

Pengendalian Material Pada Fabrikasi Kapal Melalui Perbandingan Data Sistem Digital dan Aktual

Nadhira^{*1}, Naufal Abdurrahman Prasetyo^{1*} and Popi Sasniati^{2*}

* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹E-mail: nadhiraawn@gmail.com

Abstrak

Proses fabrikasi Tugboat 26 Meter *Hull Construction Block 2* mengalami deviasi penggunaan material akibat ketidaksesuaian spesifikasi *bottom plate* dengan persyaratan klasifikasi RINA. Hasil inspeksi menunjukkan bahwa ketebalan *bottom plate* 8 mm harus diganti menjadi 10 mm karena tidak memenuhi ketentuan klasifikasi. Perubahan tersebut menyebabkan peningkatan kebutuhan material, biaya pengadaan, dan material sisa. Penelitian ini bertujuan menganalisis deviasi penggunaan material akibat perubahan spesifikasi *bottom plate*, mengukur efektivitas penggunaan material menggunakan metode *Material Utilization Rate* (MUR), serta mengidentifikasi penyebab deviasi melalui *Fishbone Diagram*. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan teknik pengumpulan data berupa observasi, wawancara, dan dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa deviasi material disebabkan oleh kurang optimalnya verifikasi gambar, koordinasi antarbagian yang belum efektif, serta pengendalian perubahan desain dan material yang belum berjalan dengan baik. Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan material, diperlukan *approval* klasifikasi sebelum proses *nesting* dan *cutting*, finalisasi gambar sebelum produksi, integrasi data antarbagian, penerapan *checksheet*, serta revisi *Bill of Material* (BOM). Penerapan langkah tersebut diharapkan dapat meminimalkan *overusage* material dan meningkatkan efisiensi pembangunan kapal.

Kata kunci: Deviasi Material, Material Utilization Rate, Overusage Material, Bill of Material, Tugboat.

Abstract

The fabrication process of the 26 Meter Tugboat Hull Construction Block 2 experienced deviations in material usage due to the inconsistency of the bottom plate specifications with the RINA classification requirements. Inspection results showed that the thickness of the bottom plate of 8 mm had to be replaced with 10 mm because it did not meet the classification requirements. This change caused an increase in material requirements, procurement costs, and waste materials. This study aims to analyze the deviation in material usage due to changes in bottom plate specifications, measure the effectiveness of material usage using the Material Utilization Rate (MUR) method, and identify the causes of deviations through the Fishbone Diagram. The research method used is descriptive quantitative with data collection techniques in the form of observation, interviews, and documentation. The results showed that material deviations were caused by suboptimal drawing verification, ineffective inter-section coordination, and poor control of design and material changes. To improve the efficiency of material usage, classification approval is required before the nesting and cutting process, finalization of drawings before production, data integration between sections, implementation checksheets, and revision of the Bill of Material (BOM). The implementation of these steps is expected to minimize material overusage and increase the efficiency of ship construction.

Keywords: Material Deviation, Material Utilization Rate, Material Overusage, Bill of Material, Tugboat.

1 Pendahuluan

Kota Batam telah sejak lama dikembangkan sebagai kawasan industri, utamanya sektor perkapalan. Letak geografisnya yang dekat dengan Selat Melaka, dan juga menjadi alasan bahwa perkapalan di Batam menjadi salah satu sektor industri prioritas[1]. Industri perkapalan secara khusus di Kota Batam memiliki tingkat persaingan yang cukup tinggi, menuntut perusahaan untuk bersaing secara baik dengan meningkatkan kualitas dan kuantitas secara optimal. Kondisi ini mendorong galangan kapal untuk meningkatkan efisiensi, ketepatan waktu produksi, serta pengendalian biaya agar mampu bersaing secara kompetitif. Salah satu hal penting yang berpengaruh langsung terhadap efisiensi produksi adalah sistem pengendalian material, terlebih pada proses fabrikasi konstruksi lambung kapal. Proses produksi di galangan kapal merupakan sistem produksi dengan tingkat kesulitan yang cukup tinggi sehingga membutuhkan perencanaan yang akurat untuk mengoptimalkan proses material dan jadwal kerja[2]. Hal ini membuat kemungkinan terjadinya perubahan desain, revisi kebutuhan material, atau perbedaan penggunaan material di lapangan menjadi cukup besar. Jika pengendalian material tidak dilakukan dengan baik dan teratur, maka bisa terjadi pemborosan material seperti meningkatnya sisa potongan (*scrap*), ketidaksesuaian antara stok dan kebutuhan, serta keterlambatan dalam penyelesaian proyek.

