesia membuat masyarakat banyak bergantung pada transportasi air yaitu kapal. Kapal sendiri berdasar KBBI yaitu kendaraan pengangkut penumpang dan barang di laut, sungai, dan sebagainya. Bentuk dan kriteria kapal pun berbeda-beda tergantung pada fungsi dari kapal itu sendiri.

Material pada proses pembangunan kapal pun bermacam-macam seperti kayu, *fiberglass*, baja, aluminium, dan sebagainya. Setiap material memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing dari segi teknis produksi maupun segi ekonomis dalam pembangunan. Material sangat berpengaruh dalam proses pembangunan kapal karena dari karakteristik material itu kekuatan dan umur kapal dapat diperkirakan. Kekuatan kapal dapat diperkirakan dengan *mechanical properties* yang dimiliki material yang digunakan, sedangkan untuk umur kapal dapat diperkirakan dengan ketahanan material yang digunakan terhadap proses kerusakan material yaitu pelapukan atau korosi. *Mechanical properties* adalah sifat mekanik material yang merupakan salah satu faktor terpenting yang mendasari pemilihan bahan dalam suatu perancangan. Sifat mekanik tersebut meliputi kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, dan sebagainya. Korosi adalah peristiwa kerusakan logam karena reaksi kimia yang terjadi antara material logam dengan lingkungannya yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas suatu bahan logam.

Pada pembangunan kapal patroli di Indonesia umumnya menggunakan material aluminium dikarenakan keunggulan aluminium yang tergolong ringan jika dibandingkan dengan material baja, dan tahan terhadap korosi air laut sehingga memperpanjang umur kapal dan biaya untuk perawatan kapal tidak memerlukan biaya yang mahal. Namun, material aluminium memiliki beberapa kekurangan jika dibandingkan dengan material lain seperti harga dari material aluminium yang cukup tinggi dan sifat mekanik aluminium yang membuat proses pembentukan material aluminium cukup sulit untuk membentuk desain kapal yang mempunyai

desain yang rumit sehingga diperlukan perlakuan khusus agar didapatkan hasil yang maksimal.

Seiring berkembangnya zaman dan teknologi, banyak hal yang dapat dilakukan untuk melakukan proses perlindungan material terutama baja sehingga dapat memperlambat proses dari korosi itu sendiri sehingga dapat membuat material yang digunakan dapat bertahan lama dan membuat perawatan kapal tidak memerlukan biaya yang mahal. Ada berbagai macam perlindungan material yang dilakukan. Proses Galvanisasi adalah salah satu proses perlindungan material dari korosi. Galvanisasi adalah proses pelapisan logam dengan logam lain yang lebih mudah terkorosi, hal tersebut dimaksudkan untuk melindungi logam bagian dalam dari korosi, baik terlindungi secara posisi juga secara kimia. Pada umumnya pelapisan besi atau baja menggunakan *zinc* atau seng. *Hot Dip Galvanizing* adalah satu proses yang paling umum dari galvanisasi. *Hot Dip Galvanizing* adalah suatu proses pencelupan material ke dalam bak *zinc* atau seng cair. Dalam hal pembangunan kapal, proses galvanisasi ini dapat dijadikan suatu pilihan untuk membuat proses pembangunan kapal menjadi lebih sederhana namun tetap memiliki daya tahan yang baik terhadap korosi. Kajian akan potensi pembangunan kapal patroli menggunakan material *Steel Hot Dip Galvanized* belum pernah dilakukan sehingga terdapat peluang untuk menjadikan material *Steel Hot Dip Galvanized* sebagai opsi dalam pemilihan material untuk pembangunan kapal patroli.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk memberi inovasi dalam pembangunan kapal patroli menggunakan material *Steel Hot Dip Galvanized* untuk menyederhanakan proses pembangunan kapal patroli yang umumnya menggunakan aluminium, namun tetap memiliki ketahanan korosi yang baik, dan juga menekan biaya pembangunan kapal patroli. Dalam tugas akhir ini dilakukan analisa teknis dan ekonomis terkait dengan pembangunan kapal patroli menggunakan material *Steel Hot Dip Galvanized*.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah baja yang melalui proses *Hot Dip Galvanizing* memenuhi standar material sesuai dengan peraturan BKI Volume V, *Rules for Materials*?
2. Bagaimana permodelan konstruksi untuk kapal patroli menggunakan *Steel Hot Dip Galvanized*?
3. Bagaimana perbandingan teknis dan ekonomis dari pembangunan kapal patroli menggunakan *Steel Hot Dip Galvanized*?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian untuk mengetahui apakah *Steel Hot Dip Galvanized* memenuhi standar material sesuai dengan peraturan BKI Volume V, *Rules for Materials*.
2. Melakukan permodelan konstruksi kapal patroli menggunakan *Steel Hot Dip Galvanized*.
3. Melakukan analisis secara teknis pembangunan kapal patroli menggunakan *Steel Hot Dip Galvanized*.
4. Melakukan analisis secara ekonomis pembangunan kapal patroli menggunakan *Steel Hot Dip Galvanized*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Baja yang digunakan pada proses *Hot Dip Galvanizing* adalah baja dengan sertifikat BKI.
2. Standard pengujian material menggunakan standar BKI Volume 5, *Rules for Material*.
3. Permodelan konstruksi kapal patroli tidak merubah sistem konstruksi.
4. Konversi konstruksi menggunakan standar BKI Volume 3, *Rules for High Speed Craft*.
5. Analisa ekonomis pada pembangunan kapal patroli dilakukan pada lingkup konstruksi.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

a. Bagi Akademisi:

1. Mampu menganalisa teknis pembangunan kapal patroli menggunakan *Steel Hot Dip Galvanized*.
2. Mampu menganalisa biaya pembangunan kapal patroli menggunakan *Steel Hot Dip Galvanized*.
3. Memberikan inspirasi kepada pembaca untuk melakukan penelitian lanjutan mengenai pembangunan konstruksi kapal patroli atau bagian kapal lainnya dari bahan *Steel Hot Dip Galvanized*.

b. Bagi Praktisi:

1. Mendapatkan material pembangunan kapal yang membutuhkan perlakuan yang sederhana dan memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi dari material *Steel Hot Dip Galvanized*.
2. Memberikan informasi pada industri perkapalan yang memproduksi kapal patroli tentang pembangunan kapal patrol menggunakan *Steel Hot Dip Galvanized*.

1.6. Hipotesis

Dengan penelitian ini, pembangunan kapal patroli dari material *Steel Hot Dip Galvanized* akan menjadi sebuah inovasi baru bahan dasar pembangunan kapal patroli. Pembangunan kapal patroli *Steel Hot Dip Galvanized* memenuhi secara teknis sebagai material pembangun kapal dan biaya pembangunan yang lebih ekonomis dibandingkan dengan kapal patroli aluminium.

BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1. Kapal Patroli

Kapal patroli adalah kapal yang ukurannya tidak terlalu besar, yang mempunyai kecepatan dan kemampuan olah gerak yang tinggi, dan dipergunakan untuk keperluan patroli suatu perairan. (Modul 1 Tugas Merancang I). Kapal patroli cepat pada umumnya didesain memiliki kecepatan yang cukup tinggi karena hal ini dibutuhkan untuk memenuhi peranan dari kapal patroli itu sendiri. Seperti halnya pengejaran kapal kapal asing yang melakukan pelanggaran di perairan Indonesia atau kebutuhan armada penyediaan armada kapal dengan cepat didaerah perbatasan negara. (RINA, 2003).

Berdasar tujuan dari kapal patroli yang disebutkan, maka dapat disimpulkan bahwa kapal patroli perlu memiliki bentuk lambung yang mendukung agar kapal memiliki kemampuan *manuvering* dan stabilitas yang baik serta mendukung kecepatan kapal. Paling umum bentuk lambung pada kapal patroli yang digunakan adalah *Planning Hull*. *Planning hull* sangat mendukung kapal untuk memiliki gerakan hidronamik yang terbatas apalagi jika dioperasikan pada kecepatan yang sangat tinggi. Keunggulan dari bentuk lambung *Planning hull* adalah memiliki gerakan maneuver yang baik dan gerakan kapal menjadi lebih ringan. Namun, kekurangannya adalah pada kondisi perairan yang bergelombang maka terdapat kemungkinan kapal mengalami *pounding* atau gerakan kapal yang kasar sehingga performa *seakeeping* kapal menjadi kurang baik. (Edward V. Lewis, 1988).

2.2. Aluminium

Aluminium adalah material logam yang sering dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti halnya dari peralatan dapur sampai digunakan sebagai konstruksi pada pesawat terbang. Aluminium sangat menarik bagi dunia industri, karena memiliki sifat yang ringan, ketahanan korosi yang tinggi, desitasnya rendah, serta memiliki gaya konduktifitas panas maupun listrik yang tinggi. Namun, kelemahan dari aluminium ini adalah kekuatannya yang kurang, sehingga jarang sekali dijumpai aluminium murni dalam pemanfaatannya. Aluminium murni memiliki sifat mekanik yang buruk. Oleh karena itu dilakukan penambahan unsur lain seperti Silikon karbida, magnesium, mangan, dan sebagainya untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik aluminium (Surdia, 1999).

Umumnya material pembuat badan kapal yang digunakan adalah paduan aluminium-magnesium. Paduan lainnya akan mudah mengalami korosi ketika berhadapan dengan larutan alkali seperti air laut (Chen, 2016).

2.2.1. Aluminium 5083

Aluminium seri 5083 adalah salah satu jenis aluminium paduan dengan paduan utama magnesium (Mg) sebesar 4.5%. Paduan seri 5000 adalah tipe paduan aluminium yang tidak dapat diperbaiki sifat mekaniknya dengan perlakuan panas sehingga dinamakan *non heat treatable alloy*. Aluminium paduan seri 5083 sering digunakan pada pembuat kapal karena memiliki sifat mekanik dan kemampuan las yang baik.

Sifat teknik aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi disebabkan oleh pasivasi. Pasivasi adalah proses pembentukan lapisan aluminium oksida dipermukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas sehingga mencegah terjadinya proses oksidasi lebih jauh (Chen, 2016).

Ketahanan terhadap korosi yang dimiliki aluminium lebih baik jika dibandingkan dengan logam lain seperti baja, tembaga, aluminium dan paduannya. Kemampuan ketahanan korosi ini disebabkan oleh adanya lapisan oksida tipis yang menempel sangat kuat dipermukaannya (Al_2O_3). Lapisan Al_2O_3 stabil pada lingkungan pH 4 s/d pH 9 sehingga lapisan tersebut dapat melindungi logam bagian dalam dari serangan korosi lanjutan (Trethewey, 1991). Pada aluminium seri 5083, meski telah dipadukan dengan unsur lain namun aluminium seri ini tetap memiliki ketahanan korosi yang tetap tergolong cukup rendah yaitu sebesar 0,0199 mmpy atau setara dengan 0,784 mpy pada lingkungan air laut (Huda, 2017).

Pada sifat mekanik aluminium murni memiliki kekuatan tarik yang tergolong cukup rendah, yaitu sekitar 90 MPa, untuk mengatasi rendahnya kekuatan tarik maka aluminium perlu dipadukan. Untuk paduan aluminium seri 5083 dengan standar BS EN 485-2:2008 untuk aluminium lembaran dengan ketebalan 0,2 – 6,3 mm memiliki kuat tarik sebesar 275 MPa (AZO Materials, 2019). Dari uji tarik, kelenturan juga bisa ditentukan. Kelenturan didefinisikan sebagai sifat mekanis dari suatu bahan untuk menerangkan seberapa jauh bahan dapat diubah bentuknya secara plastis tanpa terjadinya retakan. Dalam hasil pengujian tarik, kelenturan diukur dengan skala yang disebut elongasi. Elongasi adalah seberapa besar pertambahan panjang suatu bahan ketika dilakukan uji kekuatan tarik. Elongasi ditulis dalam persenase pertambahan panjang per panjang awal bahan yang diujikan (Chen, 2016). Untuk kekerasannya

sendiri aluminium murni memiliki nilai sebesar 20 skala Brinell. Kekerasan suatu bahan dipengaruhi oleh elastisitas, plastisitas, viskoelastisitas, kekuatan tarik, *ductility*, dan sebagainya. Kekerasan dapat diuji dan diukur dengan berbagai metode. Paling umum adalah metode *Brinell*, *Vickers*, *Mohs*, dan *Rockwell*. Dengan nilai sebesar 20 skala *Brinell* kekerasan aluminium tergolong kecil sehingga dengan sedikit gaya saja dapat mengubah bentuk logam (Chen, 2016).

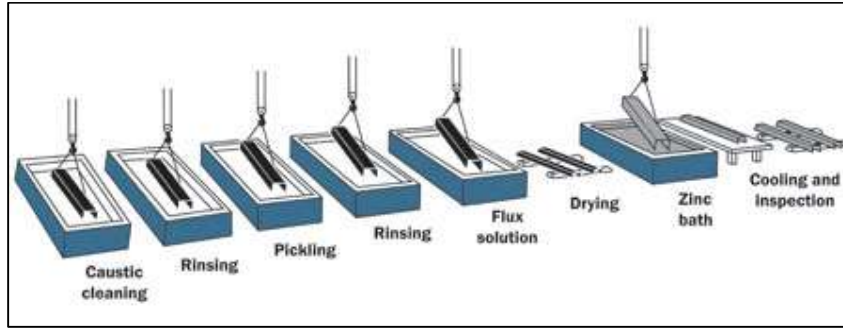
2.3. Hot Dip Galvanizing

Hot Dip Galvanizing adalah salah satu metode perlindungan baja terhadap korosi melalui proses pencelupan kedalam bak yang berisi *zinc* cair. Baja yang dilapisi galvanis dapat tahan terhadap korosi karena disebabkan oleh dua mekanisme kerja perlindungan yang diberikan yaitu, *barrier* dan *galvanic protection*. Perlindungan *barrier* adalah perlindungan kedap yang diberikan oleh lapisan *zinc* yang mengisolasi baja yang dilapisi dari elektrolit yang dapat menyebabkan korosi. *Galvanic protection* adalah proteksi yang diberikan yang disebabkan karena terhubungnya dua logam yang berbeda yaitu baja dan *zinc* yang mana senyawa *zinc* yang memiliki nilai potensial elektroda yang lebih tinggi yang menyebabkan *zinc* akan menjadi *anode* dan mengorbankan diri untuk melindungi baja yang menjadi *kotoda* karena memiliki nilai potensial elektroda yang lebih rendah (AGI, 2017).

Hot Dip Galvanizing memiliki beberapa keuntungan dan kerugian. Baja yang dilapisi galvanis memiliki kemampuan tahan terhadap korosi yang sangat baik pada lingkungan yang memiliki pH 5 sampai dengan pH 10, namun luasan material yang di *hot dip* terbatas oleh ukuran kolam (AGI, 2017). Kemampuan yang sangat baik terhadap korosi bukan berarti akan membuat material kebal terhadap korosi, *steel hot dip galvanized* tetap dapat mengalami korosi namun memiliki laju yang tergolong lambat yaitu sebesar 9 μm per *year* atau setara dengan 0,355 mpy pada lingkungan air laut (Porter, 1994).

2.3.1. Tahap-Tahap Proses Hot Dip Galvanizing

Pada proses *hot dip galvanizing* terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan agar mendapatkan hasil pelapisan yang baik. Beberapa tahap yang perlu dilalui, bermula dengan persiapan material sebelum dilakukannya pencelupan. Tahap persiapan berfungsi untuk mempersiapkan permukaan material sebaik-baiknya sehingga lapisan galvanis akan menempel dengan baik pada permukaan material.



Gambar 2.1 Tahap Proses *Hot dip Galvanizing*

Setelah tahap persiapan, material akan melewati tahap pencelupan. Tahap pencelupan adalah tahap utama dalam rangkaian proses *hot dip galvanizing*, pada tahap ini material akan dicelupkan dengan galvanis cair untuk memberi perlindungan terhadap korosi. Tahap terakhir adalah tahap pendinginan dan finishing, dimana material yang telah dilapisi oleh galvanis cair akan didinginkan dan dihaluskan agar menyempurnakan hasil dari proses *hot dip galvanizing*. (AGI, 2017)

2.3.2. Tahap Persiapan (*Pre Treatment*)

Material yang akan dilapisi galvanis perlu dipersiapkan sebaik mungkin, agar didapatkan lapisan galvanis yang baik setelah melewati proses pencelupan. Tahap persiapan dilakukan untuk meratakan permukaan material dan menghilangkan asam, basa, atau karat yang merupakan bahan pengotor yang menempel pada material. Tahap persiapan dibagi dua, yaitu :

a. Pembersihan Fisik (Mekanik)

Pembersihan secara fisik bertujuan untuk menghaluskan permukaan yang tidak rata dan menghilangkan goresan-goresan serta beram-beram yang menempel pada permukaan spesimen. Pembersihan ini dapat dilakukan menggunakan gerinda dan peralatan tangan lain (AGI, 2017).

b. Pembersihan Kimiawi

Proses pembersihan kimiawi dilakukan melalui beberapa tahap saMPai material siap diproses *hot dip galvanizing*, beberapa tahap ini dilakukan agar material bersih dari kotoran yang menempel pada permukaan. Beberapa tahap yang dilakukan adalah :

- *Degreasing*

proses pertama yang dilakukan adalah *degreasing* yang bertujuan untuk menghilangkan kotoran, minyak, cat, dan kotoran padat lainnya yang menempel pada permukaan material. Proses pembersihan dilakukan dengan mencelupkan

material kedalam larutan *Sodium Hydroxide* dengan temperatur 70°C - 90°C selama kurang lebih 10 menit (AGI, 2017).

- *Rinsing*

Proses *Rinsing* atau pencucian bertujuan untuk membersihkan material dari larutan *Sodium Hydroxide* yang masih menempel setelah proses *degreasing*. Material yang telah melewati proses *degreasing* dicuci menggunakan air bersih pada temperatur kamar (AGI, 2017).

- *Pickling*

Pickling dilakukan dengan cara mencelupkan kembali material kedalam larutan *Hydrochloric Acid* selama 10 – 20 menit yang bertujuan untuk menghilangkan karat yang melekat pada permukaan material (AGI, 2017).

- *Rinsing*

Rinsing kembali dilakukan untuk menghilangkan larutan asam yang masih menempel pada material setelah melalui proses *pickling*.

- *Fluxing*

Proses *fluxing* merupakan proses pelapisan awal dengan menggunakan *Zinc Amoinium Chlorida* dengan kosentrasi 20% - 30% selamat 5 – 8 menit. Proses ini bertujuan untuk menghindari terjadinya proses oksidasi sebelum proses *hot dip galvanizing* dilakukan, dan *Zinc Amoinium Chlorida* akan membentuk lapisan katalisator atau lapisan dasar untuk memperkuat lapisan seng pada saat dilakukan pelapisan. Proses *fluxing* dilakukan pada temperatur 60°C - 80°C, hal ini dilakukan agar perlakuan panas pada material dilakukan secara bertahap sehingga tidak terjadi kemungkinan deformasi plastis pada material (AGI, 2017).

- *Drying*

Pengeringan atau *Drying* dilakukan menggunakan gas panas yang memiliki suhu $\pm 150^{\circ}\text{C}$. Tujuannya adalah untuk mengeringkan material, memberi pemanasan awal pada material, serta membersihkan material dari cairan-cairan yang mungkin masih terdapat pada permukaan material yang dapat menyebabkan terjadinya ledakan uap saat proses *hot dip galvanize* berlangsung (AGI, 2017).

2.3.3. Tahap Pencelupan (*Hot Dip Galvanizing*)

Material yang telah melewati tahap persiapan (*Pre Treatment*) siap untuk dilakukan proses pencelupan. Selama proses pencelupan, cairan seng akan melapisi baja dengan

membentuk lapisan baja-seng yang kemudian terbentuk lapisan yang sepenuhnya berupa unsur seng pada lapisan terluar baja. Larutan galvanis yang digunakan minimal mengandung 98% unsur seng. Pencelupan dilakukan pada suhu $\pm 450^{\circ}\text{C}$, dan waktu pencelupan tergantung pada ketebalan lapisan galvanis yang diinginkan. Umumnya, proses pencelupan berlangsung selama 1-5 menit dengan menghasilkan ketebalan lapisan sebesar 1,5 *mils/year*. (AGI, 2017)

2.3.4. Tahap Pendinginan dan Tahap Akhir

a. Tahap Pendinginan

Pendinginan dilakukan dengan mencelupkan material kedalam larutan *sodium chromate* pada suhu kamar. Proses ini bertujuan untuk mencegah terjadinya *white rust* (AGI, 2017).

b. Tahap Akhir

Bagian akhir dari proses pelapisan adalah menghaluskan permukaan yang runcing atau tidak rata yang disebabkan oleh cairan seng yang hendak menetes namun telah mengering terlebih dahulu (AGI, 2017).

2.3.5. Tahap Fabrikasi, Pengecatan, dan Perawatan

a. Tahap Fabrikasi

Proses pengelasan dianjurkan untuk dilakukan sebelum proses *hot dip galvanizing*, namun karena terbatasnya kapasitas kolam pencelupan sehingga membatasi ukuran dan jumlah material sehingga tidak menutup kemungkinan dilakukannya pengelasan setelah proses *hot dip galvanizing*. Proses pengelasan yang dilakukan setelah proses *hot dip galvanizing* membutuhkan perbaikan kembali lapisan yang dapat dilakukan dengan beberapa metode. Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk pelapisan kembali lapisan *hot dip galvanize* yang rusak atau hilang karena pengelasan adalah *thermal spraying*, *galvanize solder sticks*, dan *zinc rich paint*.

b. Tahap Pengecatan

Tahap pengecatan dapat dilakukan dengan beberapa jenis cat yang *compatible* dengan lapisan yang dihasilkan dari proses *hot dip galvanizing*. Beberapa jenis cat yang *compatible* adalah cat dengan jenis *bituminous* dan *coal tar epoxies* yang disarankan untuk digunakan pada material yang terkubur ditanah, cat *epoxy* khusus yang diproduksi khusus material *steel hot dip galvanized*, cat *latex acrylics* yang bersahabat bagi lingkungan, cat *epoxy polyamide cured* yang memiliki daya rekat yang baik dengan material *steel hot dip galvanized*, cat *aliphatic polyurethanes* yang berfungsi

sebagai lapisan *topcoat* yang memiliki *duplex system* yang sangat baik jika dipadukan dengan lapisan primer cat *epoxy polyamide cured* (AGI, 2017).

c. Tahap Perawatan

Pada perawatan pembersihan permukaan material *steel hot dip galvanized* dapat menggunakan metode *sweep blasting* tanpa menghilangkan lapisan *galvanize*. Ada beberapa kriteria khusus pada *sweep blasting* yang dilakukan agar tidak menghilangkan lapisan *galvanize*. Proses *sweep blasting* dilakukan ke permukaan material *steel hot dip galvanized* dengan kemiringan 30° sampai 60°. Bahan abrasif yang dapat digunakan adalah aluminium, magnesium silikat, bahan abrasif dengan ukuran partikel berkisar 200 mikrometer hingga 500 mikrometer, atau pasir mineral lembut dengan kekerasan kurang dari 5 *mohs*. *Sweep blasting* dilakukan tidak boleh melebihi tekanan 40 PSI. Metode *sweep blasting* ini juga dapat dilakukan untuk mengasarkan permukaan material sebelum dilakukannya pengecatan (AGI, 2017).

2.4. Deret Volta

Deret elektrokimia atau yang sering disebut deret volta adalah urutan logam dengan hidrogennya yang berdasarakan dari kenaikan potensial (V) elektrode standardnya. Umumnya, deret volta yang sering dipakai adalah (Bard, 1985).

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb H Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

Pada deret volta, urutan logam yang memiliki potensial elektrode negatif ditempatkan di bagian kiri deret, sedangkan unsur logam yang memiliki potensial elektrode positif ditempatkan di bagian kanan deret. Hal itu menjelaskan bahwa semakin kiri kedudukan logam tersebut maka semakin reaktif atau semakin mudah dalam melepaskan elektron sehingga, logam tersebut merupakan reduktor yang semakin kuat. Sedangkan, semakin kanan kedudukan logam maka, sifat logam tersebut semakin tidak reaktif, sehingga menyebabkan logam tersebut bersifat oksidator (Pitzer, 2014). Untuk lebih jelasnya, contoh deret volta dapat diperhatikan pada tabel Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Standard potensial pada elektrode pada suhu 25 °C

Reaction	E⁰ (V)
$\text{Li}^+ + e^- = \text{Li}$	-3,045
$\text{Ca}^{2+} + 2 e^- = \text{Ca}$	-2,866
$\text{Na}^+ + e^- = \text{Na}$	-2,714
$\text{Al}^{3+} + 3 e^- = \text{Al}$	-1,662

<i>Reaction</i>	E^0 (V)
$Zn^{2+} + 2 e^- = Zn$	-1,245
$Fe^{2+} + 2 e^- = Fe$	-0,441
$Cd^{2+} + 2 e^- = Cd$	-0,403

(Sumber: BAGOTSKY & Maxwell, 2005)

Dalam penelitian ini digunakan material baja yang berbahan dasar *Fe* yang kemudian dilapisi galvanis yang berbahan dasar *Zn*. Menurut Tabel 2.1 tegangan yang dimiliki Fe sebesar 0,441 V sedangkan, tegangan yang dimiliki Zn sebesar -1,245 V. Berarti, tegangan yang dimiliki baja lebih tinggi daripada tegangan yang dimiliki *aluminium alloy*. Sedangkan, arus listrik mengalir dari tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah. Namun, aliran elektron berbanding terbalik dengan aliran listrik, yang artinya electron mengalir dari potensial rendah ke potensial yang lebih tinggi.

2.5. Korosi

Korosi adalah proses kerusakan logam akibat adanya reaksi kimia antara suatu logam dengan zat-zat yang ada di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Senyawa-senyawa yang dihasilkan akibat reaksi tersebut yang menyebabkan proses kerusakan pada logam tersebut. Dalam isitilah sehari-hari proses korosi ini biasa disebut perkaratan. Ada dua reaksi yang terjadi pada proses korosi ini, reaksi tersebut adalah reaksi oksidasi dan reaksi redoks. Komponen logam dalam proses ini mengalami reaksi oksidasi sedangkan oksigen yang ada di lingkungan logam tersebut mengalami reaksi reduksi atau redoks. Karat yang terbentuk pada logam pada umumnya berupa oksida atau karbonat. Sebagai contoh, pada proses korosi besi akan terbentuk besi oksida ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) yang berwarna coklat-merah di sekitar area yang terpengaruh korosi.

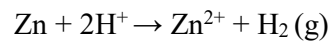
Korosi juga sangat bersifat destruktif, hal ini sangat merugikan baik bagi kekuatan pada sistem konstruksi maupun bagi bidang ekonominya. Kegagalan konstruksi dapat disebabkan apabila sistem konstruksi yang terbuat dari logam sudah mulai termakan oleh korosi, sehingga kekuatan pada sistem konstruksi pun akan berkurang. Apabila suatu komponen konstruksi sudah mulai termakan oleh korosi dibutuhkan biaya yang tidak sedikit, jadi apabila komponen konstruksi tidak diberi perlindungan korosi yang cukup akan mengakibatkan kerugian yang cukup besar.

Proses korosi ini tidak dapat dapat dihentikan, namun dapat dikendalikan lajunya sehingga laju korosinya dapat ditekan sehingga dapat memperlambat perusakannya. Pengendalian korosi dapat dilakukan dengan cara pelapisan pada permukaan logam, anoda tumbal, penambahan *inhibitor* korosi dan lain-lain. Termasuk penambaham arus listrik pada

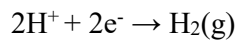
logam yang dilindungi atau *ICCP* agar muatan elektron yang dimiliki logam tersebut seimbang dan lebih tahan terhadap korosi. Sejauh ini penggunaan *inhibitor* merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk perlindungan korosi, karena biaya yang relatif murah dan prosesnya yang cukup sederhana.

2.5.1. Proses Anodik

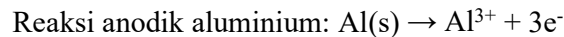
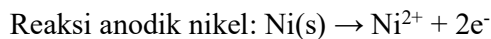
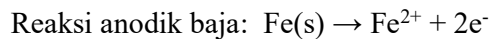
Proses terjadinya korosi tidak bisa terlepas dari reaksi anoda dan katoda. Sebagai contoh, reaksi reduksi ion hidrogen menjadi gas hidrogen pada persamaan di bawah ini:



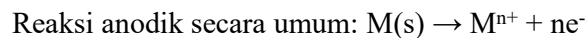
Pada persamaan reaksi tersebut, melibatkan evolusi ion hidrogen menjadi gas hidrogen yang dapat dituliskan dengan persamaan:



Reaksi dari evolusi hidrogen terjadi dalam banyak variasi logam dan larutan asam, termasuk hidroklorid, *sulfuric*, *perchloric*, dan asam-asam kuat lainnya. Reaksi anodik individual untuk baja, nikel, dan aluminium dapat dituliskan dalam bentuk berikut:



Dengan persamaan reaksi tersebut, proses korosi pada logam dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

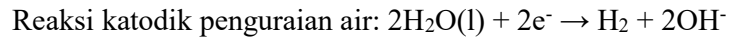


Dimana, “M” pada hasil persamaan tersebut menandakan logam yang teroksidasi dan memuat ion sebanyak “n+”. sedangkan, “n” menunjukkan jumlah elektron yang dilepaskan pada reaksi tersebut. Nilai “n” pastinya akan bergantung pada jenis logamnya masing-masing (Roberge, 2008).

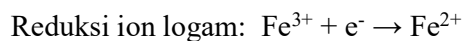
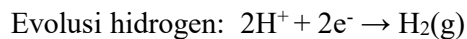
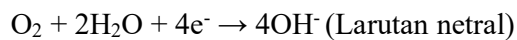
2.5.2. Proses Katodik

Proses katodik ini adalah proses ketika ion hidrogen tereduksi dan berevolusi menjadi gas hidrogen akibat reaksi yang terjadi di daerah permukaan katodik. Proses reduksi ion hidrogen pada permukaan katodik ini akan mengganggu keseimbangan antara ion H^+ dan ion OH^- dan akan menyebabkan larutan menjadi kurang asam atau lebih basa pada bagian yang mengalami korosi. Pada air yang bersifat netral, beberapa logam seperti aluminium, *zinc*, atau

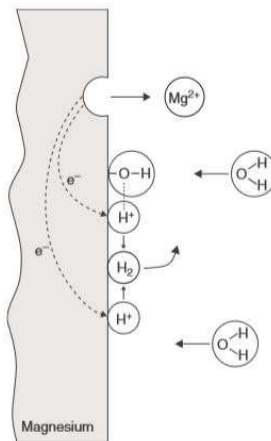
magnesium mempunyai cukup energi untuk menguraikan air secara langsung, yang dapat ditunjukkan pada persamaan di bawah ini:



Perubahan konsentrasi ion hidrogen atau peningkatan ion *hydroxyl* dapat diketahui menggunakan indikator pH, sehingga dengan cara itu dapat diketahui bagian mana dari logam yang mengalami reaksi katodik pada saat proses korosi terjadi. Ada beberapa reaksi katodik yang terjadi pada saat korosi pada logam terjadi. Reduksi oksigen pada:



Reaksi katodik yang terjadi pada saat proses korosi di larutan asam dapat diilustrasikan dengan Gambar 2.2 Reaksi elektrokimia yang terjadi pada magnesium berikut:

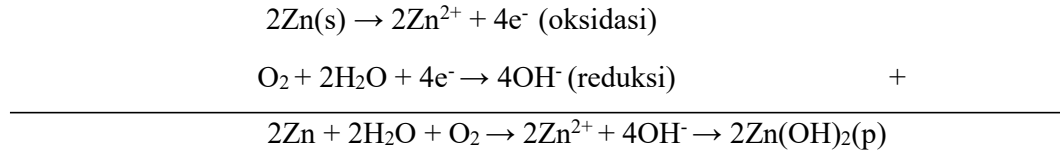


Gambar 2.2 Reaksi elektrokimia yang terjadi pada magnesium
(Sumber: Roberge, 2008)

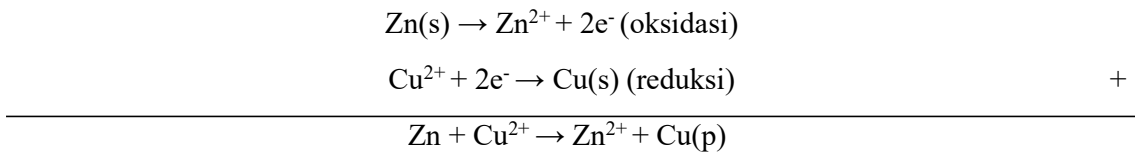
Reduksi oksigen adalah reaksi katodik yang paling umum terjadi, ini disebabkan karena oksigen tersedia secara alamiah di atmosfer dan larutan biasanya terpapar di atmosfer secara langsung. Namun, reduksi ion logam dan deposisi logam bisa saja terjadi dan dapat menyebabkan kerusakan yang lumayan pada beberapa kasus.

Perlu diingat bahwa reaksi yang terjadi di atas memiliki satu kesamaan, yaitu mengonsumsi elektron. Semua reaksi korosi terjadi akibat kombinasi dari satu atau lebih reaksi katodik tersebut. Oleh karena itu, hampir setiap kasus korosi yang terjadi karena air

dapat direduksi menjadi persamaan tunggal maupun persamaan kombinasi. Misal, korosi *zinc* oleh air atau udara lembab. Dengan mengalikan reaksi oksidasi *zinc* menjadi dua kali dan menambahkannya dengan reaksi reduksi oksigen, berikut persamaannya.



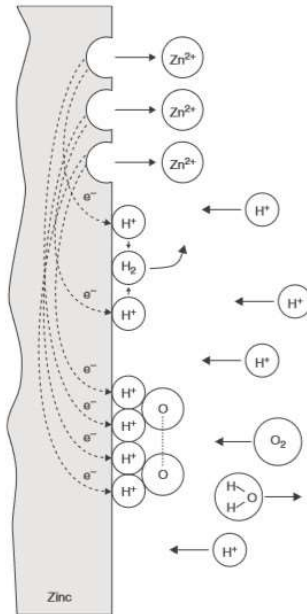
Hasil dari reaksi ini adalah Zn^{2+} dan OH^- yang dimana akan langsung bereaksi dan membentuk zat Zn(OH)_2 yang tidak dapat diuraikan. Sama seperti korosi yang terjadi pada *zinc* yang disebabkan oleh larutan yang mengandung ion tembaga, sehingga penjumlahan dari reaksi oksidasi *zinc* dan reaksi deposisi metal melibatkan ion *cupric* dapat dituliskan seperti persamaan di bawah ini.



Selama proses korosi terjadi, mungkin saja terjadi lebih dari satu reaksi oksidasi dan reduksi. Contohnya, korosi yang terjadi pada logam paduan, atom dari komponen logam tersebut akan larut di larutan dan menjadi ion. Jadi, korosi pada logam paduan baja-*chromium*, masing-masing baja dan *chromium* akan teroksidasi, dan juga lebih dari satu reaksi katodik yang dapat terjadi di permukaan logam tersebut.

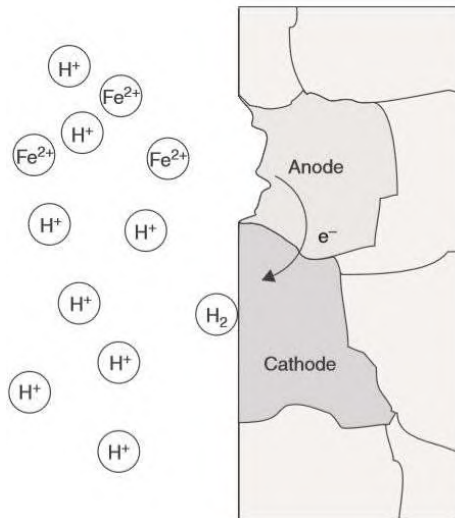
Dengan anggapan korosi *zinc* pada larutan asam hidroklorid mengandung oksigen terlarut. Ada dua reaksi katodik yang mungkin terjadi yaitu evolusi hidrogen dan reaksi reduksi oksigen. Karena ada dua reaksi katodik atau proses yang mengonsumsi yang terjadi, menyebabkan laju korosi pada *zinc* akan meningkat. Larutan asam yang mengandung oksigen terlarut atau yang terekspos udara akan bersifat lebih korosif dibandingkan larutan asam yang tertutup. Oleh karena itu, menghilangkan oksigen dari larutan asam dapat mengurangi sifat korosif dari larutan asam tersebut. Apabila suatu potongan logam *mild steel* dicelupkan pada larutan asam hidroklorid, akan ada banyak formasi gelembung-gelembung oksigen yang terbentuk. Pada kondisi seperti ini proses pengikisan karena korosi akan terjadi sangat cepat. Pelarutan bagian logam akan terjadi pada sisi anoda dari logam tersebut. Gelembung hidrogen hanya akan terbentuk pada permukaan katodik dari logam tersebut. Meskipun begitu, ada kemungkinan gelembung tersebut akan muncul pada seluruh permukaan pada logam, tidak hanya pada posisi spesifik yang disebut sebagai area katodik. Posisi dari permukaan katodik

dan anodik ini bisa saja bergantian seiring berjalannya waktu, hal ini yang nantinya akan menyebabkan korosi *uniform*.



Gambar 2.3 Reaksi elektrokimia yang terjadi pada korosi *zinc* di asam hidroklorid (Sumber: Roberge, 2008)

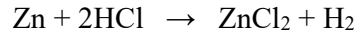
Ketika fenomena tersebut terjadi, hal itu dapat diamati menggunakan mikroskop yang sesuai, dan dapat dilihat bahwa banyak bagian bagian anodik dan katodik yang bergantian di seluruh permukaan logamnya. Area tersebut, sangatlah kecil untuk dapat dilihat dan juga sangat banyak sehingga hampir tidak bisa dipisahkan (Roberge, 2008).



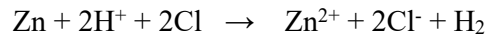
Gambar 2.4 Formasi ion pada area anodik dan pelepasan hidrogen pada area katodik (Sumber: Roberge, 2008)

2.5.3. Mekanisme terjadinya Korosi

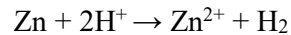
Proses terjadinya korosi pada logam secara umum biasanya diakibatkan oleh reaksi elektrokimia. Pada reaksi ini terjadi perpindahan elektron charge dari logam ke suatu larutan. Sebagai contoh, peristiwa korosi antara Zinc dan HCl yang dapat ditunjukkan melalui persamaan reaksi sebagai berikut:



Zinc yang bereaksi dengan larutan asam nantinya akan membentuk larutan zinc chloride dan menghasilkan gelembung-gelembung gas hidrogen di permukaannya. Reaksi ini dapat dituliskan dalam bentuk ionik seperti:



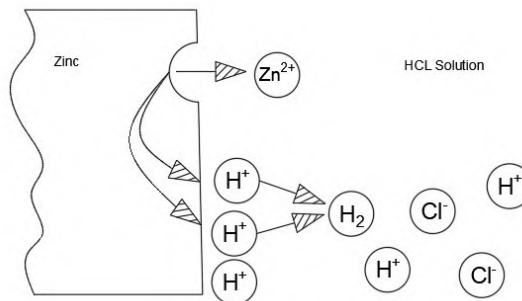
Reaksi diatas dapat disederhanakan lagi dengan cara menghilangkan Cl^- pada kedua sisi reaksi, sehingga menjadi:



Reaksi korosi juga terjadi pada larutan asam klorida itu sendiri, kemudian reaksi tersebut dapat dipisahkan menjadi:



Reaksi Anodik ini merupakan reaksi oksidasi dimana bilangan valensi naik dari 0 \rightarrow +2 dan menghasilkan elektron, sedangkan reaksi katodik merupakan reaksi redoks dimana bilangan oksidasi hidrogen berkurang dari +1 \rightarrow 0 dan mengkonsumsi elektron. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.7 Reaksi elektrokimia yang terjadi pada korosi *zinc* di larutan asam hidroklorid tanpa udara.

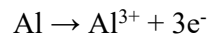
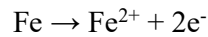
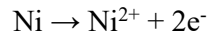


Gambar 2.5 Reaksi elektrokimia yang terjadi pada korosi *zinc* di larutan asam hidroklorid tanpa udara
(Sumber: Fontana, 1987)

Pada proses korosi logam akan melepaskan elektron menuju bagian permukaan dimana elektron tersebut akan bereaksi dengan H^+ di dalam larutan yang membentuk H_2 . Air akan diperlukan untuk membawa ion hasil dari reaksi tersebut, sehingga air tersebut dapat disebut sebagai elektrolit. Dalam korosi logam, reaksinya akan bervariasi sesuai dengan bentuk:



Sebagai contoh beberapa reaksi dari logam yang terkorosi:



Reaksi reduksi Katodik yang umum adalah reduksi ion hidrogen yang ada di dalam larutan asam. Selain itu juga terdapat reaksi redoks, yaitu reaksi reduksi yang berperan sebagai oksidasi ion di dalam larutan.

2.5.4. Korosi Galvanik

Korosi galvanik terjadi apabila terdapat kontak dari dua jenis logam yang berbeda pada suatu elektrolit yang sama. Salah satu dari logam tersebut akan lebih cepat terserang korosi, sedangkan logam lainnya akan terlindung dari korosi. Hal ini dapat terjadi karena salah satu dari logam tersebut akan menjadi anoda yang pada hal ini nantinya akan terkorosi, sedangkan logam lainnya akan menjadi katoda yang artinya akan lebih tahan terhadap korosi.

Sebuah logam akan terkorosi atau bersifat anoda apabila bertemu dengan logam yang lebih katodik dari logam itu sendiri. Untuk mengetahui sifat galvanis suatu material, dapat dilihat deret galvanik pada Gambar 2.6.

Noble or Cathodic	Platinum
	Gold
	Graphite
	Titanium
	Silver
	(Chlorimet 3
	(Hastelloy C
	(18-8 Mo Stainless Steel (Passive)
	(18-8 Stainless Steel (Passive)
	(Chromium Steel >11% Cr (Passive)
	(Inconel (Passive)
	(Nickel (Passive)
	(Silver Solder
	(Monel
	(Bronzes
	(Copper
	(Brasses
	(Chlorimet 2
	(Hastelloy B
	(Inconel (Active)
	(Nickel (Active)
	(Tin
	(Lead
(Lead-tin Solders	
(18-8 Mo Stainless Steel (Active)	
(18-8 Stainless Steel (Active)	
(Ni-resist	
(Chromium Steel >11% Cr (Active)	
(Cast Iron	
(Steel or Iron	
(2024 Aluminum	
(Cadmium	
(Commercially Pure Aluminium	
(Zinc	
(Magnesium and Its Alloys	
Active or Anodic	

Gambar 2.6 Deret galvanis dari material
(Roberge, 2008)

Adapun mekanisme terjadinya korosi galvanik ini yaitu ketika logam yang mempunyai beda potensial berada pada satu lingkungan atau media yang korosif seperti larutan elektrolit, maka akan terbentuk beda potensial. Ketika ada beda potensial di antara kedua logam tersebut, artinya ada elektron dan arus yang mengalir pada rangkaian tersebut. Material yang memiliki potensial lebih tinggi akan berperan menjadi katoda, sedangkan yang lainnya akan menjadi anoda. Arus listrik akan mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah, sedangkan elektron akan mengalir dari potensial rendah ke potensial yang lebih tinggi. Material yang kehilangan elektron akan cenderung lebih mudah terkikis oleh korosi. Sehingga, dalam hal ini material yang bersifat anodik akan lebih mudah terkorosi. Pada umumnya, prinsip dari korosi ini digunakan sebagai perlindungan korosi, contohnya penggunaan anoda tumbal atau *sacrificial anode* untuk memperlambat laju korosi sebuah material.

2.6. Laju Korosi

Laju korosi merupakan peristiwa merambatnya proses korosi pada suatu material. Pengujian korosi secara umum dilakukan untuk mengetahui berapa laju korosi yang dapat terjadi oleh suatu penyebab khusus. Hal ini menjadi pertimbangan yang cukup penting mengingat kerugian yang ditimbulkan oleh korosi dapat mempengaruhi aspek ekonomis dan

teknis pada suatu bangunan. Laju korosi biasanya digunakan sebagai acuan untuk memperkirakan ketahanan suatu struktur. Sehingga, dengan diketahuinya laju korosi, umur atau waktu perbaikan dari suatu bangunan tersebut dapat diperkirakan. Satuan yang lazim dipakai untuk mengukur laju korosi adalah mm/year dan mpy (*mils per year*). Pada Tabel 2.5 *Levelling* laju korosi berdasarkan tingkat keparahannya ditunjukkan tingkatan atau *levelling* laju korosi berdasarkan tingkat keparahan yang dihasilkannya.

