

SKRIPSI

**ANALISIS KEBUTUHAN MATERIAL PELAT SUPLAI
BERDASARKAN VARIASI DESAIN BLOK LAMBUNG
KAPAL FERRY RO-RO 200 GT**

Disusun dan diajukan oleh:

**DWI APRILIANTO
D031191099**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS KEBUTUHAN MATERIAL PELAT SUPLAI BERDASARKAN VARIASI DESAIN BLOK LAMBUNG KAPAL FERRY RO-RO 200 GT

Disusun dan diajukan oleh

Dwi Aprilianto
D031191099

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 12 Januari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Wahyuddin, S.T., MT.
NIP. 19720205 199903 1 002

Pembimbing Pendamping,



Fadhil Rizki Clausthaldi, S.T., B.Eng., M.Sc.
NIP. 19940614 202204 3 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., MT.
NIP. 19730206 200012 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dwi Aprilianto
NIM : D031191099
Program Studi : Teknik Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

ANALISIS KEBUTUHAN MATERIAL PELAT SUPLAI BERDASARKAN VARIASI DESAIN BLOK LAMBUNG KAPAL FERRY RO-RO 200 GT

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 12 Januari 2024

Yang Menyatakan



Dwi Aprilianto



ABSTRAK

DWI APRILIANTO. *ANALISIS KEBUTUHAN MATERIAL PELAT SUPLAI BERDASARKAN VARIASI DESAIN BLOK LAMBUNG KAPAL FERRY RO-RO 200 GT* (dibimbing oleh Wahyuddin dan Fadhil Rizki Clausthaldi)

Keahlian desainer dalam merencanakan blok kapal akan memainkan peran penting dalam persyaratan pasokan material dalam pembangunan kapal. Untuk mengidentifikasi persyaratan material suplai yang dibutuhkan dapat dilihat melalui *cutting design* atau *nesting plan*. Perkembangan terkait teknik pemotongan material kapal telah banyak berkembang untuk mencapai efisiensi penggunaan material suplai. *Nesting plan* akan memberikan informasi terkait besarnya kebutuhan material pelat ril (*net weight*), kebutuhan material pelat suplai (*gross weight*), dan efektivitas atau rasio antara *net weight* dan *gross weight* dengan menggunakan 2 variasi desain blok yaitu 20 dan 30 ft. Metode yang digunakan dalam *nesting plan* adalah metode *heuristic* yaitu metode penyusunan pola yang berukuran besar terlebih dahulu kemudian pola yang berukuran kecil. Perbedaan panjang pelat suplai yang digunakan sebagai dasar dalam pembagian blok kapal menunjukkan adanya perbedaan dalam jumlah, dimensi dan berat blok. Besar *net weight* sebesar 116,16 ton untuk kedua variasi desain blok dan besar *gross weight* untuk setiap variasi desain blok berbeda-beda, desain blok 20 ft sebesar 129,30 ton dan desain blok 30 ft sebesar 132,26 ton. Efektivitas kebutuhan material pelat suplai untuk desain 20 ft masih terdapat 10% pelat sisa (*waste plate*) sedangkan untuk desain 30 ft terdapat 12% pelat sisa. Jika dilihat dari efektivitasnya, desain 20 ft lebih baik dibandingkan desain 30 ft dikarenakan pada pelat 20 ft memiliki nilai *gross weight* yang besarnya mendekati *net weight*.

Kata Kunci: Ferry Ro-Ro, Metode Blok, Material Pelat Suplai, *Nesting Plan*, Efektivitas



ABSTRACT

DWI APRILIANTO. *ANALYSIS OF PLATE SUPPLY MATERIAL NEEDS BASED ON VARIATIONS IN THE DESIGN BLOCKS OF A 200 GT RO-RO FERRY SHIP HULL* (supervised by Wahyuddin and Fadhil Rizki Clausthaldi)

The designer's expertise in planning ship blocks will play a crucial role in the material supply requirements during ship construction. To identify the required supply materials, they can be observed through cutting designs or nesting plans. Developments in ship material cutting techniques have significantly progressed to achieve efficiency in the use of material supplies. The nesting plan will provide information related to the size of the net weight of plate material requirements, the requirement of the gross weight of supplied plate material, and the effectiveness or ratio between net weight and gross weight using two design block variations, namely 20 and 30 ft. The method used in the nesting plan is the heuristic method, a method of arranging larger-sized patterns first and then smaller-sized patterns. The difference in the length of the supplied plate used as the basis for ship block division indicates variations in the quantity, dimensions, and weight of the blocks. The net weight is 116.16 tons for both design block variations, both 20 and 30 ft, and the gross weight for each design block variation is different; the 20 ft design block weighs 129.30 tons, and the 30 ft design block weighs 132.26 tons. The effectiveness of the material supply requirement for the 20 ft design still has 10% leftover plates (waste plates), while for the 30 ft design, there is a 12% leftover plate. In terms of effectiveness, the 20 ft design is better than the 30 ft design because the 20 ft plate has a gross weight value that is close to the net weight.

Keywords: Ferry Ro-Ro, Block Method, Plate Supply Material, Nesting Plan, Effectiveness



DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
KATA PENGANTAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Kapal Ferry Ro-Ro	4
2.2 Teknologi Produksi Kapal.....	5
2.2.1 <i>Conventional Hull Construction and Outfitting</i> (Pendekatan Sistem)	5
2.2.2 <i>Hull Block Construction Method and Pre Outfitting</i> (Sistem Seksi atau Blok Konvensional).....	8
2.2.3 <i>Process Lane Construction and Zone Outfitting/Full Outfitting Block System</i> (FOBS)	9
2.2.4 <i>Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting</i> (IHOP)	12
2.3 <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS)	14
2.4 <i>System-Work Breakdown Structure</i> (SWBS)	16
2.5 <i>Product-Work Breakdown Structure</i> (PWBS)	16
2.5 <i>Material Requirements Planning</i> (MRP)	19
2.6 <i>Nesting Plan</i>	22
2.7 Pelat Sisa	24
BAB 3 METODE PENELITIAN/PERANCANGAN	26
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	26
3.2 Variabel Penelitian	26
3.3 Objek Penelitian	27
3.5 Teknik Pengumpulan Data	28
3.6 Kerangka Alur Penelitian	28
3.6.1 Alur penelitian.....	28
3.6.2 Diagram Alur Penelitian.....	35
BAB IV HASIL PENELITIAN	36
4.1 Struktur Utama Kapal	36
4.2 Perencanaan Blok Kapal	37
4.3 Hierarki Struktur Kapal	43
4.4 Karakter Desain Blok Kapal.....	51



4.4 Pendesainan Pola Pemotongan (<i>Nesting Plan</i>)	53
4.5 Pemetaan Komponen Konstruksi Pada <i>Nesting Plan</i>	57
4.6 Perhitungan Efektivitas Antara <i>Net Weight</i> Dengan <i>Gross Weight</i>	58
4.7 Rekomendasi Pelat Sisa.....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN.....	78