Seiring perkembangan teknologi industri, perusahaan galangan kapal telah memanfaatkan sistem *Enterprise Resource Planning* (ERP) seperti *Systems Applications and Products* (SAP) untuk mengelola data perencanaan material. Dalam hal ini, penyusunan *Bill of Material* (BOM) dan *Material Take Off* (MTO), serta pencatatan pengeluaran material dapat dilakukan secara terstruktur. Berdasarkan penelitian sebelumnya, *Enterprise Resource Planning* (ERP) penggabungan semua struktur bisnis dalam galangan kapal, tetapi ketidakefisienan pada satu aspek dapat berdampak negatif pada proses lainnya karena keterkaitan sistem yang tinggi[3]. Lebih dari 60% biaya pembangunan kapal dialokasikan pada pengadaan material, sehingga sistem perencanaan material yang efisien sangat penting untuk menekan biaya dan menyelesaikan proyek sesuai waktu[4]. Keterlambatan pengadaan bahan baku akibat kesalahan dalam pengendalian internal persediaan dapat menghambat kelancaran produksi, yang mencerminkan urgensi pengendalian material yang efektif untuk mengurangi pemborosan dan gangguan produksi[5].

Penelitian memberikan pandangan bahwa[6]. Upaya integrasi *eBOM*, *mBOM*, dan *BOP* dalam industri perkapalan melalui pemanfaatan sistem *Product Lifecycle Management* (PLM) agar menjaga kesesuaian data antara tahap perancangan dan manufaktur kapal. Kajian tersebut lebih memfokuskan pada perancangan model sistem dalam lingkup industri secara umum. Dalam penelitian lainnya[7]. Berisi perusahaan dapat mengubah cara kerja dan proses bisnis yang sebelumnya dilakukan secara konvensional menjadi lebih *modern*, sehingga mampu meningkatkan efisiensi operasional, dan membantu perusahaan dalam mencapai tujuan yang lebih efektif. Selain itu, pada penelitian *Digital Transformation As An Approach To A Warehouse*[8]. Mengidentifikasi bagian yang masih bisa diperbaiki dan membuat rencana kerja yang lebih baik dengan memanfaatkan teknologi.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, belum ditemukan penelitian yang secara khusus membahas perbandingan antara data pada sistem perencanaan dengan kondisi aktual di lapangan di akibatkan perubahan *class*. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada aspek yang lebih teknis dan aplikatif, yaitu pembangunan *Tug Boat* 26 meter pada tahap *Hull Construction Block 2 (Forward)*. Tujuan dari studi ini adalah untuk melakukan perbandingan antara data perencanaan material dalam *Bill of Material* (BOM) dan realisasi pemakaian material di lapangan untuk mengidentifikasi tingkat deviasi serta mengevaluasi efektivitas pengendalian material yang diterapkan. Perbedaan utama penelitian ini terletak pada pendekatan kuantitatif deskriptif yang berbasis pada studi kasus di tingkat *block construction*.

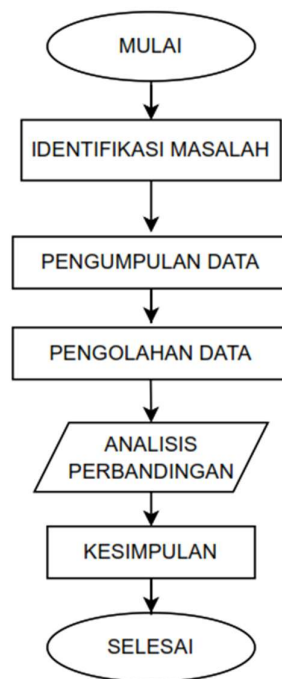
Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu difokuskan pada material konstruksi lambung *Block 2 Tug Boat* 26 meter yang meliputi konstruksi lambung kapal *frame 29 - frame 41* dengan konstruksi diantaranya *Transversal bulkhead Block 2*, *Maindeck Block 2*, *Chainlocker Block 2*, *Anchor Pocket Block 2*, *Sideshell Block 2*, *Longitudinal Bulkhead Block 2*, *Tanktop Block 2*, *Chine*, *Bottom*, *Keel Block 2* dengan detail panel seperti pada visualisasi tiga dimensi pada Gambar 1.