Tabel 2.2 *Levelling* laju korosi berdasarkan tingkat keparahannya

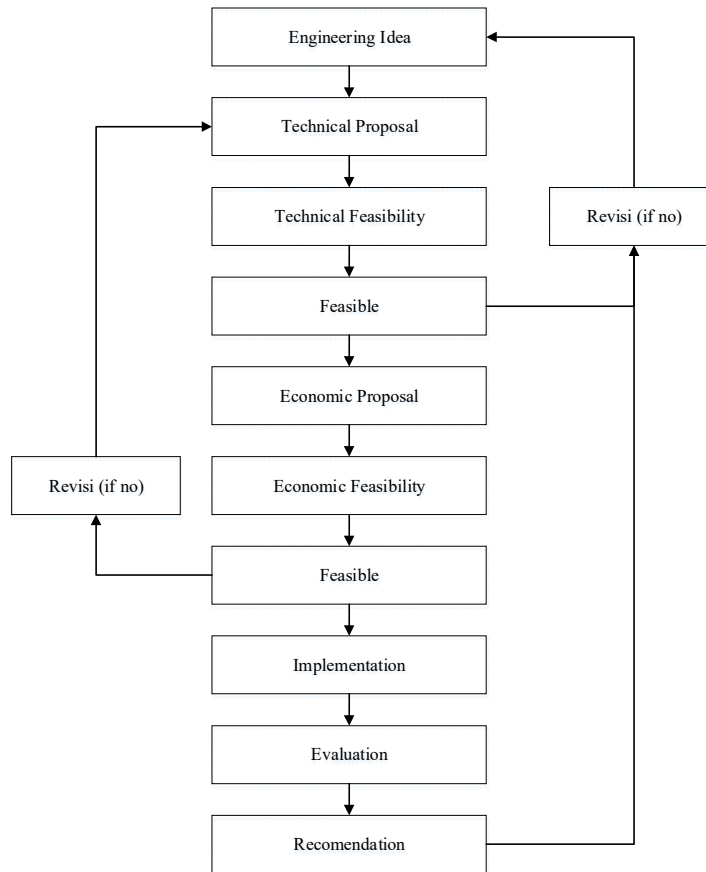
<i>Relative Corrosion Resistance</i>	<i>Approximate Metric Equivalent</i>				
	mpy	mm/year	$\mu\text{m}/\text{year}$	nm/year	pm/year
<i>Outstanding</i>	<1	<0,02	<25	<2	<1
<i>Excellent</i>	1-5	0,02 – 0,1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
<i>Good</i>	5-20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 50	5 – 20
<i>Fair</i>	20-50	0,5 – 1	500 – 1000	50 – 100	20 – 50
<i>Poor</i>	50-200	1 – 5	1000 – 5000	150 – 500	50 – 200
<i>Unacceptable</i>	200 +	5+	5000+	500+	200+

(Sumber: Fontana, 1987)

Pengukuran laju korosi tidak dapat dijadikan acuan yang akurat untuk menghitung *total loss* dari suatu struktur atau material. Namun, pengukuran ini dapat dijadikan acuan untuk memprediksi berapa banyak material yang berubah menjadi karat atau *rust* dan berapa banyak logam yang hilang akibat korosi selama waktu pengujian (Broomfield, 2007). Metode pengukuran laju korosi yang biasa digunakan adalah *weight loss*.

2.7. Konsep Dasar Ekonomi Teknik

Ekonomi teknik adalah suatu ilmu pengetahuan yang berorientasi pada pengungkapan dan perhitungan nilai-nilai ekonomis yang terkandung dalam suatu rencana kegiatan teknik. Karena penerapan kegiatan teknik pada umumnya memerlukan investasi yang relatif besar dan berdampak jangka panjang terhadap aktivitas pengikutnya, penerapan aktivitas teknik tersebut menuntut adanya keputusan-keputusan *strategic* yang memerlukan pertimbangan-pertimbangan teknik maupun ekonomis yang baik dan rasional. Oleh karena itu, ilmu ekonomi teknik sering juga dianggap sebagai sarana pendukung keputusan (*decision making support*) (Giatman, 2006).



Gambar 2.7 Siklus kegiatan teknik yang berorientasi ekonomis
(Sumber : Giatman, 2006)

Keputusan yang baik dan rasional pada dasarnya memerlukan prosedur dan proses yang sistematis serta terukur dengan tahapan proses sebagai berikut:

- Mengidentifikasi atau memahami persoalan dengan baik
- Merumuskan tujuan penyelesaian masalah
- Mengumpulkan data-data yang relevan
- Klarifikasi, klasifikasi, dan validasi kebenaran data yang terkumpul
- Identifikasi atau pelajari alternatif pemecahan masalah yang mungkin
- Menyusun atau menyiapkan model keputusan
- Melakukan evaluasi dan analisis terhadap semua alternatif yang disediakan
- Mengambil keputusan sesuai dengan tujuan
- Menerapkan atau mengimplementasikan keputusan yang telah diambil

Dari suatu proses pengambilan keputusan yang baik dan rasional didapatkan suatu siklus kegiatan teknik yang berorientasi ekonomis seperti pada Gambar 2.7.

Pada suatu kegiatan teknik selalu berhubungan dengan suatu perusahaan, di mana setiap perusahaan memiliki suatu kegiatan ekonomi. Kegiatan ekonomi suatu perusahaan adalah usaha untuk memperoleh keuntungan pada setiap siklus kegiatan usaha. Siklus ini dijalankan secara simultan, di mana pada tahap awal kemungkinan $cash-in < cash-out$, namun dalam jangka panjang kondisinya akan berbalik sehingga dihasilkan selisih positif (keuntungan). Keuntungan inilah yang dikembalikan pada perusahaan secara periodik dalam bentuk *Return On Investment* (ROI). Pada tahap berikutnya ROI dipakai oleh perusahaan untuk mengembalikan modal dalam bentuk *Return On Capital* (ROC).

Ekonomi teknik memiliki tujuh prinsip dasar, yang mendasari dalam pengambilan suatu keputusan kegiatan teknik yang berorientasi ekonomis. Berikut adalah tujuh prinsip dasar dari ekonomi teknik :

1. *Develop The Alternatives*

Develop the alternatives atau pengembangan alternatif adalah tahap yang penting dalam proses pengambilan keputusan karena akan berdampak sangat besar terhadap kualitas pengambilan keputusan. Upaya pengembangan (ekplorasi) alternatif-alternatif yang tersedia menuntut adanya kreativitas dan inovasi dalam pengambilan suatu keputusan.

2. *Focus On The Differences*

Jika hasil yang diharapkan dari masing-masing alternatif memiliki nilai yang sama, maka alternatif-alternatif tersebut tidak perlu diperbandingkan. Artinya apapun alternatif yang diputuskan, akan memberikan hasil yang sama. Oleh karena itu, ketika dihadapkan pada proses pengambilan keputusan, fokuskan hanya pada perbedaan yang terjadi dari masing-masing alternatif.

3. *Use a Consistent Viewpoint*

Analisis yang dilakukan dalam ekonomi teknik harus dilakukan dengan sudut pandang yang konsisten. Paling tidak terdapat dua kemungkinan sudut pandang dalam melakukan analisis ekonomi teknik. Kemungkinan pertama adalah sudut pandang dari pemilik modal atau pemilik uang. Kemungkinan kedua adalah sudut pandang dari peminjam atau pemilik proyek. Konsistensi sudut pandang yang digunakan ini menjadi penting dalam ekonomi teknik karena hal ini akan berkaitan dengan perhitungan aliran kas (*cashflow*).

4. *Use a Common Unit of Measure*

Ketika membandingkan berbagai alternatif dalam rangka untuk memilih alternatif terbaik, maka hal itu akan lebih mudah dilakukan jika satuan ukuran yang digunakan untuk membandingkan masing-masing alternatif tersebut adalah seragam. Dalam ekonomi teknik, satuan ukuran yang umum digunakan adalah uang. Oleh karena itu, jika ada kemungkinan alternatif yang akan menghasilkan sesuatu yang bukan berupa nilai uang, harus dikonversi dalam nilai uang.

5. *Consider All Relevant Criteria*

Agar pemilihan antara masing-masing alternatif dapat dilakukan dengan komprehensif, maka kriteria pemilihan harus ditentukan seluas-luasnya sepanjang kriteria tersebut masih relevan dengan keputusan.

6. *Make Uncertainty Explicit*

Dalam menangani unsur ketidakpastian ini, dalam analisis ekonomi teknik selalu menggunakan asumsi dan proyeksi (*forecasting*) dalam memprediksi apa yang akan terjadi dimasa yang akan datang. Oleh karena itu, dalam melakukan analisis ekonomi teknik harus melakukan identifikasi variabel-variabel apa saja yang akan mempengaruhi kualitas keputusan yang dianalisis. Karena variabel-variabel tersebut mengandung unsur ketidakpastian, maka dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui spektrum keputusan ketika asumsi-asumsi yang digunakan berubah.

7. *Revisit Your Decisions*

Prinsip terakhir dalam analisis ekonomi teknik adalah meninjau ulang atas keputusan yang telah dibuat. Prinsip ini tidak digunakan dalam pengambilan keputusan awal, melainkan digunakan untuk keputusan-keputusan berikutnya. (Hadi, 2015).

2.8. Biaya Produksi

Dalam pengertiannya, biaya sebenarnya diketahui terdapat dua istilah atau terminologi biaya (*cost*) yang dimaksud dengan biaya di sini adalah semua pengorbanan yang dibutuhkan dalam rangka mencapai suatu tujuan yang diukur dengan nilai uang, Pengeluaran (*expenditure*), yang dimaksud dengan *expenditure* ini biasanya yang berkaitan dengan sejumlah uang yang dikeluarkan atau dibayarkan dalam rangka mendapatkan sesuatu hasil yang diharapkan. Dari kedua pengertian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa biaya (*cost*) mempunyai pengertian yang jauh lebih lengkap dan mendalam dari pengeluaran (*expenditures*). (Giatman, 2006)

2.8.1. Biaya Berdasarkan Produk

Biaya berdasarkan produknya dibedakan menjadi dua jenis yaitu *factory cost* dan *commercial cost*. Berikut penjelasan dari masing-masing jenis biaya berdasarkan produknya:

1. Biaya Pembuatan (*Factory Cost*), sering juga disebut dengan biaya produksi (*production cost*) adalah jumlah dari tiga unsur biaya, yaitu bahan langsung, tenaga kerja langsung, dan *overhead* industri. Biaya-biaya ini secara langsung berkaitan dengan biaya pembuatan produk secara fisik yang dikeluarkan dalam rangka kegiatan proses produksi sehingga disebut juga dengan *production cost*. Biaya produksi terdiri dari komponen-komponen biaya yaitu biaya bahan langsung, biaya tenaga kerja langsung, biaya bahan tak langsung, biaya tenaga kerja tak langsung, dan biaya tak langsung lainnya. Biaya bahan langsung dan biaya tenaga kerja langsung sering juga disebut sebagai biaya utama (*prime cost*), sedangkan biaya bahan tak langsung, biaya tenaga kerja tak langsung, dan biaya tidak langsung lainnya disebut dengan biaya *overhead* industri. Biaya bahan langsung dan biaya *overhead* industri dapat digabung ke dalam kelompok biaya konversi (*conversion cost*), yang mencerminkan biaya perubahan bahan langsung menjadi barang jadi.
2. Biaya Komersial (*Commercial Cost*), merupakan akumulasi biaya yang untuk membuat produk itu dapat dijual di luar biaya produksi, dan dipergunakan biasanya untuk menghitung harga jual produk. Kelompok biaya yang termasuk biaya komersial adalah biaya umum dan administrasi (*general and administration cost*), biaya pemasaran (*marketing cost*), dan pajak usaha dan perusahaan (*companies taxed*). Biaya umum dan administrasi, merupakan biaya yang dikeluarkan untuk kepentingan menjalankan manajemen dan organisasi perusahaan sehingga sering juga disebut biaya manajemen dan organisasi. Adapun tujuan perhitungan biaya berdasarkan produk adalah untuk memproyeksikan biaya produksi dan harga produk terjual, untuk mengetahui komposisi komponen biaya produksi maupun biaya produk keseluruhan, dan sebagai sarana informasi dalam menyelidiki dan menganalisis struktur biaya produk yang ideal oleh perencana dalam rangka memperbaiki struktur pembiayaan melalui konsep "*cost centers*" (Giatman, 2006).

BAB 3

METODOLOGI

3.1. Metode

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini penulis akan melakukan penelitian tentang pembuatan kapal patroli menggunakan material *steel hot dip galvanized*. Penelitian dalam Tugas Akhir ini menggunakan metode eksperimen. Eksperimen yang dimaksud adalah suatu penelitian yang dilakukan untuk mengetahui suatu akibat yang timbul dari suatu perlakuan yang diberikan ke material uji secara sengaja terhadap *steel hot dip galvanized* dalam pembebanan yang menghasilkan data pendukung guna selesainya Tugas Akhir ini. Penulis akan melakukan pengujian kuat tarik dan pengujian *impact* terhadap material baja KI grade A yang telah melalui proses *Hot Dip Galvanizing* dan dibandingkan dengan material baja KI grade A yang tidak menerima perlakuan apapun sebagai spesimen acuan.

Data dari hasil pengujian selanjutnya dilakukan analisis apakah proses *Hot Dip Galvanizing* merubah sifat mekanik dari material dasar baja dan apakah memenuhi standar dari peraturan Biro Klasifikasi Indonesia untuk dapat menyimpulkan apakah material *steel hot dip galvanized* layak untuk dijadikan material pembangun kapal patroli. Selanjutnya akan diperoleh ukuran konstruksi dari kapal patroli dengan material *steel hot dip galvanized*.

Studi kasus yang diteliti dalam penelitian ini adalah kapal patroli dengan panjang 29 meter dengan klas Biro Klasifikasi Indonesia yang berbahan dasar aluminium. Data dari kapal tersebut digunakan sebagai acuan dan data pembanding guna membantu penulis dalam melakukan analisa teknis dan ekonomis, yang pada akhir penulisan Tugas Akhir ini akan disimpulkan nilai teknis dan ekonomis dari kapal patroli berbahan dasar *steel hot dip galvanized*.

3.2. Proses Pembuatan Spesimen Uji

Dalam menunjang proses pengujian terlebih dahulu penulis membuat spesimen uji. Spesimen uji dibagi dalam 2 proses, yaitu dimana spesimen uji yang melalui proses *Hot Dip Galvanizing* dan spesimen uji yang tidak mendapat *treatment* khusus apapun. Hal ini dilakukan agar dapat diketahui apakah *steel hot dip galvanized* memiliki sifat mekanik yang berbeda dengan material baja biasa dan apakah *steel hot dip galvanized* memiliki kekuatan material

yang memenuhi standar peraturan Biro Klasifikasi Indonesia. Tahapan persiapan dan pembuatan spesimen akan dijelaskan selanjutnya pada sub bab dibawah ini.

3.2.1. Bahan dan Peralatan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan spesimen uji kuat tarik dan *impact* pada eksperimen dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

Alat :

1. Mesin *Cutting Torch*
2. Mesin *scrub*
3. Gerinda
4. Jangka Sorong

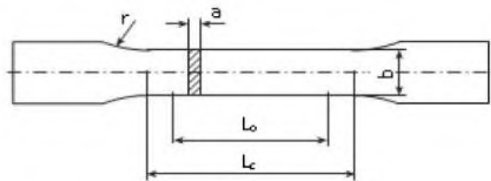
Bahan :

1. Baja *low carbon* KI grade A dengan dimensi 750 x 750 x10 mm

3.3. Pembuatan Spesimen Uji

Spesimen uji dibentuk dari plat lembaran berukuran 750 x 750 x 10 mm yang kemudian dibentuk menjadi 6 spesimen uji tarik dan 6 spesimen uji *impact*. 3 spesimen dari tiap pengujian akan di galvanis dengan metode *Hot Dip Galvanizing*. Adapun teknis pembuatan spesimen uji sebagai berikut :

a) Spesimen uji tarik :



Dimension	Specimen shape C proportional test specimen	Specimen shape D 200 mm specimen
a	t	t
b	25 mm	≥ 25 mm
L ₀	$5,65 \sqrt{S_0}$	200 mm
L _c	$L_0 + 2 \sqrt{S_0}$	225 mm
r	25 mm	25 mm

Gambar 3.1 Standar Ukuran Spesimen Uji Tarik
(Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2019)

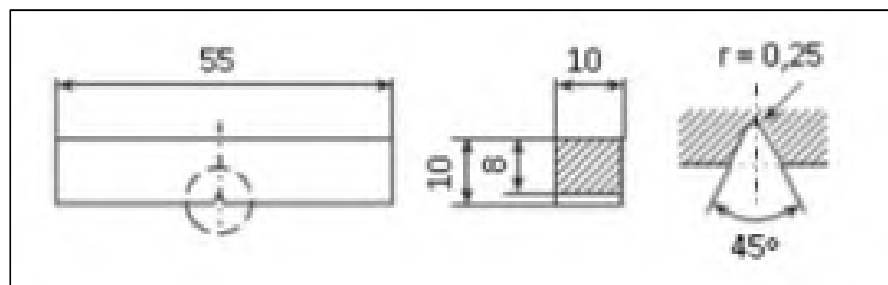
1. Sesuai dengan standar BKI Volume V, *Rules for Materials* pada Gambar 3.1, maka spesimen untuk pengujian tarik *flatbar* memiliki dimensi seperti berikut :

- L_c : 114.30 mm
 - L_o : 89.30 mm
 - B : 25.00 mm
 - r : 25.00 mm
2. Plat lembaran dengan ukuran 750 x 750 x 10 mm dipotong menjadi ukuran 200 x 50 x 10 mm 6 lembar menggunakan mesin *cutting torch*.
 3. Potongan plat dengan ukuran 200 x 50 x 10 mm kemudian dibentuk sesuai dengan dimensi yang telah ditetapkan sesuai dengan standar BKI menggunakan mesin *scrub*, dengan asumsi lebar dan panjang bagian pegangan spesimen berukuran 60 x 40 mm ditiap sisinya.



Gambar 3.2 Proses Pembuatan Spesimen

4. 3 Spesimen yang akan melalui proses *Hot Dip Galvanizing* kemudian diberi lubang dengan ukuran diameter ± 10 mm pada bagian pegangan sebagai tempat dikaitkannya pengait pada saat pencelupan proses *Hot Dip Galvanizing*.
 5. Spesimen yang telah memiliki dimensi sesuai dengan standar BKI kemudian dihaluskan menggunakan *flat disc* dengan gerinda.
- b) Spesimen uji *impact* :



Gambar 3.3 Standar Ukuran Spesimen Pengujian *Impact*
(Sumber : Biro Klasifikasi Indonesia, 2019)

1. Berdasarkan standar BKI untuk uji *impact* dengan tipe *Charpy V-Notch* pada gambar 3.3, maka spesimen akan memiliki dimensi seperti berikut :

- *Length* : 55 mm
- *Thickness* : 10 mm
- *Width* : 10 mm
- *Nocth Angle* : 45°
- *Thickness at base* : 8 mm

2. Plat lembaran dengan ukuran 750 x 750 x 10 mm dipotong menjadi ukuran 200 x 15 x 10 mm 2 lembar menggunakan mesin *cutting torch*.
3. Spesimen dengan ukuran 20 x 15 x 10 mm tersebut akan dipotong menjadi 200 x 10 x 10 mm tiap spesimen menggunakan mesin *scrub*.
4. Spesimen tersebut dipotong kembali menggunakan mesin *scrub* dan gerinda menjadi sesuai dengan ukuran standar BKI yaitu 55 x 10 x 10 mm dengan ukuran kedalaman takik 2 mm dengan sudut 45° tepat ditengah spesimen sebanyak 6 spesimen.
5. 3 spesimen uji *impact* yang akan melalui pencelupan kemudian disambungkan menggunakan las dengan plat berukuran 40 x 40 mm dengan lubang berdiamter ±20 mm sebagai pengait pada proses *Hot Dip Galvanizing*.
6. Kemudian material akan dihaluskan menggunakan *flat disc* dengan alat gerinda.

Setelah spesimen uji tarik dan uji *impact* selesai dibuat, maka 3 spesimen dari tiap pengujian digalvanis dengan metode *Hot Dip Galvanizing* di PT. Bondi Syad Galvanis, Surabaya.



(a)



(b)

Gambar 3.4 (a) Spesimen Uji Tarik, (b) Spesimen Uji Tekuk

3.4. Pengujian Spesimen

Pada tahapan ini dilaksanakan pengujian kuat tarik dan kuat *impact* material *steel hot dip galvanized* dan baja yang tidak mendapat perlakuan khusus. Pengujian dilakukan guna

mengetahui pengaruh dari *hot dip galvanized* pada baja. Seluruh pengujian dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Departemen Teknik Perkapalan ITS.

3.4.1. Tahapan Pengujian Kuat Tarik

Pengujian tarik dibagi menjadi 2 jenis spesimen yaitu spesimen dengan material *steel hot dip galvanized* dan material baja yang tidak mendapat perlakuan khusus. Dari 2 tipe spesimen tersebut masing-masing memiliki 3 buah spesimen uji. Tiap spesimen diberikan kode dan nomer berdasar jenis spesimen dan jumlahnya guna mempermudah pengambilan data. Pada pengujian tarik untuk spesimen *steel hot dip galvanized* diberi kode SHD dan diikuti dengan nomer spesimen dibelakangnya, sedangkan untuk spesimen baja yang tidak memiliki perlakuan khusus diberi kode S dan diikuti nomer spesimen dibelakangnya.

Spesimen uji tarik sebelumnya diukur luas penampang melintang (A_0) dengan diukurnya lebar spesimen dan tebal spesimen di bagian tengah tiap spesimen, dimana nilai A_0 tersebut nantinya digunakan untuk melakukan perhitungan kuat tarik tiap jenis spesimen. Jangka sorong digunakan untuk melakukan pengukuran untuk mendapatkan nilai A_0 dengan menentukan 3 titik pengukuran dan diambil yang memiliki nilai terkecil dari ketiga titik yang telah diukur. Setelah pencatatan A_0 , kedua ujung spesimen dimasukkan pada klem mesin tarik, klem yang digunakan untuk melakukan pengujian disesuaikan dengan dimensi spesimen uji tarik.



Gambar 3.5 Proses Pengujian Kuat Tarik

Pengujian tarik menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Skala beban diatur sebesar 200 agar grafik beban pelumuran mudah dibaca. Jarum penunjuk beban pada UTM harus berada pada angka 0 sebelum pembebanan diberikan. Kemudian pembebanan diberikan secara kontinyu dengan laju pembebanan konstan dan dilakukan hingga spesimen uji patah dibagian tengah. Besarnya beban dan pemuluran tiap spesimen yang ditampilkan dalam bentuk grafik didalam *milimeter block* dapat terbaca dengan baik. Prosedur pengujian berlaku untuk semua spesimen uji tarik.

3.4.2. Tahapan Pengujian Kuat *Impact*

Pengujian *impact* dibagi menjadi 2 jenis spesimen yaitu spesimen dengan material *steel hot dip galvanized* dan material baja yang tidak mendapat perlakuan khusus. Dari 2 tipe spesimen tersebut masing-masing memiliki 3 buah spesimen uji. Tiap spesimen diberikan kode dan nomer berdasar jenis spesimen dan jumlahnya guna mempermudah pengambilan data. Pada pengujian tarik untuk spesimen *steel hot dip galvanized* diberi kode SHD dan diikuti dengan nomer spesimen dibelakangnya, sedangkan untuk spesimen baja yang tidak memiliki perlakuan khusus diberi kode S dan diikuti nomer spesimen dibelakangnya.



Gambar 3.6 Proses Pengujian *Impact*

Pengujian dilakukan pada suhu ruang yaitu 26° - 30°C dan skala pembebanan maksimal 150 Joule. Sebelum pengujian dimulai mula mula diukur panjang, lebar, dan kedalaman *notch* masing masing material. Kemudian dilakukan pengujian dengan mengangkat lengan pemukul dan dikunci menggunakan tuas pengunci. Kedua jarum penunjuk beban pada skala pembebanan diatur terlebih dahulu sehingga keduanya menunjukkan angka 0. Spesimen uji kemudian diletakkan pada posisinya, dan bagian V *notch* tepat berada ditengah dengan menggunakan alat bantu pada mesin uji. Setelah seluruh prosedur dilakukan kemudian tuas pengunci diputar untuk melepaskan lengan pemukul, sehingga jarum penunjuk beban akan bergerak menunjukkan nilai energi *impact* yang diterima oleh spesimen uji.

3.5. Pengolahan Data dan Analisis Hasil Pengujian Tarik

Berdasarkan pengujian tarik yang dilakukan akan didapatkan grafik beban-pemuluran tiap spesimen uji. Nilai *yield* dan *ultimate* tiap spesimen yang diuji akan didapatkan dari grafik beban-pemuluran. Kemudian dari spesimen uji akan didapatkan kembali luas penampang melintang setelah pengujian dilakukan (A_1). Nilai A_1 didapatkan dari perkalian antara nilai

lebar spesimen pada patahan dan ketebalan pada bagian patahan spesimen yang sebelumnya diukur menggunakan jangka sorong. Jika *yield* dan *ultimate* telah didapatkan dari grafik dan

nilai A_1 telah didapatkan dari perhitungan, maka selanjutnya diformulasikan dengan rumus:

$$\sigma_{\text{Ultimate}} = \frac{F_{\text{ultimate}}}{A_0} \text{ N/mm}^2 \quad (3.1)$$

$$\sigma_{\text{Yield}} = \frac{F_{\text{yield}}}{A_0} \text{ N/mm}^2 \quad (3.2)$$

keterangan :

σ_{ultimate} = Kuat Tarik Maksimum [N/mm²]

F_{ultimate} = Gaya Maksimum [N]

σ_{yield} = Kuat Tarik [N/mm²]

F_{yield} = Gaya

[N]

A_0 = Luas Penampang Spesimen [mm²]

Jika perhitungan telah dilakukan, akan didapatkan nilai *yield strength* dan *ultimate stress* dari tiap spesimen. Selain *yield strength* dan *ultimate stress*, nilai dari presentase *elongation*. *Elongation* menunjukkan presentase memanjangnya material setelah dilakukan uji tarik, Untuk mendapatkan nilai *elongation* dihitung menggunakan rumus:

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan :

ε = *Elongation*

L_1 = Panjang akhir [mm]

L_0 = Panjang awal [mm]

Setelah didapatkan seluruh nilai *yield strength*, *ultimate stress*, dan *elongation* dari tiap spesimen uji, akan dilakukan rata-rata dari 2 tipe spesimen uji seperti yang dijelaskan sebelumnya. Kemudian nilai rata-rata yang didapatkan ditinjau menggunakan standar BKI Volume V, *Rules for Materials* sebagai acuan yang akan menentukan penerimaan dari material spesimen uji yang akan digunakan sebagai material pembangun kapal.

3.6. Pengolahan Data dan Analisis Hasil Pengujian *Impact*

Data yang didapatkan dari pengujian *impact* adalah nilai energi *impact* yang diterima oleh tiap-tiap spesimen dari ayunan lengan pemukul. Nilai tersebut didapatkan dari nilai yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk beban yang sebelumnya telah diatur 0. Nilai energi *impact* kemudian diformulasikan dengan dilakukannya pembagian nilai energi *impact* dengan luas penampang spesimen sebelum pengujian dilakukan yang akan menghasilkan nilai energi *absorb* dari material spesimen uji dengan satuan J/mm².

$$\text{Energi Absorb (J/mm}^2\text{)} = \frac{\text{Impact Energi (Joule)}}{\text{Luas Penampang Spesimen (mm}^2\text{)}} \quad (3.4)$$

Setelah didapatkan seluruh nilai energi *absorb* dan *energy impact* dari tiap spesimen uji, akan dilakukan rata-rata dari 2 tipe spesimen uji seperti yang dijelaskan sebelumnya. Kemudian nilai rata-rata yang didapatkan ditinjau menggunakan standar BKI Volume V, *Rules for Materials* sebagai acuan yang akan menentukan penerimaan dari material spesimen uji yang akan digunakan sebagai material pembangun kapal.

3.7. Permodelan Konstruksi

Regulasi yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah BKI *Rules for High Speed Craft* 2016. Sehingga aturan yang berkaitan dengan semua perhitungan yang ada mengacu pada regulasi tersebut. Pada penulisan Tugas Akhir ini akan ditentukan ukuran konstruksi dari kapal perbandingan yang telah disurvei sebelumnya. Perhitungan konstruksi ini akan membandingkan ukuran konstruksi kapal patroli dengan material aluminium dan kapal patroli dengan material *steel hot dip galvanized*.

3.8. Analisis Teknis

Pada penulisan Tugas Akhir ini akan dilakukan analisis teknis yaitu cara pembangunan kapal patroli dengan material *Steel Hot Dip Galvanized*. Pada penulisan Tugas Akhir ini juga akan dilakukan perbandingan teknis pembangunan kapal patroli berbahan dasar aluminium dengan kapal patroli berbahan dasar *steel hot dip galvanized*.

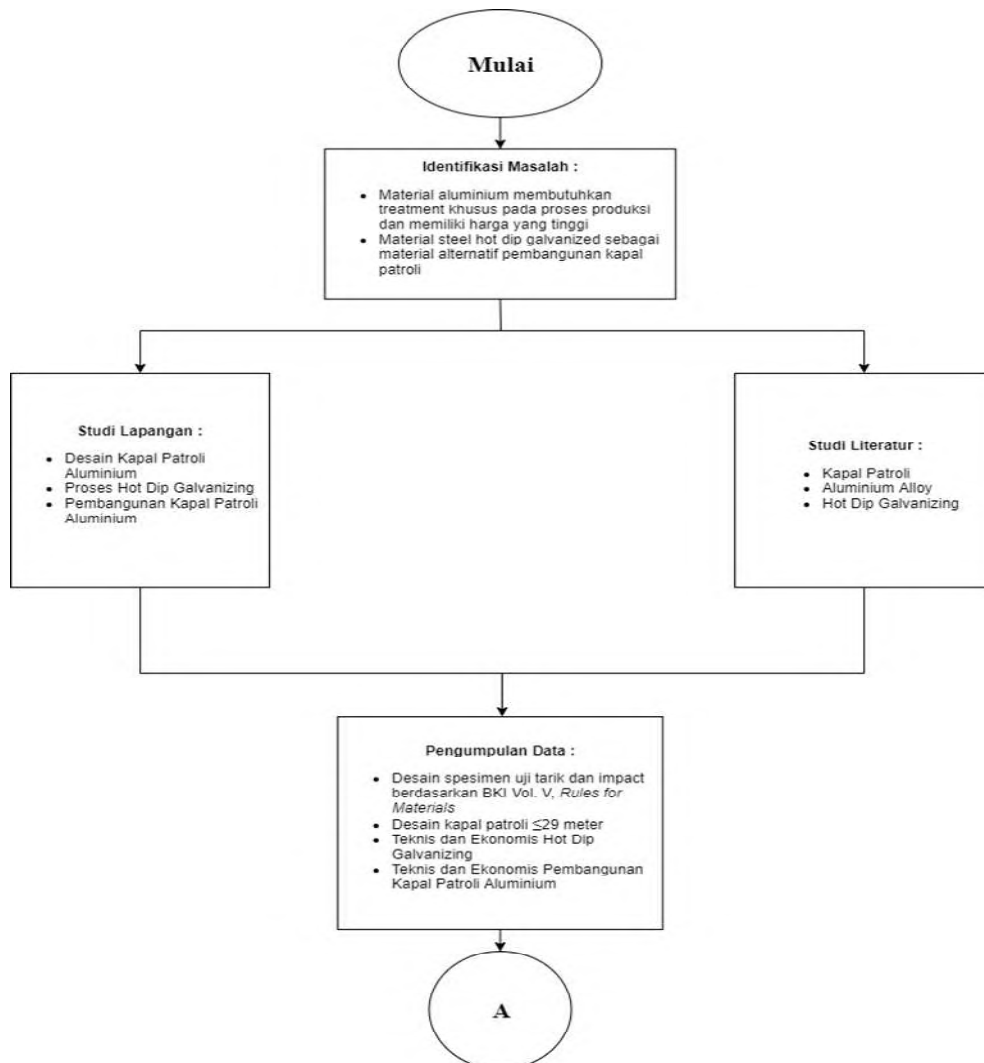
3.9. Analisis Ekonomis

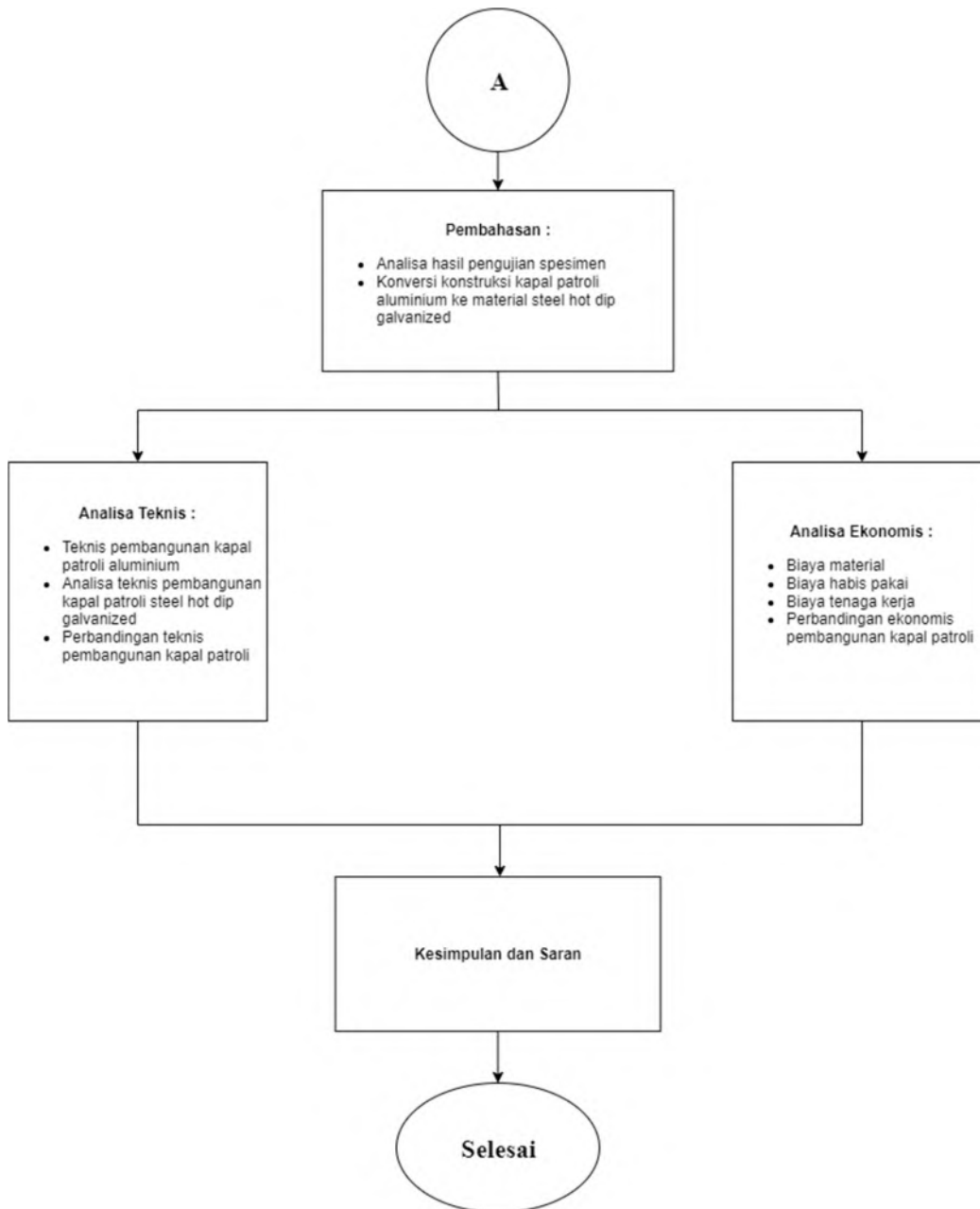
Pada penulisan Tugas Akhir ini akan dilakukan perhitungan ekonomis yaitu menghitung biaya pembuatan dari kapal patroli panjang ±29 meter berbahan dasar *steel hot dip galvanized*. Perhitungan ekonomis dilakukan dengan menghitung kebutuhan material yang diperlukan pada pembangunan kapal patroli berbahan dasar *steel hot dip galvanized*. Pada penulisan Tugas

Akhir ini juga dilakukan perbandingan biaya pembuatan kapal patroli berbahan dasar aluminium dengan kapal patroli berbahan dasar *steel hot dip galvanized*.

3.10. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan proses pengerjaan pada penelitian ini, yang diawali oleh latar belakang masalah mengenai material aluminium untuk pembangunan kapal patroli memiliki harga yang cukup tinggi dan membutuhkan *treatment* yang khusus, dilanjutkan dengan adanya material alternatif yang memiliki ketahanan korosi yang hampir sama dengan aluminium, memerlukan *treatment* yang umum di industri perkapalan, dan memiliki harga yang ekonomis. Material alternatif tersebut kemudian diteliti lebih lanjut, hingga dianalisa mengenai teknis dan ekonomis pada pembangunan kapal patrol. Berdasar metodologi penelitian yang dijelaskan maka didapatkan diagram alir seperti berikut.





Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian

BAB 4

ANALISA PERENCANAAN KAPAL

4.1. Tinjauan Material

4.1.1. Hasil Pengujian Tarik

Hasil yang didapat dari pengujian tarik yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Pengujian Tarik

No	Code Material	Spesification Sample			LO	L1	F Yield		F Ultimate	
		Width	Thick	CSA/A0			KN	N	KN	N
		(mm)	(mm)	mm ²						
1	S.1	25,13	10,05	252,56	89,79	118,28	84	84000	118	118000
2	S.2	25,13	10,09	253,56	89,97	118,58	82	82000	118,5	118500
3	S.3	25,10	10,04	252,00	89,69	118,16	82	82000	118	118000
4	SHD.1	25,08	10,13	254,06	90,06	117,34	84	84000	116	116000
5	SHD.2	25,00	10,15	253,75	90,00	117,16	87	87000	117	117000
6	SHD.3	25,19	10,20	256,94	90,57	118,58	85	85000	119	119000

Data yang didapat dari pengujian tarik akan diformulasikan seperti yang dijelaskan pada bab 3. Nilai *yield strenght*, *ultimate strength*, dan *elongation* didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tarik

No	Code Material	Tensile Results		
		Yield Stress	Ultimate Stress	Elongation
		Mpa	Mpa	%
1	S.1	332,60	467,22	31,73
2	S.2	323,39	467,34	31,79
3	S.3	325,39	468,25	31,74
4	SHD.1	330,63	456,58	30,29
5	SHD.2	342,86	461,08	30,18
6	SHD.3	330,82	463,15	30,93

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat jika hasil pengujian spesimen menunjukkan nilai *dari Yield Stress* dari material baja yang tidak dilapisi oleh galvanis sebesar 332,60 MPa, 323,39 MPa, 325,389 MPa sehingga didapatkan rata-rata nilai *yield stress* untuk material baja adalah sebesar 327,126 MPa. Material baja yang dilapisi galvanis melalui proses *hot dip galvanizing* memiliki nilai *yield stress* sebesar 330,63 MPa, 342,86 MPa, dan 330,82 MPa sehingga didapatkan nilai rata-rata *yield stress* pada material baja yang melalui proses *hot dip galvanizing* sebesar 334,77 MPa. Nilai *Ultimate stress* dari material baja sebesar 467,22 MPa, 467,34 MPa, dan 468,25 MPa sehingga ketika dilakukan rata-rata didapatkan nilai *ultimate stress* dari material baja memiliki nilai sebesar 467,60 MPa. Material baja yang melewati proses *hot dip galvanizing*

memiliki nilai *ultimate stress* sebesar 456,58 MPa, 461,08 MPa, dan 463,15 MPa. Rata-rata nilai dari *ultimate stress steel hot dip galvanizing* adalah sebesar 460,27 MPa.

Nilai *elongation* menunjukkan pertambahan panjang material ketika dilakukan pengujian dalam satuan persen, dimana nilai *elongation* pada baja menunjukkan nilai 31,73%, 31,79%, dan 31,74%. Rata-rata nilai *elongation* pada baja adalah sebesar 31,75%. *Elongation* pada material baja yang melewati proses *hot dip galvanizing* adalah sebesar 30,29%, 30,18%, dan 30,93% dengan nilai rata-rata sebesar 30,47%.

4.1.2. Hasil Pengujian *Impact*

Material *steel hot dip galvanized* dan baja tanpa mendapatkan perlakuan khusus diberikan uji *impact* guna mengetahui sesuai dengan ketentuan *rules* BKI. Pada pengujian ini dibuat masing-masing tiga speismen uji untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam rangka mengetahui pengaruh *hot dip galvanized* pada suatu material baja. Hasil yang didapat dari pengujian *impact* yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.3 Data Pengujian *Impact*

No	Identification	Length	Width	Thick	Impact Energi	Temperatur	CSA
		(mm)	(mm)	(mm)	(Joule)	(°C)	mm ²
1	S.1	57,07	9,97	8,15	136,3	30	81,26
2	S.2	56,24	9,97	8,22	138,3	30	81,95
3	S.3	56,27	9,99	8,3	144,3	30	82,92
4	SHD.1	57,12	10,13	8,46	139,9	30	85,70
5	SHD.2	56,15	10,13	8,36	137,3	30	84,69
6	SHD.3	56,18	10,18	8,45	139,8	30	86,02

Data yang didapatkan dari hasil pengujian kemudian formulasikan seperti yang dijelaskan pada bab 3, hasil dari formulasi tersebut didapatkan nilai *Energi Absorb* seperti berikut.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian *Impact*

No	Identification	Impact Energi	ENERGI ABSORB
		(Joule)	(J/mm ²)
1	S.1	136,3	1,68
2	S.2	138,3	1,69
3	S.3	144,3	1,74
4	SHD.1	139,9	1,63
5	SHD.2	137,3	1,62
6	SHD.3	139,8	1,63

Hasil pengujian *impact* menunjukkan nilai sebesar 136.3 J, 138,3 J, dan 144,3 J untuk nilai *impact* energi pada material baja yang tidak melewati proses *hot dip galvanizing*, rata-rata nilai *impact* energi dari baja adalah sebesar 139,63 J. Material *steel hot dip galvanized* memiliki

nilai *impact* energi sebesar 139,9 J, 137,3 J, dan 139,8 J, nilai rata-rata dari material *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 139 J.

Material baja memiliki energi *absorb* sebesar 1,68 J/mm², 1,69 J/mm², dan 1,74 J/mm². Rata-rata energi *absorb* material baja adalah sebesar 1,70 J/mm². Pada material *steel hot dip galvanized* nilai energi *absorb* material adalah sebesar 1,63 J/mm², 1,62 J/mm², dan 1,63 J/mm², dengan nilai rata-rata sebesar 1,62 J/mm².

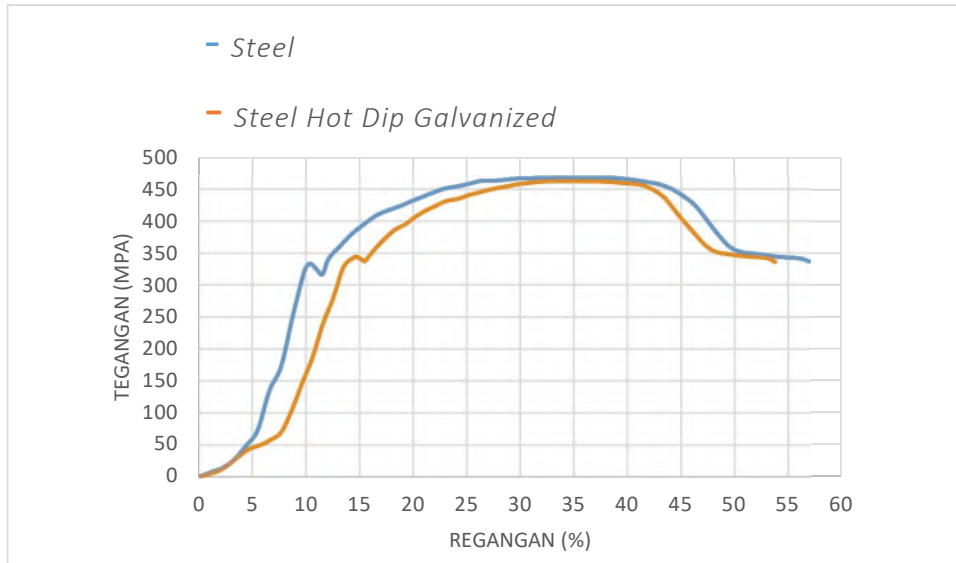
4.1.3. Analisis Hasil Pengujian Tarik dan Pengujian *Impact*

Pada penelitian ini dilakukan dua pengujian material untuk mengetahui pengaruh dari *hot dip galvanized* pada sebuah material baja. Perhitungan hasil dari uji tarik dan *impact* mengacu pada *rules* BKI yang berlaku. Hasil pengujian meliputi nilai kekuatan maksimum, besar pemuluran, dan pengurangan luasan penampang pada masing-masing spesimen *steel hot dip galvanized* dan baja tanpa perlakuan khusus. Berdasarkan Hasil Pengujian yang dibahas di bab sebelumnya maka didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 4.5 Rata-rata Hasil Pengujian Tarik

No	Material	Tensile Results		
		Yield Stress	Ultimate Stress	Elongation
		Mpa	Mpa	%
1	Steel (S)	327,13	467,60	31,75
2	Steel Hot Dip Galvanized (SHD)	334,77	460,27	30,47

Terdapat perbedaan nilai *yield stress* pada kedua jenis material, pada baja memiliki nilai sebesar 327,13 MPa dan *steel hot dip galvanized* memiliki nilai sebesar 334,77 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa proses *hot dip galvanizing* memberikan efek pada meningkatnya kekuatan luluh material sebesar 2,33% dibandingkan dengan material dasar, sehingga semakin tinggi nilai *yield stress* maka akan semakin besar tegangan yang dibutuhkan material untuk mulai terdeformasi secara plastis.