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kapal Ferry Ro-Ro	4
Gambar 2 Tahapan Perkembangan Teknologi Produksi.....	5
Gambar 3 Peletakan Lunas.....	6
Gambar 4 Perakitan Wrang.....	6
Gambar 5 Perakitan Struktur Double Bottom.....	7
Gambar 6 Perakitan Gading-Gading.....	7
Gambar 7 Penegakan Sekat.....	7
Gambar 8 Pembuatan Kapal Menggunakan.....	8
Gambar 9 Pembuatan Kapal Menggunakan Sistem Seksi.....	9
Gambar 10 Fabrikasi Komponen Pelat Berbentuk Datar Beraturan.....	10
Gambar 11 Fabrikasi Komponen Profile Datar Menjadi.....	11
Gambar 12 Fabrikasi Komponen Pelat Menjadi Bentuk.....	11
Gambar 13 Fabrikasi Komponen Pelat Menjadi Bentuk.....	11
Gambar 14 Pembangunan Kapal Dengan Aplikasi Integrated.....	13
Gambar 15 Blok/Modul Kamar Mesin yang Dikerjakan.....	13
Gambar 16 Aplikasi Work Breakdown Structure dalam pembangunan blok kapal.....	14
Gambar 17 Sub-Block Bottom dalam Work Breakdown Structure.....	14
Gambar 18 Panel-panel dan Sub-Block Port Side dalam Work.....	15
Gambar 19 Panel-panel dan Sub-Block Starboard Side dalam.....	15
Gambar 20 Sub-Block Deck dalam Work Breakdown Structure.....	15
Gambar 21 Work Breakdown Structure (WBS) untuk Kapal Selam Nuklir.....	18
Gambar 22 Proses MRP.....	20
Gambar 23 Contoh Perhitungan Efektivitas Kebutuhan Pelat Suplai Lambung Kapal SPOB Untuk Panjang Pelat 20 dan 30 ft.....	21
Gambar 24 Nesting Plan Menggunakan Metode.....	23
Gambar 25 Nesting Plan Menggunakan Metode.....	23
Gambar 26 Nesting Plan Menggunakan Metode.....	23
Gambar 27 Nesting Plan Menggunakan Metode.....	23
Gambar 28 Batas Tatak Letak Pola Dalam Nesting Plan.....	24
Gambar 29 Peta Kampus Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.....	26
Gambar 30 Gambar Rencana Konstruksi Kapal Ferry Ro-Ro 200 GT.....	27
Gambar 31 Contoh Penarikan Garis Bantu Batasan Blok.....	30
Gambar 32 Contoh Hasil Rancangan Blok.....	30
Gambar 33 Contoh Pembagian Sub-Blok.....	31
Gambar 34 Contoh Pembagian Blok, Sub-Blok, dan Panel.....	31
Gambar 35 Desain 3D kapal Ferry Ro-Ro 200 GT.....	37
Gambar 36 Gambar bukaan kulit, konstruksi memanjang (profile) dan rencana.....	38
Gambar 37 Membagi blok kapal sesuai batas pengelasan pada gambar bukaan kulit untuk desain 20 ft.....	39
Gambar 38 Membagi blok kapal sesuai batas pengelasan pada gambar bukaan kulit untuk desain 30 ft.....	40
Gambar 39 Pemberian kode untuk desain blok 20 ft.....	41
Gambar 40 Desain 3D blok kapal untuk desain 20 ft.....	41
Gambar 41 Pemberian kode untuk desain blok 30 ft.....	42



Gambar 42 Desain 3D blok kapal untuk desain 30 ft	42
Gambar 43 Hierarki struktur kapal dengan desain blok 20 ft	44
Gambar 44 Hierarki struktur kapal dengan desain blok 30 ft	45
Gambar 45 Pembagian sub-blok pada blok HS 3 (20 ft)	46
Gambar 46 Pembagian sub-blok pada blok HS 2 (30 ft)	46
Gambar 47 Panel-panel pada Sub-Blok Bottom	47
Gambar 48 Salah satu komponen konstruksi	47
Gambar 49 Kode pada bracket	48
Gambar 50 Hierarki struktur kapal dengan desain blok 20 ft	49
Gambar 51 Hierarki struktur kapal dengan desain blok 30 ft	50
Gambar 52 Dimensi blok	52
Gambar 53 Dimensi komponen	52
Gambar 54 Nesting plan dengan panjang pelat 20 ft	54
Gambar 55 Nesting plan dengan panjang pelat 30 ft	55



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Contoh Perhitungan Jumlah Blok, Sub Blok	32
Tabel 2 Contoh Dimensi Blok Kapal	32
Tabel 3 Contoh Tata Cara (Algoritma) Perhitungan Massa Blok Kapal	33
Tabel 4 Berat Blok Kapal.....	33
Tabel 5 Daftar gambar dan letak gambar	36
Tabel 6 Karakter desain blok 20 ft.....	52
Tabel 7 Karakter desain blok 30 ft.....	53
Tabel 8 Jumlah komponen konstruksi dan net weight pada setiap ketebalan.....	53
Tabel 9 Parameter nesting plan dan jumlah kebutuhan material pelat.....	55
Tabel 10 Parameter nesting plan dan jumlah kebutuhan material pelat.....	56
Tabel 11 Letak komponen konstruksi pada nesting plan untuk.....	57
Tabel 12 Letak komponen konstruksi pada nesting plan untuk.....	57
Tabel 13 Efektivitas kebutuhan material pelat suplai untuk desain 20 dan 30 ft..	58
Tabel 14 Tebal 5 mm	59
Tabel 15 Tebal 6 mm	59
Tabel 16 Tebal 7 mm	62
Tabel 17 Tebal 8 mm	62
Tabel 18 Tebal 10 mm	64
Tabel 19 Tebal 11 mm	64
Tabel 20 Tebal 12 mm	64
Tabel 21 Tebal 20 mm	64
Tabel 22 Tebal 5 mm	65
Tabel 23 Tebal 6 mm	65
Tabel 24 Tebal 7 mm	68
Tabel 25 Tebal 8 mm	68
Tabel 26 Tebal 9 mm	73
Tabel 27 Tebal 10 mm	73
Tabel 28 Tebal 11 mm	73
Tabel 29 Tebal 12 mm	74
Tabel 30 Tebal 20 mm	74



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
ft	<i>feet</i>
FOBS	<i>Full Outfitting Block System</i>
GI	<i>Group Technology</i>
IHOP	<i>Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting</i>
HBCM	<i>Hull Block Construction Method</i>
ZOFM	<i>Zone Outfitting Method</i>
PPFM	<i>Pipe Piece Family Manufacturing</i>
PWBS	<i>Product Work Breakdown Structure</i>
WBS	<i>Work Breakdown Structure</i>
SWBS	<i>System-Work Breakdown Structure</i>
MRP	<i>Material Requirements Planning</i>
HS	<i>Hull Structure</i>
SS	<i>Super Structure</i>
F	<i>Funnel</i>
PD	<i>Passenger Deck</i>
WH	<i>Wheelhouse</i>



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar rencana garis	79
Lampiran 2 Gambar rencana umum.....	80
Lampiran 3 Gambar bukaan kulit	81
Lampiran 4 Gambar konstruksi memanjang kapal	82
Lampiran 5 Gambar konstruksi tengah kapal	83
Lampiran 6 Gambar konstruksi ceruk dan linggi haluan	84
Lampiran 7 Gambar konstruksi ceruk dan linggi buritan	85
Lampiran 8 Gambar konstruksi sekat	86
Lampiran 9 Gambar konstruksi kamar mesin	87
Lampiran 10 Gambar konstuksi rumah geladak – kendaraan	88
Lampiran 11 Gambar konstuksi rumah geladak – penumpang.....	89
Lampiran 12 Gambar konstuksi rumah geladak – navigasi	90
Lampiran 13 Gambar konstuksi rumah geladak – buritan	91
Lampiran 14 Gambar konstuksi rumah geladak – haluan.....	92
Lampiran 15 Pembagian sub-blok untuk setiap desain blok.....	93
Lampiran 16 Perhitungan berat komponen konstruksi	109
Lampiran 17 Rencana pemotongan (<i>nesting plan</i>)	116



KATA PENGANTAR

Kepada Para Pembaca yang Terhormat,

Puji syukur yang tak henti-henti kita panjatkan kepada Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam tak lupa kita haturkan kepada junjungan kita, Nabi Besar Muhammad SAW., para keluarga serta para sahabatnya.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh variasi desain blok lambung kapal Ferry Ro-Ro 200 GT terhadap kebutuhan material pelat suplai. Melalui pendekatan analitis yang cermat, penelitian ini akan mengidentifikasi dan mengukur parameter desain blok yang berkontribusi pada kebutuhan material. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana variasi desain blok lambung kapal Ferry Ro-Ro 200 GT dapat mempengaruhi kebutuhan material pelat suplai. Dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan ini, industri maritim akan dapat mengoptimalkan penggunaan material dan merancang kapal Ro-Ro yang lebih efisien, efektif, dan berkelanjutan.