Gambar 1. Hull Construction Panel Block 2

2 Metodologi Penelitian

Untuk mempermudah dalam penelitian ini maka diperlukan *flowchart* guna mengetahui tahapan-tahapan apa saja yang harus dilakukan dan tidak keliru dalam melakukan runtutan penelitian. Penelitian dilakukan di PT XYZ dengan tahapan penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan analisis perbandingan deviasi. Metode ini digunakan karena penelitian bertujuan untuk menganalisis kesesuaian antara data perencanaan dan data aktual penggunaan material berdasarkan data produksi nyata. Dengan analisis perbandingan, dapat diidentifikasi sejauh mana realisasi di lapangan sesuai dengan rencana awal, sehingga efisiensi pada tahapan fabrikasi khususnya material dapat diukur secara objektif. Unit analisis dalam penelitian ini adalah salah satu proyek kapal tunda berukuran 26 m yang di fabrikasi oleh PT XYZ.

2.1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan pengamatan awal terhadap proses penggunaan material pada produksi kapal, khususnya pada pekerjaan *hull construction* di salah satu blok kapal. Identifikasi masalah bertujuan untuk menemukan adanya perbedaan antara perencanaan material yang terdapat pada sistem dengan penggunaan material aktual di lapangan.

- a. Studi Literatur

Mengkaji berbagai referensi seperti jurnal ilmiah, buku, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan manajemen material, *Bill of Materials* (BOM), standar klasifikasi kapal [9], [10], serta efisiensi penggunaan material pada industri [11].
- b. Observasi Lapangan

Observasi dan wawancara dilakukan di PT XYZ untuk memperoleh informasi mengenai penggunaan *Bill of Material* (BOM) standar berbasis Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), proses fabrikasi yang dipercepat untuk memenuhi jadwal *launching*, serta perubahan spesifikasi pelat *bottom shell* dari 8 mm menjadi 10 mm sesuai persyaratan *Registro Italiano Navale* (RINA) yang menyebabkan terjadinya *scrap* material dan penambahan biaya material.

2.2. Pengumpulan Data

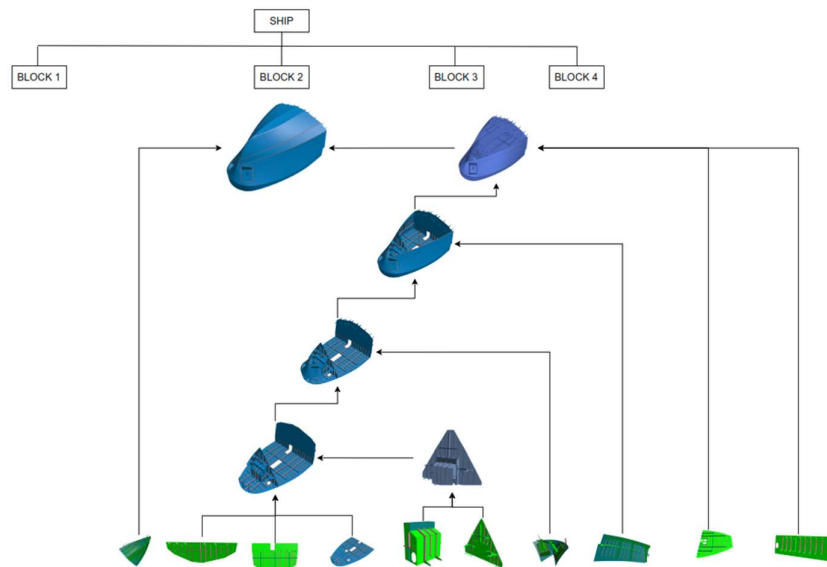
- a. Data Kapal

Data kapal berisi karakteristik utama yang menjadi dasar dalam proses perencanaan dan pelaksanaan pembangunan kapal. Pada tabel 1 disajikan ukuran utama kapal dengan panjang 26 m dan lebar 8 m. Data dimensi ini digunakan sebagai acuan dalam penyusunan desain konstruksi, penentuan kebutuhan material, serta pengaturan tahapan fabrikasi pada setiap blok kapal.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal	
Karakteristik	Keterangan
Panjang	26 m
Lebar	8 m
Tinggi	3.65 m
Sarat Air	3 m
Jarak Gading	550 mm