Gambar 4.1 Grafik *Stress – Strain* Hasil Uji Tarik

Nilai *ultimate stress* pada kedua jenis material juga menunjukkan hasil yang berbeda dimana nilai *ultimate stress* pada baja adalah sebesar 467,60 MPa dan *steel hot dip galvanized* sebesar 460,27 MPa. Nilai *ultimate stress* ini menunjukkan bahwa proses *hot dip galvanizing* memberikan efek menurunnya nilai *ultimate stress* sebesar 1,56% dari nilai material dasarnya, dapat diartikan bahwa proses *hot dip galvanizing* membuat menurunnya tegangan maksimum yang diberikan kepada suatu material sebelum material tersebut patah.

Nilai *elongation* berguna untuk mengetahui keuletan atau kegetasan suatu material, ditinjau dari perpanjangan dari sebuah material ketika diuji tarik sampai patah. Semakin tinggi nilai *elongation* maka akan semakin ulet material, sebaliknya jika semakin rendah maka material tergolong semakin getas. Pada pengujian didapatkan hasil *elongation* pada material *steel hot dip galvanized* lebih rendah sebesar 1,28% dibandingkan baja yang tidak melewati proses *hot dip galvanizing* sehingga dapat dikatakan proses *hot dip galvanizing* memberikan efek berkurangnya keuletan material dibandingkan dengan material dasarnya.

Tabel 4.6 Rata-rata Hasil Pengujian *Impact*

No	Identification	Impact Energi	Energi Absorb
		(Joule)	(J/mm ²)
1	Steel (S)	139,63	1,70
2	Steel Hot Dip Galvanized (SHD)	139	1,63

Terdapat perbedaan nilai *impact energy* dan *energy absorb* pada kedua material, dimana material material *steel hot dip galvanized* memiliki nilai *impact energy* yang lebih kecil sebesar 0,45% dibandingkan dengan material dasarnya, dan nilai *energy absorb* menurun sebesar 4,12% dibandingkan material dasar. Pengujian menyimpulkan bahwa proses *hot dip*

galvanizing memberikan efek dimana material akan semakin getas dibandingkan dengan material dasarnya.

Hasil pengujian didapat kemudian ditinjau berdasarkan standar BKI Volume V, *Rules for Materials*, untuk mengetahui bisa atau tidaknya material *steel hot dip galvanized* digunakan sebagai material pembangunan kapal.

Grade	Yield strength R_{eH} [N/mm ²] min.	Tensile strength R_m [N/mm ²]	Elongation ²⁾ A (at $L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{S_0}$) [%] min.	Notched bar impact energy ⁵⁾						
				Test temp [°C]	KV [J] min.					
					$t \leq 50$ [mm]		$50 < t \leq 70$ [mm]		$70 < t \leq 100$ [mm]	
					long.	transv.	long.	transv.	long.	transv.
KI-A	235	400- 520 ³⁾	22	+20	—	—	34 ⁴⁾	24 ⁴⁾	41 ⁴⁾	27 ⁴⁾
KI-B				0	27 ³⁾	20 ³⁾	34	24	41	27
KI-D				-20	27	20	34	24	41	27
KI-E				-40	27	20	34	24	41	27

t = thickness of product [mm]

²⁾ Required elongation for flat tensile test specimens with gauge length $L_0 = 200$ mm, width = 25 mm and a thickness equal to the product thickness:

t [mm]	≤ 5	> 5 ≤ 10	> 10 ≤ 15	> 15 ≤ 20	> 20 ≤ 25	> 25 ≤ 30	> 30 ≤ 40	> 40 ≤ 50
Elongation A_{200} mm [%]	14	16	17	18	19	20	21	22

³⁾ For Grade KI-A sections the upper limit for the specified tensile strength range may be exceeded up to 570 N/mm², irrespective of product thickness.

⁴⁾ Notch impact tests are generally not required for Grade KI-B steels with thickness of 25 mm or less.

⁵⁾ For Grade KI-A products with thickness in excess of 50 mm, notch impact tests are not required provided that the steel has been fine grain treated and normalised. TM rolled steels may also be supplied without notch impact testing provided that BKI has waived the need.

⁶⁾ See B.6.3 and B.6.4

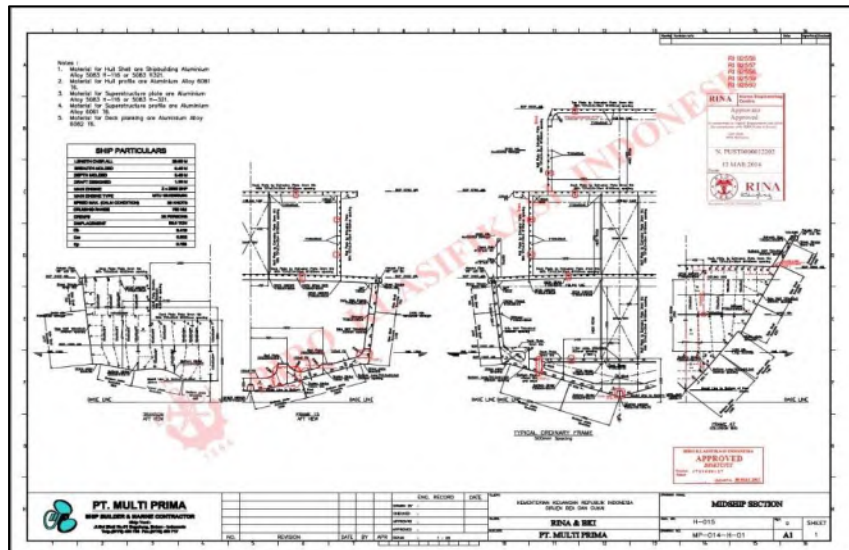
Gambar 4.2 Standar BKI Part 1 Volume V

Hasil pengujian ditinjau dengan standar acuan yang ada pada Gambar 4.1, pada standar acuan BKI hasil uji tarik memiliki kriteria dimana material memiliki nilai *yield strength* minimal sebesar 235 MPa, nilai *ultimate* atau *tensile strength* memiliki range sebesar 400 MPa sampai 520 MPa, dan nilai *elongation* minimal sebesar 22%. *steel hot dip galvanized* memiliki nilai *yield strength* sebesar 334,77 MPa, *ultimate* atau *tensile strength* sebesar 460,27 MPa, dan *elongation* sebesar 30,47%. Nilai *impact* tidak ada standar perlu dipenuhi, pengujian dilakukan pada suhu +20° karena kapal diasumsikan akan beroperasi pada suhu perairan Indonesia yang tidak memiliki suhu minus. Pengujian *impact* dilakukan dengan spesimen dengan tebal 10 mm yang memiliki harga *impact energy* sebesar 139 Joule. Pada standar untuk KI Grade A pengujian dilakukan dengan tebal spesimen 50 mm sampai 70 mm minimal memiliki harga *impact energy* dengan pengujian metode *Charpy V-Notch* sebesar 24 Joule pada posisi melintang. Disimpulkan jika proses *hot dip galvanizing* memberikan perubahan sifat mekanik pada material dasar yang digunakan, namun hasil pengujian menunjukkan bahwa baja KI Grade A yang melewati proses *hot dip galvanizing* tetap dapat digunakan sebagai material pembangun

kapal dengan *Grade* yang sama dengan material dasarnya sesuai dengan standar BKI Volume V, *Rules for Materials*.

4.2. Perancangan Konstruksi Kapal Patroli *Steel Hot Dip Galvanized*

Perancangan konstruksi kapal patroli yang dilakukan pada penelitian ini hanya merubah ukuran dari konstruksi kapal patroli aluminium acuan tanpa mengubah sistem konstruksi yang digunakan. *Rules* yang digunakan pada perancangan konstruksi kapal patroli adalah BKI Volume III, *Rules for High Speed Craft*, 2016.



Gambar 4.3 *Midship Section* Kapal Patroli Aluminium

Pada BKI Volume III, *Rules for High Speed Craft*, 2016 formula untuk menghitung tebal pelat adalah,

$$t = 22,4 \times \mu \times s \times \sqrt{\frac{p}{\sigma_{am}}} \quad (4.1)$$

Dimana :

- t = Thickness of Plate [mm]
- P = Design Pressure [kPa]
- σ_{am} = Permissible Normal Stress [Mpa]
- μ = $\sqrt{1,1 - 0,5 \cdot \left(\frac{s}{l}\right)^2}$ ($\mu \leq 1$)
- s = Spacing of Stiffeners [m]
- l = Overall Span of Stiffeners [m]

Pada konversi ukuran pelat hanya nilai dari σ_{am} yang berubah. Nilai μ , s , dan 22,4 dapat diabaikan. *Design load* pada konversi dapat diasumsikan sama karena letak dan besar pembebanan yang sama. Sehingga,

$$P_1 = P_2$$

$$t_1^2 \cdot \sigma_{am_1} = t_2^2 \cdot \sigma_{am_2}$$

$$t_1^2 \cdot \sigma_{am_1} / \sigma_{am_2} = t_2^2$$

Dimana :

- σ_{am} = c/k
- c = *coefficient*
- k = *Material Factor*

$$t_1^2 \cdot \frac{c_1}{c_2} \cdot \frac{k_1}{k_2} = t_2^2 \quad (4.2)$$

Dimana :

- t_1 = Tebal Pelat Aluminium [mm]
- c_1 = Koefisien Aluminium
- k_1 = Faktor Material Aluminium
- t_2 = Tebal Pelat *Steel Hot Dip Galvanized* [mm]
- c_2 = Koefisien *Steel Hot Dip Galvanized*
- k_2 = Faktor Material *Steel Hot Dip Galvanized*

Nilai c adalah koefisien yang bergantung pada beban yang dihitung adalah tekanan akibat benturan *slamming* yang terjadi pada bagian alas kapal maka c memiliki nilai sebesar 235 untuk material baja dan 125 untuk material aluminium, jika beban yang dihitung adalah tekanan air laut yang bekerja pada alas dan sisi kapal maka c memiliki nilai sebesar 185 untuk material baja dan 85 untuk material aluminium. Nilai k sendiri adalah nilai faktor material, tiap material formula yang berbeda sesuai dengan BKI Volume III, *Rules for High Speed Craft*, 2016. Perhitungan k pada material baja,

$$k = 235/R_{eh}$$

Dimana :

- R_{eh} : *Yield Stress Material Steel Hot Dip Galvanized*

Pada pengujian didapatkan R_{eh} dari *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 334,77 MPa. Perhitungan k pada material aluminium,

$$k = 235/R_{eh}$$

Dimana :

- R_{eh} : *Yield Stress Material Aluminium*

Nilai R_{eh} yang digunakan adalah sebesar 125 MPa untuk material paduan Aluminium seri 5083. Pada perhitungan ukuran penegar, terlebih dahulu perlu diketahui modulus dari tiap material yang digunakan sehingga didapatkan nilai modulus yang perlu dipenuhi berdasarkan ukuran penegar pada konversi yang dilakukan. Pada BKI Volume III, *Rules for High Speed Craft*, formula untuk modulus pada penegar utama adalah,

$$Z = 1000 \times \frac{s^2 \times b \times p}{m \times \sigma_{am}} \quad (4.3)$$

Formula untuk modulus pada penegar kecil adalah,

$$Z = 1000 \times \frac{l^2 \times s \times p}{m \times \sigma_{am}} \quad (4.4)$$

Dimana :

- Z = Modulus [cm³]
- l = *overall Span of Stiffeners* [m]
- s = *Spacing of Stiffeners* [m]
- p = *Design Pressure* [kPa]
- m = *Coefficient Depending on the Type of Stiffeners*
= 12.00
= 8.00
- σ_{am} = *Normal Stress* [MPa]
- b = *Actual Spacing of Primary Stiffeners* [m]
- s = *Scantling Span of Primary Stiffeners* [m]
- m = *Coefficient Depending on the Support Conditions*
= 10.00
= 8.00

Pada konversi hanya nilai σ_{am} , sehingga faktor lain yang terdapat pada formula perhitungan modulus dapat diabaikan. *Design load* pada konversi dapat diasumsikan sama karena letak dan besar pembebanan yang sama. Sehingga,

$$P_1 = P_2$$

$$Z_1 \cdot \sigma_{am_1} = Z_2 \cdot \sigma_{am_2}$$

$$\frac{Z_1 \cdot \sigma_{am_1}}{\sigma_{am_2}} = Z_2$$

$$Z_1 \cdot \frac{c_1}{c_2} \cdot \frac{k_1}{k_2} = Z_2 \quad (4.5)$$

Dimana :

- Z_1 = Modulus Aluminium [cm³]
- c_1 = Koefisien Aluminium
- k_1 = Faktor Material Aluminium
- Z_2 = Modulus *Steel Hot Dip Galvanized* [cm³]
- c_2 = Koefisien *Steel Hot Dip Galvanized*
- k_2 = Faktor Material *Steel Hot Dip Galvanized*

Berdasarkan perhitungan menggunakan formula diatas didapatkan ukuran pelat dan penegar kapal patroli yang dikonversi dari material aluminium menjadi material *steel hot dip galvanized*. Hasil dari perhitungan ukuran pelat dan penegar kapal patroli sebagaimana terlampir memiliki ukuran yang relatif lebih kecil dikarenakan perubahan faktor material yang dipengaruhi oleh *yield strength* pada masing-masing material. Hasil dari perhitungan dan perbandingan ketebalan ukuran pelat dan penegar kapal patroli, beserta desain konstruksi hasil konversi akan dilampirkan pada penulisan laporan penelitian ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

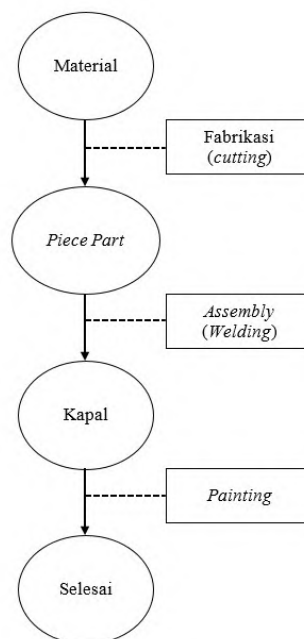
BAB 5 ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS

5.1. Analisa Teknis

Metode pembangunan kapal sangat berpengaruh dalam penentuan teknis pembangunan kapal, karena teknis pembangunan kapal dapat dijabarkan ketika metode pembangunan kapal ditentukan. Metode pembangunan kapal yang diketahui adalah metode konvensional, metode sistem blok, metode *full outfitting block system* (FOBS), dan metode *integrated hull construction, outfitting, and painting* (IHOP). Pada penelitian ini analisa teknis pembangunan kapal patrol *steel hot dip galvanized* akan dibandingkan dengan teknis pembangunan kapal patroli aluminium yang *existing* di PT. X, Gresik.

5.1.1. Teknis Pembangunan Kapal Patroli Aluminium

Pembangunan kapal aluminium yang ada di PT. X menggunakan metode pembangunan konvensional dimana pembangunan kapal berawal dari penyusunan konstruksi lalu kemudian kulit lambung kapal. Metode konvensional digunakan karena tingginya kemungkinan *misalignment* dan deformasi pada pembangunan kapal menggunakan metode sistem blok, yang mana *misalignment* dan deformasi sangat dihindari pada pembangunan kapal cepat.



Gambar 5.1 Diagram Alir Pembangunan Kapal Alumnum Metode Konvensional

Pada Gambar 5.1 dapat dilihat jika pekerjaan utama pembangunan kapal menggunakan metode konvensional bertitik berat di pekerjaan pemotongan material, pengelasan *piece part*, dan pengecatan sebagai finishing. Material diolah pada bengkel fabrikasi untuk dibentuk menjadi *piece part* berdasar penegar yang digunakan pada sistem konstruksi. *Piece part* lalu akan disambungkan satu per satu sampai sistem konstruksi tersusun sesuai dengan rencana produksi. Kulit lambung akan disambungkan ketika sistem konstruksi telah tersusun. Ketika proses penyambungan kulit lambung dan sistem konstruksi telah selesai dilakukan, sebagai *finishing* kapal akan di cat untuk menambah estetika dan menambah ketahanan terhadap korosi.

Tabel 5.1 Metode Teknis Pembangunan Kapal Patroli Aluminium

Aluminium	
Proses	Metode
<i>Cutting</i>	CNC Plasma
<i>Welding</i>	<i>Tungsten Inert Gas</i>
<i>Painting</i>	<i>Air Spray</i>

Pada pembangunan kapal patroli aluminium, material yang ada terlebih dahulu di fabrikasi dengan dilakukannya pemotongan material menjadi *piece part* sesuai dengan bentuk dan ukuran konstruksi yang ada pada gambar *midship section*. Peralatan yang digunakan pada PT. X pada proses pemotongan material adalah mesin CNC Plasma. CNC Plasma digunakan karena CNC Plasma memiliki keunggulan dimana hasil dari pemotongan menggunakan alat tersebut menghasilkan potongan yang rapi dan tepat dikarenakan CNC Plasma memiliki akurasi yang sangat baik karena menggunakan sinar laser yang stabil dalam keadaan apapun. Kelebihan lainnya adalah mesin ini adalah dapat memotong bukan hanya material keras seperti baja atau aluminium *alloy* saja, namun juga dapat memotong material lunak seperti karet dan silikon. Mesin CNC Plasma juga memiliki dimana mesin ini membutuhkan daya yang besar dalam pengoperasiannya dan membutuhkan *software* khusus untuk menentukan arah dari gerakan laser yang harus disesuaikan dengan pola yang dibuat. Setelah material melalui pemotongan maka akan dihasilkan *piece part* sesuai dengan bentuk dan ukuran konstruksi yang dibutuhkan.

Piece part yang telah selesai kemudian akan disusun dan disambungkan sehingga membentuk sistem konstruksi kapal yang direncanakan. Sistem konstruksi yang telah tersusun dan tersambung kemudian disambungkan dengan pelat kulit kapal. Pada kondisi *existing* di PT. X metode penyambungan menggunakan metode pengelasan *Tungsten Inert Gas*. Metode *Tungsten Inert Gas* adalah salah satu metode yang disarankan oleh Biro Klasifikasi Indonesia pada BKI Vol III, *rules for high speed craft*. Pada BKI Vol III, *rules for high speed craft* metode pengelasan yang disarankan pada kapal patroli aluminium adalah *Tungsten Inert Gas* (TIG) dan

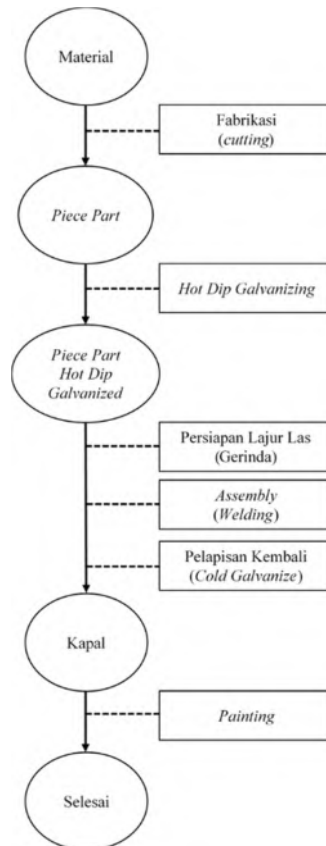
Metal Inert Gas (MIG). Metode pengelasan TIG umumnya digunakan pada pengelasan material aluminium atau *stainless steel*. Pada pengelasan TIG, elektroda tidak ikut mencair dikarenakan elektroda hanya berfungsi sebagai penghasil busur listrik saat bersentuhan dengan benda kerja, sedangkan untuk logam pengisi yang digunakan adalah *filler rod*. Utamanya, pengelasan TIG menggunakan gas pelindung untuk melindungi material pada saat proses pengelasan berlangsung. Pengelasan TIG memiliki kelebihan dimana hasil pengelasan tidak menghasilkan slag, tidak menghasilkan percikan las sehingga hasil las lebih bersih, dan karena adanya gas pelindung maka tidak ada reaksi oksidasi yang disebabkan oleh oksigen dan nitrogen pada material las. Namun, pengelasan TIG memiliki kecepatan pengelasan yang rendah dibandingkan dengan metode pengelasan lainnya dan metode pengelasan ini membutuhkan ruangan tertutup agar tidak gas pelindung tidak terganggu dengan angin sehingga dapat memberikan perlindungan maksimal.

Proses pengecatan ditujukan sebagai *finishing* pada pembangunan kapal untuk memberikan perlindungan tambahan pada material dan penambah estetika kapal. Pengecatan dilakukan setelah seluruh proses pengelasan selesai dilaksanakan dan kapal telah jadi secara keseluruhan. Pada proses pengecatan kapal aluminium, jenis cat yang digunakan adalah cat *epoxy* sebagai lapisan primer, sedangkan untuk daerah tercelup menggunakan *sealer* dan anti *fouling* dengan masing masing berjenis *epoxy* dan TBT *Free*. Pada bagian atas air setelah lapisan primer akan diberi lapisan *topcoat* yang berjenis *epoxy*. Lapisan primer adalah lapisan pertama pada proses pengecatan yang berfungsi untuk menutup pori-pori material dan sekaligus memberikan daya lekat dengan lapisan berikutnya. Lapisan *sealer* adalah lapisan penghubung yang berfungsi memberi daya rekat lebih antar lapisan cat lainnya. Lapisan anti *fouling* adalah lapisan terakhir pada pengecatan bagian kapal bawah air yang berfungsi sebagai pelindung badan kapal dari biota laut yang menempel ketika kapal sedang beroperasi. Sedangkan, pada bagian atas air lapisan primer akan dilapisi oleh lapisan *topcoat* sebagai lapisan *finishing* yang memiliki fungsi utama sebagai lapisan yang memberikan estetika pada kapal.

5.1.2. Analisa Teknis Pembangunan Kapal Patroli *Steel Hot Dip Galvanized*

Kapal patroli *steel hot dip galvanized* dapat dibangun dengan metode yang sama dengan kapal patroli aluminium, dikarenakan kapal patroli memiliki fungsi pengawasan pada daerah tertentu sehingga didesain untuk memiliki kecepatan yang tinggi. Agar dapat mendapatkan kecepatan yang tinggi, maka kapal patroli didesain sedemikian rupa untuk meminimalkan hambatan yang terjadi pada gerak kapal. Tingkat keakuratan pada pembangunan kapal patroli harus presisi sehingga pada proses pembangunannya seminimal mungkin terdapat adanya

kesalahan pembangunan. Pembangunan kapal patroli yang ada pada PT. X menggunakan metode pembangunan konvensional, dimana pembangunan berawal dari konstruksi kapal yang disusun dan disambungkan terlebih dahulu lalu kemudian disambungkan dengan kulit lambung kapal. Pembangunan dengan metode konvensional dilakukan karena minimalnya pekerjaan panas yang berulang pada proses pembangunan. Proses pekerjaan panas yang berulang dapat menimbulkan terjadinya deformasi atau perubahan bentuk pada material karena adanya penetrasi panas yang tidak merata pada material. Pada metode pembangunan modern seperti pembangunan kapal metode sistem blok memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk mengalami *misalignment* karena pembangunan kapal terbagi menjadi beberapa blok yang kemudian akan disusun dan disambungkan agar menjadi kapal utuh. *Misalignment* ataupun deformasi dapat membuat berubahnya permukaan lambung kapal sehingga dapat mengurangi efisiensi gerak kapal pada saat beroperasi. Pada penelitian ini maka dapat diasumsikan jika pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized* menggunakan metode yang sama dengan pembangunan kapal patroli aluminium yang *existing*.



Gambar 5.2 Diagram Alir Pembangunan Kapal *Steel Hot Dip Galvanized*

Pada pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized*, tentunya material dasar baja perlu melewati proses *hot dip galvanizing*. Proses *hot dip galvanizing* ditujukan untuk melapisi material dasar baja dengan *zinc* cair untuk melindungi material dari korosi. Proses *hot dip galvanizing* memiliki kelemahan dimana terbatasnya ukuran dan jumlah material yang akan dicelupkan, hal ini disebabkan karena terbatasnya luas kolam pencelupan dan kapasitas berat beban dari *overheadcrane* yang digunakan. Berdasarkan kekurangan tersebut maka proses *hot dip galvanizing* tidak mungkin dilakukan pada saat kapal telah selesai dibangun. Karena terbatasnya ukuran dan jumlah material pada proses *hot dip galvanizing*, maka pencelupan dilakukan setelah material telah melalui proses pemotongan dan telah menjadi bentuk *piece part* karena pada tahap ini ukuran material lebih kecil dibandingkan material utuh yang belum melalui proses pemotongan, pada tahap ini material berbentuk *piece part* konstruksi dari kapal yang akan dibangun.

Tabel 5.2 Metode Teknis Pembangunan Kapal Patroli *Steel Hot Dip Galvanized*

<i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	
Proses	Metode
<i>Cutting</i>	CNC Plasma
<i>Galvanizing</i>	<i>Hot Dip Galvanizing</i>
<i>Welding</i>	<i>Shield Metal Arc Welding</i>
<i>Painting</i>	<i>Air Spray</i>

Metode pemotongan material menjadi *piece part* tidak memerlukan metode khusus karena pada saat proses pemotongan material masih dalam kondisi material dasar baja tanpa adanya lapisan galvanis. Pada penelitian ini metode pemotongan dapat diasumsikan sama dengan metode pemotongan material aluminium, yaitu menggunakan mesin CNC Plasma. Mengingat mesin CNC Plasma dapat memotong logam apapun karena memiliki suhu pada busur plasma sebesar $\pm 25000^{\circ}\text{C}$.

Piece part kemudian melewati proses *hot dip galvanizing*. Proses *hot dip galvanizing* sendiri memiliki beberapa tahap proses untuk menghasilkan lapisan galvanis yang baik. Sebelum pencelupan dilakukan material terlebih dahulu melewati proses *pretreatment* atau persiapan. Pada tahap ini material melewati beberapa sub-proses, pertama material melewati proses *degreasing* yang berfungsi untuk menghilangkan minyak dan oli dari permukaan material. *Degreasing* memiliki teknis dimana material direndamkan kedalam larutan *sodium hydroxide* dengan suhu $70^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$. Material yang telah melewati proses *degreasing* kemudian melewati proses *rinsing* atau pencucian untuk menghilangkan larutan *sodium hydroxide* menggunakan air bersih. Kemudian, material melewati proses *pickling* dimana material akan

direndamkan kedalam larutan *Hydrochloric acid* untuk menghilangkan *mill scale* dan karat pada permukaan material, jika material memiliki karat yang cukup tebal maka perlu dilakukan *abrasive blasting*. Material yang telah melewati proses *pickling* kemudian melewati proses *rinsing* atau pencucian kembali menggunakan air bersih untuk menghilangkan larutan asam pada proses *pickling*.

Setelah proses pembersihan permukaan material dengan larutan basa dan asam dilakukan, material akan melewati proses *prefluxing* dimana material akan dicelupkan kedalam larutan *zinc ammonium chloride*, proses ini berfungsi untuk menghindari terjadinya proses oksidasi sebelum proses pelapisan dilakukan dan larutan *zinc ammonium chloride* akan membentuk lapisan dasar untuk memperkuat lapisan *zinc* dan material yang dicelupkan. Kemudian, proses pengeringan dilakukan menggunakan gas panas untuk mengeringkan material sembari membersihkan cairan-cairan yang mungkin masih terdapat pada permukaan material. Jika seluruh proses pada tahap persiapan telah dilakukan, maka material siap untuk melewati proses *hot dip galvanizing*.

Proses *hot dip galvanizing* kemudian dilakukan setelah seluruh proses pada tahap persiapan telah dilakukan. Proses *hot dip galvanizing* adalah proses pencelupan material kedalam kolam berisi *zinc* cair dengan suhu $\pm 450^{\circ}\text{C}$. Pada saat temperatur material baja sama dengan temperature *zinc* maka akan terjadi reaksi antara *zinc* dengan material baja yang membentuk lapisan galvanis pada permukaan baja. Titik leleh *zinc* hanya berkisar $\pm 30^{\circ}\text{C}$ dibawah temperatur kolam pencelupan, sehingga lapisan *zinc* akan cepat membeku.

Tabel 5.3 Waktu Ketahanan Korosi *Steel Hot Dip Galvanized*

Waktu Tahan <i>Hot Dip Galvanizing</i>	Ketebalan Lapisan <i>Galvanize</i>	Laju Korosi	Waktu Perlindungan Korosi
Menit	<i>Mils</i>	<i>Mils/Year</i>	Tahun
1	1,5	0,355	4,23
2	3		8,45
3	4,5		12,68
4	6		16,90
5	7,5		21,13

Proses *hot dip galvanizing* berlangsung selama 1-5 menit dimana ketebalan yang dihasilkan adalah sebesar 1,5 *mils*/menit. Ketebalan lapisan *galvanize* ditetapkan berdasarkan kebutuhan waktu perlindungan dimana laju korosi *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 0,355 *mils per year* (Porter, 1994). Pada proses *hot dip galvanizing* yang dilakukan selama 5 menit maka akan menghasilkan ketebalan lapisan *galvanize* setebal 7,5 *mils*, dan akan melindungi material dasar selama ± 21 tahun 1 bulan.

Proses *quenching* dilakukan sesaat setelah material melewati proses *hot dip galvanized*. Proses *quenching* dilakukan dengan mencelupkan material yang baru saja melewati proses pencelupan kedalam bak berisi larutan *sodium dichromate* dengan konsentrasi lemah. Proses ini membentuk lapisan pasivasi *chromate* pada permukaan material dan juga dengan cepat mendinginkan material. Pasivasi *chromate* diperlukan karena memberikan proteksi sementara pada lapisan galvanis, karena lapisan galvanis yang baru saja terbentuk sangat rentan terhadap oksidasi bila terkepos dengan air hujan atau kondensasi. Lapisan galvanis membutuhkan waktu selama 2 – 3 minggu untuk membentuk lapisan oksida stabil. Setelah proses *quenching* telah dilakukan, kemudian proses *finishing* dilakukan yang bertujuan untuk menghaluskan permukaan material. *Finishing* dilakukan karena adanya permukaan yang tidak rata yang disebabkan oleh cairan seng yang hendak menetes namun telah mengering terlebih dahulu.

Pada proses pengelasan sendiri, *piece part* yang telah melewati proses *hot dip galvanizing* kemudian akan disusun dan disambungkan satu per satu hingga membentuk konstruksi kapal yang akan dibangun. Sebelum proses pengelasan dimulai, agar menghasilkan sambungan las yang baik maka material *steel hot dip galvanized* perlu digerinda terlebih dahulu untuk menghilangkan lapisan galvanis disekitar lajur las. Ketika pengelasan berlangsung tanpa adanya proses penghilangan lapisan galvanis disekitar lajur las dengan gerinda maka akan ada kemungkinan dimana galvanis yang mencair akibat proses pengelasan akan menyebabkan cacat las seperti *porosity*. Lapisan galvanis yang perlu digerinda adalah sebesar 3 sampai 5 cm dari ujung kampuh las. Metode pengelasan pada material *steel hot dip galvanized* tidak membutuhkan gas pelindung, sehingga metode *Shield Metal Arc Welding (SMAW)* yang merupakan metode paling umum di industri perkapalan dapat digunakan untuk pengelasan material *steel hot dip galvanized*. Setelah proses pengelasan telah dilakukan, perlu dilakukan pelapisan kembali pada material di daerah las yang kehilangan lapisan galvanis karena proses gerinda ataupun proses pengelasan. Proses pelapisan kembali daerah las tersebut dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu *thermal spraying*, *solder sticks*, dan yang terbaru adalah *coating cold galvanize*. *Coating cold galvanize* memiliki teknis pengaplikasian sama dengan cat umumnya, dimana pengaplikasiannya dapat menggunakan kuas, *roll*, atau *spray*.

Proses pengecatan ditujukan sebagai *finishing* pada pembangunan kapal untuk memberikan perlindungan tambahan pada material dan penambah estetika kapal. Pengecatan dilakukan setelah seluruh proses pengelasan selesai dilaksanakan dan kapal telah jadi secara keseluruhan. Pada proses pengecatan kapal patroli *steel hot dip galvanized* ada beberapa jenis cat yang cocok dengan material *steel hot dip galvanized*, yaitu *epoxy polyamide* dan *aliphatic*

polyurethanes. Pada pengecatan kapal *steel hot dip galvanized* jenis cat *epoxy polyamide* dapat digunakan sebagai lapisan primer. Setelah lapisan primer untuk bagian tercelup kapal menggunakan *epoxy vinyl* dan TBT Free sebagai lapisan *sealer* dan anti *fouling*. Pada bagian kapal yang tidak tercelup air, setelah lapisan primer maka langsung dilapisi kembali dengan *top coat* yang berjenis *aliphatic polyurethanes*.

5.1.3. Perbandingan Teknis Pembangunan Kapal Patroli

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan terhadap teknis pembangunan kapal patroli aluminium dengan kapal patroli *steel hot dip galvanized*. Metode pembangunan yang digunakan adalah metode konvensional, dimana pembangunan kapal berawal dari penyusunan konstruksi lalu kemudian kulit lambung kapal. Teknis proses pekerjaan pada pembangunan kapal patroli aluminium berbeda dengan teknis proses pekerjaan pada pembangunan kapal *steel hot dip galvanized*, meskipun menggunakan metode yang sama. Teknis pembangunan kapal patroli aluminium ditulis berdasarkan kondisi *existing* pembangunan kapal patroli di PT X, Gresik. Pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized* di analisa pada sub-bab sebelumnya.

Tabel 5.4 Perbandingan Metode Teknis Pembangunan Kapal Patroli

Proses	Material			
	Aluminium		Steel Hot Dip Galvanized	
	Metode	Kebutuhan Proses	Metode	Kebutuhan Proses
Cutting	CNC Plasma	-	CNC Plasma	-
Welding	Tungsten Inert Gas	Filler Rod	Shield Metal Arc Welding	Electrode
		Gas Argon		
Painting	Primer	Pure Epoxy	Penutupan Kembali Lajur Las	Cold Galvanize
	Sealer	Epoxy	Primer	Epoxy Polyamid
	Antifouling	TBT Free	Sealer	Epoxy
			Antifouling	TBT Free
			Topcoat	Aliphatic Polyurethanes

Pada pembangunan kapal aluminium *existing* di PT. X, peralatan yang digunakan pada proses pemotongan material adalah dengan mesin CNC plasma. CNC plasma adalah alat yang memiliki fungsi dapat memotong jenis logam apapun dengan tingkat keakuratan yang sangat tinggi. Keunggulan dari menggunakan CNC plasma adalah akurasi pemotongan yang sangat baik, karena memiliki sistem yang telah terkomputerisasi dan menggunakan sinar laser yang stabil. Kedua material, baik aluminium maupun *steel hot dip galvanized* dapat menggunakan mesin CNC Plasma pada proses pemotongan.

Pada proses pengelasan penyambungan *piece part* pada pembangunan kapal patroli aluminium metode yang dilakukan adalah metode *tungsten inert gas* (TIG). TIG adalah metode pengelasan yang menggunakan elektroda tak terumpun, elektroda hanya berfungsi sebagai

penghasil busur listrik saat bersentuhan dengan benda kerja, TIG menggunakan gas pelindung seperti *argon* dan *helium* untuk melindungi daerah pengelasan dari oksidasi dan kontaminasi udara lainnya, untuk logam pengisi pengelasan TIG menggunakan *filler rod*. Pada pengelasan aluminium 5083 gas pelindung yang digunakan adalah gas pelindung *argon* 90% dan untuk *filler rod* menggunakan tipe ER 5356.

Proses pengelasan pada *steel hot dip galvanized* dapat dilakukan dengan metode yang berbeda, pengelasan dapat dilakukan menggunakan metode yang paling umum digunakan di industri perkapalan yaitu *shield metal arc welding* (SMAW) karena material *steel hot dip galvanized* tidak membutuhkan gas pelindung untuk melindungi material saat proses pengelasan berlangsung. SMAW adalah pengelasan yang menggunakan energi panas pada proses untuk mencairkan benda kerja dan elektroda yang berfungsi sebagai logam pengisi. Pada pengelasan SMAW *flux* yang ada pada elektroda berfungsi untuk melindungi logam las yang mencair saat proses pengelasan berlangsung, *flux* akan menjadi slag ketika sudah padat. *Filler* yang biasa digunakan pada pembangunan kapal dengan material baja berjenis E6013. Pengelasan berlangsung setelah proses *hot dip galvanizing*, maka setelah proses pengelasan maka perlu dilakukan pelapisan galvanis kembali dengan metode *spray* dengan *coating cold galvanize*. *coating cold galvanize* yang umum digunakan sebagai perbaikan lapisan *hot dip galvanizing* adalah KIND KI 4002CG.

Pada proses pengecatan kapal aluminium, jenis cat yang digunakan adalah cat *epoxy* sebagai lapisan primer, sedangkan untuk daerah tercelup menggunakan *sealer* dan anti *fouling* dengan masing masing berjenis *epoxy* dan TBT *Free*. Pada bagian atas air setelah lapisan primer akan diberi lapisan *topcoat* yang berjenis *epoxy*. Pada proses pengecatan kapal *steel hot dip galvanized* jenis cat yang digunakan adalah *epoxy polyamide* sebagai lapisan primer. Setelah lapisan primer untuk bagian tercelup kapal menggunakan *epoxy vinyl* dan TBT *Free* sebagai lapisan *sealer* dan anti *fouling*. Pada bagian kapal yang tidak tercelup air, setelah lapisan primer maka langsung dilapisi kembali dengan *top coat* yang berjenis *aliphatic polyurethanes*.

Tabel 5.5 Keunggulan dan Kelemahan Material *Steel Hot Dip Galvanized* dibandingkan dengan aluminium

Keunggulan	Kelemahan
Sifat Mekanik Material	Perlu Pelapisan Kembali Lajur Las
Ketahanan Korosi	Massa Jenis Lebih Besar
Metode Pengelasan	Membutuhkan Cat Khusus
Harga Material Lebih Ekonomis	Industri <i>Hot Dip Galvanizing</i> Belum Tersebar Luas Di Indonesia

Material *Steel Hot Dip Galvanized* memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan material aluminium. Material *Steel Hot Dip Galvanized* memiliki kekuatan mekanik yang lebih besar jika dibandingkan dengan aluminium, seperti pada hasil dari dari pengujian

material *Steel Hot Dip Galvanized* memiliki nilai *yield stress* sebesar 334,77 Mpa. Nilai *yield stress* pada material aluminium 5083 adalah sebesar 215 Mpa. Berdasarkan nilai *yield stress* maka dapat diketahui nilai faktor material pada perhitungan ukuran konstruksi, semakin besar nilai *yield stress* maka akan semakin kecil ukuran penegar yang dibutuhkan. Keunggulan lainnya adalah ketahanan korosi, ketahanan korosi material *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 0,355 mpy sedangkan aluminium memiliki lajur korosi sebesar 0,784 mpy. Nilai ketahanan korosi kedua material tergolong sangat baik, namun pada material aluminium masih ada kemungkinan akan terjadinya pertambahan nilai ketahanan korosi karena terjadinya proses perlindungan katoda karena kapal aluminium sedang sandar atau parkir berdekatan dengan kapal baja. Hal ini disebabkan karena aluminium memiliki nilai potensial elektroda yang lebih tinggi dibandingkan dengan baja.

Metode pengelasan juga menjadi keunggulan material *steel hot dip galvanized* karena pada proses pengelasan material *steel hot dip galvanized* tidak membutuhkan gas pelindung seperti pada aluminium. Metode pengelasan *steel hot dip galvanized* dapat menggunakan metode yang paling umum di industri perkapalan yaitu, *shield metal arc welding* (SMAW). Metode pengelasan yang digunakan pada material aluminium adalah *tungsten inert gas* (TIG), karena material aluminium sangat membutuhkan gas pelindung untuk membentuk *barrier* terhadap udara ketika proses pengelasan berlangsung agar tidak terjadi proses oksidasi. Kelebihan metode SMAW dibandingkan dengan TIG adalah metode SMAW memiliki efisiensi kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode TIG dan metode SMAW dapat dilakukan diruang terbuka, metode TIG harus dilakukan disuatu ruang dengan minim sirkulasi angin karena menggunakan gas pelindung yang perlu memperhatikan hembusan angin pada proses pengelasannya agar mendapat hasil yang maksimal. Namun, hasil pengelasan TIG tidak menghasilkan *slag* seperti metode SMAW, hasil las dari metode TIG lebih bersih dibandingkan dengan SMAW karena minimnya asap yang dihasilkan sehingga mudah bagi *welder* untuk mengamati hasil las. Keunggulan lainnya adalah harga material, dimana harga material *steel hot dip galvanized* ditinjau berdasarkan harga material dasar dan biaya *hot dip galvanizing*. Harga material dasar baja *marine grade* adalah sebesar Rp 13.000,00/Kg dan biaya *hot dip galvanizing* adalah sebesar Rp 13.500,00/Kg. Total biaya material *steel hot dip galvanized* adalah sebesar Rp 26.500,00/Kg. Harga material *steel hot dip galvanized* tentu lebih murah dibandingkan dengan harga aluminium *marine grade* yang berkisar Rp 75.000,00/Kg.

Material *steel hot dip galvanized* tentunya memiliki beberapa kekurangan jika dibandingkan dengan material aluminium. Kekurangan material *steel hot dip galvanized* adalah

memiliki massa jenis sebesar $7,85 \text{ ton/m}^3$ yang lebih besar hampir 3 kali lipat dibandingkan dengan material aluminium yang memiliki massa jenis sebesar $2,7 \text{ ton/m}^3$. Perbedaan nilai dari massa jenis akan berdampak langsung kepada kalkulasi berat kapal dari masing-masing material yang digunakan. Berdasarkan perhitungan berat material terlampir, maka dihasilkan berat kapal patroli aluminium adalah sebesar 26,402 ton sedangkan berat kapal patroli *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 56,992 ton. Berat kapal patroli *steel hot dip galvanized* lebih besar 215,86% dibandingkan dengan berat kapal patroli aluminium. Pada perhitungan berat kapal patroli *steel hot dip galvanized* berat lapisan galvanis yang dihasilkan oleh proses *hot dip galvanizing* tidak merubah banyak hasil perhitungan dikarenakan ketebalan lapisan yang dihasilkan hanya berkisar 1,5 mils sampai 7,5 mils dalam satu kali pencelupan sehingga dalam millimeter dihasilkan ketebalan lapisan sebesar yang tergolong sangat kecil yaitu 0,0381 mm sampai 0,1905 mm.

Kekurangan material *steel hot dip galvanized* lainnya adalah diperlukannya pelapisan kembali daerah sambungan las dengan *cold galvanize* karena saat sebelum proses pengelasan berlangsung, lapisan galvanis pada daerah sambungan las perlu dihilangkan dengan pekerjaan gerinda untuk menghindari terjadinya kecacatan hasil las yang disebabkan oleh lapisan galvanis yang mencair dan masuk ke daerah sambungan las pada saat proses pengelasan berlangsung.