Sebagai hamba Sang Pencipta, yang tidak luput dari berbagai kekurangan dan ketidaksempurnaan. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, banyak tantangan yang dihadapi dalam penyusunan skripsi ini. Akan tetapi berkat izin-Nya serta bantuan berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga besar saya, terutama kedua orang tua saya tercinta, yaitu Ibunda Hasnawati dan Ayahanda Abdul Latif. Terima kasih atas segala pengorbanan yang begitu mulia dan atas doa-doa yang selalu dipanjatkan untuk kesuksesan saya. Tak lupa terima kasih saya ucapkan juga kepada kakak saya tercinta, yaitu Eka Rizky Adhansyah Alathas.

Selanjutnya, ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:



↳ Wahyuddin, ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah banyak membimbing, menuntun dan memberikan solusi dari berbagai masalah yang dihadapi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

2. Fadhil Rizki Clausthaldi, S.T., B.Eng., M.Sc. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak telah banyak membimbing, menuntun dan memberikan solusi dari berbagai masalah yang dihadapi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Syamsul Asri, MT. dan Abd. Haris Djalante, ST., MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu, saran dan kritik yang dalam upaya penyempurnaan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin.
5. Seluruh dosen di Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu dan Dosen Labo Rancang Bangun Kapal khususnya, atas ilmu, nasihat, perhatian dan saran sangat bermanfaat bagi penulis.
6. Seluruh staff administrasi Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin atas ilmu dan pelayanan administrasinya kepada penulis.
7. Sahabat-sahabat penulis Irham, Arqam, Amanda, Imma, PD, Anjali, dan *Ana' Orang Dalam* yang telah menemani, membantu dan memberikan dukungan hingga saat ini.
8. Kawan-kawan baik penulis di Ztarboard 2019, terimakasih telah menerima penulis dengan begitu baik dan menjadi salah satu tempat bernaung paling indah selama berkuliah di Perkapalan Unhas.

Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan industri maritim dan dapat menjadi pijakan bagi penelitian lebih lanjut di masa depan.

Gowa, 12 Januari 2024

Dwi Aprilianto



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembuatan kapal adalah proses yang kompleks dan intensif sumber daya yang sangat bergantung pada ketersediaan dan pengiriman material suplai yang tepat waktu pada galangan kapal. Industri galangan kapal memainkan peran penting dalam penggunaan material yang efisien sehingga *delivery* dapat dilakukan tepat waktu. Pembangunan kapal menggunakan metode blok menjadi pilihan terbaik galangan kapal modern saat ini.

Desain blok lambung kapal melibatkan pembagian lambung kapal menjadi berbagai blok, merupakan langkah penting dalam proses pembuatan kapal. *Prinsip dasar yang banyak digunakan dalam pembuatan kapal berorientasi produk atau metode blok adalah Product Work Breakdown Structure (PWBS). Metode PWBS sebenarnya dikembangkan oleh Chirillo pada tahun 1985 ketika ia memperkenalkannya dalam proses pembuatan kapal di USA (Wahyuddin, 2022).*

Desain blok lambung kapal berpengaruh dalam penentuan persyaratan pasokan material dan dapat berdampak signifikan terhadap efisiensi keseluruhan operasi pembuatan kapal. Desain blok lambung kapal mengacu pada perencanaan dan konstruksi bagian lambung kapal yang dibuat dalam bentuk blok terpisah sebelum dijalin menjadi satu kesatuan. Diperlukan keahlian desainer kapal dalam menganalisis persyaratan kapal dan merencanakan desain blok lambung kapal. Variasi ukuran pelat yang ada dipasaran akan menjadi pertimbangan penting sebelum mendesain sebuah blok kapal. Ukuran pelat yang umum ditemukan dipasaran adalah 4, 5, 6, 8, 10, 16, 20, dan 30 ft. Perbedaan ukuran pelat ini akan menghasilkan desain blok yang bervariasi baik dari segi jumlah, dimensi, berat dan kebutuhan material. Untuk mengidentifikasi persyaratan material suplai yang digunakan dapat dilihat melalui *cutting design* atau *nesting plan*. Perkembangan

teknik pemotongan material kapal telah banyak berkembang untuk mencapai penggunaan material suplai.



Menurut Wahyuddin (2022), karakteristik desain blok lambung kapal SPOB dengan dua variasi desain blok berdasarkan panjang pelat 20 ft dan 30 ft menunjukkan pengaruh pada karakter berat, jumlah, dan dimensi balok untuk setiap panjang acuan pelat berbeda. Efektifitas kebutuhan material suplai untuk desain dengan pelat 20 ft lebih baik dibandingkan dengan desain untuk pelat 30 ft.

Dari pernyataan di atas, saya meneliti karakter variasi desain blok untuk kapal Ferry Ro-Ro 200 GT dengan panjang acuan pelat yang berbeda, yaitu 20 dan 30 ft.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang diatas, maka dapat diperoleh beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu :

1. Berapa besar kebutuhan material pelat ril (*net weight*)?
2. Berapa besar kebutuhan material pelat suplai (*gross weight*) berdasarkan variasi desain blok?
3. Berapa rasio antar *net weight* dengan *gross weight* untuk setiap variasi desain blok?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Menentukan besar kebutuhan material pelat ril (*net weight*).
2. Menentukan besar kebutuhan material pelat suplai (*gross weight*) berdasarkan variasi desain blok.
3. Mengetahui rasio antar *net weight* dengan *gross weight* untuk setiap variasi desain blok.



Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Tersedia informasi tentang berat baja pelat.
2. Tersedia dokumen desain blok dan desain *nesting* kapal Ferry Ro-Ro 200 GT.
3. Memahami pengaruh variasi panjang pelat terhadap jumlah material pelat suplai yang dibutuhkan.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup/pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan penelitian tercapai. Berikut ruang lingkup/batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pilihan panjang sambungan blok sebagai dasar untuk menentukan desain blok sesuai dengan panjang sambungan blok untuk ukuran panjang pelat 20 dan 30 ft dan tidak ada kombinasi diantara kedua ukuran tersebut.
2. *Nesting design* yang digunakan metode heuristik.



BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Kapal Ferry Ro-Ro

Kapal Ferry Ro-Ro adalah kapal yang bisa memuat penumpang ataupun kendaraan yang berjalan masuk kedalam kapal dengan penggerakannya sendiri dan bisa keluar dengan sendiri juga. Ro-Ro merupakan kepanjangan dari *Roll On-Roll Off*. Kapal ini memiliki fungsi mirip jembatan yang bergerak. Namanya jembatan, apapun bisa melewatinya (Wibawa & Kurniawati, 2017). Biasanya pada bagian haluan dan buritan kapal Ferry Ro-Ro terdapat pintu *ramp*, sebagai tempat masuk dan keluarnya kendaraan.



*Gambar 1 Kapal Ferry Ro-Ro
(Sumber: www.dumas.co.id)*

Kapal Ferry Ro-Ro mempunyai ciri umum sebagai berikut (Ilham, 2022) :

1. Geladak disyaratkan dengan lebar yang cukup besar untuk pengangkutan kendaraan agar arus keluarnya kendaraan menjadi cepat
2. Penempatan kendaraan sedemikian rupa sehingga terlindungi dari air laut
3. Pintu *ramp*, baik itu di depan dan di belakang maupun di samping
4. Untuk mencukupi lebar kapal, kapal dilengkapi dengan *vender* untuk mencegah terjadinya *shock*

Sifat-sifat yang diangkut dengan kapal Ferry Ro-Ro sebagai berikut (Ilham, 2022):