- b. Tugboat Sequence Block 2 (Hull Construction)

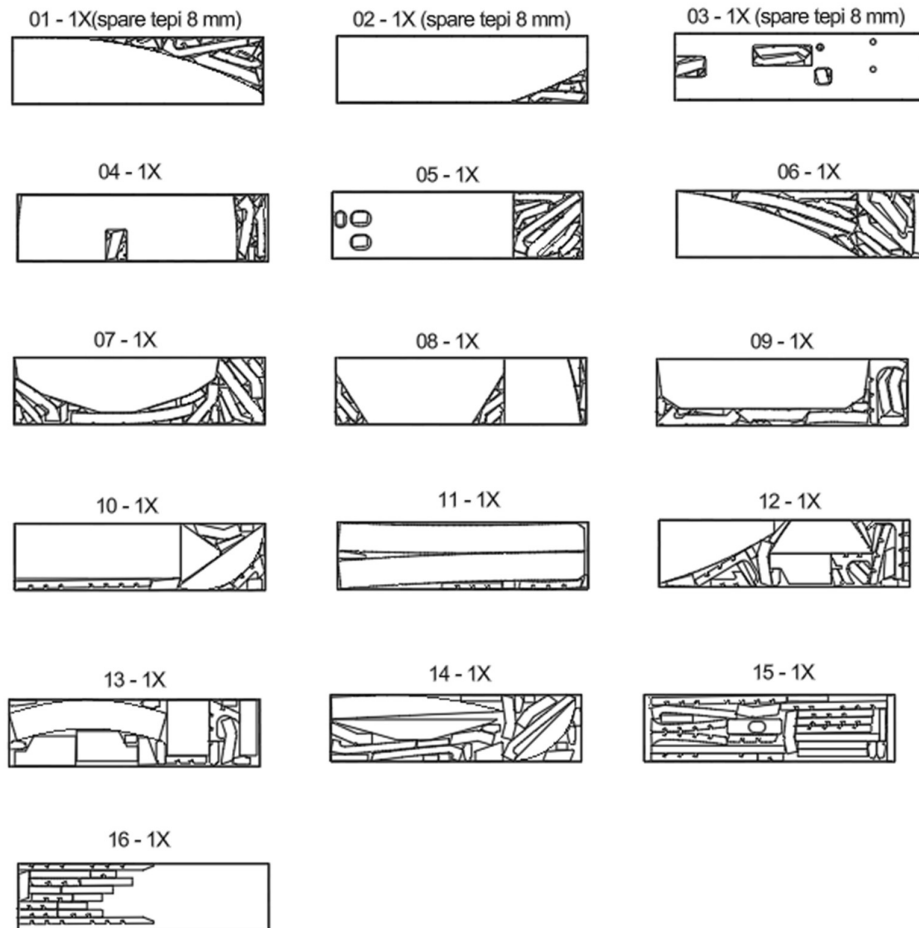
Tugboat sequence Block 2 merupakan urutan tahapan pembangunan kapal tugboat bagian depan dari proses fabrikasi awal hingga kapal mencapai kondisi akhir seperti tersaji pada Gambar 3. Urutan ini digunakan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai aliran proses produksi pada *Hull Construction Block 2*, sehingga memudahkan pengendalian pekerjaan, koordinasi antarbagian, dan pemantauan progres pembangunan kapal.



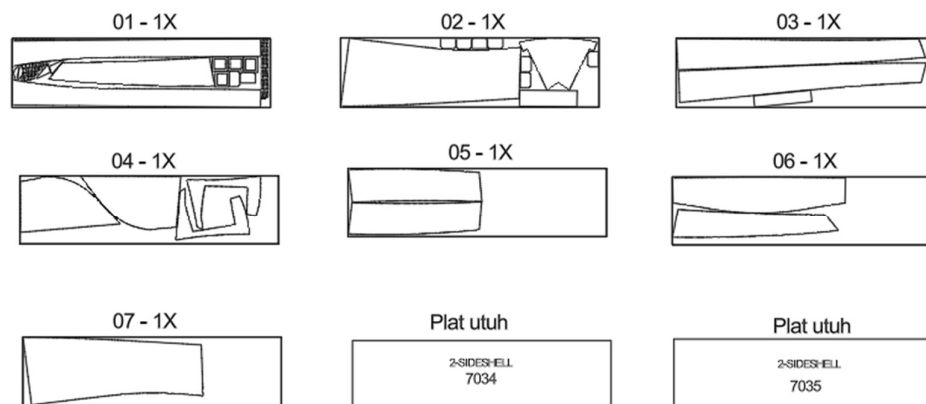
Gambar 3. Tugboat Sequence Hull Construction Block 2