Kekurangan lainnya dari material *steel hot dip galvanized* adalah tipe cat yang digunakan adalah beberapa tipe cat khusus, karena tidak semua cat dapat diaplikasikan dengan material *steel hot dip galvanized*. Cat yang disarankan oleh Asosiasi Galvanis Indonesia (AGI) adalah penggunaan cat *epoxy polyamide* sebagai lapisan primer dan cat *aliphatic polyurethanes* sebagai lapisan *top coat*. Pada kapal aluminium cat yang digunakan adalah cat yang umum digunakan pada industri perkapalan yaitu cat *epoxy*. Kekurangan terakhir dari material *steel hot dip galvanized* adalah industri penyedia jasa *hot dip galvanizing* di Indonesia belum cukup merata, sehingga menjadi hambatan tersendiri karena perlu dipertimbangkannya biaya akomodasi material yang akan melewati proses *hot dip galvanizing*. Berdasarkan data AGI, perusahaan *hot dip galvanizing* di Indonesia hanya tersebar di dua pulau, yaitu sumatera dan jawa. Di sumatera hanya terdapat 3 perusahaan *steel hot dip galvanizing* yang masing-masing tersebar di kota padang, batam, dan medan. Untuk pulau jawa terdapat 20 perusahaan *steel hot dip galvanizing* yang tersebar di jawa barat sebanyak 16 perusahaan, jawa timur 3 perusahaan, dan 1 perusahaan di jawa tengah. Industri *steel hot dip galvanized* belum menyentuh Indonesia bagian timur, sehingga akan membutuhkan biaya akomodasi yang lebih banyak untuk menghasilkan material *steel hot dip galvanized*.

5.1.4. Tinjauan Perubahan Daya Mesin Kapal Patroli

Pada penelitian ini dilakukan konversi material kapal patroli aluminium menjadi material *steel hot dip galvanized*. Konversi material pembangun kapal dari material aluminium menjadi material *steel hot dip galvanized* menyebabkan pertambahan berat kapal patroli yang didesain. Kapal patroli aluminium memiliki berat konstruksi kapal sebesar 26,402 ton sedangkan pada kapal patroli *steel hot dip galvanized* memiliki berat konstruksi kapal sebesar 56,992 ton. Pertambahan berat konstruksi kapal menyebabkan naiknya sarat dari desain kapal, sehingga memberikan implikasi terhadap bertambahnya hambatan yang terjadi pada saat kapal beroperasi. Hambatan yang semakin besar akan menyebabkan semakin besarnya daya mesin yang dibutuhkan pada kapal untuk mencapai kecepatan yang sama dengan penggunaan material yang berbeda.

Tabel 5.6 Kebutuhan Daya Mesin Kapal Patroli Kecepatan 20 Knot

Material Kapal	Berat Konstruksi	Sarat Kapal	Kecepatan Operasi	Hambatan	Daya Mesin
	Ton	Meter		Newton	Horse Power
Aluminium	26,402	1,35	20	86200	1983,62
<i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	56,992	1,57		132500	3049,53

Pada perhitungan yang dilampirkan, didapatkan kapal patroli aluminium memiliki sarat yang setinggi 1,35 meter. Penambahan berat konstruksi pada kapal patroli *steel hot dip galvanized* menyebabkan bertambahnya tinggi sarat pada kapal menjadi 1,57 meter. Diasumsikan kecepatan acuan operasi kapal adalah sebesar 20 knot, sehingga dengan kecepatan sebesar 20 knot hambatan yang terjadi pada kapal patroli aluminium saat beroperasi adalah sebesar 86200 N sedangkan pada kapal patroli *steel hot dip galvanized* hambatan yang terjadi pada saat kapal beroperasi adalah sebesar 132500 N. Berdasarkan hambatan pada masing-masing kapal dengan material yang berbeda, maka daya mesin yang dibutuhkan pada kapal patroli aluminium untuk mencapai kecepatan 20 knot adalah sebesar 1983,92 HP. Kapal patroli *steel hot dip galvanized* yang memiliki berat dan hambatan yang lebih besar membutuhkan daya mesin sebesar 3049,53 HP untuk mencapai kecepatan operasi 20 knot.

5.2. Analisa Ekonomis

Analisa ekonomis pada penelitian ini ditinjau berdasarkan 3 faktor pembangunan kapal yaitu biaya material, biaya tenaga kerja, dan biaya habis pakai. Biaya material akan dihitung berdasarkan harga material aluminium *marine grade* dan harga baja *marine grade*. Baja *marine grade* juga akan melewati proses *hot dip galvanizing* sehingga biaya material termasuk dengan biaya pencelupan baja. Pada tenaga kerja ditinjau berdasarkan beban kerja pada suatu proses, dengan jam kerja efektif dan jumlah pekerja diasumsikan sama dengan kondisi *existing*.

Keluaran dari biaya tenaga kerja adalah jam orang yang dibutuhkan di setiap proses pekerjaan, dan biaya yang gaji yang diterima oleh pekerja selama rentang waktu proses pembangunan kapal. Biaya habis pakai ditinjau berdasarkan material habis pakai pada pembangunan kapal seperti elektroda las, gas pelindung las, dan kebutuhan cat.

5.2.1. Biaya Material

Biaya material dihitung berdasar berat material yang dibutuhkan pada konstruksi kapal patroli dengan material aluminium dan material *steel hot dip galvanized*. Perhitungan berat dilakukan dengan pendekatan berdasar *design* konstruksi yang didapatkan dari gambar acuan kapal patroli material aluminium dan gambar yang dihasilkan dari perhitungan konversi pada bab 4. Perhitungan berat didapatkan dari menghitung volume setiap konstruksi yang ada pada kapal lalu dikalikan dengan massa jenis tiap material, yang mana massa jenis aluminium adalah sebesar $2,7 \text{ ton/m}^3$ dan untuk *steel hot dip galvanized* memiliki massa jenis sebesar $7,85 \text{ ton/m}^3$.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Perhitungan Berat Aluminium

Rekapitulasi Berat Lambung		
No	Block	Berat
		Ton
1	Block Transom - Fr 9	4,528
2	Block Fr 10 - Fr 21	3,950
3	Block Fr 22 - Fr 33	4,661
4	Block Fr 34 - Fr 45	4,866
5	Block Fr 46 - Fr 54	2,091
6	Block Upper Deck	5,068
7	Block Top Deck	1,239
	$\Sigma =$	26,402

Pada Tabel 5.2 didapatkan berat material kapal patroli dengan material aluminium adalah sebesar 26,402 ton. Harga untuk material aluminium *marine grade* berkisar Rp 75.000,00/kg. total biaya material yang diperlukan untuk membangun kapal patrol aluminium adalah sebesar Rp 1.980.150.000,00.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Berat *Steel Hot Dip Galvanized*

Rekapitulasi Berat Lambung		
No	Block	Berat
		Ton
1	Block Transom - Fr 9	10,859
2	Block Fr 10 - Fr 21	8,382
3	Block Fr 22 - Fr 33	9,282
4	Block Fr 34 - Fr 45	11,447
5	Block Fr 46 - Fr 54	4,986
6	Block Upper Deck	9,294
7	Block Top Deck	2,744
	$\Sigma 2 =$	56,992

Pada Tabel 5.3, berat kapal patroli yang menggunakan material *steel hot dip galvanized* didapatkan berat material sebesar 56,992 ton. Harga material baja *marine grade* berkisar Rp 13.000,00/Kg dan biaya untuk *hot dip galvanizing* berkisar pada harga Rp 13.500,00/Kg. Total biaya material yang diperlukan untuk membangun kapal patroli *steel hot dip galvanized* adalah sebesar Rp 1.510.288.000,00.

5.2.2. Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja dihitung berdasarkan kebutuhan jam orang pada setiap proses pekerjaan dalam pembangunan kapal patroli. Produktivitas pembangunan kapal patroli aluminium di PT. X akan dijadikan acuan pembanding dengan pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized*. Pada penelitian ini jumlah pekerja dan jam kerja efektif diasumsikan sama. Pada proses *cutting* dan *painting* peralatan kerja yang digunakan di asumsikan sama, sedangkan pada proses *welding* terdapat perbedaan pada metode pengelasan pada material aluminium dan *steel hot dip galvanized*.

5.2.2.1. Cutting

Pada pembangunan kapal patroli aluminium *existing*, produktifitas harian pekerja dapat mengerjakan pekerjaan pemotongan sejumlah 15 lembar dengan ukuran standar aluminium 1500 x 2000 x 6 mm, dengan jumlah pekerja sebanyak 2 orang yang berkerja efektif selama 8 jam dalam sehari. Produktifitas dari pekerja *existing* adalah sebesar 0.022 JO/Kg. Pada penelitian ini jumlah pekerja, peralatan yang digunakan, dan jam kerja efektif diasumsikan sama.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Total Biaya Pekerjaan *Cutting*

Cutting								
Material Kapal	Beban Kerja	Produktivitas	Jumlah Pekerja	JO yang dibutuhkan	Hari Kerja	Bulan Kerja	Gaji/Bulan	Total Biaya
	Kg	JO/Kg	Orang	Jam Orang	Hari	Bulan	Rupiah	Rupiah
Aluminium	26402	0,022	2	291	37	1,6	Rp 4.300.000,00	Rp 13.760.000,00
<i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	56992	0,022	2	627	79	3,3	Rp 4.300.000,00	Rp 28.380.000,00

JO yang dibutuhkan pada proses pekerjaan *cutting* pada pembangunan kapal acuan aluminium adalah sebesar 291 Jam atau sama dengan 37 hari kerja dengan jumlah pekerja sebanyak 2 orang, sedangkan JO yang dibutuhkan pada proses pekerjaan *cutting* pada pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 627 JO atau sama dengan 79 hari kerja dengan jumlah pekerja sebanyak 2 orang. Gaji pekerja *cutting* adalah sebesar Rp 4.300.000,00/bulan. Jumlah gaji yang perlu dibayarkan untuk pekerjaan kapal patroli aluminium adalah sebesar Rp 13.760.000,00 dan untuk pekerjaan *cutting* pada pembangunan kapal *steel hot dip galvanized* adalah sebesar Rp 28.380.000,00.

5.2.2.2. *Welding*

Pada pembangunan kapal patroli aluminium *existing*, metode pengelasan yang digunakan adalah metode TIG. Beban pekerjaan pengelasan adalah sebesar 1,5% dari total berat kapal. Pada kondisi *existing* untuk kapal patroli dengan berat total 30 ton dibutuhkan waktu selama 3 bulan untuk proses pengelasan, dengan jumlah pekerja sebanyak 8 *welder* yang berkerja efektif 8 jam dalam sehari. Berdasarkan data tersebut maka didapatkan produktifitas pengelasan adalah sebesar 10,24 JO/Kg. Berat pengelasan kapal acuan aluminium memiliki beban kerja sebesar 390,6 Kg. JO yang dibutuhkan pada proses pengelasan kapal acuan aluminium adalah sebesar 500 Jam atau sama dengan 63 hari kerja dengan jumlah pekerja 8 orang. Gaji *welder* TIG adalah sebesar Rp 4.600.000/bulan per orang. Jumlah gaji yang perlu dibayarkan untuk pekerjaan kapal patroli aluminium adalah sebesar Rp 99.360.000,00.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Total Biaya Pekerjaan *Welding*

Welding								
Material Kapal	Beban Kerja	Produktivitas	Jumlah Pekerja	JO yang dibutuhkan	Hari Kerja	Bulan Kerja	Gaji/Bulan	Total Biaya
	Kg	JO/Kg	Orang	Jam Orang	Hari	Bulan	Rupiah	Rupiah
Aluminium	390,6	10,24	8	500	63	2,7	Rp 4.600.000,00	Rp 99.360.000,00
<i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	1995	1,1	8	275	35	1,5	Rp 4.500.000,00	Rp 54.000.000,00

Metode pengelasan pada pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized* menggunakan SMAW. Di asumsikan beban kerja pada pengelasan kapal patroli baja adalah sebesar 3,5% dari total berat kapal *steel hot dip galvanized*. (Salsabila, 2016). Beban kerja pengelasan berdasar berat total kapal adalah sebesar 1,995 ton. Produktivitas pengelasan SMAW adalah sebesar 1,1 JO/Kg. Pada penelitian ini jumlah pekerja dan jam kerja efektif

diasumsikan sama. JO yang dibutuhkan dalam pada proses pengerjaan pengelasan pada kapal *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 275 JO atau sama dengan 35 hari kerja dengan jumlah pekerja sebanyak 8 orang. Gaji *welder* SMAW adalah sebesar Rp 4.500.000,00/bulan per orang. Jumlah gaji yang perlu dibayarkan untuk pekerjaan pengelasan kapal patroli *steel hot dip galvanized* adalah sebesar Rp 54.000.000,00.

5.2.2.3. *Painting*

Proses pengecatan diasumsikan hanya dilakukan pada pelat kulit kapal, luas permukaan yang perlu dicat antara kapal aluminium dan kapal *steel hot dip galvanized* memiliki luas permukaan yang sama sebesar 827,40 m². Pada kondisi *existing* pekerjaan cat pada kapal patroli memakan waktu hingga 52 hari kerja atau 2 bulan kerja yang dikerjakan sejumlah 4 pekerja. Produktifitas pengerjaan cat adalah sebesar 2,01 JO/m². Gaji pekerja *painting* adalah sebesar Rp 4.500.000,00/bulan per orang. Jumlah gaji yang perlu dibayarkan untuk pekerjaan *painting* adalah sebesar Rp 39.600.000,00 untuk pengecatan kapal aluminium.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Total Biaya Pekerjaan *Painting*

Material Kapal	Painting							
	Beban Kerja m ²	Produktivitas JO/m ²	Jumlah Pekerja Orang	JO yang dibutuhkan Jam Orang	Hari Kerja Hari	Bulan Kerja Bulan	Gaji/Bulan Rupiah	Total Biaya Rupiah
Aluminium	827,4	2,01	4	416	52	2,2	Rp 4.500.000,00	Rp 39.600.000,00
<i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	1104	2,01	4	555	70	3	Rp 4.500.000,00	Rp 54.000.000,00

Pada pekerjaan *painting* pembangunan kapal *steel hot dip galvanized* ada beban kerja tambahan untuk menutupi kembali daerah sambungan las dengan cat galvanis cair. Luasan pekerjaan tambahan adalah sebesar 276,60 m². Total beban kerja pada pekerjaan *painting* adalah sebesar 1104 m². Proses pekerjaan *painting* pada pembangunan kapal patroli membutuhkan jam orang sebanyak 555 JO atau sama dengan 69 hari kerja dengan jumlah pekerja sebanyak 4 orang. Jumlah gaji yang perlu dibayarkan untuk pekerjaan *painting* pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized* adalah sebesar Rp 54.000.000,00.

5.2.3. **Biaya Habis Pakai**

Biaya habis pakai dihitung berdasarkan kebutuhan habis pakai pada setiap proses pekerjaan pembangunan kapal. Pada pembangunan kapal patroli, biaya habis pakai ditinjau dengan penjabaran kebutuhan per proses pekerjaan. Pada pekerjaan *cutting* menggunakan CNC Plasma, tidak ada kebutuhan habis pakai yang perlu ditinjau. Pada pekerjaan *welding*, kebutuhan habis pakai ditinjau berdasarkan metode pengelasan. Pengelasan dengan metode TIG, biaya habis pakai ditinjau berdasarkan kebutuhan *filler rod* dan gas *argon* sebagai gas pelindung. Pengelasan metode SMAW hanya memiliki kebutuhan *electrode* sebagai biaya

habis pakai. Pada pekerjaan *painting*, kebutuhan habis pakai ditinjau berdasarkan kebutuhan cat yang diaplikasikan pada kapal yang akan dibangun.

5.2.3.1. *Welding*

Biaya habis pakai yang diperhitungkan pada pengelasan TIG adalah biaya *filler rod* dan gas pelindung. Pada kondisi *existing* gas pelindung yang digunakan adalah gas argon 90% dan *filler rod* yang digunakan adalah *filler rod* tipe ER5356. *Filler rod* yang dibutuhkan adalah sama dengan jumlah berat pengelasan, dimana berat pengelasan pada kapal patroli acuan aluminium adalah sebesar 390,6 Kg.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Biaya Habis Pakai Pekerjaan *Welding*

Welding										
Material Kapal	Material Habis Pakai	Beban Kerja	Satuan	Efektivitas	Satuan	Kebutuhan	Satuan	Harga	Harga Total	Total Biaya
								Rupiah	Rupiah	
Aluminium	Filler Rod E5356	390,6	Kg	5	Kg per pack	79	Pack	Rp 457.500,00	Rp 36.142.500,00	Rp 202.042.500,00
	Gas Argon	79	Pack <i>Filler Rod</i>	3	tabung per pack	237	Tabung	Rp 700.000,00	Rp 165.900.000,00	
<i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	Electrode E6013	3023	Kg	5	Kg per pack	605	Pack	Rp 135.000,00	Rp 81.675.000,00	Rp 81.675.000,00

Gas pelindung yang digunakan adalah sebanyak 3 tabung per 5 kg *filler rod*. Harga *filler rod* dengan tipe E5356 adalah Rp 457.500,00/Roll dengan berat 5 Kg/Roll dan harga 1 tabung gas pelindung adalah Rp 700.000,00. Jumlah kebutuhan *filler rod* adalah sebanyak 79 roll dan kebutuhan tabung gas pelindung adalah sebanyak 237 tabung. Total biaya yang dibutuhkan untuk *filler rod* adalah sebesar Rp 36.142.500,00 dan total biaya untuk gas argon ada sebesar Rp 165.900.000,00. Biaya habis pakai pada pekerjaan pengelasan dengan metode TIG kapal patroli aluminium adalah sebesar Rp 202.042.500,00. Biaya habis pakai pada pengelasan SMAW pada pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized* adalah biaya elektrode. Jumlah elektrode yang dibutuhkan dapat diketahui dengan formula sebagai berikut :

$$P = \frac{W}{E}$$

Dimana:

- P = Berat *electrode* yang dibutuhkan [Kg]
- W = Berat logam las [Kg]
- E = Efisiensi Deposisi [%]

Dalam proses pengelasan, kebutuhan *electrode* dapat dihitung dengan beberapa metode. Misalnya menggunakan metode yang diajukan ESAB. Tahap utama dalam menghitung kebutuhan *electrode* adalah dengan menghitung berat logam las. Setelah didapat berat logam las, kemudian dapat dicari berat *electrode* yang dibutuhkan dengan membagi berat logam las

dengan faktor efisiensi. Faktor efisiensi pengelasan dari beberapa metode pengelasan dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.13 Efisiensi Deposisi

Tipe Pengelasan	Efisiensi Deposisi (%)
SMAW (Panjang Stick 12")	59
SMAW (Panjang Stick 14")	62
SMAW (Panjang Stick 18")	66
FCAW	78
FCAW (dengan gas pelindung)	88
GMAW (CO ₂)	93
GMAW (5% Ar, 25% CO ₂)	96
GMAW (99% Ar, 2% O ₂)	98

Metode pengelasan menggunakan metode SMAW yang memiliki panjang *electrode* 18 inch, efisiensi deposisi metode SMAW dengan panjang *electrode* 18 inch adalah sebesar 66%. Perhitungan yang telah dilakukan berdasar formula diatas, maka dihasilkan kebutuhan *electrode* untuk pengelasan SMAW adalah sebesar 3023 Kg. Tipe *electrode* yang biasa digunakan dalam pengelasan SMAW pada pembangunan kapal baja adalah E6013. Harga *electrode* dengan tipe E6013 adalah Rp 135.000,00/5 Kg. Total biaya yang dibutuhkan untuk *electrode* SMAW adalah sebesar Rp 81.675.000,00.

5.2.3.2. *Painting*

Biaya habis pakai yang dihitung pada pekerjaan pengecatan adalah jumlah kaleng cat yang dibutuhkan. Kebutuhan cat yang diperlukan dihitung dengan luas permukaan yang akan dicat dibagi dengan luasan per liter cat. Pada pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized* perlu dilakukan kembali pelapisan daerah las karena rusaknya lapisan galvanis yang melewati proses pengelasan. Luasan daerah las yang perlu dilapisi kembali adalah sebesar 276,60 m². Proses pelapisan kembali menggunakan cat galvanis cair KIND KI-4002CG yang memiliki daya sebar sebesar 14 m²/Kg. Berat cat KIND KI-4002CG adalah sebesar 1 Kg/kaleng dengan harga per kaleng adalah sebesar Rp 200.000,00. Jumlah cat yang diperlukan untuk pelapisan kembali adalah sebanyak 20 kaleng, dengan total biaya sebesar Rp 4.000.000,00. Luas permukaan yang akan dicat hanya sebatas kulit lambung dan dinding bangunan atas. Luas permukaan yang akan dicat adalah sebesar 847,401 m². Luas permukaan yang akan dicat terbagi menjadi 2 bagian, luas permukaan tercelup dan luas permukaan diatas

air. Besar luas permukaan tercelup adalah sebesar $156,81 \text{ m}^2$ dan luas permukaan diatas air adalah sebesar $690,59 \text{ m}^2$.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Biaya Habis Pakai Pekerjaan *Painting*

Painting													
Material Kapal	Material Habis Pakai	Beban Kerja	Satuan	Spreading Rate	Satuan	Kebutuhan	Satuan	Packaging	Satuan	Kebutuhan	Harga		Total Biaya
											Kaleng	Rupiah	
Aluminium	Diatas Garis Air Primer	690,59	m ²	6,8	Liter per m ²	102	Liter	5	Liter per Kaleng	21	Rp 825.000,00	Rp 17.325.000,00	Rp 54.610.000,00
	Diatas Garis Air Top Coat	690,59	m ²	12,5	Liter per m ²	56	Liter	5	Liter per Kaleng	12	Rp 1.925.000,00	Rp 23.100.000,00	
	Dibawah Garis Air Primer	156,81	m ²	6,8	Liter per m ²	24	Liter	5	Liter per Kaleng	5	Rp 825.000,00	Rp 4.125.000,00	
	Dibawah Garis Air Sealer	156,81	m ²	12,4	Liter per m ²	13	Liter	18	Liter per Kaleng	1	Rp 3.060.000,00	Rp 3.060.000,00	
	Dibawah Garis Air Antifouling	156,81	m ²	8,4	Liter per m ²	19	Liter	20	Liter per Kaleng	1	Rp 7.000.000,00	Rp 7.000.000,00	
Steel Hot Dip Galvanized	Cold Galvanis	276,6	m ²	14	Liter per m ²	20	Liter	1	Liter per Kaleng	20	Rp 200.000,00	Rp 4.000.000,00	Rp 46.535.000,00
	Diatas Garis Air Primer	690,59	m ²	12,8	Liter per m ²	54	Liter	5	Liter per Kaleng	11	Rp 650.000,00	Rp 7.150.000,00	
	Diatas Garis Air Top Coat	690,59	m ²	12,6	Liter per m ²	55	Liter	5	Liter per Kaleng	11	Rp 2.125.000,00	Rp 23.375.000,00	
	Dibawah Garis Air Primer	156,81	m ²	12,8	Liter per m ²	13	Liter	5	Liter per Kaleng	3	Rp 650.000,00	Rp 1.950.000,00	
	Dibawah Garis Air Sealer	156,81	m ²	12,4	Liter per m ²	13	Liter	18	Liter per Kaleng	1	Rp 3.060.000,00	Rp 3.060.000,00	
	Dibawah Garis Air Antifouling	156,81	m ²	8,4	Liter per m ²	19	Liter	20	Liter per Kaleng	1	Rp 7.000.000,00	Rp 7.000.000,00	

Pada kapal aluminium menggunakan cat *epoxy pure* pada lapisan primer, cat *epoxy* sebagai lapisan *sealer*, lalu dilapisi kembali dengan cat *TBT Free* sebagai lapisan anti *fouling* untuk badan kapal yang tercelup. Pada bagian kapal yang diatas air digunakan cat dengan tipe *epoxy pure* sebagai lapisan primer dan *epoxy* pada lapisan *top coat*. Kapal aluminium membutuhkan cat sebanyak 26 kaleng cat primer, 1 kaleng cat *sealer*, 1 kaleng cat anti *fouling*, dan 12 kaleng cat *top coat*. 1 kaleng cat primer berisikan 5 liter, 1 kaleng cat *sealer* berisikan 18 liter, 1 kaleng cat anti *fouling* berisikan 20 liter cat, dan 1 kaleng cat *top coat* berisikan 5 liter cat. Harga per kaleng cat primer adalah sebesar Rp 825.000,00. Harga per kaleng cat *sealer* adalah sebesar Rp 3.060.000,00. Harga per kaleng cat anti *fouling* adalah sebesar Rp 7.000.000,00. Harga per kaleng cat *top coat* adalah sebesar Rp 1.925.000,00. Total biaya untuk cat adalah sebesar Rp 54.610.000,00 pada kapal patroli aluminium. Pada kapal *steel hot dip galvanized* menggunakan cat *epoxy polyamide* sebagai lapisan primer. Pada bagian tercelup air menggunakan cat *epoxy* sebagai *sealer* dan *TBT Free* sebagai lapisan anti *fouling*. Perlindungan bagian kapal diatas garis air setelah primer akan dilapisi kembali menggunakan cat *aliphatic polyurethanes* sebagai lapisan *top coat*. Kapal *steel hot dip galvanized* membutuhkan cat sebanyak 14 kaleng cat primer, 1 kaleng cat *sealer*, 1 kaleng cat anti *fouling*, dan 11 kaleng cat *top coat*. 1 kaleng cat primer berisikan 5 liter, 1 kaleng cat *sealer* berisikan 18 liter, 1 kaleng cat anti *fouling* berisikan 20 liter cat, dan 1 kaleng cat *top coat* berisikan 5 liter cat. Harga per kaleng cat primer adalah sebesar Rp. 650.000,00. Harga per kaleng cat *sealer* adalah sebesar Rp 3.060.000,00. Harga per kaleng cat anti *fouling* adalah sebesar Rp 7.000.000,00. Harga per kaleng cat *top coat* adalah sebesar Rp 2.125.000,00. Total biaya untuk cat adalah sebesar Rp 46.535.000,00 pada kapal *steel hot dip galvanized*.

5.2.4. Total Biaya Pembangunan

Total biaya pembangunan adalah hasil penjumlahan biaya yang ditinjau berdasarkan biaya material, biaya tenaga kerja, dan biaya habis pakai. Biaya material didapatkan berdasar estimasi berat konstruksi kapal patroli. Biaya tenaga kerja didapatkan berdasar kebutuhan jam kerja dalam proses pembangunan kapal. Biaya habis pakai didapatkan berdasar kebutuhan material habis pakai seperti cat, *electrode*, dan gas pelindung las dalam proses pembangunan kapal patroli. Total biaya adalah hasil kalkulasi dari biaya material, biaya tenaga kerja, dan biaya habis pakai.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Total Biaya

Material Kapal	Tinjauan Biaya	Jumlah Kebutuhan	Satuan	Jumlah Pekerja	Satuan	Harga per Satuan	Biaya	Total Biaya Pembangunan		
Aluminium	Material	26402	Kg			Rp 75.000,00	Rp 1.980.150.000,00	Rp 2.389.522.500,00		
	Pekerja									
	Cutting	1,6	Bulan	2	Orang	Rp 4.300.000,00	Rp 13.760.000,00		Rp152.720.000,00	
	Welding	2,7	Bulan	8	Orang	Rp 4.600.000,00	Rp 99.360.000,00			
	Painting	2,2	Bulan	4	Orang	Rp 4.500.000,00	Rp 39.600.000,00			
	Habis Pakai									
	Welding	Filler Rod	79	Pack			Rp 457.500,00		Rp 36.142.500,00	Rp256.652.500,00
		Gas Argon	237	Tabung			Rp 700.000,00		Rp165.900.000,00	
	Painting	Primer	26	Kaleng			Rp 825.000,00		Rp 21.450.000,00	
		Sealer	1	Kaleng			Rp 3.060.000,00		Rp 3.060.000,00	
		Antifolting	1	Kaleng			Rp 7.000.000,00		Rp 7.000.000,00	
		Topcoat	12	Kaleng			Rp 1.925.000,00		Rp 23.100.000,00	
	Steel Hot Dip Galvanized	Material	56992	Kg			Rp 26.500,00		Rp 1.510.288.000,00	
Pekerja										
Cutting		3,3	Bulan	2	Orang	Rp 4.300.000,00	Rp 28.380.000,00	Rp136.380.000,00		
Welding		1,5	Bulan	8	Orang	Rp 4.500.000,00	Rp 54.000.000,00			
Painting		3	Bulan	4	Orang	Rp 4.500.000,00	Rp 54.000.000,00			
Habis Pakai										
Welding		Electrode	605	Pack			Rp 135.000,00	Rp 81.675.000,00	Rp128.210.000,00	
		Cold Galvanize	20	Kaleng			Rp 200.000,00	Rp 4.000.000,00		
Painting		Primer	14	Kaleng			Rp 650.000,00	Rp 9.100.000,00		
		Sealer	1	Kaleng			Rp 3.060.000,00	Rp 3.060.000,00		
		Antifolting	1	Kaleng			Rp 7.000.000,00	Rp 7.000.000,00		
		Topcoat	11	Kaleng			Rp 2.125.000,00	Rp 23.375.000,00		

Pada rekapitulasi biaya didapatkan untuk membangun kapal patroli aluminium memerlukan biaya total sebesar Rp 2.389.522.500,00. Pada pembangunan kapal aluminium biaya material total adalah sebesar Rp 1.980.150.000,00. Biaya tenaga kerja untuk pembangunan kapal aluminium adalah sebesar Rp 152.720.000,00. Biaya habis pakai untuk pembangunan kapal aluminium adalah sebesar Rp 256.652.500,00. Pada pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized* biaya total pembangunan adalah sebesar Rp 1.774.878.000,00. Biaya material untuk membangun kapal patroli *steel hot dip galvanized* adalah sebesar Rp 1.510.288.000,00. Pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized* memerlukan biaya tenaga kerja sebesar Rp 136.380.000,00. Biaya habis pakai yang dibutuhkan adalah sebesar Rp 128.210.000,00. Pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized* memiliki biaya lebih rendah sebesar 25,73% dibandingkan dengan pembangunan kapal patroli aluminium.

5.2.5. Tinjauan Biaya Operasional

Pada penelitian ini dilakukan peninjauan biaya operasional pada kapal patroli aluminium maupun kapal patroli *steel hot dip galvanized* yang diasumsikan beroperasi pada kecepatan yang sama, yaitu 20 knot. Pada kecepatan operasi 20 knot, daya mesin yang dibutuhkan kapal patroli aluminium adalah sebesar 1983,92 HP dimana jika diasumsikan kapal patroli menggunakan dua mesin maka spesifikasi mesin kapal patroli aluminium adalah 2 X 1000 HP. Pada kapal patroli *steel hot dip galvanized* daya mesin yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan operasi 20 knot adalah 3049,53 HP, jika diasumsikan kapal patroli menggunakan 2 mesin maka spesifikasi mesin yang dibutuhkan adalah sebesar 2 X 1550 HP.

Tabel 5.16 Tinjauan Biaya Operasional

Material Kapal	Daya Mesin Dibutuhkan	Ketersediaan Daya Mesin	Jumlah Mesin	Fuel Oil Consumption	Waktu Operasi	Kebutuhan Solar	Harga Solar	Total Biaya Operasional
	Horse Power	Horse Power		Liter per Jam	Jam	Liter	Rupiah	Rupiah
Aluminium	1983,62	1000	2	199	8	3184	Rp 9.600,00	Rp 30.566.400,00
Steel Hot Dip Galvanized	3049,53	1550		299		4784		Rp 45.926.400,00

Pada mesin dengan spesifikasi 2 X 1000 HP kebutuhan solar yang digunakan adalah sebesar 199 liter/jam setiap mesinnya, sehingga total kebutuhan *fuel oil* tiap jamnya dari 2 mesin yang digunakan adalah sebesar 398 liter. Pada mesin dengan spesifikasi 2 X 1550 HP kebutuhan *fuel oil* yang digunakan adalah sebesar 299 liter/jam setiap mesinnya, karena menggunakan 2 mesin maka kebutuhan *fuel oil* yang digunakan setiap jam adalah sebesar 598 liter. Waktu operasional diasumsikan selama 8 jam, maka kebutuhan *fuel oil* atau solar yang digunakan pada kapal aluminium adalah sebesar 3184 liter dan pada kapal patroli *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 4784 liter. Harga solar pada pasar Indonesia adalah sebesar Rp 9.600,00/liter. Total biaya *fuel oil* atau solar pada operasional kapal aluminium adalah sebesar Rp 30.566.400,00 sedangkan total biaya *fuel oil* atau solar pada operasional kapal *steel hot dip galvanized* adalah sebesar Rp 45.926.400,00. Perhitungan pembangunan kapal patroli *steel hot dip galvanized* memiliki harga lebih ekonomis sebesar Rp 614.644.500,00 jika dibandingkan dengan pembangunan kapal patroli aluminium, namun dalam hal biaya operasional *fuel oil* yang dibutuhkan kapal patroli *steel hot dip galvanized* memiliki biaya yang lebih tidak ekonomis sebesar Rp 15.360.000,00 dibandingkan dengan biaya operasional *fuel oil* kapal patroli aluminium dalam pengoperasian selama 8 jam dalam 1 hari. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, maka biaya operasional kapal patroli *steel hot dip galvanized* akan lebih mahal pada pengoperasian kapal pada hari ke 41 dibandingkan dengan selisih biaya pembangunan antara kapal patroli *steel hot dip galvanized* dengan kapal patroli aluminium.

Halaman sengaja dikosongkan

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai *yield strength* rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian tarik material *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 334,77 MPa, nilai *Tensile Strength* rata-rata material *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 460,27 MPa, dan nilai *Elongation* rata-rata material *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 30,47%, nilai *Impact* rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian *impact* material *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 139 Joule. Seluruh nilai tersebut memenuhi persyaratan teknis karena memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan standar nilai yang diizinkan BKI 2016 Vol. V, *Rules for Materials*.
2. Konversi kapal patroli *steel hot dip galvanized* memiliki ukuran penegar dan tebal pelat yang lebih tipis karena perbedaan nilai *k* atau faktor material. Berat kapal patroli *steel hot dip galvanized* memiliki nilai yang lebih besar sebanyak 215,86% dibandingkan dengan kapal patroli aluminium dengan selisih sebesar 30,59 ton. Kenaikan berat kapal disebabkan oleh perbedaan nilai massa jenis dimana aluminium memiliki masa jenis sebesar 2,7 ton/m^3 dan massa jenis *steel hot dip galvanized* adalah sebesar 7,85 ton/m^3 .
3. Pada proses pembangunan kapal terdapat perbedaan metode pengelasan pada material aluminium dan *steel hot dip galvanized*. Pada pengelasan kapal aluminium metode yang digunakan adalah metode pengelasan TIG. Pada material *steel hot dip galvanized* dapat dilakukan metode pengelasan SMAW karena material *steel hot dip galvanized* tidak memerlukan perlindungan gas pada saat pengelasan. Perbedaan juga terdapat pada pemilihan cat, dimana material *steel hot dip galvanized* menggunakan cat primer dengan tipe *epoxy polyamid* dan cat topcoat menggunakan tipe *aliphatic polyurethanes*.
4. Biaya pembangunan kapal patroli aluminium adalah sebesar Rp 2.389.522.500,00. Biaya pembangunan kapal patroli menggunakan material *steel hot dip galvanized* adalah sebesar Rp 1.774.878.000,00. Presentase nilai ekonomis dari perbandingan total biaya pembangunan kapal patroli menggunakan material aluminium dengan material *steel hot*

dip galvanized adalah 25,73% dengan selisih harga sebesar Rp 614.644.500,00. Namun, dalam biaya operasional *fuel oil* yang dibutuhkan kapal patroli *steel hot dip galvanized* memiliki biaya yang lebih tidak ekonomis sebesar Rp 15.360.000,00 dibandingkan dengan biaya operasional *fuel oil* kapal patroli aluminium dalam pengoperasian selama 8 jam dalam 1 hari. Biaya operasional kapal patroli *steel hot dip galvanized* akan lebih mahal pada pengoperasian kapal pada hari ke 41 dibandingkan dengan selisih biaya pembangunan antara kapal patroli *steel hot dip galvanized* dengan kapal patroli aluminium.

6.2. Saran

Penulis menyarankan untuk dilakukan pengujian laju korosi terhadap pelapisan kembali lajur las menggunakan *cold galvanize* pada material *steel hot dip galvanized* yang melewati proses *welding* setelah proses *hot dip galvanizing* dilakukan untuk mengetahui perbedaan laju korosi antara material *steel hot dip galvanized* dengan lajur las yang dilapisi *cold galvanize*.

DAFTAR PUSTAKA

- AZO Materials*. (2019, July 4). Retrieved from AZO Materials: www.azom.com
- AGI. (2017). *Modul Coating Inspector Galvanize*. In A. G. Indonesia. Bandung: Asosiasi Galvanis Indonesia.
- BAGOTSKY, V. S., & Maxwell, J. C. (2005). *Fundamentals of Electrochemistry-Second Edition*. In *John Wiley & Sons, INC, Publication*. <https://doi.org/10.1385/1-59259-8773:003>
- BKI. (2016). *Rules for High Speed Craft (vol. III)*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).
- BKI. (2019). *Rules for Materials (Vol. V)*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Broomfield, J. P. (2007). *Corrosion of Steel in Concrete Understanding, Investigation and Repair* (2nd Editio; T. & Francis, Ed.). Taylor & Francis is an imprint of the Taylor & Francis Group.
- Chen, Z. (2016). *Experimental investigation on the post-fire mechanical properties of structural aluminium alloys*. Tianjin.
- Edward V. Lewis. (1988). *Principles of Naval Architecture*. United States: Sname.
- Fontana, M. G. (1987). *Corrosion Engineering Mars G. Fontana.Pdf* (p. 576). p. 576.
- Giatman, M. (2006). *Ekonomi Teknik*. Jakarta: Rajagrafindo.
- Hadi, F. (2015). *Ekonomi Teknik*. Surabaya: Transportasi Laut.ITS.
- Huda, C. (2017). ANALISIS LAJU KOROSI MATERIAL ALUMINIUM 5083 SEBAGAI APLIKASI BAHAN LAMBUNG KAPAL. *JPTM Volume 6*, 17-24.
- Porter, F. C. (1994). *Corrosion Resistance of Zinc and Zinc Alloys*. New York: Dekker.
- Salsabila, U. (2016). *Tugas Akhir. Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan Konstruksi Memanjang pada Produksi Kapal Patroli 60 Meter Dengan Material Lambung Baja Tegangan Tinggi (High Tensile Steel)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- RINA. (2003). *Rules for the Classification of Fast Patrol Vessels*. London: RINA
- Surdia, T. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Trethewey, K. &. (1991). *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Pitzer, E. W. (2014). *Introductory Chemistry* (1st Editio; Edward W. Pitzer, Ed.). Edward W. Pitzer & bookbon.com.
- Roberge, P. (2008). *Corrosion Engineering Principles and Practice* (1st Editio; P. R. Roberge, Ed.). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.

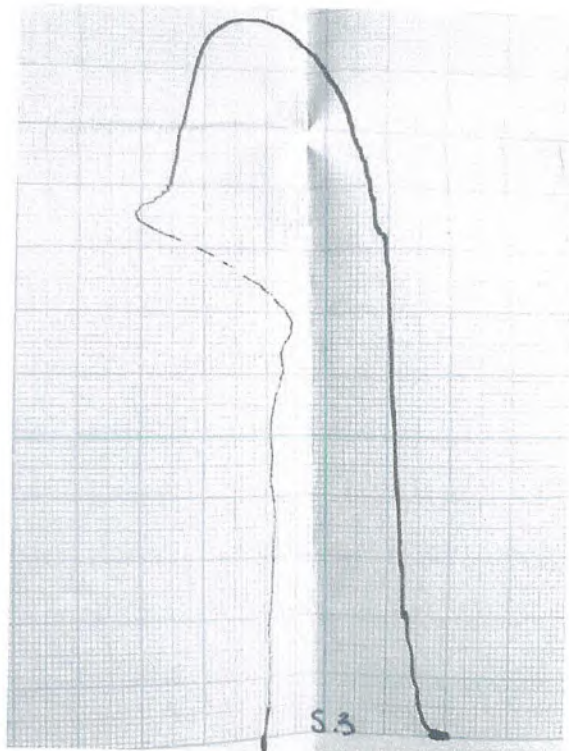
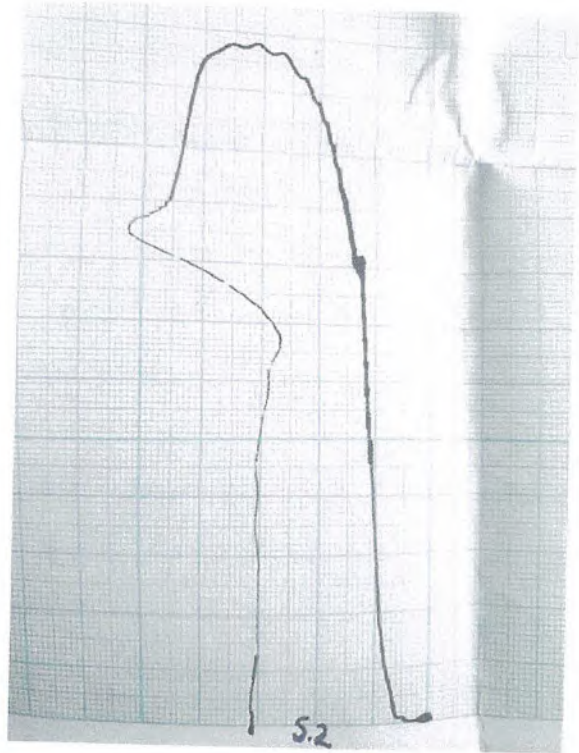
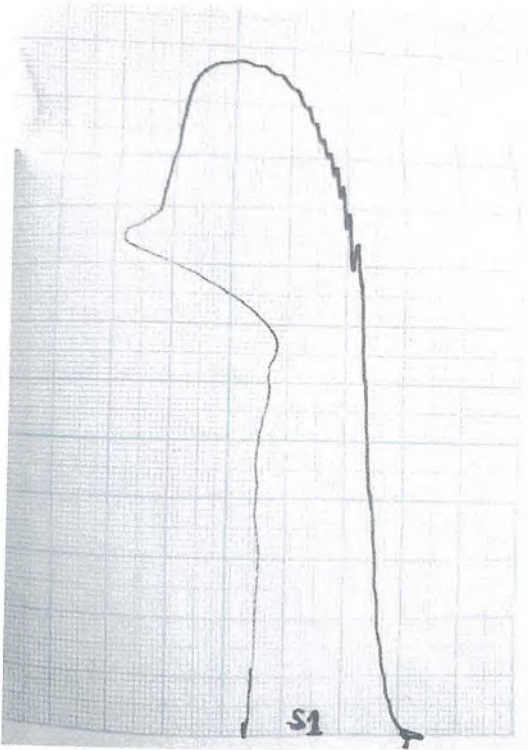
Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

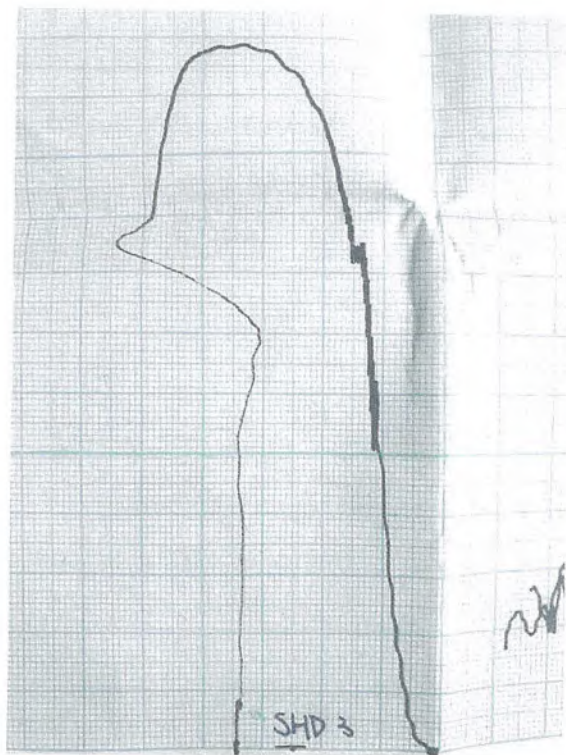
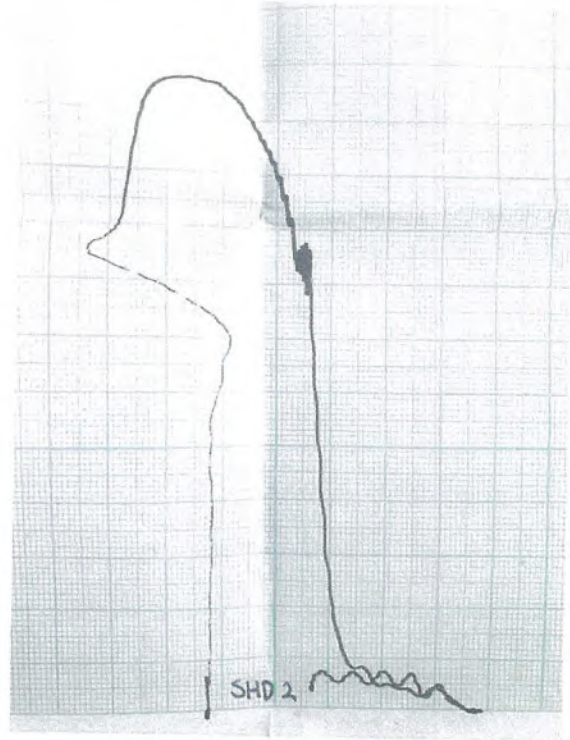
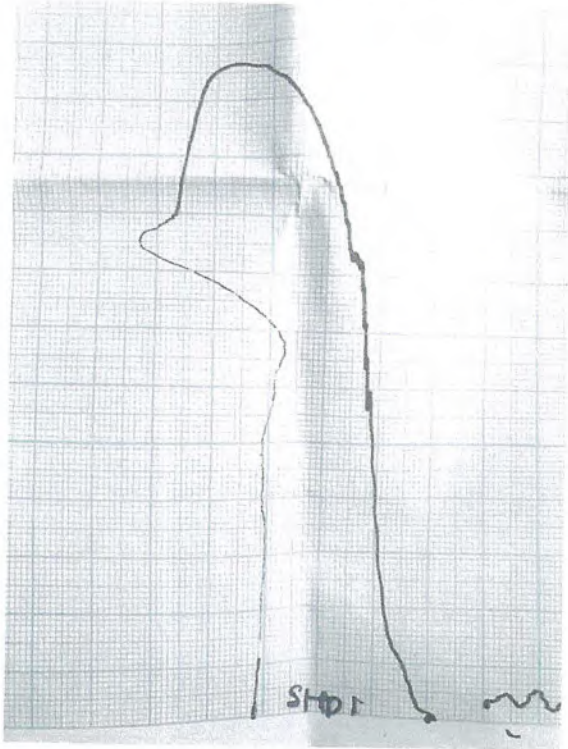
- Lampiran A Hasil Pengujian Tarik
- Lampiran B Hasil Pengujian *Impact*
- Lampiran C Gambar Kapal Patroli Aluminium
- Lampiran D Konversi Konstruksi Kapal Patroli *Steel Hot Dip Galvanized*
- Lampiran E Perhitungan Berat Kapal Patroli Aluminium
- Lampiran F Perhitungan Berat Kapal Patroli *Steel Hot Dip Galvanized*
- Lampiran G Perhitungan Jam Orang
- Lampiran H Perhitungan Luas Permukaan Lambung Kapal
- Lampiran I Perhitungan Luas Permukaan Lajur Las
- Lampiran J Perhitungan Biaya Habis Pakai
- Lampiran K Perhitungan Biaya Operasional

LAMPIRAN A
HASIL PENGUJIAN TARIK

Hasil Uji Tarik Material Baja



Hasil Uji Tarik Material *Steel Hot Dip Galvanized*





REPORT ON TEST RESULT NO. :

/IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 30 November 2019

ORDER FROM :

TEST STANDARD : BKI Vol. V

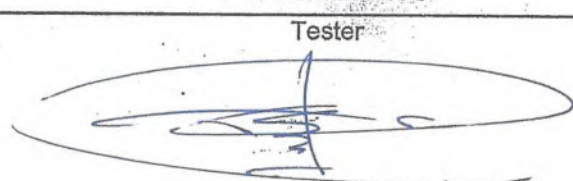
MATERIAL SPECS. : Steel K1 Grade

Steel Hot dip Galvanized

PROJECT

: Tugas Akhir

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	CSA	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	S.1	25.13	10.05		252.56	332.60	467.22	31.73		
2	S.2	25.13	10.08		253.56	323.39	467.34	31.79		
3	S.3	25.10	10.09		252.00	325.39	468.25	31.79		
4	SHD.1	25.08	10.15		254.06	330.63	456.50	30.29		
5	SHD.2	25.00	10.15		253.75	342.86	461.07	30.18		
6	SHD.3	25.19	10.20		256.94	330.82	463.15	30.93		
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1/Wd.1	Th.1	A1	
	KN	N	KN	N						
1	S.1	84000		118000	89.79	118.28				
2	S.2	82000		118500	89.97	118.58				
3	S.3	82000		118000	89.69	118.16				
4	SHD.1	84000		116000	90.06	117.34				
5	SHD.2	87000		117000	90.00	117.16				
6	SHD.3	85000		119000	90.57	118.58				
Witnessed by :						The Laboratory Of Ships Strength And Construction FT. Kelautan ITS				
1.						Tester				
2.										
3.										
4.										
5.										