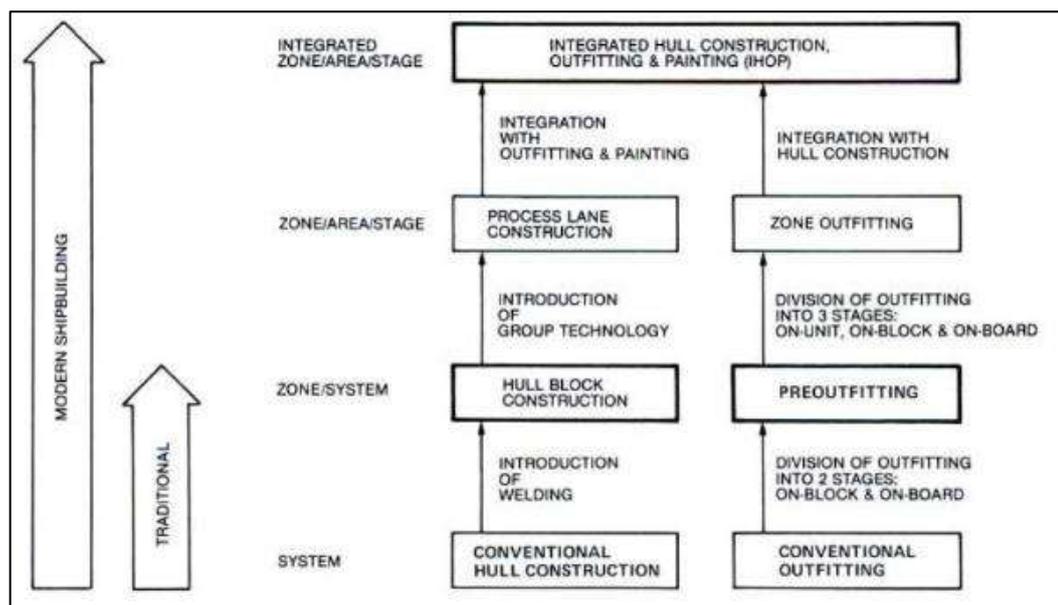


digerak sendiri, misalnya mobil dan sepeda motor
 ng-barang di atas truk dan penumpang dalam bus
 ng-barang di atas *roll pale*

4. Kontainer di atas *chassis*
5. Penumpang yang bergerak sendiri

2.2 Teknologi Produksi Kapal

Evolusi terhadap perkembangan teknologi produksi kapal, sebagaimana terlihat pada Gambar 2 (Chirillo & Chirillo, 1983).



Gambar 2 Tahapan Perkembangan Teknologi Produksi
(Sumber: Chirillo, 1983, halaman 3)

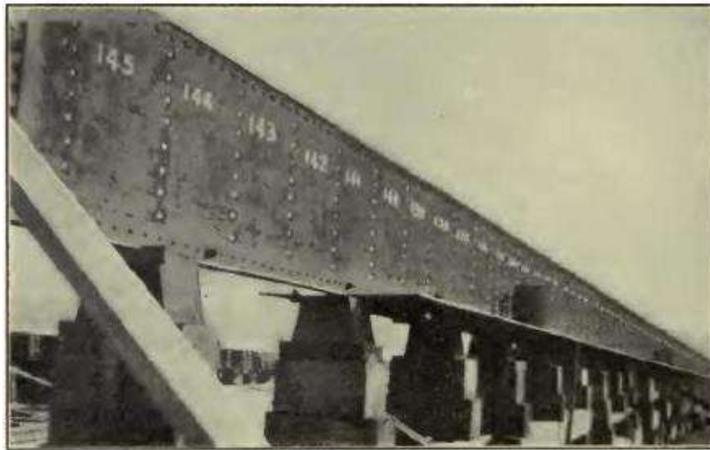
2.2.1 Conventional Hull Construction and Outfitting (Pendekatan Sistem)

Bertahun-tahun setelah munculnya teknologi pengelasan, metode pembangunan kapal secara konvensional dengan sistem keling (*riveting*) mulai ditinggalkan. Metode konvensional merupakan metode dengan tingkat produktifitas yang sangat rendah. Pekerjaan dipusatkan berdasarkan sistem fungsional yang ada di kapal. Menurut Chirillo (1983), sebelum adanya pengelasan, lambung kapal pada dasarnya dibangun dengan urutan yang sama. Lunas n, gading-gading diletakkan baru kemudian memasang pelat setahap demi Mencerminkan urutan waktu yang cukup lama untuk membangun kapal. a ini diistilahkan berorientasi pada sistem, yaitu lunas dirakit sebagai suatu



sistem, kemudian sistem gading-gading dipasang, selanjutnya sistem kulit dan seterusnya. Pengorganisasian pekerjaan sistem demi sistem seperti ini merupakan halangan untuk mencapai produktifitas yang tinggi. Mengatur pekerjaan pembuatan kapal menggunakan ratusan pekerja adalah sukar (Wahyuddin, 2011).

Pada Gambar 3 sampai 7 memperlihatkan pembangunan kapal dengan *Conventional Hull Construction and Outfitting* (pendekatan sistem).



Gambar 3 Peletakan Lunas
(Sumber: Carmichael A. W, 1919, halaman 196)



Gambar 4 Perakitan Wrang
(Sumber: Carmichael A. W, 1919, halaman 198)





*Gambar 5 Perakitan Struktur Double Bottom
(Sumber: Carmichael A. W, 1919, halaman 198)*



*Gambar 6 Perakitan Gading-Gading
(Sumber: The National Shipbuilding Research Program)*



*Gambar 7 Penegakan Sekat
(Sumber: The National Shipbuilding Research Program)*



2.2.2 *Hull Block Construction Method and Pre Outfitting* (Sistem Seksi atau Blok Konvensional)

Munculnya pengelasan berarti gading-gading dapat dengan mudah disambungkan ke pelat kulit. Pengelasan semacam itu dapat menggabungkan bagian lunas, sekat, geladak, dan kulit. Oleh karena itu, banyak pekerjaan perakitan yang dialihkan dari *building berth* ke dalam bengkel tempat pekerjaan dilakukan dengan keamanan, efisiensi, dan akurasi yang lebih tinggi. Ketika lasan seperti blok yang cukup terkumpul, lambung kapal didirikan blok demi blok kemudian disambung di *building berth*. Menurut Wahyuddin (2011), perubahan ini diikuti dengan perubahan pekerjaan *outfitting*, dimana pekerjaan ini dapat dikerjakan pada blok dan badan kapal yang sudah jadi. Dengan demikian, konstruksi lambung telah menjadi berorientasi zona. Beberapa pembuat kapal mengembangkan gambar konstruksi lambung berorientasi zona agar sesuai. Urutan yang ditentukan untuk persiapannya sama dengan yang direncanakan untuk pemasangan lambung kapal.



*Gambar 8 Pembuatan Kapal Menggunakan Teknologi Pengelasan
(Sumber: The National Shipbuilding Research Program)*





Gambar 9 Pembuatan Kapal Menggunakan Sistem Seksi
(Sumber: The National Shipbuilding Research Program)

2.2.3 Process Lane Construction and Zone Outfitting/Full Outfitting Block System (FOBS)

Full Outfitting Block System (FOBS) adalah sebuah metode produksi yang sudah mengacu pada teknologi “*Advance Outfitting*”. Dengan metode ini, pembangunan kapal sudah dilengkapi dengan pekerjaan *outfitting* yang dirakit *on unit*, *on block*, dan *on board* sebelum disambung di *building berth*. Jadi, pekerjaan *outfitting* dapat dilakukan bersamaan dengan pekerjaan konstruksi lambung (*hull construction*). Teknologi *advance outfitting* ini sudah diterapkan oleh hampir semua galangan modern di negara - negara maju, meskipun persentase pekerjaan *outfitting* yang diselesaikan sebelum peluncuran berbeda-beda (Jatmiko & Chrismianto, 2008). Galangan modern secara sistematis berusaha meminimalkan pekerjaan *outfitting on-board*.

Process lane construction and zone outfitting merupakan aplikasi dari *group technology* (GI) pada lambung dan *outfitting* kapal. *Group technology* dalam erkapalan dikenal dengan istilah *process lane construction*. Menurut (1987), *group technology* adalah suatu filosofi atau konsep pemikiran industri manufaktur yang mengidentifikasi serta mencari kesamaan



komponen yang diproduksi dalam proses pengerjaan maupun desain agar supaya dapat diambil keuntungan dari kesamaan dalam penggunaannya. GI untuk menyelesaikan permasalahan pada awalnya mengelompokkan komponen dalam suatu sistem kode berdasarkan karakteristik perancangan desain. Sedangkan *part family* adalah kumpulan dari komponen yang mana masing-masing mempunyai kesamaan di dalam bentuk desain dan ukuran, atau kesamaan proses yang dikehendaki dalam pengerjaannya. Dari *part family* kemudian dapat dibentuk *machine cell* atau kelompok mesin yang dapat mengerjakan proses pengerjaan dari tiap-tiap bentuk komponen dalam satu *family* (Saraswati, Rahaju. Dkk. 2011).