- c. Nesting Drawing

Nesting dilakukan dengan tujuan untuk mengatur tata letak potongan (*part layout*) di atas lembaran plat baja agar pemakaian material menjadi optimal dan sisa potongan (*scrap*) dapat diminimalkan. Gambar 4 menampilkan visualisasi potongan pada plat yang akan dilakukan nesting sejumlah 16 lembar dengan ketebalan 8 mm. Proses ini umumnya dilakukan dengan bantuan perangkat lunak seperti *Pronest* dan *Autocad* yang mampu menghasilkan tata letak potongan secara otomatis berdasarkan dimensi *part* dan ukuran material baku.



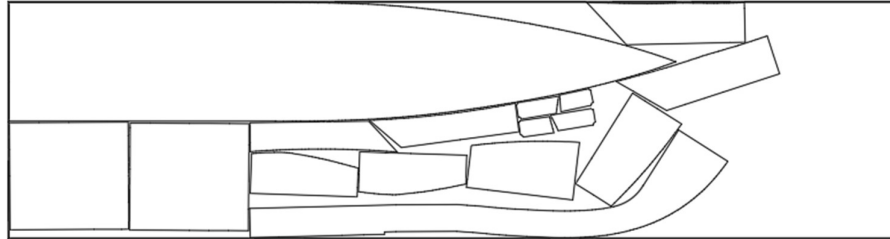
Gambar 4. Nesting Plate 8mm



Gambar 5. Nesting Plate 10mm

Gambar 5 merupakan visualisasi plat dengan ketebalan 10 mm yang akan diproses nesting sejumlah 7 lembar dan terdapat 2 plat utuh untuk digunakan pada bagian *side shell*.

01 - 1X



Gambar 6. Nesting Plate 12mm

Plat dengan ketebalan 12 mm digunakan sejumlah 1 lembar dengan konfigurasi potongan dapat dilihat pada Gambar 6.

d. Nesting Report

Nesting Report merupakan dokumen yang memuat hasil penyusunan tata letak komponen (*part layout*) pada lembar material sebelum proses pemotongan dilakukan. Laporan ini berisi informasi mengenai susunan part, ukuran material yang digunakan, jumlah komponen, tingkat pemanfaatan material, serta besarnya sisa material (*scrap*) yang dihasilkan. Melalui nesting report, perusahaan dapat mengevaluasi efisiensi penggunaan material dan memastikan proses pemotongan berlangsung sesuai dengan perencanaan.

e. Bill of Material (BOM)

BOM merupakan daftar seluruh material yang direncanakan untuk digunakan dalam proses produksi berdasarkan perencanaan desain kapal. Berdasarkan hasil perhitungan, berat total material *Blok 2 Hull Construction* kapal tugboat 26 meter pada perangkat lunak *Cadmatic* tercatat sebesar 37,378 ton, sedangkan hasil perhitungan pada laporan nesting *Pronest* menunjukkan berat sebesar 31,413 ton. Perbedaan tersebut mengindikasikan adanya selisih kuantitas material sebesar 5,965 ton antara data perencanaan dan hasil *nesting*.

2.3. Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan perhitungan selisih antara jumlah material yang direncanakan dengan jumlah material yang digunakan secara aktual di lapangan. Perhitungan deviasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat perbedaan penggunaan material yang terjadi selama proses produksi. Persamaan (1) merupakan rumus perhitungan deviasi material yang digunakan pada penelitian ini[12].

$$E = \frac{X_m - X_s}{X_s} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan keterangan X_m = nilai aktual (*measured*) X_s = nilai standar / rencana (*standard*) E = persentase deviasi (%)

Setelah nilai deviasi diperoleh, tahap selanjutnya adalah menghitung tingkat efisiensi penggunaan material menggunakan metode *Material Utilization Rate* (MUR) [13]. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pemanfaatan material terhadap total material yang digunakan pada proses fabrikasi. Persamaan (2) menunjukkan rumus perhitungan efisiensi material.

$$\text{Material Utilization Rate (\%)} = \frac{\text{Berat Part}}{\text{Berat Total Plat}} \times 100\% \quad (2)$$

2.4. Analisis Perbandingan

Pada tahap analisis dilakukan pengkajian terhadap hasil perbandingan antara data perencanaan dan data aktual. Tabel 2 bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya deviasi penggunaan material seperti adanya penambahan material berdasarkan *special request* dari pihak eksternal.