LAMPIRAN B
HASIL PENGUJIAN *IMPACT*



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

**LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. :

/IT2.4.1.1/PM.05.02/20

DATE : 30 November 2019
 ORDER FROM :
 TEST STANDARD : BKI Vol. V
 MATERIAL SPECS. : Steel K1 Grade
 : Steel Hot Dip Galvanized
 PROJECT : Tugas Akhir

IMPACT TEST								
NO	IDENTIFICATION	LENGTH	WIDTH	THICK.	IMPACT ENERGI	TEMPERATUR	Wd 1	LATERAL EXPANTION
		(mm)	(mm)	(mm)	(JOULE)	(°C)		
1	S.1	57,07	9,97	2,15	136,3	30		
2	S.2	56,24	9,97	2,22	138,3	30		
3	S.3	52,27	9,99	2,3	144,3	30		
4	SHD.1	57,12	10,13	2,46	139,9	30		
5	SHD.2	56,15	10,13	2,58	137,3	30		
6	SHD.3	56,18	10,18	2,45	139,8	30		

Witnessed by :

1. _____

2. _____


3. _____

4. _____

5. _____

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester



M. Baranulca Bimantara

LAMPIRAN C
GAMBAR KAPAL PATROLI ALUMINIUM

- Notes :
- Material for Hull Shell are Shipbuilding Aluminium Alloy 5083 H-116 or 5083 H-321.
 - Material for Hull profile are Aluminium Alloy 6061 T6.
 - Material for Superstructure plate are Aluminium Alloy 5083 H-116 or 5083 H-321.
 - Material for Superstructure profile are Aluminium Alloy 6061 T6.
 - Material for Deck planking are Aluminium Alloy 5082 T6.

SHIP PARTICULARS	
LENGTH OVER ALL	29.80 M
BREADTH MOLDED	6.40 M
DEPTH MOLDED	3.40 M
DRAFT DESIGNED	1.85 M
MAIN ENGINE	2 x 2000 BHP
MAIN ENGINE TYPE	M/TU 19/2000064
SPEED MAX (FULL CONDITION)	38 KNOTS
CRUISING RANGE	750 NM
CREWS	20 PERSONS
DISPLACEMENT	81.5 TON
CG	0.418
GM	0.802
CB	0.788

RI 92556
RI 92557
RI 92558
RI 92559
RI 92560

RINA RINA Engineering Centre

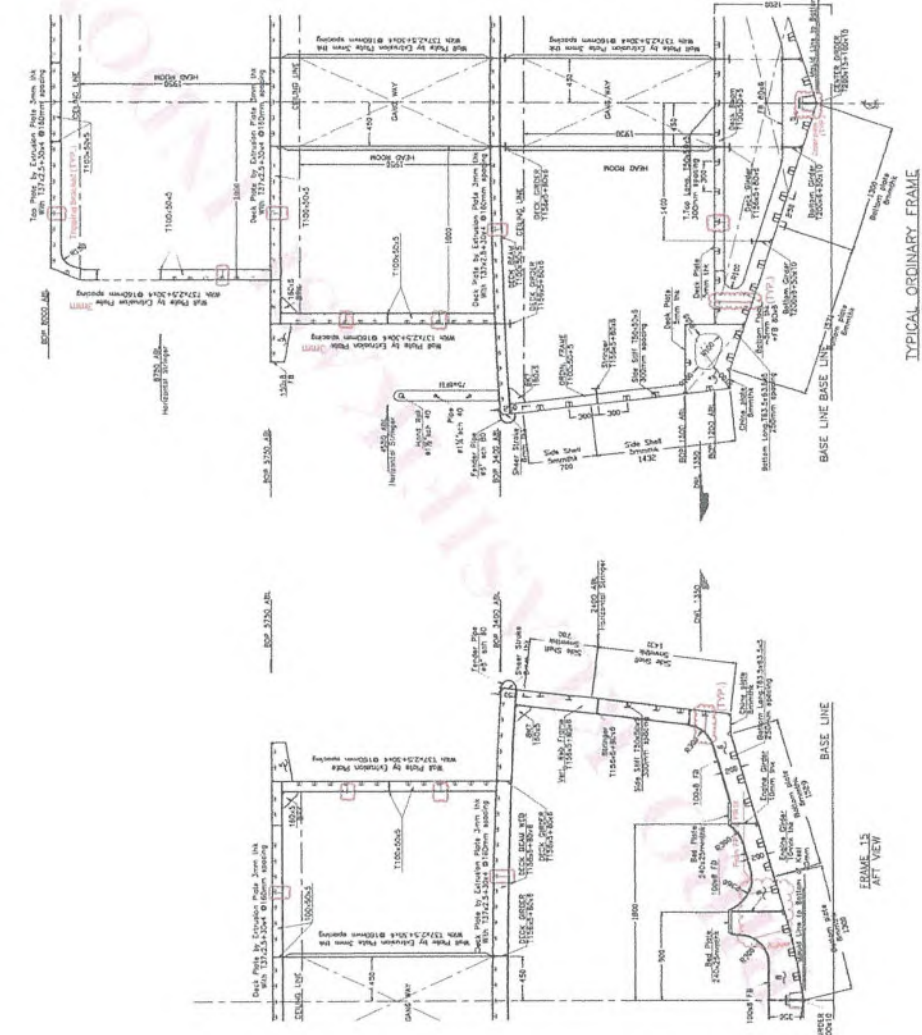
Approval Approved

N. PUSTO000012203
13 MAR 2014

RINA

BIRO KLASIFIKASI INDONESIA
APPROVED
DISETUJUI

Number: 1714102137
Date: 13 MAR 2014



NO.		REVISION		DATE		BY		APPROVED		SCALE		DRAWING NO.		SHEET	
													MP-014-H-01	AI	1

PT. MULTI PRIMA
SHIP BUILDER & MARINE CONTRACTOR

Jl. Raj Bland No.91 Senggaling, Batam - Indonesia
Telp:(077) 455 738 Fax:(077) 455 717

ENG. RECORD	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE
DRAWN BY :															
CHECKED :															
APPROVED :															
DATE :															

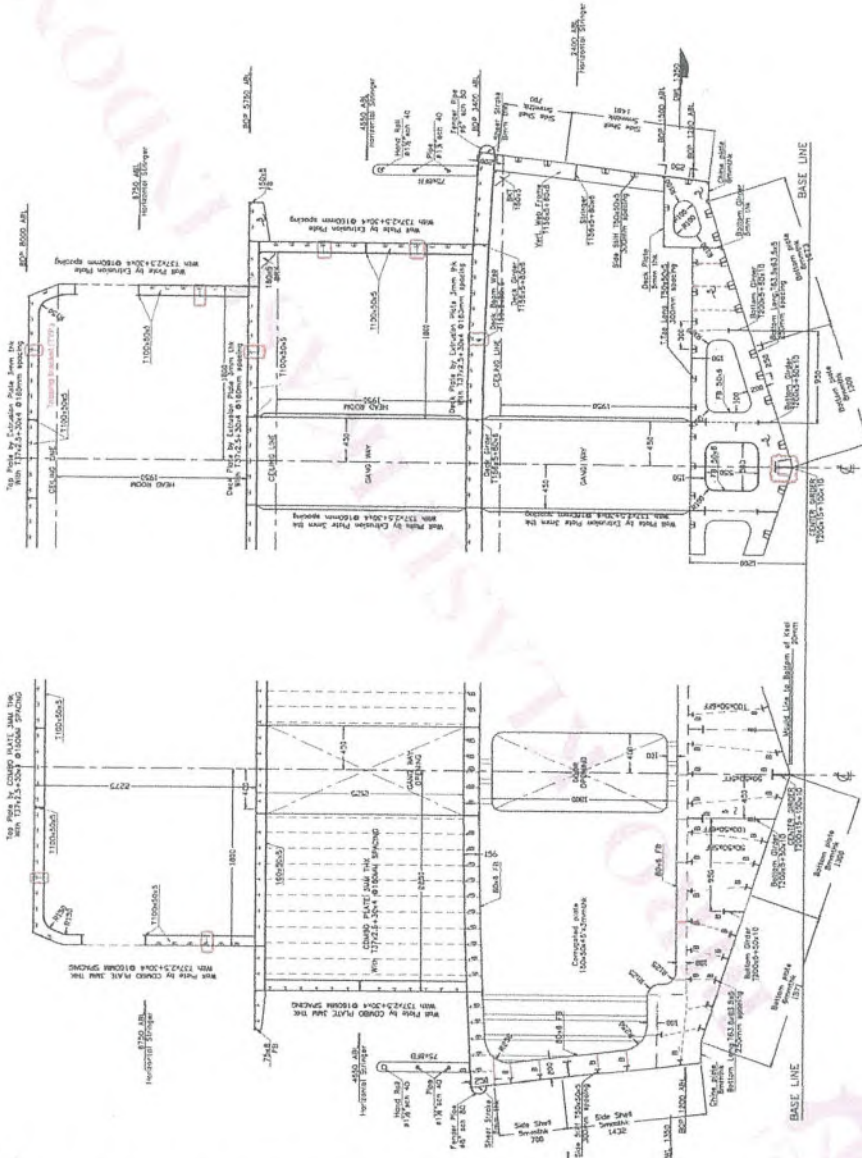
KEMENTERIAN KEUANGAN REPUBLIK INDONESIA
DIRJEN BEA DAN CUKAI

RINA & BKI
PT. MULTI PRIMA

MIDSHIP SECTION

- Notes :
- Material for Hull Shell are Shipbuilding Aluminium Alloy 5083 H-116 or 5083 H321.
 - Material for Hull profile are Aluminium Alloy 6061 T6.
 - Material for Superstructure plate are Aluminium Alloy 5083 H-116 or 5083 H-321.
 - Material for Superstructure profile are Aluminium Alloy 6061 T6.
 - Material for Deck planking are Aluminium Alloy 5082 T6.

SHIP PARTICULARS	
LENGTH OVER ALL	28.00 M
BREADTH MOULDED	6.40 M
DEPTH MOULDED	3.40 M
DRAFT DESIGNED	1.35 M
MAIN ENGINE	2 X 2000 BHP
MAIN ENGINE TYPE	MTU 16V2000M84
SPEED MAX (CALM CONDITION)	36 KNOTS
CRUISING RANGE	750 NMI
CREWS	20 PERSONS
DISPLACEMENT	86.5 TON
Ch	0.410
Ch	0.600
Ch	0.790



PROJ. KLASIFIKASI INDONESIA
 Standar Nasional Indonesia
 SNI 7173:2013

PT. MULTI PRIMA
 SHIP BUILDER & MARINE CONTRACTOR
 Blok Yerd 1
 Jl. Sekeloa Timur No. 81, Sekeloa Timur, Jakarta Utara
 Telp: (0778) 443 738 Fax: (0778) 443 717

REKAMEN KEMENTERIAN REPUBLIK INDONESIA
 DIRJEN BEA DAN CUKAI
RINA & BKI
 PT. MULTI PRIMA

NO.	REVISION	DATE	BY	APR	SCALE	1 : 25

ENG. RECORD	DATE	TELEP.
DRAWN BY :		
CHECKED :		
APPROVED :		

MIDSHIP SECTION
 H-015
 MP-014-H-01

SHEET 0
 A1
 2

LAMPIRAN D
KONVERSI KONSTRUKSI KAPAL PATROLI *STEEL HOT DIP*
GALVANIZED

Aluminium - Galvanized Steel Conversion Concept

Plate Thickness

$$t = 22,4 \cdot \mu \cdot s \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_{am}}}$$

Where:

t = Thickness of plate (mm)

$$\mu = \sqrt{1,1 - 0,5 \cdot \left(\frac{s}{l}\right)^2} \quad (\mu \leq 1)$$

l = Overall span of stiffeners (m)

s = Spacing of stiffeners (m)

P = Design pressure (kPa)

σ_{am} = Permissible normal stress (Mpa)

In conversion, only material value that is changed. Therefore, only σ_{am} value changed
Then, μ , s , and 22.4 can be ignored. So that:

$$t = \sqrt{\frac{P}{\sigma_{am}}}$$

$$\sigma_{am} = \frac{c}{k}$$

c = Coefficient

k = Material factor

1

Assumption:

Force acting on aluminium is equal to force acting on galvanize steel, then:

$$P_1 = P_2$$

$$t_1^2 \cdot \sigma_{am1} = t_2^2 \cdot \sigma_{am2}$$

$$t_2^2 = t_1^2 \cdot \sigma_{am1} / \sigma_{am2}$$

$$t_2^2 = t_1^2 \cdot c_1 / c_2 \cdot k_2 / k_1$$

$$t_2 = t_1 \cdot \text{SQRT}(c_1 / c_2 \cdot k_2 / k_1)$$

Where:

t_1 = Plate thickness aluminium (mm)

t_2 = Plate thickness galvanize (mm)

c_1 = Coefficient aluminium

c_2 = Coefficient galvanize

k_1 = Material factor aluminium

k_2 = Material factor galvanize

Aluminium - Galvanized Steel Conversion Concept

Sectional Modulus Stiffeners

$$Z = 1000 \cdot \frac{\ell^2 \cdot s \cdot P}{m \cdot \sigma_{am}} \qquad Z = 1000 \cdot \frac{S^2 \cdot b \cdot P}{m \cdot \sigma_{am}}$$

Secondary stiffener

Primary stiffener

Where:

Z = Modulus section (cm³)

l = Overall span of stiffeners (m)

s = Spacing of stiffeners (m)

P = Design pressure (kPa)

m = Coefficient depending on the type of stiffeners (Secondary stiffener)

= 12.00

= 8.00

σ_{am} = Normal stress (MPa)

b = Actual spacing of primary stiffeners (m)

S = Scantling span of primary stiffeners (m)

P = Design pressure (kPa)

m = Coefficient depending on the support conditions (primary stiffener)

= 10.00

= 8.00

σ_{am} = Normal stress (MPa)

2

In conversion, only material value that is changed. Therefore, only σ_{am} value changed

Then, μ , s, and 22.4 can be ignored. So that:

$$Z = \frac{P}{\sigma_{am}}$$

$$P = Z \cdot \sigma_{am}$$

$$\sigma_{am} = \frac{c}{k}$$

c = Coefficient

k = Material factor

Assumption:

Force acting on aluminium is equal to force acting on galvanize steel, then:

$$P_1 = P_2$$

$$Z_1 \cdot \sigma_{am1} = Z_2 \cdot \sigma_{am2}$$

$$Z_2 = Z_1 \cdot \sigma_{am1} / \sigma_{am2}$$

$$Z_2 = Z_1 \cdot c_1 / c_2 \cdot k_2 / k_1$$

$$Z_2 = Z_1 \cdot (c_1 / c_2 \cdot k_2 / k_1)$$

Where:

Z₁ = Sectional modulus aluminium (cm³)

Z₂ = Sectional modulus galvanize (cm³)

c₁ = Coefficient aluminium

c₂ = Coefficient galvanize

k₁ = Material factor aluminium

k₂ = Material factor galvanize

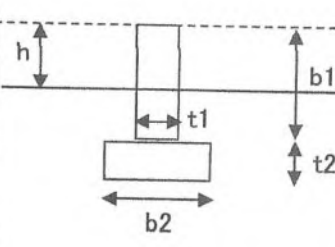
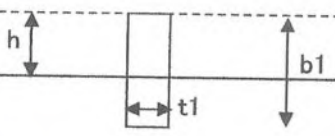
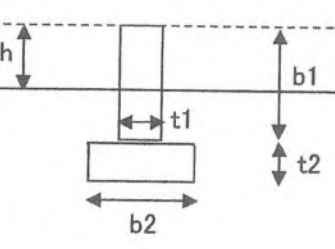
Aluminium - Galvanized Steel Conversion Plate Calculation

1	Bottom Plate 1		
	Aluminium Thickness :	t1=	8.000 mm
	Conversion		
	Aluminium		Galvanize
	C1 = 95 K1 = 1.09	C2 = 235 K2 = 0.71	
	Galvanize Thickness :	Z2 = 4.106 (mm)	
2	Bottom Plate 2		
	Aluminium Thickness :	t1=	6.000 mm
	Conversion		
	Aluminium		Galvanize
	C1 = 95 K1 = 1.09	C2 = 235 K2 = 0.71	
	Galvanize Thickness :	Z2 = 3.079 (mm)	
3	Chine Plate		
	Aluminium Thickness :	t1=	8.000 mm
	Conversion		
	Aluminium		Galvanize
	C1 = 95 K1 = 1.09	C2 = 235 K2 = 0.71	
	Galvanize Thickness :	Z2 = 4.106 (mm)	
4	Side Shell 1		
	Aluminium Thickness :	t1=	5.000 mm
	Conversion		
	Aluminium		Galvanize
	C1 = 85 K1 = 1.09	C2 = 185 K2 = 0.71	
	Galvanize Thickness :	Z2 = 2.736 (mm)	
5	Side Shell 2		
	Aluminium Thickness :	t1=	5.000 mm
	Conversion		
	Aluminium		Galvanize
	C1 = 85 K1 = 1.09	C2 = 185 K2 = 0.71	
	Galvanize Thickness :	Z2 = 2.736 (mm)	
6	Tank Top Plate		
	Aluminium Thickness :	t1=	5.000 mm
	Conversion		
	Aluminium		Galvanize
	C1 = 85 K1 = 1.09	C2 = 185 K2 = 0.71	
	Galvanize Thickness :	Z2 = 2.918 (mm)	

7	Deck Plate			
	Aluminium Thickness :		t1=	3.000 mm
	Conversion			
	Aluminium		Galvanize	
	C1 =	85	C2 =	185
K1 =	1.09	K2=	0.71	
Galvanize Thickness :		Z2 =	1.641 (mm)	
8	Sheerstrake			
	Aluminium Thickness :		t1=	8.000 mm
	Conversion			
	Aluminium		Galvanize	
	C1 =	85	C2 =	185
K1 =	1.09	K2=	0.71	
Galvanize Thickness :		Z2 =	4.377 (mm)	
9	1st Tier Deckhouse Side Wall			
	Aluminium Thickness :		t1=	3.000 mm
	Conversion			
	Aluminium		Galvanize	
	C1 =	85	C2 =	185
K1 =	1.09	K2=	0.71	
Galvanize Thickness :		Z2 =	1.641 (mm)	
10	1st Tier Deckhouse Deck Plate			
	Aluminium Thickness :		t1=	3.000 mm
	Conversion			
	Aluminium		Galvanize	
	C1 =	85	C2 =	185
K1 =	1.09	K2=	0.71	
Galvanize Thickness :		Z2 =	1.641 (mm)	
11	2nd Tier Deckhouse Side Wall			
	Aluminium Thickness :		t1=	3.000 mm
	Conversion			
	Aluminium		Galvanize	
	C1 =	85	C2 =	185
K1 =	1.09	K2=	0.71	
Galvanize Thickness :		Z2 =	1.641 (mm)	
12	2nd Tier Deckhouse Deck Plate			
	Aluminium Thickness :		t1=	3.000 mm
	Conversion			
	Aluminium		Galvanize	
	C1 =	85	C2 =	185
K1 =	1.09	K2=	0.71	
Galvanize Thickness :		Z2 =	1.641 (mm)	

13	Transom Plate			
	Aluminium Thickness :		t1=	8.000 mm
	Conversion			
	Aluminium		Galvanize	
	C1 =	95	C2 =	235
K1 =	1.09	K2=	0.71	
Galvanize Thickness :		Z2 =	4.399 (mm)	
14	Deck Plate Transom			
	Aluminium Thickness :		t1=	5.000 mm
	Conversion			
	Aluminium		Galvanize	
	C1 =	85	C2 =	185
K1 =	1.09	K2=	0.71	
Galvanize Thickness :		Z2 =	2.736 (mm)	
15	Collision Bulkhead Plate			
	Aluminium Thickness :		t1=	6.000 mm
	Conversion			
	Aluminium		Galvanize	
	C1 =	95	C2 =	235
K1 =	1.09	K2=	0.71	
Galvanize Thickness :		Z2 =	3.299 (mm)	
16	Bottom Plate Forward			
	Aluminium Thickness :		t1=	6.000 mm
	Conversion			
	Aluminium		Galvanize	
	C1 =	95	C2 =	235
K1 =	1.09	K2=	0.71	
Galvanize Thickness :		Z2 =	3.079 (mm)	
17	Corrugated Bulkhead			
	Aluminium Thickness :		t1=	3.000 mm
	Conversion			
	Aluminium		Galvanize	
	C1 =	95	C2 =	235
K1 =	1.09	K2=	0.71	
Galvanize Thickness :		Z2 =	1.650 (mm)	
18	Deckhouse Walls			
	Aluminium Thickness :		t1=	3.000 mm
	Conversion			
	Aluminium		Galvanize	
	C1 =	85	C2 =	185
K1 =	1.09	K2=	0.71	
Galvanize Thickness :		Z2 =	1.641 (mm)	

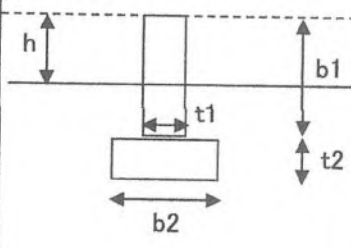
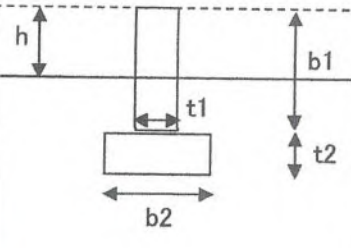
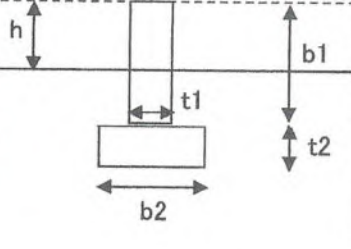
Aluminium - Galvanized Steel Conversion Modulus Calculation

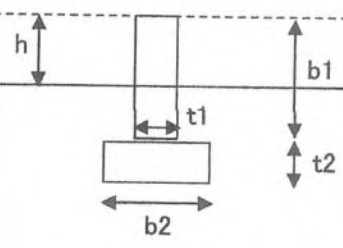
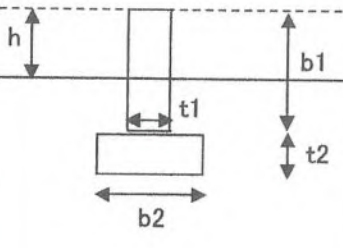
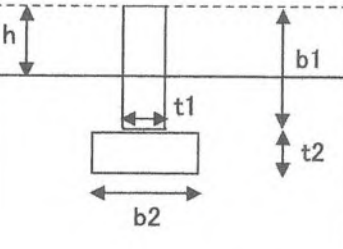
	Bottom Center Girder			
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  </div>	Dimensions			
	b1 =	190	t1 =	15
	b2 =	100	t2 =	10 (mm)
	Results			
	A =	3850 (mm ²)	i1NA =	10496503 (mm ⁴)
	M =	465750 (mm ³)	i2NA =	5488178 (mm ⁴)
	h =	120.97 (mm)	INA =	15984681 (mm ⁴)
	i1na =	8573750 (mm ⁴)	Lever h =	121 (mm)
	i2na =	8333 (mm ⁴)	Z1 =	132.133 (cm ³)
	Aluminium Modulus :			
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	40.174 (cm ³)	
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  </div>	Bottom Keel Bar			
	Dimensions			
	b1 =	200	t1 =	15
	b2 =	0	t2 =	0 (mm)
	Results			
	A =	3000 (mm ²)	i1NA =	10000000 (mm ⁴)
	M =	300000 (mm ³)	i2NA =	0 (mm ⁴)
	h =	100.00 (mm)	INA =	10000000 (mm ⁴)
	i1na =	10000000 (mm ⁴)	Lever h =	100 (mm)
	i2na =	0 (mm ⁴)	Z1 =	100.000 (cm ³)
Aluminium Modulus :				
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	30.404 (cm ³)	
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  </div>	Bottom Side Girder 1			
	Dimensions			
	b1 =	190	t1 =	6
	b2 =	50	t2 =	10 (mm)
	Results			
	A =	1640 (mm ²)	i1NA =	4489137 (mm ⁴)
	M =	205800 (mm ³)	i2NA =	2420139 (mm ⁴)
	h =	125.49 (mm)	INA =	6909276 (mm ⁴)
	i1na =	3429500 (mm ⁴)	Lever h =	125 (mm)
	i2na =	4167 (mm ⁴)	Z1 =	55.059 (cm ³)
Aluminium Modulus :				
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	16.740 (cm ³)	

<p>4</p>	Bottom Side Girder 2			
	Dimensions			
	b1 =	600	t1 =	5
	b2 =	0	t2 =	0 (mm)
	Results			
	A =	3000 (mm ²)	i1NA =	90000000 (mm ⁴)
	M =	900000 (mm ³)	i2NA =	0 (mm ⁴)
h =	300.00 (mm)	INA =	90000000 (mm ⁴)	
i1na =	90000000 (mm ⁴)	Lever h =	300 (mm)	
i2na =	0 (mm ⁴)	Z1 =	300.000 (cm ³)	
Aluminium Modulus :				
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	91.212 (cm ³)	

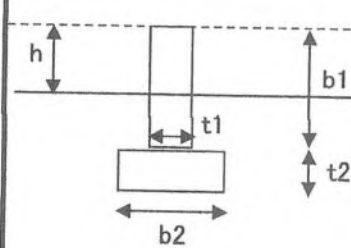
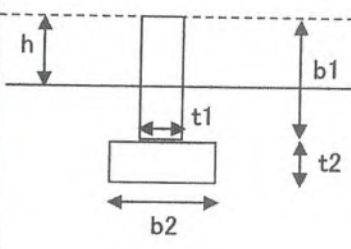
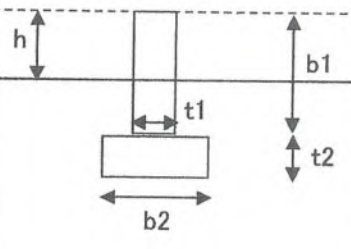
<p>5</p>	Bottom Girder Machinery			
	Dimensions			
	b1 =	540	t1 =	6
	b2 =	0	t2 =	0 (mm)
	Results			
	A =	3240 (mm ²)	i1NA =	78732000 (mm ⁴)
	M =	874800 (mm ³)	i2NA =	0 (mm ⁴)
h =	270.00 (mm)	INA =	78732000 (mm ⁴)	
i1na =	78732000 (mm ⁴)	Lever h =	270 (mm)	
i2na =	0 (mm ⁴)	Z1 =	291.600 (cm ³)	
Aluminium Modulus :				
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	88.658 (cm ³)	

<p>6</p>	Bottom Longitudinal			
	Dimensions			
	b1 =	58.5	t1 =	5
	b2 =	63.5	t2 =	5 (mm)
	Results			
	A =	610 (mm ²)	i1NA =	163298 (mm ⁴)
	M =	27923 (mm ³)	i2NA =	74252 (mm ⁴)
h =	45.78 (mm)	INA =	237550 (mm ⁴)	
i1na =	83417 (mm ⁴)	Lever h =	46 (mm)	
i2na =	661 (mm ⁴)	Z1 =	5.189 (cm ³)	
Aluminium Modulus :				
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	1.578 (cm ³)	

<p>7</p> 	Tank Top Girder			
	Dimensions			
	b1 =	150	t1 =	5
	b2 =	80	t2 =	6 (mm)
	Results			
	A =	1230 (mm ²)	i1NA =	2101151 (mm ⁴)
M =	129690 (mm ³)	i2NA =	1087222 (mm ⁴)	
h =	105.44 (mm)	INA =	3188373 (mm ⁴)	
i1na =	1406250 (mm ⁴)	Lever h =	105 (mm)	
i2na =	1440 (mm ⁴)	Z1 =	30.239 (cm ³)	
Aluminium Modulus :				
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	9.194 (cm ³)	
<p>8</p> 	Tank Top Beam			
	Dimensions			
	b1 =	95	t1 =	5
	b2 =	50	t2 =	5 (mm)
	Results			
	A =	725 (mm ²)	i1NA =	498441 (mm ⁴)
M =	46938 (mm ³)	i2NA =	268803 (mm ⁴)	
h =	64.74 (mm)	INA =	767243 (mm ⁴)	
i1na =	357240 (mm ⁴)	Lever h =	65 (mm)	
i2na =	521 (mm ⁴)	Z1 =	11.851 (cm ³)	
Aluminium Modulus :				
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	3.603 (cm ³)	
<p>9</p> 	Tank Top Longitudinal			
	Dimensions			
	b1 =	45	t1 =	5
	b2 =	50	t2 =	5 (mm)
	Results			
	A =	475 (mm ²)	i1NA =	76923 (mm ⁴)
M =	16938 (mm ³)	i2NA =	35580 (mm ⁴)	
h =	35.66 (mm)	INA =	112503 (mm ⁴)	
i1na =	37969 (mm ⁴)	Lever h =	36 (mm)	
i2na =	521 (mm ⁴)	Z1 =	3.155 (cm ³)	
Aluminium Modulus :				
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	0.959 (cm ³)	

10		Web Frame							
		Dimensions							
		b1 = 150	t1 = 5						
		b2 = 80	t2 = 6 (mm)						
		Results							
		A = 1230 (mm ²) M = 129690 (mm ³) h = 105.44 (mm) i1na = 1406250 (mm ⁴) i2na = 1440 (mm ⁴) Aluminium Modulus :	i1NA = 2101151 (mm ⁴) i2NA = 1087222 (mm ⁴) INA = 3188373 (mm ⁴) Lever h = 105 (mm) Z1 = 30.239 (cm ³)						
Conversion									
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Aluminium</td> <td style="text-align: center;">Galvanize</td> </tr> <tr> <td>C1 = 70</td> <td>C2 = 150</td> </tr> <tr> <td>K1 = 1.09</td> <td>K2 = 0.71</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Galvanize Modulus : Z2 = 9.194 (cm³)</td> </tr> </table>		Aluminium	Galvanize	C1 = 70	C2 = 150	K1 = 1.09	K2 = 0.71	Galvanize Modulus : Z2 = 9.194 (cm ³)	
Aluminium	Galvanize								
C1 = 70	C2 = 150								
K1 = 1.09	K2 = 0.71								
Galvanize Modulus : Z2 = 9.194 (cm ³)									
11		Ordinary Frame							
		Dimensions							
		b1 = 95	t1 = 5						
		b2 = 50	t2 = 5 (mm)						
		Results							
		A = 725 (mm ²) M = 46938 (mm ³) h = 64.74 (mm) i1na = 357240 (mm ⁴) i2na = 521 (mm ⁴) Aluminium Modulus :	i1NA = 498441 (mm ⁴) i2NA = 268803 (mm ⁴) INA = 767243 (mm ⁴) Lever h = 65 (mm) Z1 = 11.851 (cm ³)						
Conversion									
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Aluminium</td> <td style="text-align: center;">Galvanize</td> </tr> <tr> <td>C1 = 70</td> <td>C2 = 150</td> </tr> <tr> <td>K1 = 1.09</td> <td>K2 = 0.71</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Galvanize Modulus : Z2 = 3.603 (cm³)</td> </tr> </table>		Aluminium	Galvanize	C1 = 70	C2 = 150	K1 = 1.09	K2 = 0.71	Galvanize Modulus : Z2 = 3.603 (cm ³)	
Aluminium	Galvanize								
C1 = 70	C2 = 150								
K1 = 1.09	K2 = 0.71								
Galvanize Modulus : Z2 = 3.603 (cm ³)									
12		Side Stringer							
		Dimensions							
		b1 = 150	t1 = 5						
		b2 = 80	t2 = 6 (mm)						
		Results							
		A = 1230 (mm ²) M = 129690 (mm ³) h = 105.44 (mm) i1na = 1406250 (mm ⁴) i2na = 1440 (mm ⁴) Aluminium Modulus :	i1NA = 2101151 (mm ⁴) i2NA = 1087222 (mm ⁴) INA = 3188373 (mm ⁴) Lever h = 105 (mm) Z1 = 30.239 (cm ³)						
Conversion									
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Aluminium</td> <td style="text-align: center;">Galvanize</td> </tr> <tr> <td>C1 = 70</td> <td>C2 = 150</td> </tr> <tr> <td>K1 = 1.09</td> <td>K2 = 0.71</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Galvanize Modulus : Z2 = 9.194 (cm³)</td> </tr> </table>		Aluminium	Galvanize	C1 = 70	C2 = 150	K1 = 1.09	K2 = 0.71	Galvanize Modulus : Z2 = 9.194 (cm ³)	
Aluminium	Galvanize								
C1 = 70	C2 = 150								
K1 = 1.09	K2 = 0.71								
Galvanize Modulus : Z2 = 9.194 (cm ³)									

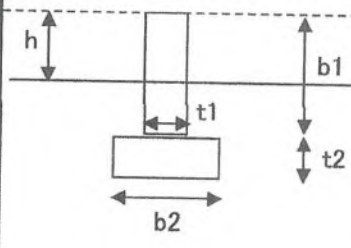
13 	Side Longitudinal	
	Dimensions	
	b1 = 45	t1 = 5
	b2 = 50	t2 = 5 (mm)
	Results	
	A = 475 (mm ²) M = 16938 (mm ³) h = 35.66 (mm) i1na = 37969 (mm ⁴) i2na = 521 (mm ⁴) Aluminium Modulus :	i1NA = 76923 (mm ⁴) i2NA = 35580 (mm ⁴) INA = 112503 (mm ⁴) Lever h = 36 (mm) Z1 = 3.155 (cm ³)
	Conversion	
Aluminium C1 = 70 K1 = 1.09	Galvanize C2 = 150 K2 = 0.71 Galvanize Modulus : Z2 = 0.959 (cm³)	
14 	Deck Transverse	
	Dimensions	
	b1 = 150	t1 = 5
	b2 = 80	t2 = 6 (mm)
	Results	
	A = 1230 (mm ²) M = 129690 (mm ³) h = 105.44 (mm) i1na = 1406250 (mm ⁴) i2na = 1440 (mm ⁴) Aluminium Modulus :	i1NA = 2101151 (mm ⁴) i2NA = 1087222 (mm ⁴) INA = 3188373 (mm ⁴) Lever h = 105 (mm) Z1 = 30.239 (cm ³)
	Conversion	
Aluminium C1 = 70 K1 = 1.09	Galvanize C2 = 150 K2 = 0.71 Galvanize Modulus : Z2 = 9.194 (cm³)	
15 	Deck Beam	
	Dimensions	
	b1 = 95	t1 = 5
	b2 = 50	t2 = 5 (mm)
	Results	
	A = 725 (mm ²) M = 46938 (mm ³) h = 64.74 (mm) i1na = 357240 (mm ⁴) i2na = 521 (mm ⁴) Aluminium Modulus :	i1NA = 498441 (mm ⁴) i2NA = 268803 (mm ⁴) INA = 767243 (mm ⁴) Lever h = 65 (mm) Z1 = 11.851 (cm ³)
	Conversion	
Aluminium C1 = 70 K1 = 1.09	Galvanize C2 = 150 K2 = 0.71 Galvanize Modulus : Z2 = 3.603 (cm³)	

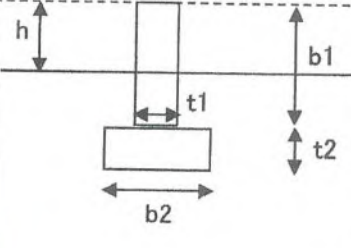
16		Deck Girder			
		Dimensions			
		b1 =	150	t1 =	5
		b2 =	80	t2 =	6 (mm)
		Results			
A =	1230 (mm ²)	i1NA =	2101151 (mm ⁴)		
M =	129690 (mm ³)	i2NA =	1087222 (mm ⁴)		
h =	105.44 (mm)	INA =	3188373 (mm ⁴)		
i1na =	1406250 (mm ⁴)	Lever h =	105 (mm)		
i2na =	1440 (mm ⁴)	Z1 =	30.239 (cm ³)		
Aluminium Modulus :					
Conversion					
Aluminium		Galvanize			
C1 =	70	C2 =	150		
K1 =	1.09	K2 =	0.71		
Galvanize Modulus :		Z2 =	9.194 (cm ³)		
17		Deck Longitudinal			
		Dimensions			
		b1 =	34	t1 =	2.5
		b2 =	30	t2 =	4 (mm)
		Results			
A =	205 (mm ²)	i1NA =	18703 (mm ⁴)		
M =	5765 (mm ³)	i2NA =	7608 (mm ⁴)		
h =	28.12 (mm)	INA =	26310 (mm ⁴)		
i1na =	8188 (mm ⁴)	Lever h =	28 (mm)		
i2na =	160 (mm ⁴)	Z1 =	0.936 (cm ³)		
Aluminium Modulus :					
Conversion					
Aluminium		Galvanize			
C1 =	70	C2 =	150		
K1 =	1.09	K2 =	0.71		
Galvanize Modulus :		Z2 =	0.284 (cm ³)		
18		1st Tier Deckhouse Side Stiffener			
		Dimensions			
		b1 =	95	t1 =	5
		b2 =	50	t2 =	5 (mm)
		Results			
A =	725 (mm ²)	i1NA =	498441 (mm ⁴)		
M =	46938 (mm ³)	i2NA =	268803 (mm ⁴)		
h =	64.74 (mm)	INA =	767243 (mm ⁴)		
i1na =	357240 (mm ⁴)	Lever h =	65 (mm)		
i2na =	521 (mm ⁴)	Z1 =	11.851 (cm ³)		
Aluminium Modulus :					
Conversion					
Aluminium		Galvanize			
C1 =	70	C2 =	150		
K1 =	1.09	K2 =	0.71		
Galvanize Modulus :		Z2 =	3.603 (cm ³)		

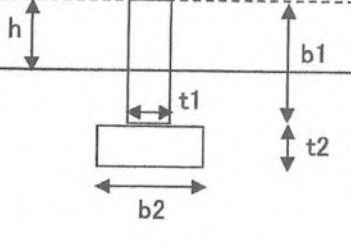
<p>19</p>	1st Tier Deckhouse Side Stringer			
	Dimensions			
	b1 =	95	t1 =	5
	b2 =	50	t2 =	5 (mm)
	Results			
A =	725 (mm ²)	i1NA =	498441 (mm ⁴)	
M =	46938 (mm ³)	i2NA =	268803 (mm ⁴)	
h =	64.74 (mm)	INA =	767243 (mm ⁴)	
i1na =	357240 (mm ⁴)	Lever h =	65 (mm)	
i2na =	521 (mm ⁴)	Aluminium Modulus :	Z1 = 11.851 (cm ³)	
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	3.603 (cm ³)	

<p>20</p>	1st Tier Deckhouse Side Longitudinal			
	Dimensions			
	b1 =	34	t1 =	2.5
	b2 =	30	t2 =	4 (mm)
	Results			
A =	205 (mm ²)	i1NA =	18703 (mm ⁴)	
M =	5765 (mm ³)	i2NA =	7608 (mm ⁴)	
h =	28.12 (mm)	INA =	26310 (mm ⁴)	
i1na =	8188 (mm ⁴)	Lever h =	28 (mm)	
i2na =	160 (mm ⁴)	Aluminium Modulus :	Z1 = 0.936 (cm ³)	
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	0.284 (cm ³)	

<p>21</p>	1st Tier Deckhouse Deck Beam			
	Dimensions			
	b1 =	95	t1 =	5
	b2 =	50	t2 =	5 (mm)
	Results			
A =	725 (mm ²)	i1NA =	498441 (mm ⁴)	
M =	46938 (mm ³)	i2NA =	268803 (mm ⁴)	
h =	64.74 (mm)	INA =	767243 (mm ⁴)	
i1na =	357240 (mm ⁴)	Lever h =	65 (mm)	
i2na =	521 (mm ⁴)	Aluminium Modulus :	Z1 = 11.851 (cm ³)	
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	3.603 (cm ³)	

<p>22</p> 	1st Tier Deckhouse Deck Girder			
	Dimensions			
	b1 =	95	t1 =	5
	b2 =	50	t2 =	5 (mm)
	Results			
A =	725 (mm ²)	i1NA =	498441 (mm ⁴)	
M =	46938 (mm ³)	i2NA =	268803 (mm ⁴)	
h =	64.74 (mm)	INA =	767243 (mm ⁴)	
i1na =	357240 (mm ⁴)	Lever h =	65 (mm)	
i2na =	521 (mm ⁴)	Aluminium Modulus :	Z1 = 11.851 (cm ³)	
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	3.603 (cm ³)	