Process lane dari segi praktis adalah suatu seri *work station* (bengkel) yang dilengkapi dengan fasilitas produksi (mesin, peralatan dan tenaga kerja dengan keahlian tertentu) untuk membuat satu kelompok produk yang mempunyai kesamaan dalam proses produksinya. Satu contoh pengelompokkan adalah sebagai berikut: pertama adalah *process lane* untuk *sub-assembly* bentuk datar, kurva dan bentuk kompleks. Dengan pengelompokkan seperti ini, berarti galangan mengelompokkan proses produksi berdasarkan kesamaan proses produksi, yang memungkinkan pekerja berpengalaman mengerjakan pekerjaan di bengkel kerja. Ini adalah salah satu faktor penting dalam mencapai produktifitas yang tinggi. (Wahyuddin, 2011).



Gambar 10 Fabrikasi Komponen Pelat Berbentuk Datar Beraturan Dengan Pendekatan Group Technology
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)





*Gambar 11 Fabrikasi Komponen Profile Datar Menjadi Kurva Dengan Pendekatan Group Technology
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)*



*Gambar 12 Fabrikasi Komponen Pelat Menjadi Bentuk Pipa Dengan Pendekatan Group Technology
(Sumber: The National Shipbuilding Research Program)*



*Gambar 13 Fabrikasi Komponen Pelat Menjadi Bentuk Kurva Menggunakan Mesin Bending
(Sumber: The National Shipbuilding Research Program)*



2.2.4 *Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting (IHOP)*

Metode konvensional dalam pembangunan kapal digantikan oleh pembuat kapal paling produktif di dunia dengan konstruksi lambung yang terpadu dengan *outfitting* dan pengecatan yang dicirikan oleh sejumlah fitur luar biasa, misalnya:

1. *Hull Block Construction Method (HBCM)*, di mana bagian lambung, sub-blok dan blok diproduksi sesuai dengan prinsip *group technology (GI)* dalam jalur produksi yang terorganisir, juga alur proses atau kerja.
2. *Zone Outfitting Method (ZOFM)*, gagasan kuno bahwa *outfitting* adalah fungsi penerus dengan menyediakan kontrol *zone-by-step* yang tepat yang memiliki tiga tahap dasar: *on-unit*, *on-block* dan *on-board outfitting* dan sub-tahap untuk *outfitting* bawah tangan pada *overhead* ketika blok terbalik. *On-unit* merujuk pada zona yang dapat didefinisikan sebagai penataan/peletakan/pemasangan *outfitting/suku cadang* yang dirakit tersendiri dari lambung. *On-block* mengacu pada hubungan yang fleksibel antara blok dan zona untuk keperluan *outfitting*. Perakitan *fitting* (perlengkapan) pada setiap struktur seperti semi-blok, blok, dan blok besar) disebut *on-block outfitting*. *On-board* merujuk pada zona untuk paket perakitan *outfitting* selama proses *erection* lambung dan setelah peluncuran.
3. *Family manufacturing*, seperti dalam *Pipe Piece Family Manufacturing (PPFM)*, yang menggantikan pemikiran *job-shop* dengan logika *group technology (GI)* untuk memperoleh manfaat jalur produksi untuk pembuatan banyak item berbeda dalam jumlah yang bervariasi, dan yang paling signifikan.
4. *Product Work Breakdown Structure (PWBS)* yang memfasilitasi integrasi berbagai jenis pekerjaan sebelumnya dengan menekankan keahlian dalam membuat dan mengklasifikasikan produk sementara yang ideal. Misalnya, suku cadang dan *sub-assemblies* yang memungkinkan alur kerja yang terkoordinasi.





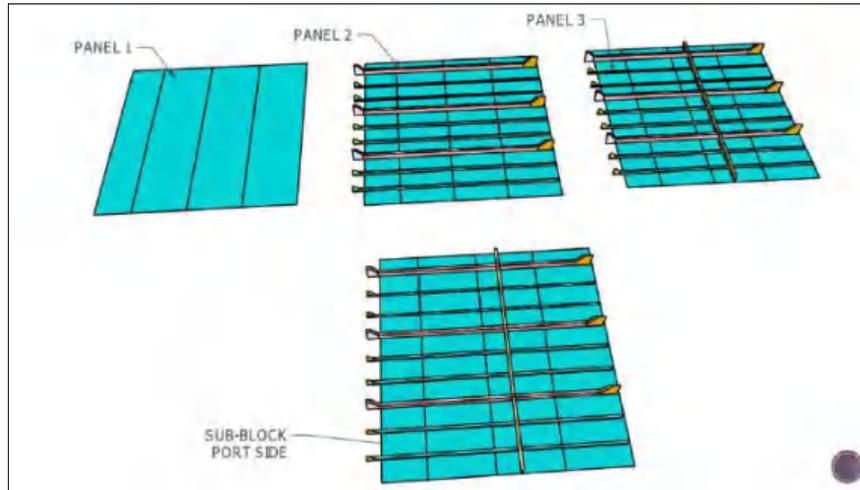
*Gambar 14 Pembangunan Kapal Dengan Aplikasi Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting (IHOP)
(Sumber: Chirillo, 1983, halaman 3)*



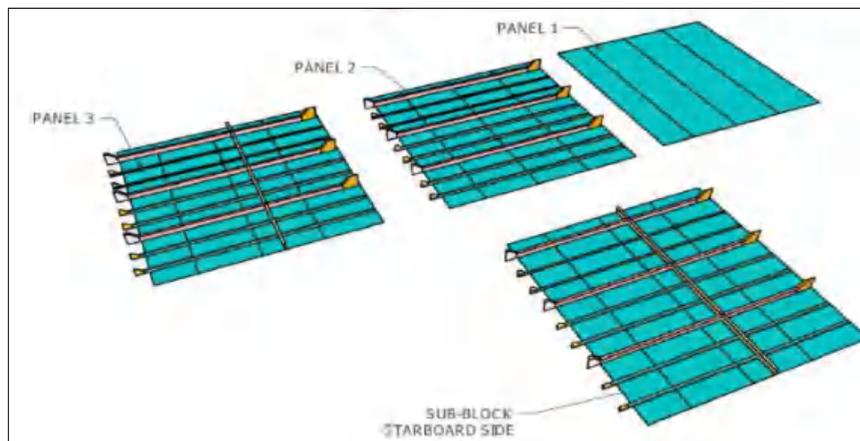
*Gambar 15 Blok/Modul Kamar Mesin yang Dikerjakan Secara On-Unit Outfitting Dengan Integrasi Pekerjaan Pengecatan
(Sumber: Chirillo, 1983, halaman 3)*

Gambar 14 dan 15 memperlihatkan bahwa IHOP membutuhkan kolaborasi yang belum pernah terjadi sebelumnya antara semua departemen di galangan kapal. Karena mereka adalah peran utama, *production engineers* untuk konstruksi lambung harus memahami kebutuhan *outfitting* dan *painting*. Perencanaan terpadu dicapai dengan diskusi, *trade-off* dan akhirnya persetujuan bersama. Tujuan utamanya adalah peningkatan produktivitas untuk seluruh sistem pembuatan kapal.