Tabel 2. Parameter Pengujian Pada Proses Kajian Digital dan Aktual

Perencanaan	Aktual	Pembeda
Perusahaan memiliki <i>Bill of Material</i> (BOM) standard.	Terjadi perubahan dalam penggunaan <i>classification</i> .	Masukkan pembedanya di ketebalan material antara BKI dan RINA.
<i>Bill of Material</i> (BOM) yang terdapat di sistem SAP dan <i>Microsoft Excel</i> .	Material yang benar-benar digunakan pada produksi.	Melakukan perhitungan deviasi dan mencari selisih kuantitas dari perencanaan dan aktual.
Jumlah plat hasil perencanaan <i>nesting design</i> .	Jumlah plat yang digunakan setelah mendapatkan revisi dari klasifikasi.	Menghitung <i>overusage</i> material dan menganalisis terjadinya perbedaan kuantitas.
<i>Material Utilization Rate</i> (MUR) hasil report.	Material yang menjadi produk dan <i>waste</i> aktual.	Menghitung persentase efisiensi material, dan melihat grafik besaran perbedaan.

2.5. Kesimpulan

Menarik kesimpulan dalam sebuah penelitian dilakukan dengan menjelaskan gambaran umum mengenai penelitian yang dilakukan dan variabel yang digunakan dalam menentukan penelitian ini dan menjelaskan hasil penelitian secara mendalam serta menjelaskan apakah tujuan penelitian dapat terpenuhi atau tidak.

3. Analisis dan Pembahasan

Tahapan ini diawali dengan menjabarkan material pada *Transversal bulkhead Block 2, Maindeck Block 2, Chainlocker Block 2, Anchor Pocket Block 2, Sidesheel Block 2, Longitudinal Bulkhead Block 2, Tanktop Block 2, Chine, Bottom, Keel Block 2*.

Penetapan *Bill of Materials* (BOM) untuk *Hull Construction Block 2* dirinci dalam Tabel 3. Daftar material tersebut dikategorikan berdasarkan dua tahapan fabrikasi, yaitu proses *nesting* di *workshop* dan perakitan di lapangan (*yard*), yang mencakup informasi mengenai kode komponen, deskripsi material, serta kuantitasnya.

Tabel 3. Bill of Material Standard

No	Material Component	Deskripsi	QTY	Units	Ket
1	IJ1-0080-243914000	STEEL PLATE A, 8MM X 8FT X 30FT	7	PCS	RAW MATERIAL
2	IJ1-0100-243914000	STEEL PLATE A, 10MM X 8FT X 30FT	1	PCS	NESTING
3	IJ1-0120-243914000	STEEL PLATE A, 12MM X 8FT X 30FT	1	PCS	
4	IJ1-0080-243914000	STEEL PLATE A, 8MM X 8FT X 30FT	12	PCS	RAW
5	IJ1-0100-243914000	STEEL PLATE A, 10MM X 8FT X 30FT	5	PCS	MATERIAL
6	227-0190-000000060	ROUND BAR 19MM X 6M	12	PCS	YARD
7	227-0500-000000060	ROUND BAR 50MM X 6M	5	PCS	
8	411-0070-100075060	L 100X75X7X9M	32	PCS	
9	321-0093-267248060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 40 10" X 6M	4	PCS	
10	322-0151-267237060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 80 10" X 6M	1	PCS	
11	322-0127-216190060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 80 8" X 6M	1	PCS	
12	322-0086-114097060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 80 4" X 6M	2	PCS	
13	322-0110-165143060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 80 6" X 6M	2	PCS	

Setelah *Bill of Materials* (BOM) ditetapkan, data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam sistem SAP untuk menginput kuantitas material yang dibutuhkan dalam proses fabrikasi *hull construction tugboat block 2*. Selanjutnya, data tersebut akan diverifikasi dan disetujui oleh tim produksi, sebelum dilakukan koordinasi dengan pihak *warehouse* untuk proses pengeluaran material.