<p>23</p> 	1st Tier Deckhouse Deck Longitudinal			
	Dimensions			
	b1 =	34	t1 =	2.5
	b2 =	30	t2 =	4 (mm)
	Results			
A =	205 (mm ²)	i1NA =	18703 (mm ⁴)	
M =	5765 (mm ³)	i2NA =	7608 (mm ⁴)	
h =	28.12 (mm)	INA =	26310 (mm ⁴)	
i1na =	8188 (mm ⁴)	Lever h =	28 (mm)	
i2na =	160 (mm ⁴)	Aluminium Modulus :	Z1 = 0.936 (cm ³)	
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	0.284 (cm ³)	

<p>24</p> 	2nd Tier Deckhouse Side Stiffener			
	Dimensions			
	b1 =	95	t1 =	5
	b2 =	50	t2 =	5 (mm)
	Results			
A =	725 (mm ²)	i1NA =	498441 (mm ⁴)	
M =	46938 (mm ³)	i2NA =	268803 (mm ⁴)	
h =	64.74 (mm)	INA =	767243 (mm ⁴)	
i1na =	357240 (mm ⁴)	Lever h =	65 (mm)	
i2na =	521 (mm ⁴)	Aluminium Modulus :	Z1 = 11.851 (cm ³)	
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	3.603 (cm ³)	

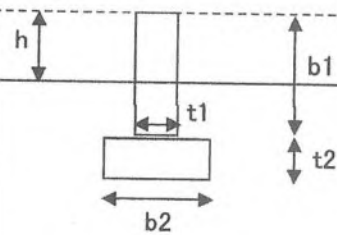
25 	2nd Tier Deckhouse Side Stringer			
	Dimensions			
	b1 =	95	t1 =	5
	b2 =	50	t2 =	5 (mm)
	Results			
	A =	725 (mm ²)	i1NA =	498441 (mm ⁴)
M =	46938 (mm ³)	i2NA =	268803 (mm ⁴)	
h =	64.74 (mm)	INA =	767243 (mm ⁴)	
i1na =	357240 (mm ⁴)	Lever h =	65 (mm)	
i2na =	521 (mm ⁴)	Aluminium Modulus :	Z1 = 11.851 (cm ³)	
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	3.603 (cm ³)	
26 	2nd Tier Deckhouse Side Longitudinal			
	Dimensions			
	b1 =	34	t1 =	2.5
	b2 =	30	t2 =	4 (mm)
	Results			
	A =	205 (mm ²)	i1NA =	18703 (mm ⁴)
M =	5765 (mm ³)	i2NA =	7608 (mm ⁴)	
h =	28.12 (mm)	INA =	26310 (mm ⁴)	
i1na =	8188 (mm ⁴)	Lever h =	28 (mm)	
i2na =	160 (mm ⁴)	Aluminium Modulus :	Z1 = 0.936 (cm ³)	
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	0.284 (cm ³)	
27 	2nd Tier Deckhouse Deck Beam			
	Dimensions			
	b1 =	95	t1 =	5
	b2 =	50	t2 =	5 (mm)
	Results			
	A =	725 (mm ²)	i1NA =	498441 (mm ⁴)
M =	46938 (mm ³)	i2NA =	268803 (mm ⁴)	
h =	64.74 (mm)	INA =	767243 (mm ⁴)	
i1na =	357240 (mm ⁴)	Lever h =	65 (mm)	
i2na =	521 (mm ⁴)	Aluminium Modulus :	Z1 = 11.851 (cm ³)	
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	3.603 (cm ³)	

<p>28</p>	2nd Tier Deckhouse Deck Girder			
	Dimensions			
	b1 =	95	t1 =	5
	b2 =	50	t2 =	5 (mm)
	Results			
	A =	725 (mm ²)	i1NA =	498441 (mm ⁴)
M =	46938 (mm ³)	i2NA =	268803 (mm ⁴)	
h =	64.74 (mm)	INA =	767243 (mm ⁴)	
i1na =	357240 (mm ⁴)	Lever h =	65 (mm)	
i2na =	521 (mm ⁴)	Z1 =	11.851 (cm ³)	
Aluminium Modulus :				
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	3.603 (cm ³)	

<p>29</p>	2nd Tier Deckhouse Deck Longitudinal			
	Dimensions			
	b1 =	34	t1 =	2.5
	b2 =	30	t2 =	4 (mm)
	Results			
	A =	205 (mm ²)	i1NA =	18703 (mm ⁴)
M =	5765 (mm ³)	i2NA =	7608 (mm ⁴)	
h =	28.12 (mm)	INA =	26310 (mm ⁴)	
i1na =	8188 (mm ⁴)	Lever h =	28 (mm)	
i2na =	160 (mm ⁴)	Z1 =	0.936 (cm ³)	
Aluminium Modulus :				
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	70	C2 =	150	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	0.284 (cm ³)	

<p>30</p>	Corrugated Bulkhead			
	Dimensions			
	b =	150	d =	45
	c =	50	t =	3 (mm)
	Results			
	Aluminium Modulus :		Z1 =	13.500 (cm ³)
Conversion				
Aluminium		Galvanize		
C1 =	90	C2 =	200	
K1 =	1.09	K2 =	0.71	
Galvanize Modulus :		Z2 =	3.958 (cm ³)	

31



Bulkhead Web Vertical Stiffener

Dimensions

b1 =	95	t1 =	5
b2 =	50	t2 =	5 (mm)

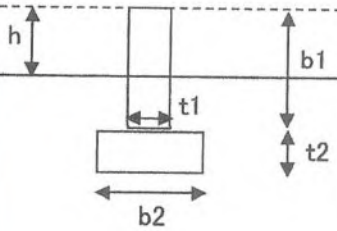
Results

A =	725 (mm ²)	i1NA =	498441 (mm ⁴)
M =	46938 (mm ³)	i2NA =	268803 (mm ⁴)
h =	64.74 (mm)	INA =	767243 (mm ⁴)
i1na =	357240 (mm ⁴)	Lever h =	65 (mm)
i2na =	521 (mm ⁴)	Z1 =	11.851 (cm ³)
Aluminium Modulus :			

Conversion

Aluminium		Galvanize	
C1 =	90	C2 =	200
K1 =	1.09	K2 =	0.71
Galvanize Modulus :		Z2 =	3.474 (cm ³)

32



Bulkhead Ordinary Vertical Stiffener

Dimensions

b1 =	45	t1 =	5
b2 =	50	t2 =	5 (mm)

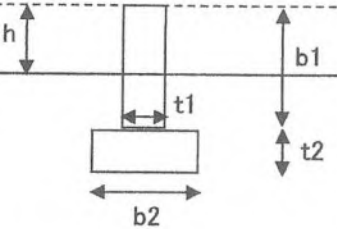
Results

A =	475 (mm ²)	i1NA =	76923 (mm ⁴)
M =	16938 (mm ³)	i2NA =	35580 (mm ⁴)
h =	35.66 (mm)	INA =	112503 (mm ⁴)
i1na =	37969 (mm ⁴)	Lever h =	36 (mm)
i2na =	521 (mm ⁴)	Z1 =	3.155 (cm ³)
Aluminium Modulus :			

Conversion

Aluminium		Galvanize	
C1 =	90	C2 =	200
K1 =	1.09	K2 =	0.71
Galvanize Modulus :		Z2 =	0.925 (cm ³)

33



Bulkhead Horizontal Stiffener

Dimensions

b1 =	95	t1 =	5
b2 =	50	t2 =	5 (mm)

Results

A =	725 (mm ²)	i1NA =	498441 (mm ⁴)
M =	46938 (mm ³)	i2NA =	268803 (mm ⁴)
h =	64.74 (mm)	INA =	767243 (mm ⁴)
i1na =	357240 (mm ⁴)	Lever h =	65 (mm)
i2na =	521 (mm ⁴)	Z1 =	11.851 (cm ³)
Aluminium Modulus :			

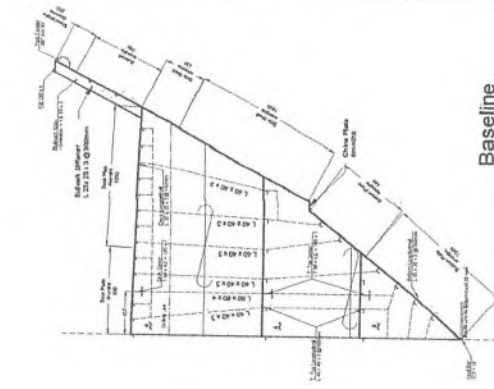
Conversion

Aluminium		Galvanize	
C1 =	90	C2 =	200
K1 =	1.09	K2 =	0.71
Galvanize Modulus :		Z2 =	3.474 (cm ³)

Part	Name	Plate Req. (mm)	Plate Act. (mm)
Bottom	Bottom Plate 1	4.1	6.0
	Bottom Plate 2	3.1	4.0
	Chine Plate	4.1	6.0
Tank Top	Tank Top Plate	2.9	4.0
Side Shell	Side Shell 1	2.7	4.0
	Side Shell 2	2.7	4.0
	Sheerstrake	4.4	6.0
Deck	Deck Plate	1.6	4.0
1st Tier Deckhouse	1st Tier Deckhouse Side Wall	1.6	4.0
	1st Tier Deckhouse Deck Plate	1.6	4.0
2nd Tier Deckhouse	2nd Tier Deckhouse Side Wall	1.6	4.0
	2nd Tier Deckhouse Deck Plate	1.6	4.0
Transom	Transom Plate	4.4	6.0
	Deck Plate Transom	2.7	4.0
Collision Bulkhead	Collision Bulkhead Plate	3.3	4.0
	Bottom Plate Forward	3.1	4.0
Corr. Bhd	Corrugated Bulkhead Plate	1.6	4.0

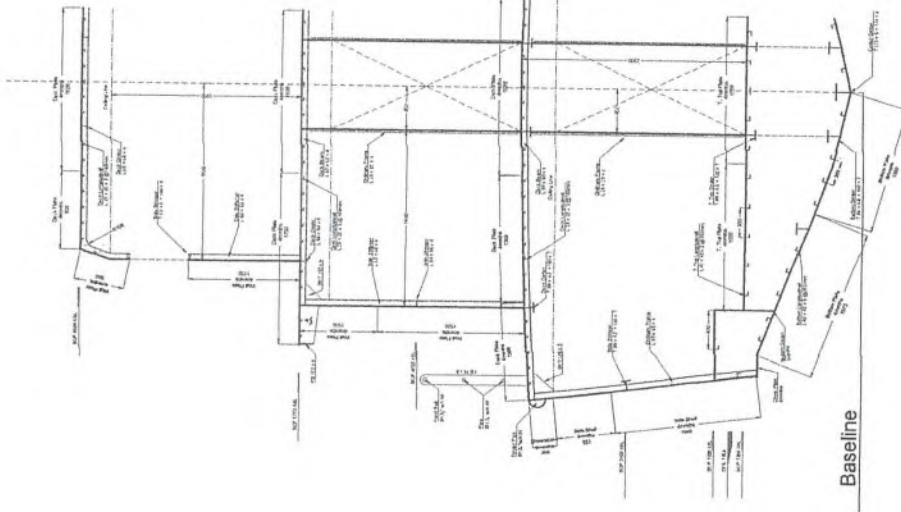
Part	Name	Modulus Req. (cm3)	Profile	Modulus Act. (cm3)
Bottom	Bottom Center Girder	40.2	T 173 x 6 + 174 x 9	49.9
	Bottom Keel Bar	30.4	K 150 x 10	37.5
	Bottom Side Girder 1	16.7	T 124 x 5 + 124 x 8	21.2
	Bottom Side Girder 2	91.2	t = 4 mm	240
	Bottom Girder Machinery	88.7	t = 4 mm	194.4
	Bottom Longitudinal	1.6	L 40 x 40 x 5	1.91
Tank Top	Tank Top Girder	9.2	T 99 x 4.5 + 100 x 7	12
	Tank Top Beam	3.6	L 60 x 60 x 4	3.66
	Tank Top Longitudinal	1.0	L 40 x 40 x 3	1.21
Side Shell	Web Frame	9.2	T 99 x 4.5 + 100 x 7	12
	Ordinary Frame	3.6	L 60 x 60 x 4	3.66
	Side Stringer	9.2	T 99 x 4.5 + 100 x 7	12
	Side Longitudinal	1.0	L 40 x 40 x 3	1.21
Deck	Deck Transverse	9.2	T 99 x 4.5 + 100 x 7	12
	Deck Beam	3.6	L 60 x 60 x 4	3.66
	Deck Girder	9.2	T 99 x 4.5 + 100 x 7	12
	Deck Longitudinal	0.3	L 25 x 25 x 3	0.448
1st Tier Deckhouse	1st Tier Deckhouse Side Stiffener	3.6	L 60 x 60 x 4	3.66
	1st Tier Deckhouse Side Stringer	3.6	L 60 x 60 x 4	3.66
	1st Tier Deckhouse Side Longitudinal	0.3	L 25 x 25 x 3	0.448
	1st Tier Deckhouse Deck Beam	3.6	L 60 x 60 x 4	3.66
	1st Tier Deckhouse Deck Girder	3.6	L 60 x 60 x 4	3.66
	1st Tier Deckhouse Deck Longitudinal	0.3	L 25 x 25 x 3	0.448
2nd Tier Deckhouse	2nd Tier Deckhouse Side Stiffener	3.6	L 60 x 60 x 4	3.66
	2nd Tier Deckhouse Side Stringer	3.6	L 60 x 60 x 4	3.66
	2nd Tier Deckhouse Side Longitudinal	0.3	L 25 x 25 x 3	0.448
	2nd Tier Deckhouse Deck Beam	3.6	L 60 x 60 x 4	3.66
	2nd Tier Deckhouse Deck Girder	3.6	L 60 x 60 x 4	3.66
	2nd Tier Deckhouse Deck Longitudinal	0.3	L 25 x 25 x 3	0.448
Collision Bulkhead	Bulkhead Web Vertical Stiffener	3.5	L 60 x 60 x 4	3.66
	Bulkhead Ordinary Vertical Stiffener	0.9	L 40 x 40 x 3	1.21
	Bulkhead Horizontal Stiffener	3.5	L 60 x 60 x 4	3.66
Corr. Bhd	Corrugated Bulkhead	4.0	75 x 40 x 20 x4	4.60

Part	Name	Aluminium		Galvanize	
		Profile/Plate Thk.	Modulus	Profile/Plate Thk.	Modulus
Bottom	Bottom Plate 1	8t		6t	
	Bottom Plate 2	6t		4t	
	Chine	8t		6t	
	Bottom Center Girder	T 200 x 15 + 100 x 10	132.13	T 173 x 6 + 174 x 9	49.9
	Bottom Keel Bar	K 200 x 15	100.00	K 150 x 10	37.5
	Bottom Side Girder 1	T 200 x 6 + 50 x 10	55.06	T 124 x 5 + 124 x 8	21.2
	Bottom Side Girder 2	5t	300.00	4t	240
	Bottom Longitudinal	T 63.5 x 63.5 x 5	5.19	L 40 x 40 x 5	1.91
	Bottom Girder Machinery	6t	291.60	4t	194.4
	Bottom Floor	5t		4t	
Tank Top	Tank Top Plate	5t		4t	
	Tank Top Girder	T 156 x 5 + 80 x 6	30.24	T 99 x 4.5 + 100 x 7	12
	Tank Top Beam	T 100 x 50 x 5	11.85	L 60 x 60 x 4	3.66
	Tank Top Longitudinal	T 50 x 50 x 5	3.16	L 40 x 40 x 3	1.21
Side Shell	Side Shell	5t		4t	
	Sheerstrake	8t		6t	
	Web Frame	T 156 x 5 + 80 x 6	30.239	T 99 x 4.5 + 100 x 7	12
	Ordinary Frame	T 100 x 50 x 5	11.85	L 60 x 60 x 4	3.66
	Side Stringer	T 156 x 5 + 80 x 6	30.239	T 99 x 4.5 + 100 x 7	12
	Side Longitudinal	T 50 x 50 x 5	3.16	L 40 x 40 x 3	1.21
Deck	Deck Plate	3t		4t	
	Deck Transverse	T 156 x 5 + 80 x 6	30.24	T 99 x 4.5 + 100 x 7	12
	Deck Beam	T 100 x 50 x 5	11.85	L 60 x 60 x 4	3.66
	Deck Girder	T 156 x 5 + 80 x 6	30.24	T 99 x 4.5 + 100 x 7	12
	Deck Longitudinal	T 37.5 x 2.5 + 30 x 4	0.9356	L 25 x 25 x 3	0.448
1st Tier Deckhouse	1st Tier Deckhouse Side Wall	3t		4t	
	1st Tier Deckhouse Deck Plate	3t		4t	
	1st Tier Deckhouse Side Stiffener	T 100 x 50 x 5	11.85	L 60 x 60 x 4	3.66
	1st Tier Deckhouse Side Stringer	T 100 x 50 x 5	11.85	L 60 x 60 x 4	3.66
	1st Tier Deckhouse Side Longitudinal	T 37.5 x 2.5 + 30 x 4	0.9356	L 25 x 25 x 3	0.448
	1st Tier Deckhouse Deck Beam	T 100 x 50 x 5	11.85	L 60 x 60 x 4	3.66
	1st Tier Deckhouse Deck Girder	T 100 x 50 x 5	11.85	L 60 x 60 x 4	3.66
	1st Tier Deckhouse Deck Longitudinal	T 37.5 x 2.5 + 30 x 4	0.9356	L 25 x 25 x 3	0.448
2nd Tier Deckhouse	2nd Tier Deckhouse Side Wall	3t		4t	
	2nd Tier Deckhouse Deck Plate	3t		4t	
	2nd Tier Deckhouse Side Stiffener	T 100 x 50 x 5	11.851	L 60 x 60 x 4	3.66
	2nd Tier Deckhouse Side Stringer	T 100 x 50 x 5	11.851	L 60 x 60 x 4	3.66
	2nd Tier Deckhouse Side Longitudinal	T 37.5 x 2.5 + 30 x 4	0.9356	L 25 x 25 x 3	0.448
	2nd Tier Deckhouse Deck Beam	T 100 x 50 x 5	11.851	L 60 x 60 x 4	3.66
	2nd Tier Deckhouse Deck Girder	T 100 x 50 x 5	11.851	L 60 x 60 x 4	3.66
	2nd Tier Deckhouse Deck Longitudinal	T 37.5 x 2.5 + 30 x 4	0.9356	L 25 x 25 x 3	0.448
Collision Bulkhead	Bulkhead Web Vertical Stiffener	T 100 x 50 x 5	11.851	L 60 x 60 x 4	3.66
	Bulkhead Ordinary Vertical Stiffener	T 50 x 50 x 5	3.16	L 40 x 40 x 3	1.21
	Bulkhead Horizontal Stiffener	T 100 x 50 x 5	11.851	L 60 x 60 x 4	3.66
Corrugated Bulkhead	Corrugated Bulkhead Plate	3t		4t	
	Corrugated Bulkhead	150 x 50 x 45	13.5	75 x 40 x 20	4.60



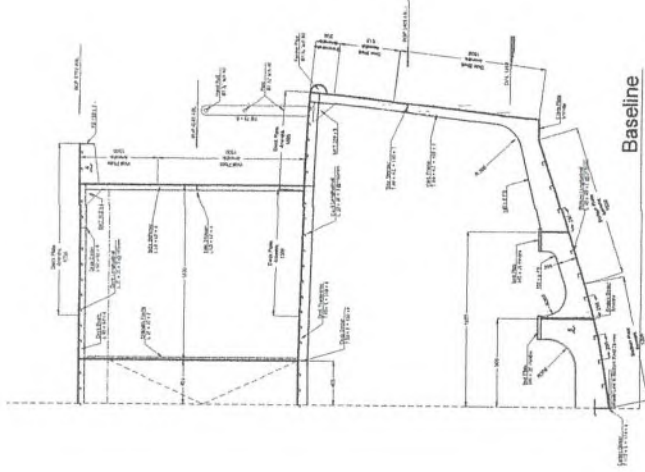
Baseline

FRAME 47
Collision Bulkhead



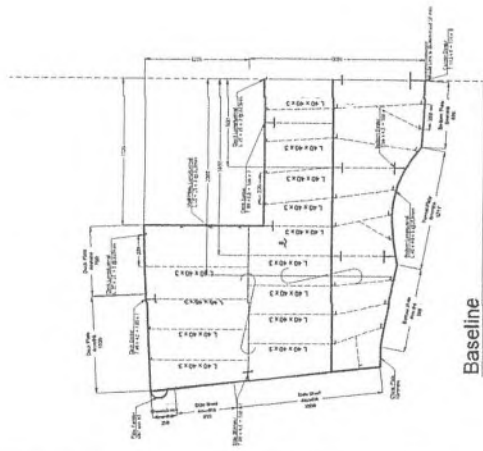
Baseline

FRAME 25
TYPICAL ORDINARY FRAME



Baseline

FRAME 15
AFT VIEW



Baseline

TRANSOM
AFT VIEW

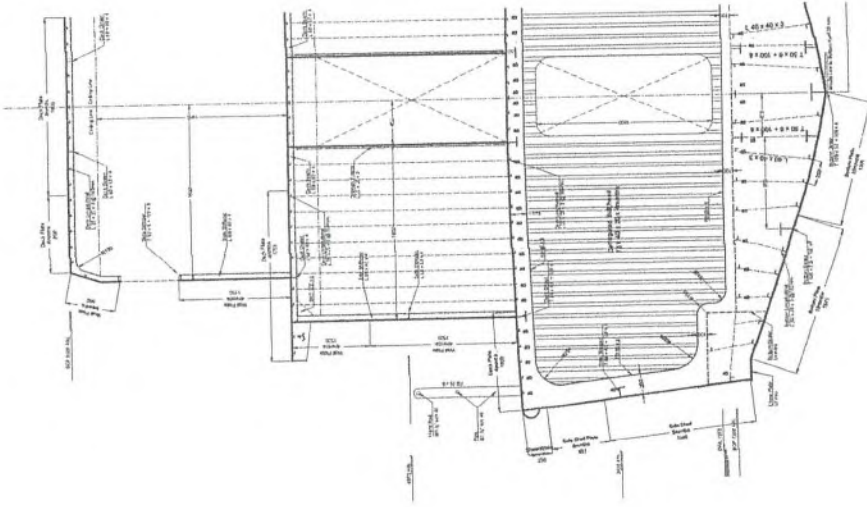


DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

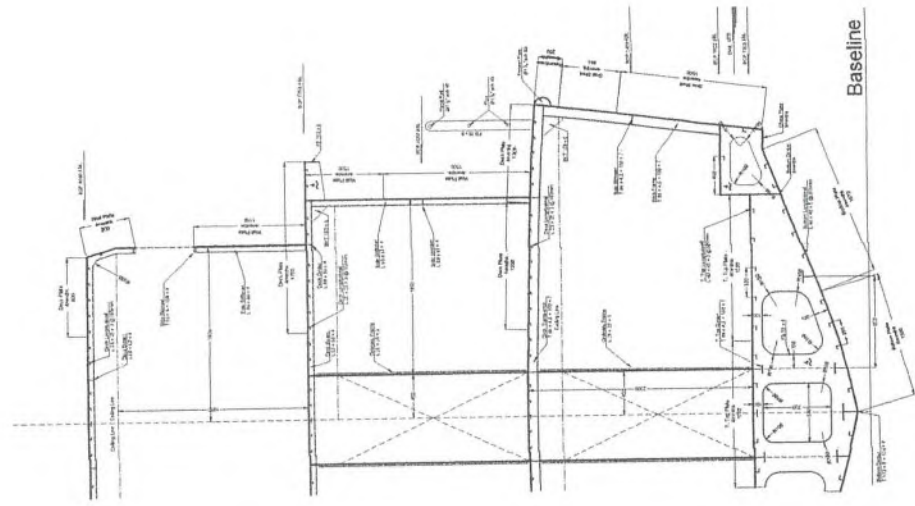
MIDSHIP SECTION

SCALE	1:25	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN				
APPROVED				

PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	PATROL SHIP
LENGTH OVERALL (LOA)	25.80 m
WIDTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	23.00 m
BREADTH (B)	8.40 m
DEPT (D)	3.40 m
DRAUGHT (T)	1.35 m
BLOCK COEFFICIENT	0.410
SERVICE SPEED (V)	35 knots



FRAME 20
TYPICAL BULKHEAD



FRAME 26
TYPICAL WEB FRAME

PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	PATRICK SHIP
LENGTH OVERALL (LOA)	28.00 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	25.00 m
BREADTH (B)	6.40 m
DEPTH (D)	3.40 m
DRAUGHT (T)	1.35 m
BLOCK COEFFICIENT	0.419
SERVICE SPEED (V)	15 knots

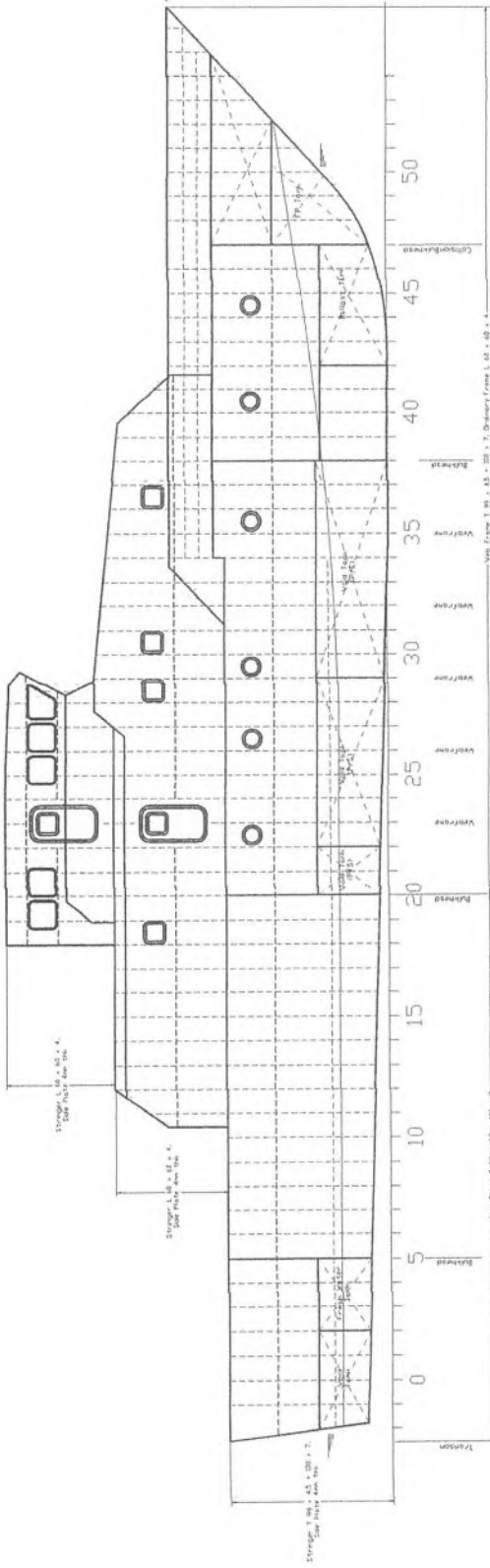


DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

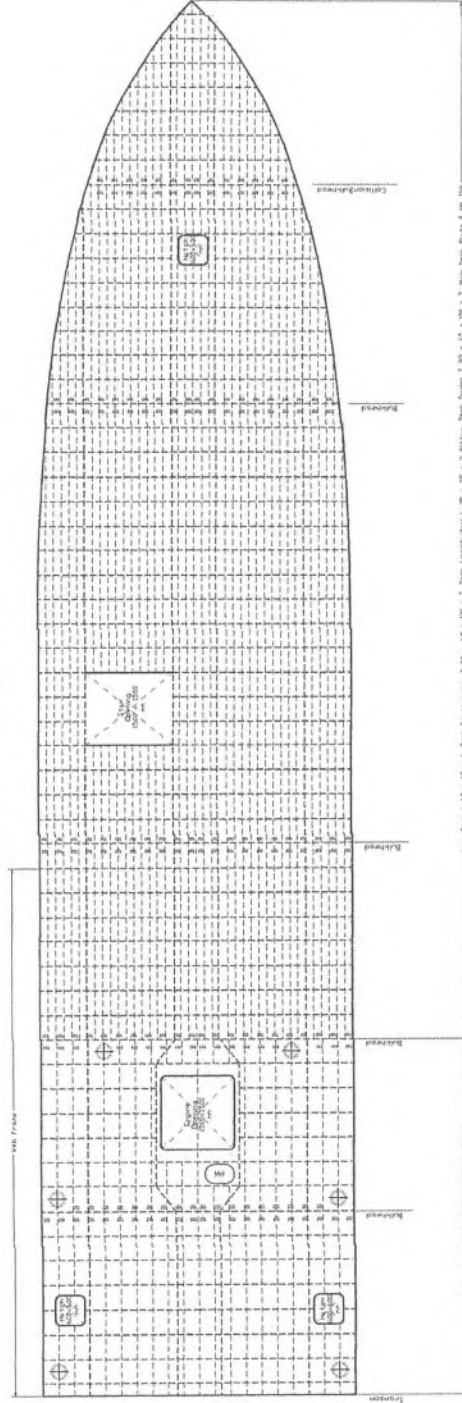
MIDSHIP SECTION

SCALE	DATE	SIGNATURE	REVISION
1 : 25			
DRAWN			
APPROVED			

SIDE SECTION



MAIN DECK PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	PAVIL SHIP
LENGTH OVERALL	29.80 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	25.80 m
BREADTH (B)	6.40 m
DEPTH (D)	3.40 m
DRAUGHT (TD)	1.35 m
BLOCK COEFFICIENT	0.419
SERVICE SPEED (V)	25 knots

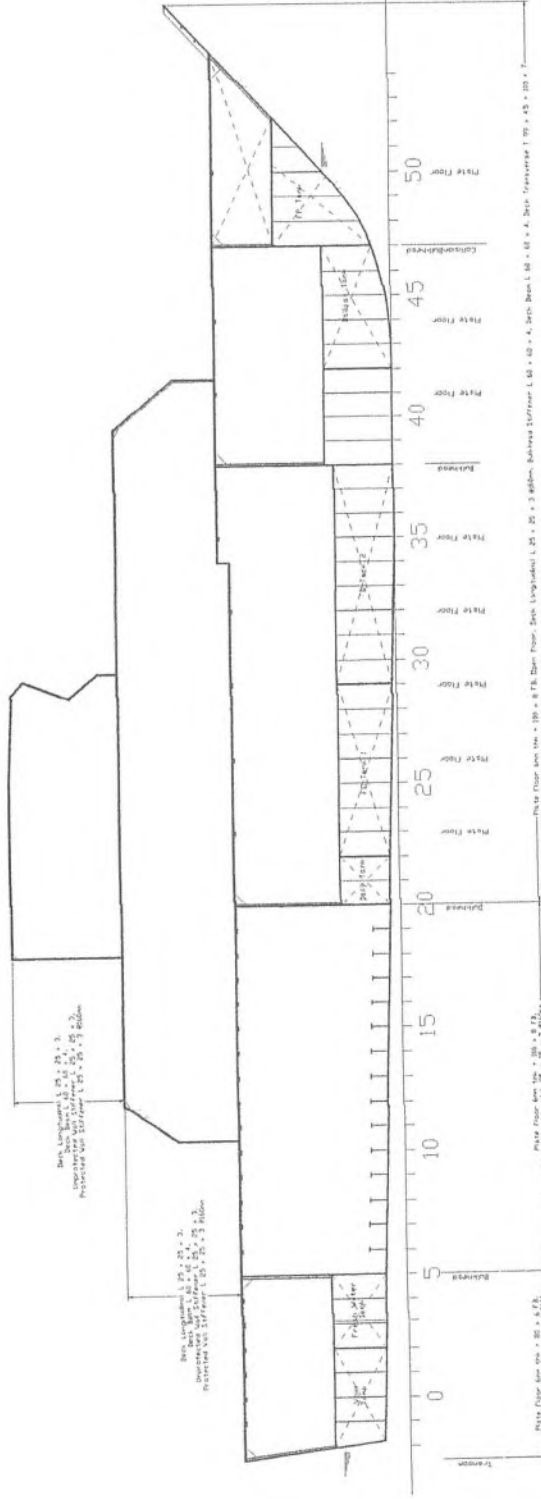


DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

CONSTRUCTION PROFILE

SCALE	DATE	SIGNATURE	REMARKS
1 : 50			
APPROVED			

CENTERLINE PROFILE



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	PATROL SHIP
LENGTH OVERALL	2980 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	2500 m
BREADTH (M)	640 m
DEPTH (M)	340 m
DRAUGHT (T)	135 m
BLOCK COEFFICIENT	0.419
SERVICE SPEED (K)	35 knots

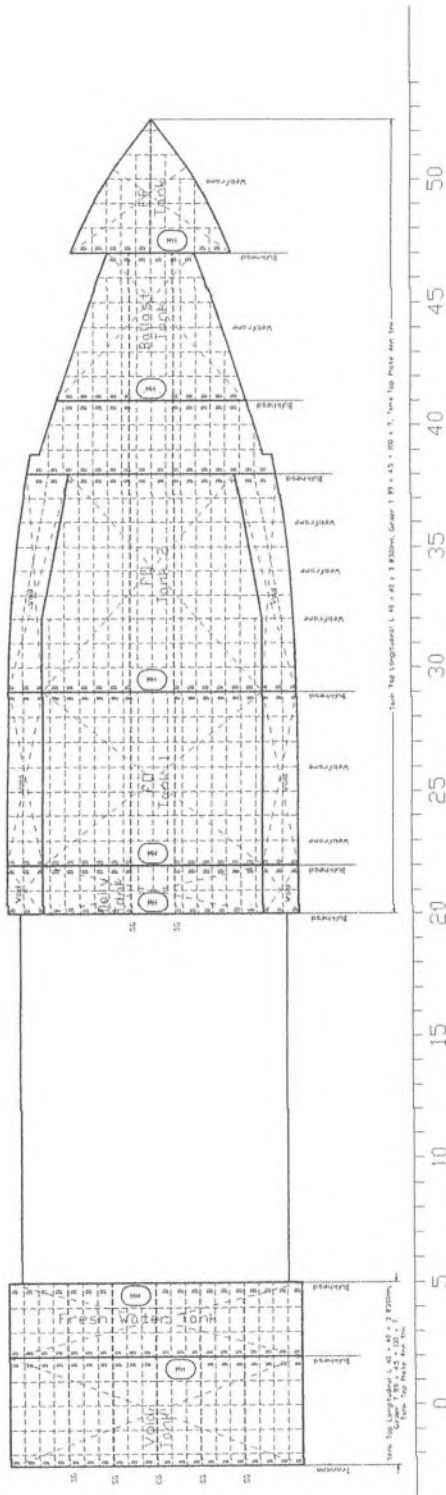


DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
 FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

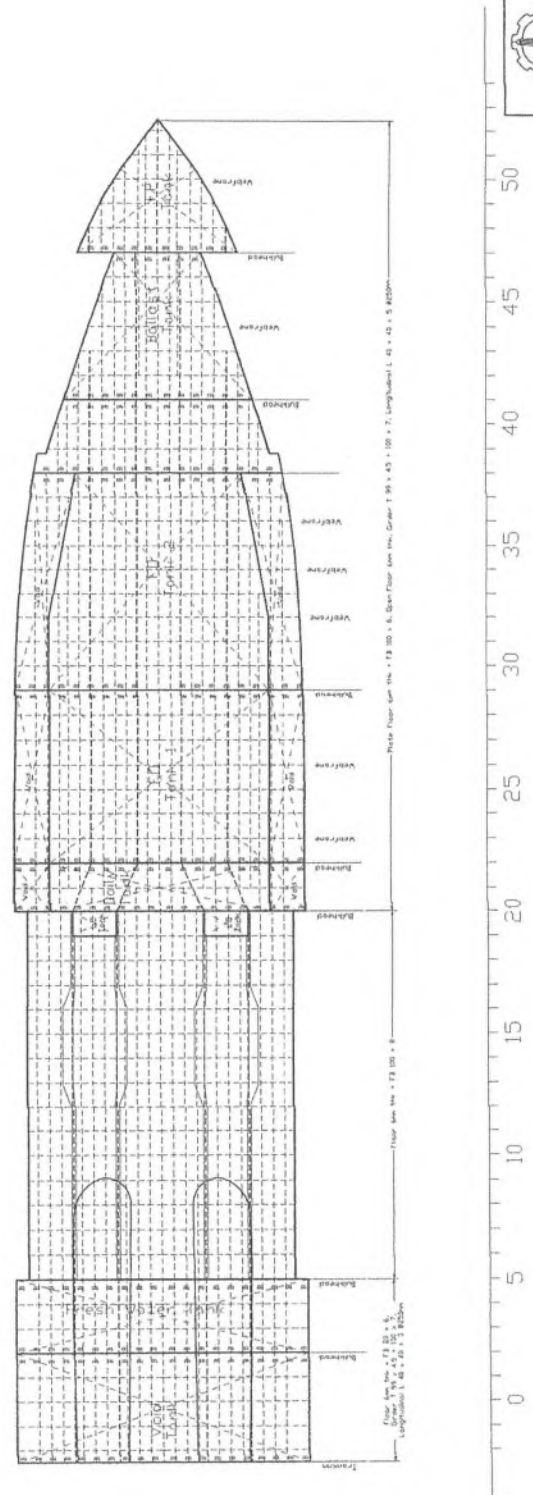
CONSTRUCTION PROFILE

SCALE	DATE	REMARKS
1 : 50		
DESIGNER		
APPROVED		
		AI

TANK TOP PLAN



BOTTOM PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	PATROL SKIP
LENGTH OVERALL (LOA)	29.80 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	25.00 m
BREADTH (B)	6.40 m
DEPTH (D)	3.10 m
DRAUGHT (T)	1.35 m
BLOCK COEFFICIENT	0.419
SERVICE SPEED (Kt)	35 knots

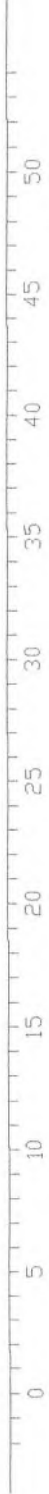
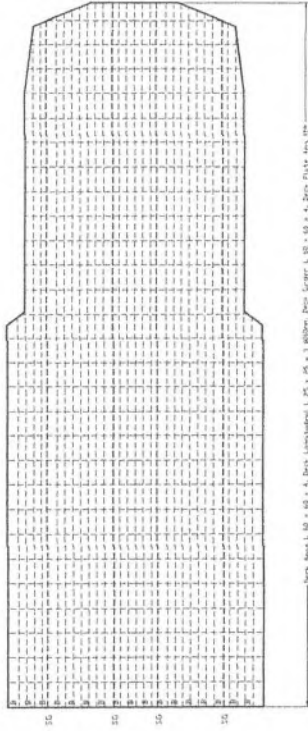


DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
 FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

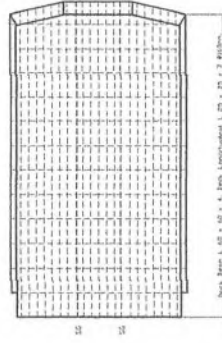
CONSTRUCTION PROFILE

SCALE	SIGNATURE	DATE	REMARKS
1 : 50			
DESIGN			
APPROVED			

UPPER DECK PLAN



TOP DECK PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	PATROL SHIP
LENGTH OVERALL	29.80 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	25.00 m
BREADTH (B)	6.40 m
DEPTH (D)	3.40 m
DRAUGHT (T)	1.20 m
BLOCK COEFFICIENT	0.419
SERVICE SPEED (V)	35 knots



DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
 FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

CONSTRUCTION PROFILE

SCALE	1 : 50	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DESIGN				
APPROVED				

LAMPIRAN E
PERHITUNGAN BERAT KAPAL PATROLI ALUMINIUM

Block Fr 22 - Fr 33													
Level 1	Level 2	Level 3			Level 4		Material	Luas Piece Part m ²	Kebutuhan	Satuan	Volume m ³	Berat ton	
Ring Block	Block	Piece Part	Pelat			Profil							
			Web mm	Face mm	Tebal mm	Ukuran mm							Panjang (P) mm
Blok Fr 22 - Fr 33	Main Deck	Pelat Geladak		900	4		6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.043	0.117
		Pelat Geladak		1300	4		6000	Pelat	0.005	2	Lembar	0.000	0.000
		Pelat Geladak		1000	4		6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.000	0.000
		Deck Girder	156		5		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.019	0.051
		Deck Beam (22)	80		6		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.012	0.031
		Deck Transverse (23)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.013
		Deck Transverse (23)	156		5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.013
		Deck Transverse (23)	80		6		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.008
		Deck Beam (24)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.013
		Deck Beam (25)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.013
		Deck Transverse (26)	156		5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.013
		Deck Transverse (26)	80		6		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.008
		Deck Beam (27)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.013
		Deck Beam (28)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.013
		Deck Transverse (29)	156		5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.013
		Deck Transverse (29)	80		6		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.008
		Deck Beam (30)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.013
		Deck Beam (31)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.013
		Deck Transverse (32)	156		5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.013
		Deck Transverse (32)	80		6		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.008
		Deck Beam (33)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.013
		Deck Longitudinal	50	50	5		6000	Profil	0.0005	35	Lonjor	0.105	0.284
		Pelat Sisi		1500	5		6000	Pelat	0.008	2	Lembar	0.090	0.243
		Pelat Sisi		851	5		6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.051	0.138
		Pelat Sheerstrake		250	5		6000	Pelat	0.001	2	Lonjor	0.015	0.041
		Pelat Gangway		2300	5		6000	Pelat	0.012	2	Lonjor	0.138	0.373
		Web Frame (23)	156		5		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.009
		Web Frame (23)	80		6		2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.005
	Web Frame (26)	156		5		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.009	
	Web Frame (26)	80		6		2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.005	
	Web Frame (29)	156		5		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.009	
	Web Frame (29)	80		6		2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.005	
	Web Frame (32)	156		5		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.009	
	Web Frame (32)	80		6		2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.005	
	Ordinary Frame (22)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
	Ordinary Frame (23)	100	50	5		2300	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.009	
	Ordinary Frame (24)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
	Ordinary Frame (25)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
	Ordinary Frame (26)	100	50	5		2300	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.009	
	Ordinary Frame (27)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
	Ordinary Frame (28)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
	Ordinary Frame (29)	100	50	5		2300	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.009	
	Ordinary Frame (30)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
	Ordinary Frame (31)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
	Ordinary Frame (32)	100	50	5		2300	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.009	
	Ordinary Frame (33)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
	Side Stringer	156		5		6000	Profil	0.001	2	Lonjor	0.009	0.025	
	Side Stringer	80		6		6000	Profil	0.000	2	Lonjor	0.006	0.016	
	Bracket	200	200	5			Profil	0.020	22	Lonjor	0.002	0.006	
	Bottom Plate		1300	10		6000	Pelat	0.013	2	Lembar	0.156	0.421	
	Bottom Plate		1571	10		6000	Pelat	0.016	2	Lembar	0.189	0.509	
	Tank Top Plate		750	5		6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.045	0.122	
	Tank Top Plate		1500	5		6000	Pelat	0.008	2	Lembar	0.090	0.243	
	Bottom Longitudinal	120	120	8		6000	Profil	0.0019	20	Lembar	0.230	0.622	
	Tank Top Longitudinal	50	50	5		6000	Profil	0.0005	17	Lembar	0.051	0.138	
	Plate Floor (23)			6		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.043	0.117	
	Plate Floor (26)			6		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.043	0.117	
	Plate Floor (29)			6		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.043	0.117	
	Plate Floor (32)			6		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.043	0.117	
	Penegar Plate Floor (23)		80	6		6000	Profil	0.480	1	Lembar	0.003	0.008	
	Penegar Plate Floor (26)		80	6		6000	Profil	0.480	1	Lembar	0.003	0.008	
	Penegar Plate Floor (29)		80	6		6000	Profil	0.480	1	Lembar	0.003	0.008	
	Penegar Plate Floor (32)		80	6		6000	Profil	0.480	1	Lembar	0.003	0.008	
	Tank Top Girder	156		5		6000	Profil	0.001	2	Lembar	0.009	0.025	
	Tank Top Girder	80		6		6000	Profil	0.000	2	Lembar	0.006	0.016	
	Bottom Girder ; Center Girder	200		15		6000	Profil	0.003	1	Lembar	0.018	0.049	
	Bottom Girder ; Center Girder	100		10		6000	Profil	0.001	1	Lembar	0.006	0.016	
	Bottom Girder ; Side Girder	200		6		6000	Profil	0.001	4	Lembar	0.029	0.078	
	Bottom Girder ; Side Girder	50		10		6000	Profil	0.001	4	Lembar	0.012	0.032	
	Las-lasan = 3%												