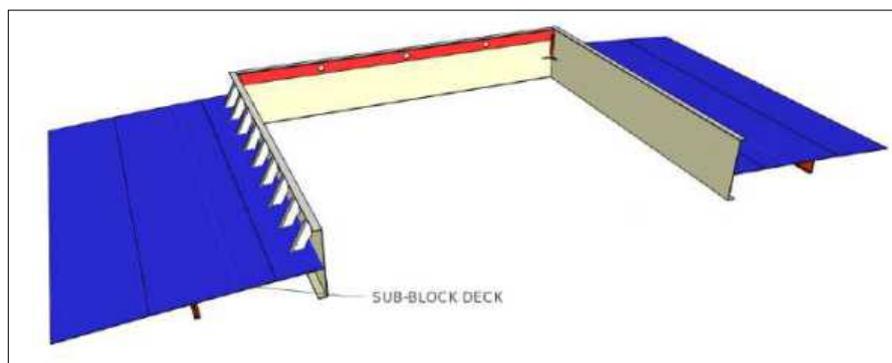




Gambar 18 Panel-panel dan Sub-Block Port Side dalam Work
(Sumber: Dokumen Pribadi, Tugas Manajemen Produksi)



Gambar 19 Panel-panel dan Sub-Block Starboard Side dalam
Work Breakdown Structure
(Sumber: Dokumen Pribadi, Tugas Manajemen Produksi)



Gambar 20 Sub-Block Deck dalam Work Breakdown Structure
(Sumber: Dokumen Pribadi, Tugas Manajemen Produksi)



2.4 System-Work Breakdown Structure (SWBS)

System-Work Breakdown Structure (SWBS) perincian struktur kerja yang digunakan secara penuh untuk estimasi awal dan memulai tahapan sebuah desain. SWBS adalah alat yang efektif di era ketika seluruh program pengadaan kapal dilakukan menggunakan orientasi sistem.

Menurut Wahyuddin (2011), dalam SWBS semua klasifikasi grup didefinisikan dalam 3 (tiga) digit angka numerik berdasarkan sistem fungsionalnya. Ada 10 (sepuluh) grup utama yang mana 2 (dua) diantaranya tidak digunakan sebagai bagian utama dalam estimasi biaya dan laporan pekerjaan. Berikut kesepuluh grup tersebut:

- 000 Panduan Umum dan Administrasi
- 100 Lambung Kapal
- 200 Instalasi Propulsi
- 300 Instalasi Listrik
- 400 Komando dan Pemantauan
- 500 Sistem Mesin Bantu
- 600 Perlengkapan dan Perabot
- 700 Persenjataan
- 800 Integrasi/Perencanaan
- 900 Perakitan Kapal dan Layanan Pendukung

2.5 Product-Work Breakdown Structure (PWBS)



Product Work Breakdown Structure (PWBS) tadinya dikembangkan endung *Group Technology* (GI) dalam pembuatan kapal. PWBS pekerjaan sesuai dengan tampilan produk. Komponen dan *sub-assembly* okkan berdasarkan karakteristik permanen, dan diklasifikasikan oleh

atribut desain dan manufaktur. Sistem klasifikasi biasanya ditentukan dengan parameter, seperti sebagai bentuk, dimensi, toleransi, bahan, dan jenis dan kompleksitas operasi mesin produksi. Klasifikasi menurut aspek produk menghubungkan suatu komponen atau *sub-assembly* dengan suatu zona kapal dan juga dengan proses kerja berdasarkan area masalah dan tahap kerja. PWBS bagi pembuat kapal berorientasi pada produk, dan konsisten dengan metode perencanaan, penjadwalan, dan konstruksi (Pal, 2015).

PWBS digunakan pada galangan kapal modern dengan program didasarkan pada produk yang dihasilkan dan pada sistem pengkodean yang digunakan oleh pembuat kapal. PWBS menyediakan rincian alami untuk jadwal pelaporan dan biaya.

Langkah pertama dalam PWBS adalah membagi pekerjaan menjadi 3 (tiga), yaitu konstruksi lambung, perlengkapan (*outfitting*), dan pengecatan (*painting*). Setiap pekerjaan dibagi menjadi klasifikasi fabrikasi dan perakitan. Sub-divisi perakitan terkait zona.

Pada Gambar 21 memperlihatkan pembagian zona dalam *Work Breakdown Structure* (WBS).

Langkah kedua, PWBS mengklasifikasikan produk sesuai dengan kebutuhan sumber daya yang ada di galangan, seperti

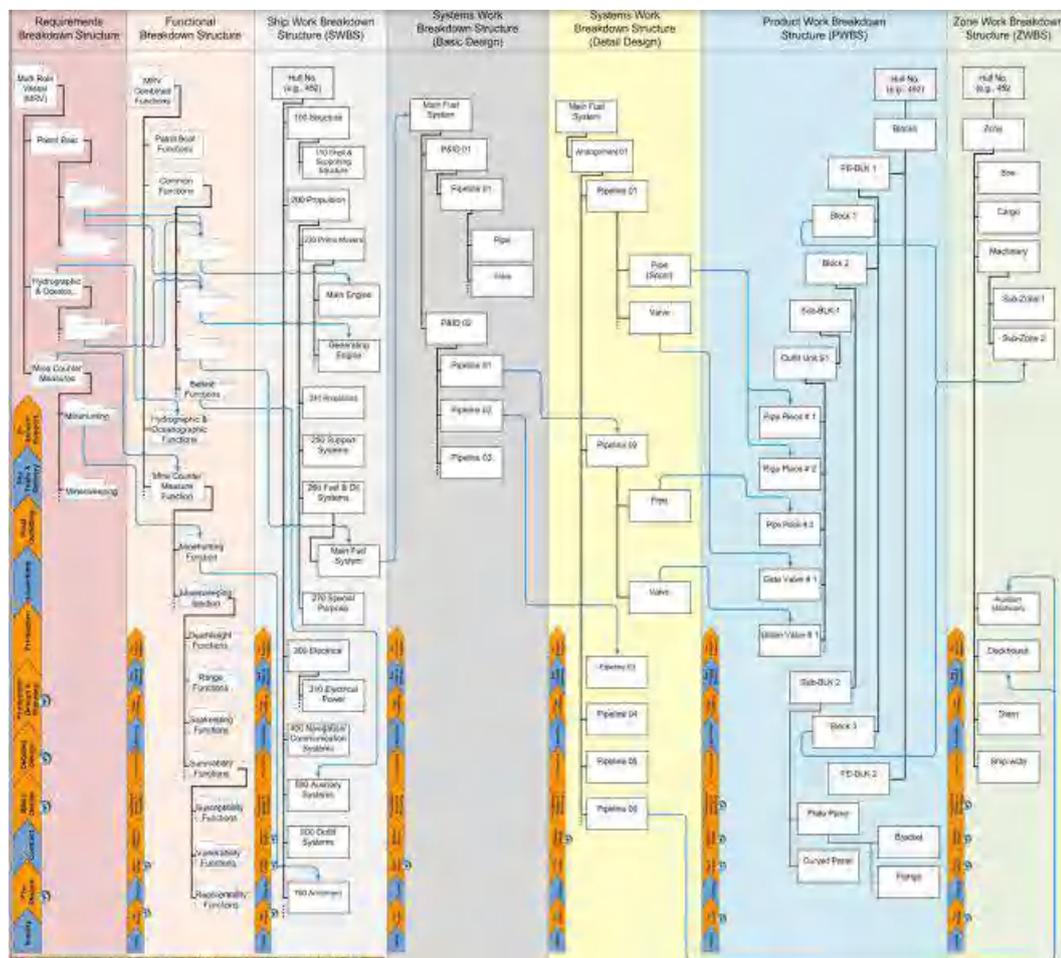
1. Material : misalnya pelat baja, profil dan pipa.
2. Tenaga kerja : misalnya *welder, fitter, rigger*, dll.
3. Fasilitas : misalnya gedung, dermaga, mesin, dll.
4. Biaya : misalnya desain, transportasi, *sea trial*, dll.

Langkah ketiga, PWBS mengklasifikasikan produk menjadi empat aspek produk. Dua di antaranya, berdasarkan sistem dan zona terkait dengan fungsi desain. Dan dua lainnya, area dan tahap terkait dengan fungsi produksi. Keempat aspek diperlukan untuk pengendalian proses produksi. Berikut penjelasan terkait empat aspek tersebut (Pal, 2015):

- a. Sistem, sebuah struktural atau operasional karakteristik suatu produk, misalnya jang atau sekat melintang, sistem bahan bakar minyak, sistem hayaan dek, dll.