Material yang telah dipotong menggunakan mesin CNC berdasarkan perencanaan awal seperti yang biasa dilakukan, kemudian mengalami penambahan kebutuhan material setelah dilakukan verifikasi dan pemeriksaan oleh badan klasifikasi RINA.

Tabel 4. List Perubahan Material RINA

Material Component	Deskripsi	QTY	Units	Ket
IJ1-0100-243914000	STEEL PLATE A, 10MM X 8FT X 30FT	3	PCS	Revisi <i>Bottom Shell</i>

Didalam Tabel 4 merupakan perubahan list dari material yang telah di rekomendasikan oleh badan class RINA dalam proses inspeksi, pada *Bill of Material* (BOM) standar bawah STEEL PLATE A, 8MM X 8FT X 30FT sebanyak 19 pcs, namun terjadi perubahan pada bagian *Bottom Shell* sehingga 3 pcs *plate*

ketebalan 8 berubah menjadi STEEL PLATE A, 10MM X 8FT X 30FT sebanyak 3 pcs. Sehingga 3 pcs *plate* ketebalan 8 menjadi *scrap* dikarenakan perubahan material akibat *approval* klasifikasi dilakukan ketika fabrikasi telah dimulai, Tabel 5 merupakan rincian dari material aktual.

Tabel 5. Material Aktual

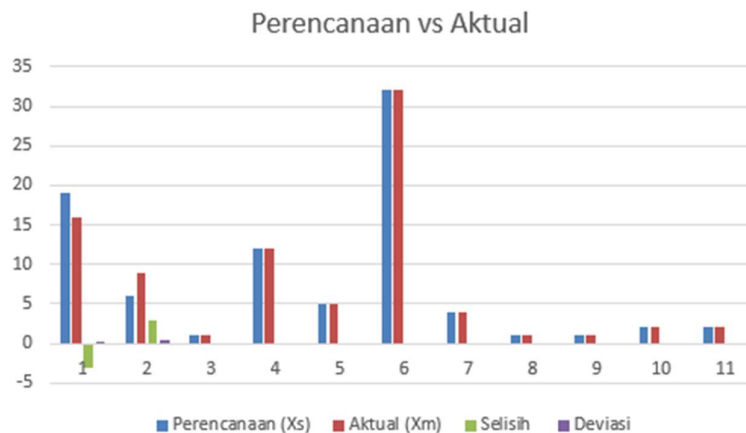
No	Material Component	Deskripsi	QTY	Units	Ket
1	1J1-0080-243914000	STEEL PLATE A, 8MM X 8FT X 30FT	9	PCS	RAW MATERIAL
2	1J1-0100-243914000	STEEL PLATE A, 10MM X 8FT X 30FT	2	PCS	NESTING
3	1J1-0120-243914000	STEEL PLATE A, 12MM X 8FT X 30FT	1	PCS	
4	1J1-0080-243914000	STEEL PLATE A, 8MM X 8FT X 30FT	7	PCS	RAW
5	1J1-0100-243914000	STEEL PLATE A, 10MM X 8FT X 30FT	7	PCS	MATERIAL
6	227-0190-000000060	ROUND BAR 19MM X 6M	12	PCS	YARD
7	227-0500-000000060	ROUND BAR 50MM X 6M	5	PCS	
8	411-0070-100075060	L 100X75X7X9M	32	PCS	
9	321-0093-267248060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 40 10" X 6M	4	PCS	
10	322-0151-267237060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 80 10" X 6M	1	PCS	
11	322-0127-216190060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 80 8" X 6M	1	PCS	
12	322-0086-114097060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 80 4" X 6M	2	PCS	
13	322-0110-165143060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 80 6" X 6M	2	PCS	

Setelah data diperoleh, tahap selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan perhitungan deviasi melalui tabel perbandingan. Tabel 6 bertujuan untuk menganalisis perbedaan antara data *Bill of Material* (BOM) yang telah diinput ke dalam sistem SAP dengan data penggunaan material aktual di lapangan.