Volume Total = 1.676 m³
 Berat Total = 4.661 ton
 Keterangan

Σ1 = 1.676
 Σ2 = 4.525

Σ1 = Jumlah Total Volume m³
 Σ2 = Jumlah Total Berat ton

Level 1	Level 2	Block Cargo Hold 1												
Ring Block	Block	Level 3 Piece Part	Level 4					Material	Luas Piece Part m ²	Kebutuhan	Satuan	Volume m ³	Berat ton	
			Pelat			Profil								
			Web mm	Face mm	Tebal mm	Ukuran mm	Panjang (P) mm							
Main Deck		Pelat Geladak		900	4		6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.043	0.11	
		Pelat Geladak		1300	4		6000	Pelat	0.005	2	Lembar	0.062	0.16	
		Pelat Geladak		1000	4		6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.048	0.13	
		Deck Girder	156		5		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.019	0.05	
			80		6		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.012	0.03	
		Deck Beam (34)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.01	
		Deck Beam (36)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.01	
		Deck Beam (37)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.01	
		Deck Beam (39)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.01	
		Deck Beam (40)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.01	
		Deck Beam (41)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.01	
		Deck Beam (42)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.01	
		Deck Beam (43)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.01	
		Deck Beam (45)	100	50	5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.01	
		Deck Transverse (35)	156		5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.01	
		Deck Transverse (35)	80		6		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.008	
		Deck Transverse (44)	156		5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.005	0.01	
		Deck Transverse (44)	80		6		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.008	
		Deck Longitudinal	50	50	5		6000	Profil	0.001	35	Lonjor	0.105	0.284	
	Side Shell		Pelat Sisi		1500	5		6000	Pelat	0.008	2	Lembar	0.090	0.243
			Pelat Sisi		851	5		6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.051	0.138
			Pelat Sheerstrake		250	5		6000	Pelat	0.001	2	Lonjor	0.015	0.041
			Pelat Gangway		2300	5		6000	Pelat	0.012	2	Lonjor	0.138	0.373
			Web Frame (35)	156		5		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.009
				80		6		2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.005
		Web Frame (44)	156		5		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.009	
			80		6		2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.005	
		Ordinary Frame (34)	100	50	5		2115	Profil	0.001	4	Lonjor	0.006	0.017	
		Ordinary Frame (35)	100	50	5		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.009	
		Ordinary Frame (36)	100	50	5		2115	Profil	0.001	4	Lonjor	0.006	0.017	
		Ordinary Frame (37)	100	50	5		2115	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
		Ordinary Frame (39)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
		Ordinary Frame (40)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
		Ordinary Frame (41)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
		Ordinary Frame (42)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
		Ordinary Frame (43)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
		Ordinary Frame (44)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
		Ordinary Frame (45)	100	50	5		2300	Profil	0.001	4	Lonjor	0.007	0.019	
		Side Stringer	156		5		6000	Profil	0.001	2	Lonjor	0.009	0.025	
			80		6		6000	Profil	0.000	2	Lonjor	0.006	0.016	
		Bracket	200	200	5			Profil	0.020	22	Lonjor	0.002	0.006	
Bottom			Bottom Plate		1300	10		6000	Pelat	0.013	2	Lembar	0.156	0.421
			Bottom Plate		1571	10		6000	Pelat	0.016	2	Lembar	0.189	0.509
			Tank Top Plate		750	5		6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.045	0.122
		Tank Top Plate		1500	5		6000	Pelat	0.008	2	Lembar	0.090	0.243	
		Bottom Longitudinal	120	120	8		6000	Profil	0.002	20	Lembar	0.000	0.000	
		Tank Top Longitudinal	50	50	5		6000	Profil	0.001	17	Lonjor	0.051	0.138	
		Plate Floor (35)			6		6000	Pelat	7.200	3	Lembar	0.043	0.117	
		Plate Floor (41)			6		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.043	0.117	
		Plate Floor (44)			6		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.043	0.117	
		Penegar Plate Floor (35)		80	6		6000	Profil	0.480	1	Lembar	0.003	0.008	
		Penegar Plate Floor (41)		80	6		6000	Profil	0.480	1	Lembar	0.003	0.008	
		Penegar Plate Floor (44)		80	6		6000	Profil	0.480	1	Lembar	0.003	0.008	
		Tank Top Girder	156		5		6000	Profil	0.001	2	Lembar	0.009	0.025	
			80		6		6000	Profil	0.000	2	Lembar	0.006	0.016	
		Bottom Girder ; Center Girder	200		15		6000	Profil	0.003	1	Lembar	0.018	0.049	
		100		10		6000	Profil	0.001	1	Lembar	0.006	0.016		
	Bottom Girder; Side Girder	200		6		6000	Profil	0.001	4	Lembar	0.029	0.078		
		50		10		6000	Profil	0.001	4	Lembar	0.012	0.032		
Sekat		Corrugated Bulkhead Fr.38			4			Pelat	14.080	1	Lembar	0.056	0.152	
		Corrugated Bulkhead Fr.41			4			Profil	14.080	1	Lembar	0.056	0.152	
Bulwark		Pelat Bulwark		750	6		6000	Pelat	0.005	2	Lembar	0.055	0.148	
		Sheerstrake		250	6		6000	Pelat	0.002	2	Lembar	0.018	0.049	
		Bulwark Stiffener	50	50	6		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.000	0.000	
		Bulwark Stay (Fr. 34 - Fr. 45)			5			Pelat	0.550	22	Lembar	0.061	0.163	
		Flat Bar		50	5	FB 50 x 5	1100	Profil	0.055	22	Lonjor	0.006	0.016	
	Las-lasan = 3%		100	10		6000	Pelat	0.600	2	Lembar	0.012	0.032		

Volume Total = 1.750 m³

Berat Total = 4.866 ton

Keterangan

Σ1 = Jumlah Total Volume

Σ2 = Jumlah Total Berat

m³

ton

Σ2 = 4.725

Block Cargo Hold 1													
Level 1	Level 2	Level 3											
Ring Block	Block	Piece Part	Level 4					Material	Luas Piece Part m ²	Kebutuhan	Satuan	Volume m ³	Berat ton
			Pelat		Profil								
			Web mm	Face mm	Tebal mm	Ukuran mm	Panjang (P) mm						
		Pelat Geladak (Stlh Bulkhead)		900	4		6000	Pelat	5.400	2	Lembar	0.022	0.058
		Pelat Geladak (Stlh Bulkhead)		1500	4		6000	Pelat	9.000	2	Lembar	0.036	0.097
		Pelat Geladak		900	4		870	Pelat	0.783	2	Lembar	0.003	0.008
		Pelat Geladak		1300	4		870	Pelat	1.131	2	Lembar	0.005	0.012
		Pelat Geladak		1000	4		870	Pelat	0.870	2	Lembar	0.003	0.009
		Deck Girder	156		5		870	Profil	0.001	4	Lonjor	0.003	0.007
		Deck Girder	80		6		870	Profil	0.000	4	Lonjor	0.002	0.005
		Deck Girder (Stlh Bulkhead)	156		5		6000	Profil	0.001	2	Lonjor	0.009	0.025
		Deck Girder (Stlh Bulkhead)	80		6		6000	Profil	0.000	2	Lonjor	0.006	0.016
		Deck Beam (46)	100	50	5		4500	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.009
		Deck Beam (48)	100	50	5		4000	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.008
		Deck Beam (49)	100	50	5		3600	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.007
		Deck Beam (51)	100	50	5		2650	Profil	0.001	1	Lonjor	0.002	0.005
		Deck Beam (52)	100	50	5		2050	Profil	0.001	1	Lonjor	0.002	0.004
		Deck Beam (53)	100	50	5		1300	Profil	0.001	1	Lonjor	0.001	0.003
		Deck Beam (54)	100	50	5		500	Profil	0.001	1	Lonjor	0.000	0.001
		Deck Transverse (50)	156		5		3150	Profil	0.001	1	Lonjor	0.002	0.007
		Deck Transverse (50)	80		6		3150	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.004
		Deck Longitudinal	50	50	5		870	Profil	0.001	35	Lonjor	0.015	0.041
		Deck Longitudinal (stlh Bulkhead)	50	50	5		6000	Profil	0.001	25	Lonjor	0.075	0.203
		Pelat Sisi		851	5		6000	Pelat	5.106	2	Lembar	0.026	0.069
		Pelat Sisi		1500	5		6000	Pelat	9.000	2	Lembar	0.045	0.122
		Pelat Sheerstrake		250	5		870	Pelat	0.001	2	Lonjor	0.002	0.006
		Pelat Gangway		2300	5		870	Pelat	0.012	2	Lonjor	0.020	0.054
		Ordinary Frame (46)	100	50	5		3650	Profil	0.001	4	Lonjor	0.011	0.030
		Ordinary Frame (48)	100	50	5		3650	Profil	0.001	4	Lonjor	0.011	0.030
		Ordinary Frame (49)	100	50	5		3650	Profil	0.001	4	Lonjor	0.011	0.030
		Ordinary Frame (50)	100	50	5		3650	Profil	0.001	4	Lonjor	0.011	0.030
		Ordinary Frame (51)	100	50	5		3650	Profil	0.001	4	Lonjor	0.011	0.030
		Ordinary Frame (52)	100	50	5		3650	Profil	0.001	4	Lonjor	0.011	0.030
		Ordinary Frame (53)	100	50	5		3650	Profil	0.001	4	Lonjor	0.011	0.030
		Ordinary Frame (54)	100	50	5		3650	Profil	0.001	4	Lonjor	0.011	0.030
		Side Stringer	156		5		870	Profil	0.001	2	Lonjor	0.001	0.004
		Side Stringer	80		6		870	Profil	0.000	2	Lonjor	0.001	0.002
		Bracket	200	200	5			Profil	0.020	16	Lonjor	0.002	0.004
		Bottom Plate		1300	10		870	Pelat	1.131	2	Lembar	0.011	0.031
		Bottom Plate		1571	10		870	Pelat	1.367	2	Lembar	0.014	0.037
		Bottom Plate (Stlh Bulkhead)		1300	10		6000	Pelat	7.800	2	Lembar	0.078	0.211
		Bottom Plate (Stlh Bulkhead)		740	10		6000	Pelat	4.440	2	Lembar	0.044	0.120
		Tank Top Plate		750	5		6000	Pelat	4.500	2	Lembar	0.023	0.061
		Tank Top Plate		1500	5		6000	Pelat	9.000	2	Lembar	0.045	0.122
		Bottom Longitudinal	120	120	8		870	Profil	0.002	20	Lembar	0.000	0.000
		Bottom Longitudinal (Stlh Bulkhead)	120	120	8		6000	Profil	0.002	12	Lembar	0.000	0.000
		Tank Top Longitudinal	50	50	5		870	Profil	0.001	20	Lembar	0.000	0.000
		Tank Top Longitudinal (Stlh Bulkhead)	50	50	5		6000	Profil	0.001	16	Lembar	0.000	0.000
		Plate Floor (50)			6		1700	Pelat	2.040	1	Lembar	0.012	0.033
		Penegar Plate Floor (50)		80	6		1700	Profil	0.136	1	Lembar	0.001	0.002
		Tank Top Girder	156		5		870	Profil	0.001	2	Lembar	0.000	0.000
		Tank Top Girder	80		6		870	Profil	0.000	2	Lembar	0.000	0.000
		Tank Top Girder	156		5		6000	Profil	0.001	4	Lembar	0.000	0.000
		Tank Top Girder	80		6		6000	Profil	0.000	4	Lembar	0.000	0.000
		Bottom Girder ; Center Girder	200		15		870	Profil	0.003	1	Lembar	0.000	0.000
		Bottom Girder ; Center Girder	100		10		870	Profil	0.001	1	Lembar	0.000	0.000
		Bottom Girder; Side Girder	200		6		870	Profil	0.001	4	Lembar	0.000	0.000
		Bottom Girder; Side Girder	50		10		870	Profil	0.001	4	Lembar	0.000	0.000
		Pelat Bulwark		760	6		6000	Pelat	0.005	2	Lembar	0.055	0.148
		Sheerstrake		250	6		6000	Pelat	0.002	2	Lembar	0.018	0.049
		Bulwark Stiffener	50	50	6		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.000	0.000
		Bulwark Stay (Fr. 46 - Fr. 54)			5			Pelat	0.550	16	Lembar	0.044	0.119
		Flat Bar		50	5	FB 50 x 5	1100	Profil	0.055	16	Lonjor	0.004	0.012
		Sekat		100	10		6000	Pelat	0.600	1	Lembar	0.006	0.016
		Sekat Tubrukan			4			Pelat	4.050	1	Lembar	0.016	0.044
		Las-lasan = 3%											
			Volume Total =				0.609				Σ1 =	0.609	
			Berat Total =				2.091				Σ2 =	2.030	
			Keterangan										
			Σ1 = Jumlah Total Volume				m ³						
			Σ2 = Jumlah Total Berat				ton						

Engine Room 1

Block Top Deck														
Level 1	Level 2	Level 3			Level 4				Material	Luas Piece Part m ²	Kebutuhan	Satuan	Volume m ³	Berat ton
Ring Block	Block	Piece Part	Pelat			Profil								
			Web mm	Face mm	Tebal mm	Ukuran mm	Panjang (P) mm							
Block Navigation Deck	Dinding Samping	Pelat Sisi		1150	3		6000	Pelat	12.88	2	Lembar	0.039	0.11	
		Pelat Sisi		500	3		6000	Pelat	5.6	2	Lembar	0.017	0.05	
		Penegar Pelat	37		2.5		6000	Profil	0.000	12	Lonjor	0.007	0.02	
			30		4		6000	Profil	0.000	12	Lonjor	0.009	0.02	
		Frame (18)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	1150	Profil	0.001	2	Lonjor	0.002	0.00	
		Frame (19)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	1150	Profil	0.001	2	Lonjor	0.002	0.00	
		Frame (20)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	1150	Profil	0.001	2	Lonjor	0.002	0.00	
		Frame (21)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	1150	Profil	0.001	2	Lonjor	0.002	0.00	
		Frame (22)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	1150	Profil	0.001	2	Lonjor	0.002	0.00	
		Frame (23)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	1750	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.00	
		Frame (24)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	1150	Profil	0.001	2	Lonjor	0.002	0.00	
		Frame (25)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	1750	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.00	
		Frame (26)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	1150	Profil	0.001	2	Lonjor	0.002	0.00	
		Frame (27)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	1150	Profil	0.001	2	Lonjor	0.002	0.00	
		Frame (28)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	1150	Profil	0.001	2	Lonjor	0.002	0.00	
		Side Stinger	100	50	5		6000	Profil	0.006	4	Lonjor	0.132	0.35	
		Dinding Depan	Pelat Depan		1500	2		6000	Plat	7.65	1	Lembar	0.015	0.04
			Penegar Pelat	37		2.5		2250	Profil	0.000	22	Lonjor	0.005	0.01
			30		4		2250	Profil	0.000	22	Lonjor	0.006	0.01	
	Dinding Belakang	Pelat Belakang		1500	3		6000	Plat	7.65	1	Lembar	0.023	0.06	
		Penegar Pelat	37		2.5		2250	Profil	0.000	22	Lonjor	0.005	0.01	
			30		4		2250	Profil	0.000	22	Lonjor	0.006	0.01	
	Top Deck	Pelat Geladak		1800	3		6000	Pelat	10.08	1	Lembar	0.030	0.08	
		Pelat Geladak		800	3		6000	Pelat	8.96	2	Lembar	0.027	0.07	
		Penegar Pelat	37		2.5		6000	Profil	0.000	20	Lonjor	0.011	0.03	
			30		4		6000	Profil	0.000	20	Lonjor	0.014	0.03	
		Deck Girder	100	50	5		6000	Profil	0.006	2	Lonjor	0.066	0.17	
		Deck Beam (19)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	4100	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.00	
		Deck Beam (20)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	4100	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.00	
		Deck Beam (21)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	4100	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.00	
		Deck Beam (22)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	4100	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.00	
		Deck Beam (23)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	4100	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.00	
		Deck Beam (24)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	4100	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.00	
		Deck Beam (25)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	4100	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.00	
	Deck Beam (26)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	4100	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.00		
	Deck Beam (27)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	4100	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.00		
	Deck Beam (28)	100	50	5	L 100 x 50 x 5	4100	Profil	0.001	1	Lonjor	0.003	0.00		
	Las-lasan = 3%													

Volume Total = 0.462 m³

Berat Total = 1.239 ton

Keterangan

Σ1 = Jumlah Total Volume

Σ2 = Jumlah Total Berat

m³

ton

Σ1 = 0.462

Σ2 = 1.239

Rekapitulasi Berat Lambung		
No	Block	Berat
		Ton
1	Block Transom - Fr 9	4.528
2	Block Fr 10 - Fr 21	3.950
3	Block Fr 22 - Fr 33	4.661
4	Block Fr 34 - Fr 45	4.866
5	Block Fr 46 - Fr 54	2.091
6	Block Upper Deck	5.068
7	Block Top Deck	1.239
	$\Sigma 2 =$	26.402

LAMPIRAN F
PERHITUNGAN BERAT KAPAL PATROLI *STEEL HOT DIP*
GALVANIZED

Level 1	Level 2	Block Cargo Hold 1												
Ring Block	Block	Level 3	Piece Part	Level 4				Material	Luas Piece Part	Kebutuhan	Satuan	Volume	Berat	
				Pelat		Profil								
				Web	Face	Tebal	Ukuran							Panjang (P)
mm	mm	mm	mm	mm										
Engine Room 1	Main Deck		Pelat Geladak		1000	4	6000	Pelat	6.000	2	Lembar	0.048	0.377	
			Pelat Geladak		1300	4	6000	Pelat	7.800	2	Lembar	0.062	0.490	
			Pelat Geladak		900	4	6000	Pelat	5.400	2	Lembar	0.043	0.339	
			Deck Transverse (-1)	99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022
			Deck Transverse (-1)	100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.022
			Deck Transverse (0)	99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.004	0.035
			Deck Transverse (0)	100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035
			Deck Transverse (1)	99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022
			Deck Transverse (1)	100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035
			Deck Transverse (2)	99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022
			Deck Transverse (2)	100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035
			Deck Transverse (3)	99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022
			Deck Transverse (3)	100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035
			Deck Transverse (4)	99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022
			Deck Transverse (4)	100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035
			Deck Transverse (6)	99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022
			Deck Transverse (6)	100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035
			Deck Transverse (7)	99		4.5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035
			Deck Transverse (7)	100		7		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022
			Deck Transverse (8)	99		4.5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035
			Deck Transverse (8)	100		7		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022
			Deck Transverse (9)	99		4.5		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035
			Deck Transverse (9)	100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035
			Deck Girder	99		4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084
			Deck Girder	100		7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132
			Deck Longitudinal	25	25	3	L 25 x 25 x 3	6000	Profil	0.000	17	Lonjor	0.015	0.120
			Side Shell		Pelat Sisi		1500	4	6000	Pelat	9.000	2	Lembar	0.072
		Pelat Sisi			615	4	6000	Pelat	3.690	2	Lembar	0.030	0.232	
		Sheerstrake			250	6	6000	Pelat	1.500	2	Lembar	0.018	0.141	
		Side Stringer		99		4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084
				100		7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132
		Web Frame (-1)		99		4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084
		100			7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132	
	Web Frame (0)	99			4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084	
		100			7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132	
	Web Frame (1)	99			4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084	
		100			7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132	
	Web Frame (2)	99			4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084	
		100			7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132	
	Web Frame (3)	99			4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084	
		100			7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132	
	Web Frame (4)	99			4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084	
		100			7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132	
	Web Frame (6)	99			4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084	
		100			7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132	
	Web Frame (7)	99			4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084	
		100			7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132	
	Web Frame (8)	99			4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084	
		100		7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132		
	Web Frame (9)	99		4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084		
		100		7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132		
	Bottom		Bottom Plate		1300	6	6000	Pelat	7.800	2	Lembar	0.094	0.735	
		Bottom Plate		1530	6	6000	Pelat	9.180	2	Lembar	0.110	0.865		
		Plate Floor (-1)			4	6000	Pelat	5.658	1	Lembar	0.023	0.178		
		Plate Floor (0)			4	6000	Pelat	5.658	1	Lembar	0.023	0.178		
		Plate Floor (1)			4	6000	Pelat	5.658	1	Lembar	0.023	0.178		
		Plate Floor (2)			4	6000	Pelat	5.658	1	Lembar	0.023	0.178		
		Plate Floor (3)			4	6000	Pelat	5.658	1	Lembar	0.023	0.178		
		Plate Floor (4)			4	6000	Pelat	5.658	1	Lembar	0.023	0.178		
		Plate Floor (6)			4	6000	Pelat	5.658	1	Lembar	0.023	0.178		
		Plate Floor (7)			4	5500	Pelat	2.965	1	Lembar	0.012	0.093		
		Plate Floor (8)			4	5500	Pelat	2.965	1	Lembar	0.012	0.093		
		Plate Floor (9)			4	5500	Pelat	2.965	1	Lembar	0.012	0.093		
		Penegar Plate Floor (-1)	100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038		
		Penegar Plate Floor (0)	100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038		
		Penegar Plate Floor (1)	100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038		
		Penegar Plate Floor (2)	100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038		
		Penegar Plate Floor (3)	100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038		
		Penegar Plate Floor (4)	100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038		
		Penegar Plate Floor (6)	100	8		5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035		
		Penegar Plate Floor (7)	100	8		5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035		
		Penegar Plate Floor (8)	100	8		5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035		
		Penegar Plate Floor (9)	100	8		5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035		
		Bottom Girder (Transom - Bulkhead)	173	6		3700	Profil	0.001	5	Lembar	0.019	0.151		
			174	9		3700	Profil	0.002	5	Lembar	0.029	0.227		
		Bottom Girder (Bulkhead - Fr 9)	173	6		2300	Profil	0.001	1	Lembar	0.002	0.019		
			174	9		2300	Profil	0.002	1	Lembar	0.004	0.028		
		Bottom Longitudinal	40	40	5	L 30 x 30 x 5	6000	Profil	0.000	20	Lembar	0.048	0.377	
		Tank Top Girder	99	4.5		3700	Profil	0.000	5	Lembar	0.008	0.065		
		100	7		3700	Profil	0.001	5	Lembar	0.013	0.102			
	Tank Top Longitudinal	40	40	3		3700	Profil	0.000	14	Lembar	0.012	0.098		
	Tank Top Plate		1200	4		3700	Pelat	4.440	1.351351	Lembar	0.024	0.188		
	Penegar Transom	25	25	3	L 25 x 25 x 3	867	Pelat	0.000	22	Lembar	0.000	0.000		
	Penumpu Transom	100	5.5	8	T 100 x 5.5 + 100	867	Pelat	0.001	4	Lembar	0.000	0.000		
	Pelat Transom		1800	6		6000	Pelat	8.352	1	Lembar	0.050	0.393		
	Sekat		Bulkhead Fr 2			4	150 x 50 x 45			1	Lembar	0.004	0.031	
		Bulkhead Fr 5			4	151 x 50 x 45				1	Lonjor	0.004	0.031	
			Las-lasan = 3%											

Volume Total = 1.343 m³
 Berat Total = 10.859 ton
 Keterangan

Z1 = 1.343
 Z2 = 10.542

Z1 = Jumlah Total Volume m³
 Z2 = Jumlah Total Berat ton

Level 1	Level 2	Block Cargo Hold 1						p baja = 7.85						
Ring Block	Block	Level 3		Level 4				Material	Luas Piece Part m ²	Kebutuhan	Satuan	Volume m ³	Berat ton	
		Piece Part		Pelat		Profil								
		Web mm	Face mm	Tebal mm	Ukuran mm	Panjang (P) mm								
Main Deck	Pelat Geladak		900	4			6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.043	0.339	
	Pelat Geladak		1300	4			6000	Pelat	0.005	2	Lembar	0.062	0.490	
	Pelat Geladak		1000	4			6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.048	0.377	
	Deck Girder		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 7	6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084	
	Deck Transverse (10)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 8	6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132	
	Deck Transverse (10)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 8	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022	
	Deck Transverse (11)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 9	3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035	
	Deck Transverse (11)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 9	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022	
	Deck Transverse (12)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 10	3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035	
	Deck Transverse (12)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 10	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022	
	Deck Transverse (13)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035	
	Deck Transverse (13)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022	
	Deck Transverse (14)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035	
	Deck Transverse (14)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022	
	Deck Transverse (15)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035	
	Deck Transverse (15)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022	
	Deck Transverse (16)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035	
	Deck Transverse (16)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022	
	Deck Transverse (17)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035	
	Deck Transverse (17)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022	
	Deck Transverse (18)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035	
	Deck Transverse (18)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022	
Deck Transverse (19)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035		
Deck Transverse (19)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022		
Deck Transverse (20)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035		
Deck Transverse (20)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022		
Deck Longitudinal		25	25	3	L 25 x 25 x 3	6000	Profil	0.000	35	Lonjor	0.032	0.247		
Engine Room 1	Pelat Sisi		1500	4			6000	Pelat	0.006	2	Lembar	0.072	0.565	
	Pelat Sisi		615	4			6000	Pelat	0.002	2	Lembar	0.030	0.232	
	Pelat Sheerstrake		250	6			6000	Pelat	0.002	2	Lonjor	0.018	0.141	
	Web Frame (10)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015	
	Web Frame (11)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.023	
	Web Frame (12)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015	
	Web Frame (13)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.023	
	Web Frame (14)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015	
	Web Frame (15)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.023	
	Web Frame (16)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015	
	Web Frame (17)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.023	
	Web Frame (18)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015	
	Web Frame (19)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.023	
	Web Frame (20)		99	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015	
	Web Frame (21)		100	7		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.023	
	Ordinary Frame (21)		25	25	3	L 25 x 25 x 3	2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.001	0.011	
	Side Stringer		100	4.5		T 50 x 6 + 100 x 11	2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015	
	Bracket		200	200	5			Profil	0.020	24	Lonjor	0.002	0.019	
	Bottom	Bottom Plate		1300	6			6000	Pelat	0.008	2	Lembar	0.094	0.735
		Bottom Plate		1530	6			6000	Pelat	0.009	2	Lembar	0.110	0.865
		Bottom Longitudinal		40	3		L 30 x 30 x 5	6000	Profil	0.381	18	Lembar	0.001	0.009
		Plate Floor (10)			4			5500	Pelat	5.187	1	Lembar	0.021	0.163
		Plate Floor (11)			4			5500	Pelat	5.187	1	Lembar	0.021	0.163
		Plate Floor (12)			4			5500	Pelat	5.187	1	Lembar	0.021	0.163
Plate Floor (13)				4			5500	Pelat	5.187	1	Lembar	0.021	0.163	
Plate Floor (14)				4			5500	Pelat	5.187	1	Lembar	0.021	0.163	
Plate Floor (15)				4			5500	Pelat	5.187	1	Lembar	0.021	0.163	
Plate Floor (16)				4			5500	Pelat	5.187	1	Lembar	0.021	0.163	
Plate Floor (17)				4			5500	Pelat	5.187	1	Lembar	0.021	0.163	
Plate Floor (18)				4			5500	Pelat	5.187	1	Lembar	0.021	0.163	
Plate Floor (19)				4			5500	Pelat	5.187	1	Lembar	0.021	0.163	
Plate Floor (20)				4			5500	Pelat	5.187	1	Lembar	0.021	0.163	
Penegar Plate Floor (10)				100	8			5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035
Penegar Plate Floor (11)				100	8			5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035
Penegar Plate Floor (12)				100	8			5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035
Penegar Plate Floor (13)				100	8			5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035
Penegar Plate Floor (14)				100	8			5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035
Penegar Plate Floor (15)				100	8			5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035
Penegar Plate Floor (16)				100	8			5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035
Penegar Plate Floor (17)				100	8			5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035
Penegar Plate Floor (18)			100	8			5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035	
Penegar Plate Floor (19)			100	8			5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035	
Penegar Plate Floor (20)			100	8			5500	Profil	0.550	1	Lembar	0.004	0.035	
Sekot	Engine Girder			4			5350	Profil	2.884	2	Lembar	0.012	0.091	
	Bottom Girder		50	6		T 50 x 6 + 100 x 11	6000	Profil	0.000	1	Lembar	0.002	0.014	
	Bottom Girder		100	8		T 50 x 6 + 100 x 11	6000	Profil	0.001	1	Lembar	0.005	0.038	
	Bulkhead Fr 20			4				Pelat	14.080	1	Lembar	0.056	0.442	
	Las-lasan = 3%													

Volume Total = 1.037 m³
Berat Total = 8.382 ton
Keterangan

Σ1 = 1.037
Σ2 = 8.138

Σ1 = Jumlah Total Volume m³
Σ2 = Jumlah Total Berat ton

Level 1	Level 2	Level 3											Level 4		Material	Luas Piece Part m ²	Kebutuhan	Satuan	Volume m ³	Berat ton
Ring Block	Block	Piece Part	Pelat			Profil		Ukuran mm	Panjang (P) mm	Tebal mm	Face mm	Web mm	Volume	Berat						
			Web	Face	Tebal	Ukuran	Panjang (P)													
Main Deck		Pelat Geladak		900	4		6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.043	0.339							
		Pelat Geladak		1300	4		6000	Pelat	0.005	2	Lembar	0.000	0.000							
		Pelat Geladak		1000	4		6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.000	0.000							
		Deck Girder	99		4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084							
			100		7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132							
		Deck Beam (22)	60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024							
		Deck Transverse (23)	99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022							
			100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035							
		Deck Beam (24)	60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024							
		Deck Beam (25)	60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024							
		Deck Transverse (26)	99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022							
			100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035							
		Deck Beam (27)	60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024							
		Deck Beam (28)	60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024							
		Deck Transverse (29)	99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022							
			100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035							
		Deck Beam (30)	60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024							
		Deck Beam (31)	60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024							
		Deck Transverse (32)	99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022							
			100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035							
		Deck Beam (33)	60	60	4		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024							
		Deck Longitudinal	25	25	3	L 25 x 25 x 3	6000	Profil	0.0002	35	Lonjor	0.032	0.247							
Side Shell		Pelat Sisi		1500	4		6000	Pelat	0.006	2	Lembar	0.072	0.565							
		Pelat Sisi		851	4		6000	Pelat	0.003	2	Lembar	0.041	0.321							
		Pelat Sheerstrake		250	6		6000	Pelat	0.002	2	Lonjor	0.018	0.141							
		Pelat Gangway		2300	4		6000	Pelat	0.009	2	Lonjor	0.110	0.867							
		Web Frame (23)	99		4.5		2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015							
			100		7		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.023							
		Web Frame (26)	99		4.5		2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015							
			100		7		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.023							
		Web Frame (29)	99		4.5		2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015							
			100		7		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.023							
		Web Frame (32)	99		4.5		2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015							
			100		7		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.023							
		Ordinary Frame (22)	60	60	4		2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035							
		Ordinary Frame (23)	60	60	4		2300	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.017							
		Ordinary Frame (24)	60	60	4		2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035							
		Ordinary Frame (25)	60	60	4		2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035							
		Ordinary Frame (26)	60	60	4		2300	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.017							
		Ordinary Frame (27)	60	60	4		2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035							
		Ordinary Frame (28)	60	60	4		2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035							
		Ordinary Frame (29)	60	60	4		2300	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.017							
		Ordinary Frame (30)	60	60	4		2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035							
		Ordinary Frame (31)	60	60	4		2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035							
Ordinary Frame (32)	60	60	4		2300	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.017									
Ordinary Frame (33)	60	60	4		2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035									
Side Stringer	99		4.5		6000	Profil	0.000	2	Lonjor	0.005	0.042									
	100		7		6000	Profil	0.001	2	Lonjor	0.008	0.066									
Bracket	200	200	5			Profil	0.020	22	Lonjor	0.002	0.017									
Bottom		Bottom Plate		1300	6		6000	Pelat	0.008	2	Lembar	0.094	0.735							
		Bottom Plate		1571	6		6000	Pelat	0.009	2	Lembar	0.113	0.888							
		Tank Top Plate		750	4		6000	Pelat	0.003	2	Lembar	0.036	0.283							
		Tank Top Plate		1500	4		6000	Pelat	0.006	2	Lembar	0.072	0.565							
		Bottom Longitudinal	40	40	5	L 30 x 30 x 5	6000	Profil	0.0004	20	Lembar	0.048	0.377							
		Tank Top Longitudinal	40	40	3		6000	Profil	0.0002	17	Lembar	0.024	0.192							
		Plate Floor (23)			6		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.043	0.339							
		Plate Floor (26)			6		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.043	0.339							
		Plate Floor (29)			6		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.043	0.339							
		Plate Floor (32)			6		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.043	0.339							
		Penegar Plate Floor (23)		100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038							
		Penegar Plate Floor (26)		100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038							
		Penegar Plate Floor (29)		100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038							
		Penegar Plate Floor (32)		100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038							
		Tank Top Girder	99		4.5		6000	Profil	0.000	2	Lembar	0.005	0.042							
			100		7		6000	Profil	0.001	2	Lembar	0.008	0.066							
		Bottom Girder	173		6		6000	Profil	0.001	5	Lembar	0.031	0.244							
			174		9		6000	Profil	0.002	5	Lembar	0.047	0.369							

Volume Total = 1.148 m³
 Berat Total = 9.282 ton
 Keterangan

Σ1 = 1.148
 Σ2 = 9.011

Σ1 = Jumlah Total Volume m³
 Σ2 = Jumlah Total Berat ton

Las-lasan = 3%

Level 1	Level 2	Level 3	Block Cargo Hold 1						p baja = 7.8									
Ring Block	Block	Piece Part	Level 4			Ukuran	Panjang (P)	Material	Luas Piece Part	Kebutuhan	Satuan	Volume	Berat					
			Pelat		Profil									mm	mm	m ²	m ³	ton
			Web	Face	Tebal													
		mm	mm	mm														
Main Deck		Pelat Geladak		900	4		6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.043	0.335					
		Pelat Geladak		1300	4		6000	Pelat	0.005	2	Lembar	0.062	0.49C					
		Pelat Geladak		1000	4		6000	Pelat	0.004	2	Lembar	0.048	0.377					
		Deck Girder		99		4.5		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.011	0.084				
				100		7		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.017	0.132				
		Deck Beam (34)		60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024				
		Deck Beam (36)		60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024				
		Deck Beam (37)		60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024				
		Deck Beam (39)		60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024				
		Deck Beam (40)		60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024				
		Deck Beam (41)		60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024				
		Deck Beam (42)		60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024				
		Deck Beam (43)		60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024				
		Deck Beam (45)		60	60	4	L 25 x 25 x 3	3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024				
		Deck Transverse (35)		99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.024				
		Deck Transverse (35)		100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035				
	Deck Transverse (44)		99		4.5		3200	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.022					
	Deck Transverse (44)		100		7		3200	Profil	0.001	2	Lonjor	0.004	0.035					
	Deck Longitudinal		25	25	3	L 25 x 25 x 3	6000	Profil	0.000	35	Lonjor	0.032	0.247					
Side Shell		Pelat Sisi		1500	4		6000	Pelat	0.006	2	Lembar	0.072	0.565					
		Pelat Sisi		851	4		6000	Pelat	0.003	2	Lembar	0.041	0.321					
		Pelat Sheerstrake		250	6		6000	Pelat	0.002	2	Lonjor	0.018	0.141					
		Pelat Gangway		2300	6		6000	Pelat	0.014	2	Lonjor	0.166	1.300					
		Web Frame (35)		99		4.5		2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015				
				100		7		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.023				
		Web Frame (44)		99		4.5		2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.015				
				100		7		2115	Profil	0.001	2	Lonjor	0.003	0.023				
		Ordinary Frame (34)		60	60	4	L 25 x 25 x 3	2115	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.032				
		Ordinary Frame (35)		60	60	4	L 25 x 25 x 4	2115	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.016				
		Ordinary Frame (36)		60	60	4	L 25 x 25 x 5	2115	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.032				
		Ordinary Frame (37)		60	60	4	L 25 x 25 x 6	2115	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.032				
		Ordinary Frame (39)		60	60	4	L 25 x 25 x 7	2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035				
		Ordinary Frame (40)		60	60	4	L 25 x 25 x 8	2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035				
		Ordinary Frame (41)		60	60	4	L 25 x 25 x 9	2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035				
		Ordinary Frame (42)		60	60	4	L 25 x 25 x 10	2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035				
		Ordinary Frame (43)		60	60	4	L 25 x 25 x 11	2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035				
		Ordinary Frame (44)		60	60	4	L 25 x 25 x 12	2300	Profil	0.000	2	Lonjor	0.002	0.017				
		Ordinary Frame (45)		60	60	4	L 25 x 25 x 13	2300	Profil	0.000	4	Lonjor	0.004	0.035				
		Side Stringer		99		4.5		6000	Profil	0.000	2	Lonjor	0.005	0.042				
				100		7		6000	Profil	0.001	2	Lonjor	0.008	0.066				
	Bracket		200	200	5			Profil	0.020	22	Lonjor	0.002	0.017					
Bottom		Bottom Plate		1300	6		6000	Pelat	0.008	2	Lembar	0.094	0.735					
		Bottom Plate		1571	6		6000	Pelat	0.009	2	Lembar	0.113	0.888					
		Tank Top Plate		750	4		6000	Pelat	0.003	2	Lembar	0.036	0.283					
		Tank Top Plate		1500	4		6000	Pelat	0.006	2	Lembar	0.072	0.565					
		Bottom Longitudinal		40	40	5	L 30 x 30 x 5	6000	Profil	0.000	20	Lembar	0.000	0.000				
		Tank Top Longitudinal		40	40	3		6000	Profil	0.000	17	Lonjor	0.024	0.192				
		Plate Floor (35)				4		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.029	0.226				
		Plate Floor (41)				4		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.029	0.226				
		Plate Floor (44)				4		6000	Pelat	7.200	1	Lembar	0.029	0.226				
		Penegar Plate Floor (35)			100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038				
		Penegar Plate Floor (41)			100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038				
		Penegar Plate Floor (44)			100	8		6000	Profil	0.600	1	Lembar	0.005	0.038				
		Tank Top Girder		99		4.5		6000	Profil	0.000	2	Lembar	0.005	0.042				
				100		7		6000	Profil	0.001	2	Lembar	0.008	0.066				
		Bottom Girder		173		6		6000	Profil	0.001	5	Lembar	0.031	0.244				
			174		9		6000	Profil	0.002	5	Lembar	0.047	0.369					
Sekat		Corrugated Bulkhead Fr.38			4			Pelat	14.080	1	Lembar	0.056	0.442					
		Corrugated Bulkhead Fr.41			4			Profil	14.080	1	Lembar	0.056	0.442					
Bulwark		Pelat Bulwark		760	6		6000	Pelat	0.005	2	Lembar	0.055	0.430					
		Sheerstrake		250	6		6000	Pelat	0.002	2	Lembar	0.018	0.141					
		Bulwark Stiffener		50	90	6		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.000	0.000				
		Bulwark Stay (Fr. 34 - Fr. 45)				5			Pelat	0.550	22	Lembar	0.061	0.475				
				50		5	FB 50 x 5	1100	Profil	0.055	22	Lonjor	0.006	0.047				
	Flat Bar			100	10		6000	Pelat	0.600	2	Lembar	0.012	0.094					
		Las-lasan = 3%																

Volume Total = 1.416 m³
Berat Total = 11.447 ton

Σ1 = 11.113

Keterangan

Σ1 = Jumlah Total Volume m³
Σ2 = Jumlah Total Berat ton

m³
ton

Level 1 Ring Block	Level 2 Block	Level 3 Piece Part	Level 4					Material	Luas Piece Part m ²	Kebutuhan	Satuan	Volume m ³	Berat ton		
			Pelat			Profil									
			Web	Face	Tebal	Ukuran	Panjang (P)								
			mm	mm	mm	mm	mm								
Main Deck	Pelat Geladak (Stih Bulkhead)			900	4		6000	Pelat	5.400	2	Lembar	0.022	0.171		
	Pelat Geladak (Stih Bulkhead)			1500	4		6000	Pelat	9.000	2	Lembar	0.036	0.283		
	Pelat Geladak			900	4		870	Pelat	0.783	2	Lembar	0.003	0.023		
	Pelat Geladak			1300	4		870	Pelat	1.131	2	Lembar	0.005	0.036		
	Pelat Geladak			1000	4		870	Pelat	0.870	2	Lembar	0.003	0.023		
	Deck Girder			99		4.5		870	Profil	0.000	4	Lonjor	0.002	0.017	
	Deck Girder (Stih Bulkhead)			100		7		870	Profil	0.001	4	Lonjor	0.002	0.016	
	Deck Girder (Stih Bulkhead)			99		4.5		6000	Profil	0.000	2	Lonjor	0.005	0.042	
	Deck Girder (Stih Bulkhead)			100		7		6000	Profil	0.001	2	Lonjor	0.008	0.066	
	Deck Beam (46)			60	60	4		4500	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.017	
	Deck Beam (48)			60	60	4		4000	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.016	
	Deck Beam (49)			60	60	4		3600	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.016	
	Deck Beam (51)			60	60	4		2650	Profil	0.000	1	Lonjor	0.001	0.014	
	Deck Beam (52)			60	60	4		2050	Profil	0.000	1	Lonjor	0.001	0.008	
	Deck Beam (53)			60	60	4		1300	Profil	0.000	1	Lonjor	0.001	0.005	
	Deck Beam (54)			60	60	4		500	Profil	0.000	1	Lonjor	0.000	0.002	
	Deck Transverse (50)			99		4.5		3150	Profil	0.000	1	Lonjor	0.001	0.011	
	Deck Transverse (50)			100		7		3150	Profil	0.001	1	Lonjor	0.002	0.017	
	Deck Longitudinal			25	25	3	L 25 x 25 x 3	870	Profil	0.000	35	Lonjor	0.005	0.036	
	Deck Longitudinal (stih Bulkhead)			25	25	3	L 25 x 25 x 3	6000	Profil	0.000	25	Lonjor	0.023	0.177	
	Engine Room 1	Pelat Sisi			851	4		6000	Pelat	5.106	2	Lembar	0.020	0.160	
		Pelat Sisi			1500	4		6000	Pelat	9.000	2	Lembar	0.036	0.283	
		Pelat Sheerstrake			250	6		870	Pelat	0.002	2	Lonjor	0.003	0.020	
		Pelat Gangway			2300	4		870	Pelat	0.009	2	Lonjor	0.016	0.126	
		Ordinary Frame (46)			60	60	4		3650	Profil	0.000	4	Lonjor	0.007	0.055
Ordinary Frame (48)				60	60	4		3650	Profil	0.000	4	Lonjor	0.007	0.055	
Ordinary Frame (49)				60	60	4		3650	Profil	0.000	4	Lonjor	0.007	0.055	
Ordinary Frame (50)				60	60	4		3650	Profil	0.000	4	Lonjor	0.007	0.055	
Ordinary Frame (51)				60	60	4		3650	Profil	0.000	4	Lonjor	0.007	0.055	
Ordinary Frame (52)				60	60	4		3650	Profil	0.000	4	Lonjor	0.007	0.055	
Ordinary Frame (53)				60	60	4		3650	Profil	0.000	4	Lonjor	0.007	0.055	
Ordinary Frame (54)				60	60	4		3650	Profil	0.000	4	Lonjor	0.007	0.055	
Side Stringer				99		4.5		870	Profil	0.000	2	Lonjor	0.001	0.006	
Side Stringer				100		7		870	Profil	0.001	2	Lonjor	0.001	0.010	
Bottom		Bracket			200	5			Profil	0.020	16	Lonjor	0.002	0.013	
		Bottom Plate			1300	6		870	Pelat	1.131	2	Lembar	0.007	0.053	
		Bottom Plate			1571	6			Pelat	1.367	2	Lembar	0.008	0.064	
		Bottom Plate (Stih Bulkhead)			1300	6		6000	Pelat	7.800	2	Lembar	0.047	0.367	
		Bottom Plate (Stih Bulkhead)			740	6		6000	Pelat	4.440	2	Lembar	0.027	0.209	
		Tank Top Plate			750	4		6000	Pelat	4.500	2	Lembar	0.018	0.141	
		Tank Top Plate			1500	4		6000	Pelat	9.000	2	Lembar	0.036	0.283	
		Bottom Longitudinal			40	40	5		870	Profil	0.000	20	Lembar	0.000	0.000
		Bottom Longitudinal (Stih Bulkhead)			40	40	5		6000	Profil	0.000	12	Lembar	0.000	0.000
		Tank Top Longitudinal			40	40	3		870	Profil	0.000	20	Lembar	0.000	0.000
		Tank Top Longitudinal (Stih Bulkhead)			40	40	3		6000	Profil	0.000	16	Lembar	0.000	0.000
	Plate Floor (50)					4		1700	Pelat	2.040	1	Lembar	0.008	0.064	
	Penegar Plate Floor (50)				100	8		1700	Profil	0.170	1	Lembar	0.001	0.011	
	Tank Top Girder			99		4.5		870	Profil	0.000	2	Lembar	0.000	0.000	
	Tank Top Girder (Stih Bulkhead)			100		7		870	Profil	0.001	2	Lembar	0.000	0.000	
	Tank Top Girder (Stih Bulkhead)			99		4.5		6000	Profil	0.000	4	Lembar	0.000	0.000	
	Tank Top Girder (Stih Bulkhead)			100		7		6000	Profil	0.001	4	Lembar	0.000	0.000	
	Bottom Girder			200	8	8		870	Profil	0.003	5	Lembar	0.000	0.001	
	Bulwark	Pelat Bulwark			760	6		6000	Pelat	0.005	2	Lembar	0.055	0.430	
		Sheerstrake			250	6		6000	Pelat	0.002	2	Lembar	0.018	0.141	
		Bulwark Stiffener			50	50	6		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.000	0.000
		Bulwark Stay (Fr. 46 - Fr. 54)					5		Pelat	0.550	16	Lembar	0.044	0.345	
		Bulwark Stay (Fr. 46 - Fr. 54)				50	5	FB 50 x 5	1100	Profil	0.055	16	Lonjor	0.004	0.035
	Sekat	Flat Bar			100	10		6000	Pelat	0.600	1	Lembar	0.006	0.047	
		Sekat Tubrukan					4		Pelat	4.050	1	Lembar	0.016	0.127	
Ordinary Vertical Stiffener				40	40	3		6000	Profil	0.000	24	Lembar	0.004	0.034	
Web Vertical				60	60	4		3650	Profil	0.004	2	Lembar	0.028	0.220	
Horizontal Stiffener				60	60	4		3650	Profil	0.004	2	Lembar	0.028	0.220	