- b. Zona, tujuan produksi dibagi berdasarkan geografis suatu produk, misalnya mesin kamar, ruang kargo, ruang operasi, dll., dan sub-divisinya, atau kombinasinya, misalnya, sebuah blok atau *outfitting*.
- c. Area, membagi proses produksi menurut jenis masalah pekerjaan yang serupa. Berdasarkan fitur (misalnya, panel melengkung vs. datar, diameter pipa kecil vs. besar, dll.). Berdasarkan kuantitas (misalnya, pekerjaan demi pekerjaan vs. jalur aliran, dll.). Berdasarkan kualitas (misalnya, tingkat pekerja atau fasilitas yang dibutuhkan, dll). Berdasarkan jenis pekerjaan (misalnya, *marking*, *cutting*, pembengkokan, pengelasan, pengecatan, pengujian, dll.).
- d. Tahap (*stage*), berbagai urutan dalam siklus produksi, misalnya, persiapan, fabrikasi, perakitan, dll.



Gambar 21 Work Breakdown Structure (WBS) untuk Kapal Selam Nuklir
 (Sumber: International Conference on Computer Applications
 in Shipbuilding 2015, Bremen, Germany)



2.5 Material Requirements Planning (MRP)

Material adalah salah satu variabel utama dalam pembangunan kapal, tanpa material proses pembangunan tidak akan berjalan dan berujung gagal. Material merupakan bagian dari unsur-unsur produksi yang terdiri dari material, tenaga kerja, sarana produksi dan sumber dana yang akan di padukan menjadi produk akhir dalam proses produksi. Oleh karena itu perlu dilakukan sistim manajemen material agar bisa mengontrol keluar masuk material dan juga biaya yang akan di keluarkan oleh galangan tersebut (Chandra, Minto, & Fariya, 2017) .

Material Requirements Planning (MRP) sistem adalah pendekatan untuk mengelola material dan komponen di dalam pabrik. Teknik MRP digunakan untuk meledakkan tagihan material, menghitung kebutuhan material yang dibutuhkan dan untuk perencanaan produksi. Jadwal produksi dan tagihan material menunjukkan bahan yang akan diminta, penjadwalan pesanan, waktu siklus produksi dan waktu tunggu pemasok, kemudian semua faktor tersebut menentukan kapan pesanan harus dilakukan. Ini adalah teknik perencanaan prioritas bertahap waktu yang menghitung kebutuhan material dan menjadwalkan suplai untuk memenuhi permintaan di semua produk/suku cadang/bahan baku dan digunakan untuk mengoptimalkan persediaan. Ini mengontrol sistem yang mencoba untuk menjaga tingkat persediaan yang memadai untuk memastikan bahwa material yang diperlukan tersedia pada saat dibutuhkan (D, P, & R, 2014).

Proses MRP melewati langkah-langkah berikut:

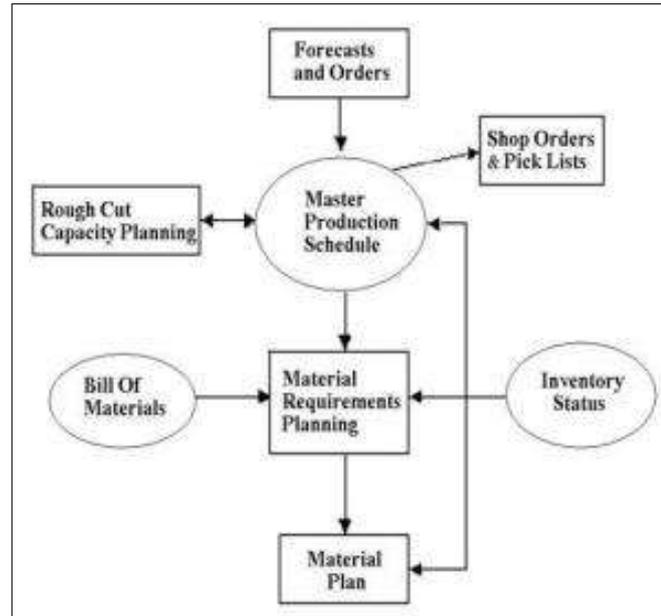
1. Menetapkan *gross weight* (kebutuhan kotor). *Gross weight* merupakan berat keseluruhan dari bahan baku/material suplai yang digunakan dalam pembangunan kapal.
2. Menentukan *net weight* (kebutuhan bersih). *Net weight* merupakan berat keseluruhan baja yang terpasang di kapal. *Net weight* dapat ditentukan dengan mengurangi total komponen hasil produksi dan persediaan dari persyaratan



(*gross weight*).

waktu kebutuhan bersih.

ntukan rilis material supai yang direncanakan dan dipesan.



Gambar 22 Proses MRP

(Sumber: International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, India)

Gross weight (kebutuhan kotor) dan jumlah pelat mewakili bahan yang diperlukan untuk pelat suplai untuk setiap desain berbeda. Efektivitas jumlah kebutuhan material pelat suplai ditinjau dari *gross weight* untuk setiap desain blok panjang pelat berbeda.

Efektivitas jumlah kebutuhan material pelat suplai (*gross weight*) pada kebutuhan bersih (*net weight*) dapat diterima jika mendekati 0 (nol), artinya pola susunan komponen konstruksi pada pelat yang tersedia adalah padat, dan tidak banyak daerah sisa. Menurut Wahyuddin (2022), untuk menghitung efektivitas jumlah kebutuhan material pelat suplai dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Efektivitas = \frac{Gross\ Weight - Net\ Weight}{Gross\ Weight} \quad (1)$$

Dimana :

Gross weight = Kebutuhan kotor (kg)

Net weight = Kebutuhan bersih (kg)



Berikut dibawah contoh perbandingan efektivitas jumlah kebutuhan material pelat suplai lambung kapal SPOB untuk panjang pelat 20 dan 30 ft (Wahyuddin, 2022).

Material	Total Net Weight (kg) (1)	Total Gross Weight (kg) (2)	Effectiveness (3) = ((2)-(1))/(2)
20 feet plate	537199	773028	0,31
30 feet plate	537199	907212	0,41

Gambar 23 Contoh Perhitungan Efektivitas Kebutuhan Pelat Suplai Lambung Kapal SPOB Untuk Panjang Pelat 20 dan 30 ft
(Sumber: International Journal of Metacenter, Wahyuddin, 2022)

Pada Gambar 23 diketahui bahwa efektifitas kebutuhan pelat suplai untuk desain 20 ft adalah 0,31 yang berarti rata-rata masih 31% luas pelat sisa atau pelat suplai yang tersedia. Sedangkan untuk desain 30 ft efektifitasnya 0,41 artinya rata-rata 41% luas pelat sisa atau pelat suplai yang tersedia. Jika dilihat dari tingkat efektifitas, persyaratan pelat suplai dengan desain 20 ft lebih disukai dibandingkan dengan desain 30 ft.

Massa/berat struktur blok yang tersusun dari komponen-komponen konstruksi sebagaimana hasil perancangan blok ditentukan dengan menggunakan persamaan 2. Menurut Wahyuddin (2011), perhitungan massa stuktur blok akan digunakan sebagai tolok ukur dalam mengevaluasi kapasitas peralatan penangan bahan apakah massa blok mampu diangkat atau tidak.

$$\text{Massa (kg)} = \text{Volume Komponen (m}^3\text{)} \times \text{Massa Jenis Baja (kg/m}^3\text{)} \quad (2)$$

Dimana:

$$\text{Massa jenis } (\rho) \text{ baja, yaitu } \rho_{\text{baja}} = 7,85 \text{ ton/m}^3$$

Perubahan-perubahan dimensi material sebagai akibat pengaruhi sifat mekanis material terhadap perlakuan selama proses produksi (fabrikasi, *sub-assembly*, *assembly*, dan *erection*) perlu diidentifikasi. Akumulasi perubahan atau ungan tersebut akan dijadikan pertimbangan dalam pembuatan unnaan gambar-gambar kerja dan petunjuk-petunjuk produksinya. sebenarnya yang dikehendaki untuk suatu komponen pada tahap akhir dari



proses produksi (*erection*) dapat diperoleh dengan memberi penambahan dimensi pada tahap desain berdasarkan hasil perhitungan yang menggunakan persamaan penggabungan variasi (*variation merging equation*). Variasi dimensi suatu kelompok material dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: jenis proses (*cutting, welding, bending*), jenis dan kondisi operasi mesin, tenaga kerja, dan metode kerja. Konsistensi sifat mekanis material terhadap suatu proses produksi akan memudahkan membuat prediksi yang tepat, sehingga ketepatan dimensi produk-produk antara semakin terjamin, sifat mekanis dengan spesifikasi teknik dan perlakuan proses yang sama, dapat memberi sifat mekanis atau penyimpangan yang berbeda. Hal ini dimungkinkan karena perbedaan *treatment* dari masing-masing pabrik material tersebut. Selain itu juga dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tempat penyimpanan atau tempat dan waktu proses produksi dilakukan, khususnya cuaca dan temperatur (Wahyuddin, 2011).

Struktur-struktur material yang digunakan dalam perakitan kapal harus memiliki sertifikasi dari badan klasifikasi yang bersifat komersial. Di Indonesia dikenal dengan Biro Klasifikasi Indonesia.

2.6 Nesting Plan

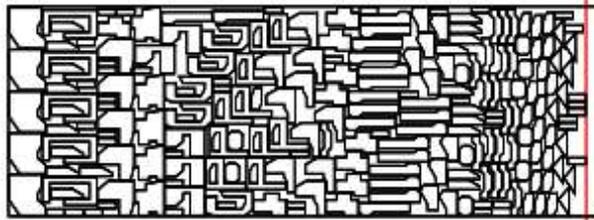
Proses *nesting* adalah proses material dipola ke dalam bentuk-bentuk yang telah direncanakan, kemudian *marking* dan selanjutnya dilakukan pemotongan terhadap pelat. Dalam merencanakan *nesting design* dapat menggunakan dua metode, yaitu metode sudut kiri bawah dan metode *heuristic*.

Metode sudut kiri bawah merupakan metode penyusunan pola dimulai dari sudut paling kiri dan bawah dari pelat. Metode *heuristic* adalah metode penyusunan pola yang berukuran besar terlebih dahulu kemudian pola yang berukuran kecil. Dalam membuat *nesting plan* yang perlu diperhatikan adalah efisiensi dan *gap* antar komponen.

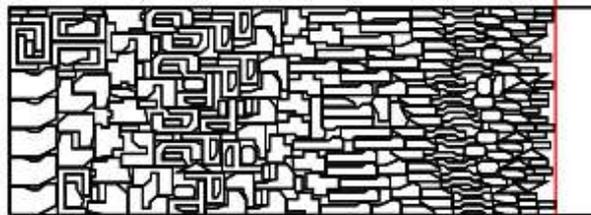


Menurut Kim dkk (2003), metode yang efisien untuk membuat *nesting plan* akan metode *heuristic* berbasis aturan pendekatan untuk meningkatkan tata letak. Satu hal yang harus diperhatikan dalam *nesting plan* adalah

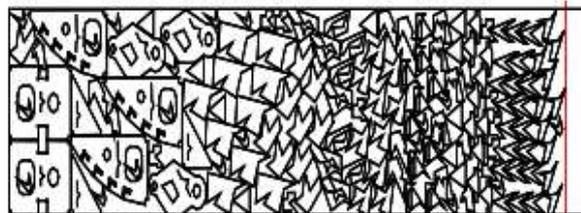
efisiensi untuk meminimalkan daerah pelat yang digunakan berdasarkan panjang pelat dengan melakukan pemadatan pola. Gambar 24 sampai 27 memperlihatkan *nesting design* dengan metode *heuristic*.



Gambar 24 Nesting Plan Menggunakan Metode Heuristic dengan Mengabaikan Sudut Tata Letak Pola Beraturan
(Sumber: *Journal of Marine Science and Technology*)



Gambar 25 Nesting Plan Menggunakan Metode Heuristic dengan Memperhatikan Sudut Tata Letak Pola Beraturan
(Sumber: *Journal of Marine Science and Technology*)



Gambar 26 Nesting Plan Menggunakan Metode Heuristic dengan Mengabaikan Sudut Tata Letak Pola Tidak Beraturan
(Sumber: *Journal of Marine Science and Technology*)



Gambar 27 Nesting Plan Menggunakan Metode Heuristic dengan Memperhatikan Sudut Tata Letak Pola Tidak Beraturan
(Sumber: *Journal of Marine Science and Technology*)



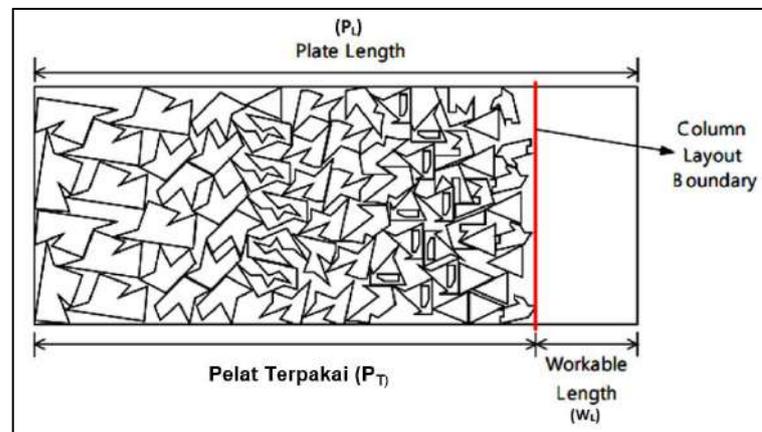
Lebih mudah untuk menentukan parameter efisiensi *nesting* dengan (η) sebagai rasio non-dimensi antara panjang pelat dan panjang yang bisa diterapkan. Parameter efisiensi *nesting* (η), sebagai rasio pemanfaatan pelat suplai, ditentukan oleh persamaan berikut:

$$\eta = (W_L \times 100) / P_L \quad (3)$$

Dimana :

P_L = Panjang pelat (mm)

W_L = Panjang yang masih bisa dikerjakan/digunakan (mm)



Gambar 28 Batas Tatak Letak Pola Dalam Nesting Plan
(Sumber: Journal of Marine Science and Technology)

Parameter *nesting* yang lain adalah utilitas pelat (u). Utilitas artinya memaksimalkan daerah pelat yang dapat digunakan atau pelat terpakai. Perhitungan utilitas pelat ditentukan oleh persamaan berikut:

$$u = (P_T \times 100) / P_L \quad (4)$$

Dimana :

P_L = Panjang pelat (mm)

P_T = Panjang pelat terpakai (mm)



t Sisa

elat sisa atau *waste plate* dalam pembangunan kapal di galangan kapal pada potongan-potongan atau sisa-sisa pelat baja yang tidak digunakan

dalam proses konstruksi kapal. Saat membangun kapal, pelat baja digunakan untuk membentuk berbagai bagian struktural kapal seperti lambung dan bangunan atas.

Setelah pelat baja dipotong dan disusun untuk membentuk bagian-bagian kapal, mungkin ada potongan-potongan pelat yang tersisa karena perlu penyesuaian ukuran atau karena desain yang berubah. Potongan-potongan inilah yang disebut sebagai pelat sisa. Pemilihan material dan manajemen limbah menjadi faktor penting dalam industri galangan kapal, dan seringkali galangan kapal memiliki kebijakan untuk mendaur ulang atau mengelola dengan efisien pelat sisa tersebut agar mengurangi limbah dan dampak lingkungan.

Pengelolaan pelat sisa juga dapat mencakup praktik-praktik seperti pengumpulan dan pemrosesan kembali material untuk penggunaan berikutnya atau penjualan sebagai barang daur ulang. Praktik ini membantu tidak hanya mengurangi limbah konstruksi, tetapi juga dapat memberikan manfaat ekonomis melalui pemanfaatan kembali material.