Volume Total = 0.413 m³
 Berat Total = 4.986 ton

Σ1 = 0.413
 Σ2 = 4.840

Keterangan
 Σ1 = Jumlah Total Volume m³
 Σ2 = Jumlah Total Berat ton

Level 1	Level 2	Block Top Deck											
Ring Block	Block	Level 3 Piece Part	Level 4					Material	Luas Plece Part m ²	Kebutuha n	Satuan	Volume m ³	Bera ton
			Pelat			Profil							
			Web mm	Face mm	Tebal mm	Ukuran mm	Panjang (P) mm						
Block Navigatio n Deck	Dinding Samping	Pelat Sisi		1150	4		6000	Pelat	12.88	2	Lembar	0.052	0.4
		Pelat Sisi		500	4		6000	Pelat	5.6	2	Lembar	0.022	0.1
		Frame (18)	25	25	3	L 25 x 25 x 3	1150	Profil	0.000	2	Lonjor	0.000	0.0
		Frame (19)	25	25	3	L 25 x 25 x 3	1150	Profil	0.000	2	Lonjor	0.000	0.0
		Frame (20)	25	25	3	L 25 x 25 x 3	1150	Profil	0.000	2	Lonjor	0.000	0.0
		Frame (21)	25	25	3	L 25 x 25 x 3	1150	Profil	0.000	2	Lonjor	0.000	0.0
		Frame (22)	25	25	3	L 25 x 25 x 3	1150	Profil	0.000	2	Lonjor	0.000	0.0
		Frame (23)	25	25	3	L 25 x 25 x 3	1150	Profil	0.000	2	Lonjor	0.000	0.0
		Frame (24)	25	25	3	L 25 x 25 x 3	1150	Profil	0.000	2	Lonjor	0.000	0.0
		Frame (25)	25	25	3	L 25 x 25 x 3	1150	Profil	0.000	2	Lonjor	0.000	0.0
		Frame (26)	25	25	3	L 25 x 25 x 3	1150	Profil	0.000	2	Lonjor	0.000	0.0
		Frame (27)	25	25	3	L 25 x 25 x 3	1150	Profil	0.000	2	Lonjor	0.000	0.0
		Frame (28)	25	25	3	L 25 x 25 x 3	1150	Profil	0.000	2	Lonjor	0.000	0.0
	Side Stinger	50		6		6000	Profil	0.000	4	Lonjor	0.007	0.05	
	Dinding Depan	Pelat Depan	100		8		6000	Profil	0.001	4	Lonjor	0.019	0.15
	Dinding Belakang	Penegar Pelat	25	25	3	L 25 x 25 x 3	2250	Profil	7.65	1	Lembar	0.031	0.24
		Pelat Belakang		1500	4		6000	Plat	7.65	1	Lembar	0.031	0.24
		Penegar Pelat	25	25	3	L 25 x 25 x 3	2250	Profil	0.000	22	Lonjor	0.007	0.05
		Pelat Geladak		1800	4		6000	Pelat	10.08	1	Lembar	0.040	0.31
		Pelat Geladak		800	4		6000	Pelat	8.96	2	Lembar	0.036	0.28
		Deck Girder	60		4		6000	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.02
			60		4		6000	Profil	0.000	2	Lonjor	0.003	0.02
		Deck Beam (19)	60	60	4	L 60 x 60 x 4	4100	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.01
		Deck Beam (20)	60	60	4	L 60 x 60 x 4	4100	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.01
		Deck Beam (21)	60	60	4	L 60 x 60 x 4	4100	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.01
		Deck Beam (22)	60	60	4	L 60 x 60 x 4	4100	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.01
		Deck Beam (23)	60	60	4	L 60 x 60 x 4	4100	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.01
		Deck Beam (24)	60	60	4	L 60 x 60 x 4	4100	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.01
		Deck Beam (25)	60	60	4	L 60 x 60 x 4	4100	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.01
		Deck Beam (26)	60	60	4	L 60 x 60 x 4	4100	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.01
		Deck Beam (27)	60	60	4	L 60 x 60 x 4	4100	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.01
		Deck Beam (28)	60	60	4	L 60 x 60 x 4	4100	Profil	0.000	1	Lonjor	0.002	0.01
		Deck Longitudinal	60	60	4	L 60 x 60 x 4	6000	Profil	0.000	20	Lonjor	0.058	0.45
	Las-lasan = 3%												

Volume Total = 0.339 m³
 Berat Total = 2.744 ton
 Keterangan

Σ1 = 0.339
 Σ2 = 2.744

Σ1 = Jumlah Total Volume
 Σ2 = Jumlah Total Berat

m³
 ton

Rekapitulasi Berat Lambung

No	Block	Berat
		Ton
1	Block Transom - Fr 9	10.859
2	Block Fr 10 - Fr 21	8.382
3	Block Fr 22 - Fr 33	9.282
4	Block Fr 34 - Fr 45	11.447
5	Block Fr 46 - Fr 54	4.986
6	Block Upper Deck	9.294
7	Block Top Deck	2.744
	$\Sigma =$	56.992

LAMPIRAN G
PERHITUNGAN JAM ORANG

Cutting										
Material Kapal	Beban Kerja	Produktivitas	Jumlah Pekerja	JO yang dibutuhkan		Hari Kerja	Bulan Kerja	Gaji/Bulan	Total Biaya	
	Kg	JO/Kg	Orang	Jam Orang	Hari	Bulan	Rupiah	Rupiah	Rupiah	Rupiah
Aluminium	26402	0,022	2	291	37	1,6	Rp 4.300.000,00	Rp 4.300.000,00	Rp 13.760.000,00	Rp 13.760.000,00
Steel Hot Dip Galvanized	56992	0,022	2	627	79	3,3	Rp 4.300.000,00	Rp 4.300.000,00	Rp 28.380.000,00	Rp 28.380.000,00

Welding										
Material Kapal	Beban Kerja	Produktivitas	Jumlah Pekerja	JO yang dibutuhkan		Hari Kerja	Bulan Kerja	Gaji/Bulan	Total Biaya	
	Kg	JO/Kg	Orang	Jam Orang	Hari	Bulan	Rupiah	Rupiah	Rupiah	Rupiah
Aluminium	390,6	10,24	8	500	63	2,7	Rp 4.600.000,00	Rp 4.600.000,00	Rp 99.360.000,00	Rp 99.360.000,00
Steel Hot Dip Galvanized	1995	1,1	8	275	35	1,5	Rp 4.500.000,00	Rp 4.500.000,00	Rp 54.000.000,00	Rp 54.000.000,00

Painting										
Material Kapal	Beban Kerja	Produktivitas	Jumlah Pekerja	JO yang dibutuhkan		Hari Kerja	Bulan Kerja	Gaji/Bulan	Total Biaya	
	m2	JO/m2	Orang	Jam Orang	Hari	Bulan	Rupiah	Rupiah	Rupiah	Rupiah
Aluminium	827,4	2,01	4	416	52	2,2	Rp 4.500.000,00	Rp 4.500.000,00	Rp 39.600.000,00	Rp 39.600.000,00
Steel Hot Dip Galvanized	1104	2,01	4	555	70	3	Rp 4.500.000,00	Rp 4.500.000,00	Rp 54.000.000,00	Rp 54.000.000,00

LAMPIRAN H
PERHITUNGAN LUAS PERMUKAAN LAMBUNG KAPAL

Block	Piece Part	Lebar	Panjang	Material	Luas Piece Part
		mm	mm		m ²
T-9	Pelat Geladak	1000	6000	Pelat	6.000
	Pelat Geladak	1300	6000	Pelat	7.800
	Pelat Geladak	900	6000	Pelat	5.400
	Pelat Sisi	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Sisi	615	6000	Pelat	3.690
	Sheerstrake	250	6000	Pelat	1.500
	Bottom Plate	1300	6000	Pelat	7.800
	Bottom Plate	1530	6000	Pelat	9.180
	Pelat Transom	1800	6000	Pelat	10.800
21 - 10	Pelat Geladak	900	6000	Pelat	5.400
	Pelat Geladak	1300	6000	Pelat	7.800
	Pelat Geladak	1000	6000	Pelat	6.000
	Pelat Sisi	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Sisi	615	6000	Pelat	3.690
	Pelat Sheerstrake	250	6000	Pelat	1.500
	Bottom Plate	1300	6000	Pelat	7.800
	Bottom Plate	1530	6000	Pelat	9.180
22 - 33	Pelat Geladak	900	6000	Pelat	5.400
	Pelat Geladak	1300	6000	Pelat	7.800
	Pelat Geladak	1000	6000	Pelat	6.000
	Pelat Sisi	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Sisi	851	6000	Pelat	5.106
	Pelat Sheerstrake	250	6000	Pelat	1.500
	Pelat Gangway	2300	6000	Pelat	13.800
	Bottom Plate	1300	6000	Pelat	7.800
	Bottom Plate	1571	6000	Pelat	9.426
34 - 45	Pelat Geladak	900	6000	Pelat	5.400
	Pelat Geladak	1300	6000	Pelat	7.800
	Pelat Geladak	1000	6000	Pelat	6.000
	Pelat Sisi	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Sisi	851	6000	Pelat	5.106
	Pelat Sheerstrake	250	6000	Pelat	1.500
	Pelat Gangway	2300	6000	Pelat	13.800
	Bottom Plate	1300	6000	Pelat	7.800
	Bottom Plate	1571	6000	Pelat	9.426
	Pelat Bulwark	760	6000	Pelat	4.560
46 - FORE	Sheerstrake	250	6000	Pelat	1.500
	Pelat Geladak (Stlh Bulkhead)	900	6000	Pelat	5.400
	Pelat Geladak (Stlh Bulkhead)	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Geladak	900	870	Pelat	0.783
	Pelat Geladak	1300	870	Pelat	1.131
	Pelat Geladak	1000	870	Pelat	0.870
	Pelat Sisi	851	6000	Pelat	5.106
	Pelat Sisi	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Sheerstrake	250	870	Pelat	0.218
	Pelat Gangway	2300	870	Pelat	2.001
	Bottom Plate	1300	870	Pelat	1.131
	Bottom Plate	1571	870	Pelat	1.367
	Bottom Plate (Stlh Bulkhead)	1300	6000	Pelat	7.800
	Bottom Plate (Stlh Bulkhead)	740	6000	Pelat	4.440
	Pelat Bulwark	760	6000	Pelat	4.560
Upper Deck	Sheerstrake	250	6000	Pelat	1.500
	Pelat Sisi	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Sisi	800	6000	Pelat	4.800
	Pelat Gangway	2255	6000	Pelat	13.530
	Pelat Depan	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Belakang	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Geladak	1800	6000	Pelat	10.800
	Pelat Geladak	1750	6000	Pelat	10.500
Top Deck	Pelat Sisi	1150	6000	Pelat	6.900
	Pelat Sisi	500	6000	Pelat	3.000
	Pelat Depan	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Belakang	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Geladak	1800	6000	Pelat	10.800
	Pelat Geladak	800	6000	Pelat	4.800
Total Luas Permukaan					827.401

Block	Piece Part	Lebar	Panjang	Material	Luas Piece
		mm	mm		m ²
T-9	Pelat Sisi	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Sisi	615	6000	Pelat	3.690
	Sheerstrake	250	6000	Pelat	1.500
	Bottom Plate	1300	6000	Pelat	7.800
	Bottom Plate	1530	6000	Pelat	9.180
	Pelat Transom	1800	6000	Pelat	10.800
21 - 10	Pelat Sisi	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Sisi	615	6000	Pelat	3.690
	Pelat Sheerstrake	250	6000	Pelat	1.500
	Bottom Plate	1300	6000	Pelat	7.800
	Bottom Plate	1530	6000	Pelat	9.180
22 - 33	Pelat Sisi	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Sisi	851	6000	Pelat	5.106
	Pelat Sheerstrake	250	6000	Pelat	1.500
	Pelat Gangway	2300	6000	Pelat	13.800
	Bottom Plate	1300	6000	Pelat	7.800
	Bottom Plate	1571	6000	Pelat	9.426
34 - 45	Pelat Sisi	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Sisi	851	6000	Pelat	5.106
	Pelat Sheerstrake	250	6000	Pelat	1.500
	Pelat Gangway	2300	6000	Pelat	13.800
	Bottom Plate	1300	6000	Pelat	7.800
	Bottom Plate	1571	6000	Pelat	9.426
46 - FORE	Pelat Sisi	851	6000	Pelat	5.106
	Pelat Sisi	1500	6000	Pelat	9.000
	Pelat Sheerstrake	250	870	Pelat	0.218
	Pelat Gangway	2300	870	Pelat	2.001
	Bottom Plate	1300	870	Pelat	1.131
	Bottom Plate	1571	870	Pelat	1.367
	Bottom Plate (Stlh Bulkhead)	1300	6000	Pelat	7.800
	Bottom Plate (Stlh Bulkhead)	740	6000	Pelat	4.440
Luas Permukaan Lambung Kapal					394.933
Luas Permukaan Lambung Tercelup					156.812
Luas Permukaan Lambung Atas Air					670.589

LAMPIRAN I
PERHITUNGAN LUAS PERMUKAAN LAJUR LAS

Main Deck					
No	Transom - Ujung Depan	Panjang	Jumlah	faktor tipe las	Total Panjang Pengelasan
1	Deck Longitudinal	21.25	2	1	42.50
2	Deck Longitudinal	22.16	2	1	44.31
3	Deck Longitudinal	23.06	2	1	46.13
4	Deck Longitudinal	23.97	2	1	47.94
5	Deck Longitudinal	24.88	2	1	49.75
6	Deck Longitudinal	25.78	2	1	51.56
7	Deck Longitudinal	26.69	2	1	53.38
8	Deck Longitudinal	27.59	2	1	55.19
9	Deck Longitudinal	28.50	2	1	57.00
10	Deck Girder T	24.44	2	2	97.76
11	Deck Girder T	28.31	2	2	113.24
Transom - Bulkhead Mesin					
1	Deck Transverse	6.40	13	2	166.40
2	Transom	6.40	1	2	12.80
3	B.H	6.40	1	2	12.80
4	B.H.M	6.40	1	2	12.80
Bulkhead Mesin - Ujung Depan					
1	Deck Longitudinal	12.48	2	1	24.96
2	Deck Longitudinal	13.34	2	1	26.69
3	Deck Longitudinal	14.21	2	1	28.41
4	Deck Longitudinal	15.07	2	1	30.14
5	Deck Longitudinal	15.93	2	1	31.86
6	Deck Longitudinal	16.80	2	1	33.59
7	Deck Longitudinal	17.66	2	1	35.32
8	Deck Longitudinal	18.52	2	1	37.04
9	Deck Longitudinal	19.38	2	1	38.77
10	Deck Longitudinal	20.25	2	1	40.49
11	Deck Longitudinal	21.11	2	1	42.22
12	Deck Transverse T	6.40	8	2	102.40
13	Deck Beam L	6.40	12	1	76.80
14	Deck Transverse T	6.37	1	2	12.73
15	Deck Beam L	6.29	1	1	6.29
16	Deck Beam L	6.21	1	1	6.21
17	Deck Transverse T	6.13	1	2	12.27
18	Deck Beam L	6.06	1	1	6.06
19	B.H	5.98	1	2	11.96
20	Deck Beam L	5.81	1	1	5.81
21	Deck Beam L	5.64	1	1	5.64
22	Deck Beam L	5.48	1	1	5.48
23	Deck Beam L	5.31	1	1	5.31
24	Deck Beam L	5.14	1	1	5.14
25	Deck Beam L	4.97	1	1	4.97
26	Deck Beam L	4.80	1	1	4.80
27	Deck Beam L	4.64	1	1	4.64
28	Deck Beam L	4.47	1	1	4.47
29	B.H	4.30	1	2	8.60
30	Deck Beam L	3.76	1	1	3.76
31	Deck Beam L	3.22	1	1	3.22
32	Deck Beam L	2.68	1	1	2.68
33	Deck Beam L	2.14	1	1	2.14
34	Deck Beam L	1.60	1	1	1.60
35	Deck Beam L	1.06	1	1	1.06
36	Deck Beam L	0.53	1	1	0.53
					1537.61

Side Section					
No	Piece Part	Panjang	Jumlah	faktor tipe las	Total Panjang Pengelasan
1	Web Frame	2.90	2	2	11.58
2	Web Frame	2.91	2	2	11.63
3	Web Frame	2.92	2	2	11.69
4	Web Frame	2.94	2	2	11.74
5	Web Frame	2.95	2	2	11.80
6	Web Frame	2.96	2	2	11.85
7	B.H	2.98	2	2	11.91
8	Web Frame	2.99	2	2	11.96
9	Web Frame	3.00	2	2	12.02
10	Web Frame	3.02	2	2	12.07
11	Web Frame	3.03	2	2	12.13
12	Web Frame	3.04	2	2	12.18
13	Web Frame	4.70	2	2	18.80
14	Web Frame	5.41	2	2	21.62
15	Web Frame	5.42	2	2	21.67
16	Web Frame	5.43	2	2	21.73
17	Web Frame	5.44	2	2	21.78
18	Web Frame	5.46	2	2	21.83
19	Web Frame	5.47	2	2	21.89
20	Web Frame	5.48	2	2	21.94
21	Web Frame	7.75	2	2	31.00
22	B.H	7.76	2	2	31.04
23	Ordinary Frame	7.77	1	2	15.54
24	Ordinary Frame	7.78	1	2	15.55
25	Web Frame	7.79	2	2	31.14
26	Ordinary Frame	7.79	1	2	15.59
27	Ordinary Frame	7.80	1	2	15.61
28	Web Frame	7.81	2	2	31.25
29	Ordinary Frame	7.82	1	2	15.64
30	Ordinary Frame	7.83	1	2	15.66
31	Web Frame	6.04	2	2	24.16
32	Ordinary Frame	6.00	1	2	12.00
33	Ordinary Frame	5.96	1	2	11.91
34	Web Frame	5.91	2	2	23.66
35	Ordinary Frame	5.87	1	2	11.74
36	Ordinary Frame	5.83	1	2	11.66
37	Web Frame	5.79	2	2	23.15
38	Ordinary Frame	5.75	1	2	11.49
39	Ordinary Frame	5.70	1	2	11.41
40	B.H	5.66	2	2	22.65
41	Ordinary Frame	5.62	1	2	11.24
42	Ordinary Frame	5.22	1	2	10.44
43	Ordinary Frame	4.83	1	2	9.65
44	Ordinary Frame	4.55	1	2	9.10
45	Ordinary Frame	4.55	1	2	9.10
46	Ordinary Frame	4.55	1	2	9.10
47	Ordinary Frame	4.45	1	2	8.89
48	Ordinary Frame	4.28	1	2	8.56
49	B.H	4.12	2	2	16.46
50	Ordinary Frame	3.95	1	2	7.90
51	Ordinary Frame	3.54	1	2	7.07
52	Ordinary Frame	3.13	1	2	6.25
53	Ordinary Frame	2.72	1	2	5.43
54	Ordinary Frame	2.26	1	2	4.51
55	Ordinary Frame	1.79	1	2	3.58
56	Ordinary Frame	1.33	1	2	2.66
57	Ordinary Frame	0.86	1	2	1.73
58	Ordinary Frame	0.40	1	2	0.80
					828.13

Bottom					
No	Piece Part	Panjang	Jumlah	faktor tipe las	Total Panjang Pengelasan
1	Longitudinal	19.26	2.00	1.00	38.51
2	Longitudinal	20.07	2.00	1.00	40.13
3	Longitudinal	21.26	2.00	1.00	42.51
4	Longitudinal	10.00	2.00	1.00	20.00
5	Longitudinal	22.66	2.00	1.00	45.32
6	Side Girder	25.30	2.00	2.00	101.18
7	Longitudinal	25.85	2.00	1.00	51.70
8	Longitudinal	26.24	2.00	1.00	52.48
9	Longitudinal	14.32	2.00	1.00	28.64
10	Side Girder	26.95	2.00	2.00	107.80
11	Longitudinal	27.16	2.00	1.00	54.32
12	Center Girder	27.48	1.00	2.00	54.96
13	Deck Beam L	5.95	6.00	1.00	35.70
14	B.H	5.95	2.00	2.00	23.80
15	Deck Beam L	5.45	13.00	1.00	70.85
16	B.H	5.45	1.00	2.00	10.90
17	Deck Beam L	5.95	5.00	1.00	29.75
18	B.H	5.95	2.00	2.00	23.80
19	Web Frame	5.95	2.00	2.00	23.80
20	Deck Beam L	5.85	1.00	1.00	5.85
21	Deck Beam L	5.76	1.00	1.00	5.76
22	Web Frame	5.66	1.00	2.00	11.32
23	Deck Beam L	5.56	1.00	1.00	5.56
24	Web Frame	5.47	1.00	2.00	10.93
25	Deck Beam L	5.37	1.00	1.00	5.37
26	Web Frame	5.27	1.00	2.00	10.55
27	Deck Beam L	5.18	1.00	1.00	5.18
28	B.H	5.08	1.00	2.00	10.16
29	Deck Beam L	4.51	1.00	1.00	4.51
30	Deck Beam L	4.17	1.00	1.00	4.17
31	B.H	3.84	1.00	2.00	7.68
32	Deck Beam L	3.50	1.00	1.00	3.50
33	Deck Beam L	3.17	1.00	1.00	3.17
34	Web Frame	2.83	1.00	2.00	5.66
35	Deck Beam L	2.50	1.00	1.00	2.50
36	Deck Beam L	2.16	1.00	1.00	2.16
37	B.H	3.24	1.00	2.00	6.48
38	Deck Beam L	2.66	1.00	1.00	2.66
39	Deck Beam L	2.08	1.00	1.00	2.08
40	Web Frame	1.50	1.00	2.00	3.01
41	Deck Beam L	0.92	1.00	1.00	0.92
42	Deck Beam L	0.35	1.00	1.00	0.35
					975.68

Tank Top					
No	Piece Part	Panjang	Jumlah	faktor tipe las	Total Panjang Pengelasan
1	Longitudinal	10	2	1	20.00
2	Longitudinal	6	2	1	12.00
3	Longitudinal	11.5	2	1	23.00
4	Longitudinal	14	2	1	28.00
5	Longitudinal	14.985	2	1	29.97
6	Longitudinal	15	2	1	30.00
7	Side Girder	13.5	2	2	54.00
8	Longitudinal	15	2	1	30.00
9	Center Girder	15.725	1	2	31.45
10	B.H	5.885	1	2	11.77
11	Deck Beam L	5.885	1	1	5.89
12	B.H	5.885	1	2	11.77
13	Web Frame	5.885	1	2	11.77
14	Deck Beam L	5.885	1	1	5.89
15	Deck Beam L	5.885	1	1	5.89
16	Web Frame	5.885	1	2	11.77
17	Deck Beam L	5.885	1	1	5.89
18	Deck Beam L	5.885	1	1	5.89
19	B.H	5.885	1	2	11.77
20	Deck Beam L	5.7956	1	1	5.80
21	Deck Beam L	5.7061	1	1	5.71
22	Web Frame	5.6167	1	2	11.23
23	Deck Beam L	5.5272	1	1	5.53
24	Web Frame	5.4378	1	2	10.88
25	Deck Beam L	5.3483	1	1	5.35
26	Web Frame	5.2589	1	2	10.52
27	Deck Beam L	5.1694	1	1	5.17
28	B.H	5.08	1	2	10.16
29	Deck Beam L	4.51	1	1	4.51
30	Deck Beam L	4.1743	1	1	4.17
31	B.H	3.8386	1	2	7.68
32	Deck Beam L	3.5029	1	1	3.50
33	Deck Beam L	3.1671	1	1	3.17
34	Web Frame	2.8314	1	2	5.66
35	Deck Beam L	2.4957	1	1	2.50
36	Deck Beam L	2.16	1	1	2.16
37	B.H	3.27	1	2	6.54
38	Deck Beam L	2.7733	1	1	2.77
39	Deck Beam L	2.2767	1	1	2.28
40	Web Frame	1.78	1	2	3.56
41	Deck Beam L	1.09	1	1	1.09
42	Deck Beam L	0.345	1	1	0.35
					466.96

Kulit			
Block	Piece Part	Lebar	Panjang
		mm	mm
T-9	Pelat Geladak	1000	6000
	Pelat Geladak	1300	6000
	Pelat Geladak	900	6000
	Pelat Sisi	1500	6000
	Pelat Sisi	615	6000
	Sheerstrake	250	6000
	Bottom Plate	1300	6000
	Bottom Plate	1530	6000
	Pelat Transom	1800	6000
21 - 10	Pelat Geladak	900	6000
	Pelat Geladak	1300	6000
	Pelat Geladak	1000	6000
	Pelat Sisi	1500	6000
	Pelat Sisi	615	6000
	Pelat Sheerstrake	250	6000
	Bottom Plate	1300	6000
	Bottom Plate	1530	6000
22 - 33	Pelat Geladak	900	6000
	Pelat Geladak	1300	6000
	Pelat Geladak	1000	6000
	Pelat Sisi	1500	6000
	Pelat Sisi	851	6000
	Pelat Sheerstrake	250	6000
	Pelat Gangway	2300	6000
	Bottom Plate	1300	6000
	Bottom Plate	1571	6000
34 - 45	Pelat Geladak	900	6000
	Pelat Geladak	1300	6000
	Pelat Geladak	1000	6000
	Pelat Sisi	1500	6000
	Pelat Sisi	851	6000
	Pelat Sheerstrake	250	6000
	Pelat Gangway	2300	6000
	Bottom Plate	1300	6000
	Bottom Plate	1571	6000
	Pelat Bulwark	760	6000
46 - FORE	Sheerstrake	250	6000
	Pelat Geladak (Stlh Bulkhead)	900	6000
	Pelat Geladak (Stlh Bulkhead)	1500	6000
	Pelat Geladak	900	870
	Pelat Geladak	1300	870
	Pelat Geladak	1000	870
	Pelat Sisi	851	6000
	Pelat Sisi	1500	6000
	Pelat Sheerstrake	250	870
	Pelat Gangway	2300	870
	Bottom Plate	1300	870
	Bottom Plate	1571	870
	Bottom Plate (Stlh Bulkhead)	1300	6000
	Bottom Plate (Stlh Bulkhead)	740	6000
Pelat Bulwark	760	6000	
Upper Deck	Sheerstrake	250	6000
	Pelat Sisi	1500	6000
	Pelat Sisi	800	6000
	Pelat Gangway	2255	6000
	Pelat Depan	1500	6000
	Pelat Belakang	1500	6000
	Pelat Geladak	1800	6000
Top Deck	Pelat Geladak	1750	6000
	Pelat Sisi	1150	6000
	Pelat Sisi	500	6000
	Pelat Depan	1500	6000
	Pelat Belakang	1500	6000
	Pelat Geladak	1800	6000
		800	6000
		152642	708180
		860822	
	Panjang Lajur Las	860.822	

Upper Deck					
No	Piece Part	Panjang	Jumlah	faktor tipe las	Total Panjang Pengelasan
1	Deck Longitudinal	7.93	2	1	15.86
2	Deck Longitudinal	12.47	2	1	24.94
3	Deck Longitudinal	13.8	2	1	27.6
4	Deck Longitudinal	13.94	2	1	27.88
5	Side Girder	14.005	2	2	56.02
6	Deck Longitudinal	14.07	2	1	28.14
7	Deck Longitudinal	14.135	2	1	28.27
8	Deck Longitudinal	14.2	2	1	28.4
9	Deck Longitudinal	14.265	2	1	28.53
10	Deck Longitudinal	14.33	2	1	28.66
11	Deck Longitudinal	14.355	2	1	28.71
12	Deck Longitudinal	14.355	2	1	28.71
13	Side Girder	14.355	2	2	57.42
14	Deck Longitudinal	14.355	2	1	28.71
15	Deck Longitudinal	14.355	2	1	28.71
16	Deck Longitudinal	14.355	1	1	14.355
17	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
18	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
19	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
20	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
21	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
22	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
23	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
24	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
25	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
26	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
27	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
28	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
29	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
30	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
31	Deck Beam L	5.235	1	1	5.235
32	Deck Beam L	4.65	1	1	4.65
33	Deck Beam L	4.49	1	1	4.49
34	Deck Beam L	4.49	1	1	4.49
35	Deck Beam L	4.49	1	1	4.49
36	Deck Beam L	4.49	1	1	4.49
37	Deck Beam L	4.49	1	1	4.49
38	Deck Beam L	4.49	1	1	4.49
39	Deck Beam L	4.49	1	1	4.49
40	Deck Beam L	4.49	1	1	4.49
41	Deck Beam L	4.49	1	1	4.49
42	Deck Beam L	4.37	1	1	4.37
43	Deck Beam L	4.24	1	1	4.24
44	Deck Beam L	3.55	1	1	3.55
					616.66

Top Deck					
No	Piece Part	Panjang	Jumlah	faktor tipe las	Total Panjang Pengelasan
1	Deck Longitudinal	6.25	2	1	12.50
2	Deck Longitudinal	6.28	2	1	12.57
3	Deck Longitudinal	6.32	2	1	12.64
4	Deck Longitudinal	6.35	2	1	12.71
5	Deck Longitudinal	6.39	2	1	12.77
6	Deck Longitudinal	6.42	2	1	12.84
7	Deck Longitudinal	6.46	2	1	12.91
8	Deck Longitudinal	6.46	2	1	12.91
9	Deck Longitudinal	6.46	2	1	12.91
10	Deck Longitudinal	6.46	1	1	6.46
11	Side Girder	6.46	2	2	25.82
12	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
13	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
14	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
15	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
16	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
17	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
18	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
19	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
20	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
21	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
22	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
23	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
24	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
25	Deck Beam L	3.56	2	1	7.12
					246.31

Total Panjang Pengelasan		Satuan
Kulit	860.822	m
Main Deck	1537.61	m
Upper Deck	616.66	m
Top Deck	246.31	m
Tank Top	466.96	m
Bottom	975.68	m
Side Section	828.13	m
	5532.18	m

Panjang Las	5532.18	m
Lebar Lajur yang perlu dilapisi Kembali	0.05	m
Total Luas Lajur Las yang dilapisi kembali	276.6	m ²

LAMPIRAN J
PERHITUNGAN BIAYA HABIS PAKAI

Welding										
Material Kapal	Material Habisi Pakai	Beban Kerja	Satuan	Efektivitas	Satuan	Kebutuhan	Satuan	Harga Rupiah	Harga Total Rupiah	Total Biaya
Aluminium <i>Steel Hot Dip Galvanized</i>	Filler Rod E5356	390,6	Kg	5	Kg per pack	79	Pack	Rp 457.500,00	Rp 36.142.500,00	Rp 202.042.500,00
	Gas Argon	79	Pack	3	tabung per pack	237	Tabung	Rp 700.000,00	Rp 165.900.000,00	
	Electrode E6013	3023	Kg	5	Kg per pack	605	Pack	Rp 135.000,00	Rp 81.675.000,00	

Painting													
Material Kapal	Material Habisi Pakai	Beban Kerja	Satuan	Spreading Rate	Satuan	Kebutuhan	Satuan	Packaging	Satuan	Kebutuhan Kaleng	Harga Rupiah	Harga Total Rupiah	Total Biaya
Aluminium Steel Hot Dip Galvanized	Diatas Garis Air Primer	690,59	m2	6,8	Liter per m2	102	Liter	5	Liter per Kaleng	21	Rp 825.000,00	Rp 17.325.000,00	Rp 54.610.000,00
	Dibawah Garis Air Top Coat	690,59	m2	12,5	Liter per m2	56	Liter	5	Liter per Kaleng	12	Rp 1.925.000,00	Rp 23.100.000,00	
	Dibawah Garis Air Primer	156,81	m2	6,8	Liter per m2	24	Liter	5	Liter per Kaleng	5	Rp 825.000,00	Rp 4.125.000,00	
	Dibawah Garis Air Sealer	156,81	m2	12,4	Liter per m2	13	Liter	18	Liter per Kaleng	1	Rp 3.060.000,00	Rp 3.060.000,00	
	Dibawah Garis Air Antifoling	156,81	m2	8,4	Liter per m2	19	Liter	20	Liter per Kaleng	1	Rp 7.000.000,00	Rp 7.000.000,00	
	Cold Galvanis	276,6	m2	14	Liter per m2	20	Liter	1	Liter per Kaleng	20	Rp 200.000,00	Rp 4.000.000,00	
	Diatas Garis Air Primer	690,59	m2	12,8	Liter per m2	54	Liter	5	Liter per Kaleng	11	Rp 650.000,00	Rp 7.150.000,00	
	Dibawah Garis Air Top Coat	690,59	m2	12,6	Liter per m2	55	Liter	5	Liter per Kaleng	11	Rp 2.125.000,00	Rp 23.375.000,00	
	Dibawah Garis Air Primer	156,81	m2	12,8	Liter per m2	13	Liter	5	Liter per Kaleng	3	Rp 650.000,00	Rp 1.950.000,00	
	Dibawah Garis Air Sealer	156,81	m2	12,4	Liter per m2	13	Liter	18	Liter per Kaleng	1	Rp 3.060.000,00	Rp 3.060.000,00	
Dibawah Garis Air Antifoling	156,81	m2	8,4	Liter per m2	19	Liter	20	Liter per Kaleng	1	Rp 7.000.000,00	Rp 7.000.000,00		

LAMPIRAN K
PERHITUNGAN BIAYA OPERASIONAL

Deadweight		
Crew Weight		
Person =	20	person
Weight/person =	0,1	t/person
Weight =	2,000	t/m ³
Tanks Weight		
Fuel Oil Tank		
Volume =	25,42	m ³
Spec. Grav =	0,84	t/m ³
Weight =	21,353	t/m ³
Daily Tank		
Volume =	3,12	m ³
Spec. Grav =	0,84	t/m ³
Weight =	2,621	t/m ³
Lubrication Oil Tank		
Volume =	2,0336	m ³
Spec. Grav =	0,92	t/m ³
Weight =	1,871	t/m ³
Fresh Water Tank		
Volume =	6,051	m ³
Spec. Grav =	1	t/m ³
Weight =	6,051	t/m ³
Fore Peak Tank		
Volume =	3,808	m ³
Spec. Grav =	1,025	t/m ³
Weight =	3,9032	t/m ³
Ballast Tank		
Volume =	5,904	m ³
Spec. Grav =	1,025	t/m ³
Weight =	6,0516	t/m ³

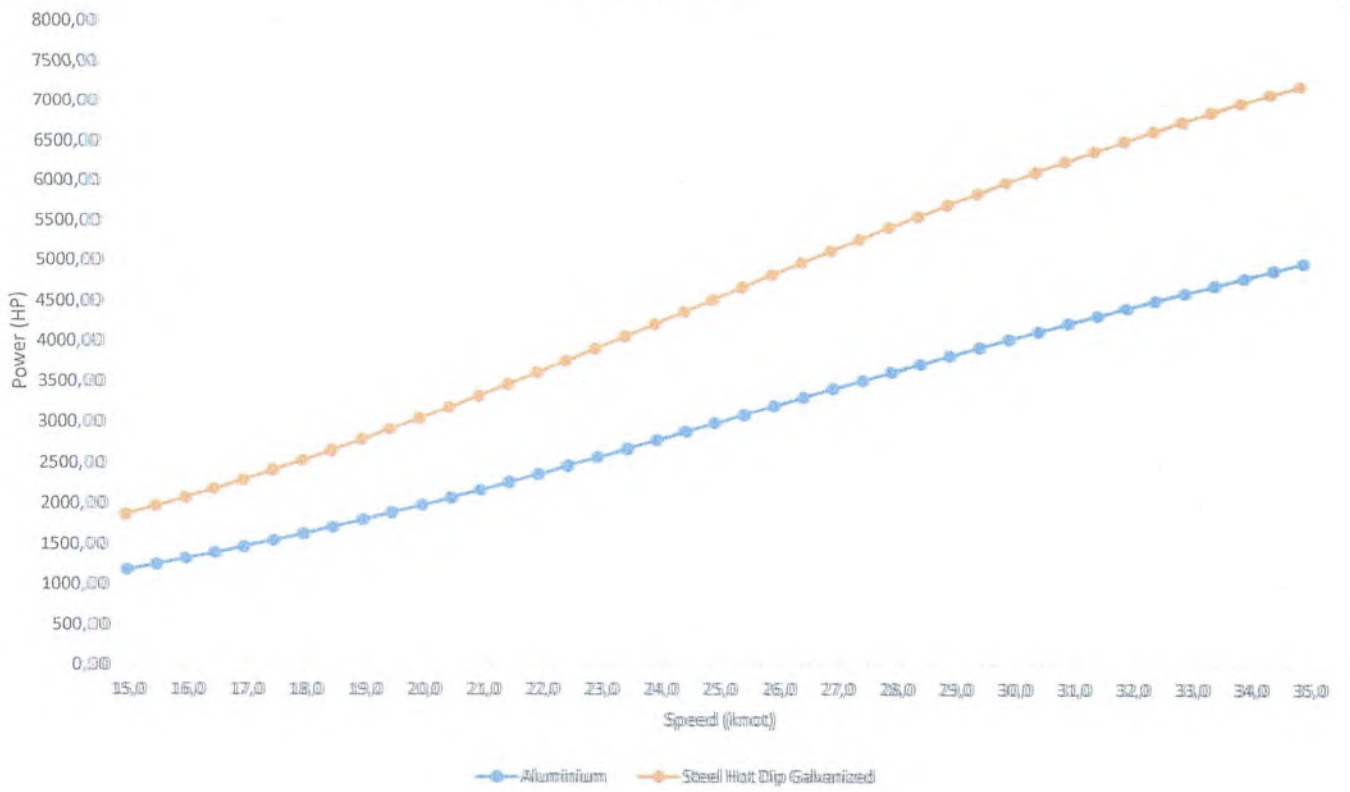
Lightweight		
Machinery Weight		
Main Engine		
Weight =	8,840	t/m ³

Level 0	Level 1	Level 2	Weight (ton)	Prsentase
Berat Kapal Aluminium	Lightweight (LWT)	Aluminium Weight	26,402	28,98%
		Machinery Weight (2 x 2600HP)	8,840	9,70%
		Equipment and Outfitting Weight	17,621	19,34%
		Other Weight	2,643	2,90%
	Deadweight (DWT)	Crew Weight	2,000	2,20%
		Fuel Oil Weight	21,353	23,44%
		Lubrication Oil Weight	1,871	2,05%
		Daily Oil Weight	2,621	2,88%
		Fresh Water Weight	6,051	6,64%
		Fore Peak Water Weight	0,000	0,00%
		Ballast Water Weight	0,000	0,00%
		Other Weight	1,695	1,86%
	Displacement T = 1,35 m		91,096	100,00%

Level 0	Level 1	Level 2	Weight (ton)	Prsentase
Berat Kapal Steel Hot Dip Galvanized	Lightweight (LWT)	Aluminium Weight	56,992	46,84%
		Machinery Weight (2 x 2600HP)	8,840	7,26%
		Equipment and Outfitting Weight	17,621	14,48%
		Other Weight	2,643	2,17%
	Deadweight (DWT)	Crew Weight	2,000	1,64%
		Fuel Oil Weight	21,353	17,55%
		Lubrication Oil Weight	1,871	1,54%
		Daily Oil Weight	2,621	2,15%
		Fresh Water Weight	6,051	4,97%
		Fore Peak Water Weight	0,000	0,00%
		Ballast Water Weight	0,000	0,00%
		Other Weight	1,695	1,39%
	Displacement T = 1,57 m		121,686	100,00%

No	Draught 1.35		Draught 1.57		Draught 1.35		Draught 1.57	
	Efficiency	60%	Aluminium	Steel Hot Dip Galvanized	Aluminium	Steel Hot Dip Galvanized	Aluminium	Steel Hot Dip Galvanized
	Speed (knot)	Speed (m/s)	Savitsky Planning (kN)	Savitsky Planning (kN)	Savitsky Planning (HP)	Savitsky Planning (HP)	Savitsky Planning (HP)	Savitsky Planning (HP)
1	15,0	7,7	68,8	108,4	1187,59	1871,14		
2	15,5	8,0	70,4	110,6	1255,71	1972,76		
3	16,0	8,2	72,1	112,8	1327,52	2076,90		
4	16,5	8,5	73,7	115,1	1399,39	2185,48		
5	17,0	8,7	75,4	117,5	1475,05	2298,65		
6	17,5	9,0	77,2	119,9	1554,68	2414,59		
7	18,0	9,3	78,9	122,3	1634,32	2533,29		
8	18,5	9,5	80,7	124,8	1718,03	2656,89		
9	19,0	9,8	82,6	127,4	1806,01	2785,54		
10	19,5	10,0	84,4	129,9	1893,93	2914,95		
11	20,0	10,3	86,2	132,5	1983,92	3049,53		
12	20,5	10,5	88,1	135,1	2078,34	3187,10		
13	21,0	10,8	89,9	137,7	2172,53	3327,67		
14	21,5	11,1	91,8	140,3	2271,26	3471,23		
15	22,0	11,3	93,6	142,9	2369,66	3617,78		
16	22,5	11,6	95,5	145,5	2472,71	3767,32		
17	23,0	11,8	97,3	148,0	2575,30	3917,20		
18	23,5	12,1	99,0	150,5	2677,25	4069,97		
19	24,0	12,3	100,8	152,9	2783,93	4222,85		
20	24,5	12,6	102,5	155,3	2889,86	4378,49		
21	25,0	12,9	104,1	157,5	2994,87	4531,14		
22	25,5	13,1	105,7	159,7	3101,71	4686,32		
23	26,0	13,4	107,3	161,8	3210,40	4841,04		
24	26,5	13,6	108,8	163,8	3317,89	4995,13		
25	27,0	13,9	110,2	165,6	3423,99	5145,30		
26	27,5	14,1	111,5	167,3	3528,53	5294,38		
27	28,0	14,4	112,8	169,0	3634,58	5445,42		
28	28,5	14,7	114,0	170,4	3738,84	5588,58		
29	29,0	14,9	115,2	171,8	3844,48	5733,34		
30	29,5	15,2	116,3	173,0	3948,10	5872,93		
31	30,0	15,4	117,3	174,2	4049,54	6013,90		
32	30,5	15,7	118,2	175,2	4148,62	6149,23		
33	31,0	15,9	119,1	176,0	4248,74	6278,57		
34	31,5	16,2	119,9	176,8	4346,27	6408,84		
35	32,0	16,5	120,7	177,5	4444,71	6536,35		
36	32,5	16,7	121,4	178,1	4540,34	6660,92		
37	33,0	17,0	122,1	178,6	4636,78	6782,38		
38	33,5	17,2	122,7	179,0	4730,16	6900,56		
39	34,0	17,5	123,3	179,4	4824,24	7019,21		
40	34,5	17,8	123,9	179,7	4919,00	7134,34		
41	35,0	18,0	124,4	179,9	5010,43	7245,79		

Speed vs Power



BIODATA PENULIS



Mohamad Baramulia Bimantara, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Balikpapan pada 7 Agustus 1997 silam, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Istiqomah, kemudian melanjutkan ke SD Patra Dharma 3, SMPN 1 Balikpapan dan SMA Taruna Nusantara Magelang. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur SBMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Industri Perkapalan. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* Departemen PSDM Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan 2016/2017 serta Kepala Departemen Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan 2017/2018.

Penulis tercatat pernah menjadi *grader* untuk mata kuliah Teknologi Material dan Metalurgi dan Perencanaan Produksi Kapal.

Email: Baramulia.meranti@gmail.com