Tabel 6. Perbandingan Material Perencanaan dan Aktual

No	Material Number	Deskripsi	Awal (Xs)	Aktual (Xm)	Selisih	Deviasi
1	1J1-0080-243914000	STEEL PLATE A, 8MM X 8FT X 30FT	19	16	-3	-15.79%
2	1J1-0100-243914000	STEEL PLATE A, 10MM X 8FT X 30FT	6	9	3	50%
3	1J1-0120-243914000	STEEL PLATE A, 12MM X 8FT X 30FT	1	1	0	
4	227-0190-000000060	ROUND BAR 19MM X 6M	12	12	0	
5	227-0500-000000060	ROUND BAR 50MM X 6M	5	5	0	
6	411-0070-100075060	L 100X75X7X9M	32	32	0	
7	321-0093-267248060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 40 10" X 6M	4	4	0	
8	322-0151-267237060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 80 10" X 6M	1	1	0	
9	322-0127-216190060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 80 8" X 6M	1	1	0	
10	322-0086-114097060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 80 4" X 6M	2	2	0	
11	322-0110-165143060	SEAMLESS PIPE, MS, SCH 80 6" X 6M	2	2	0	

Dapat dilihat pada Gambar 7 merupakan visualisasi diagram perbandingan material perencanaan dan aktual dengan kondisi awal STEEL PLATE A, 8MM X 8FT X 30FT 19 pcs, dan secara aktual pemakaian yang terpasang pada kapal 16 pcs. Kemudian pada kondisi awal STEEL PLATE A, 10MM X 8FT X 30FT 6 pcs menjadi 9 pcs diakibatkan perubahan ketebalan pada bagian *Bottom Sheel*.



Gambar 7. Diagram Perencanaan vs Aktual

Material Utilization Rate (MUR) merupakan nilai yang menunjukkan persentase material yang berhasil dimanfaatkan menjadi produk dibandingkan dengan total material yang digunakan. Semakin tinggi nilai MUR, semakin efektif penggunaan material dan semakin kecil jumlah *scrap* atau sisa material yang dihasilkan. Sebaliknya, nilai *Material Utilization Rate* (MUR) yang rendah menunjukkan bahwa proses *nesting* atau pemotongan belum optimal sehingga berpotensi meningkatkan pemborosan material.

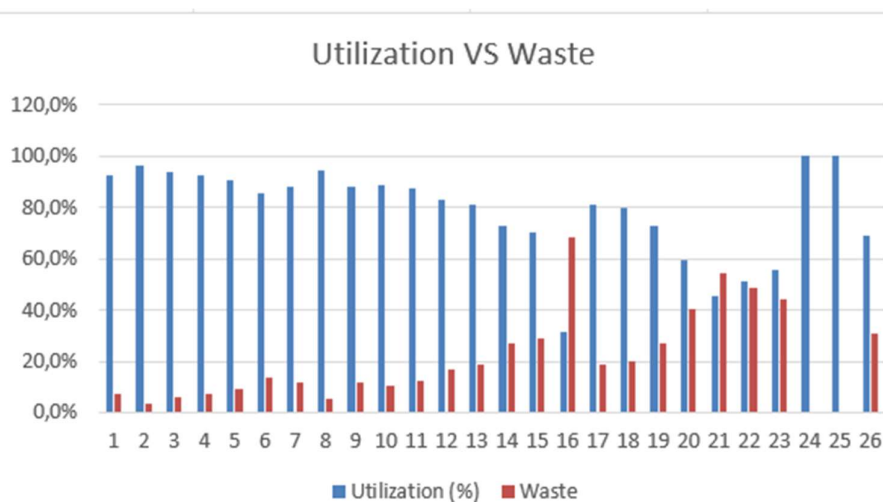
Selain sebagai ukuran efisiensi, nilai MUR juga digunakan untuk menentukan tingkat material *waste*, yaitu selisih antara 100% dan nilai MUR. Dalam industri perkapalan, nilai MUR yang baik umumnya berada pada rentang 85–95%, meskipun dipengaruhi oleh bentuk komponen, ukuran pelat, dan metode pemotongan yang digunakan. Nilai MUR yang tinggi menunjukkan bahwa penempatan komponen pada pelat telah dilakukan secara optimal sehingga pemanfaatan material menjadi lebih maksimal dan efisien.

Tabel 7. Material Utilization Rate (MUR)

No	Layout No	Weight (kg)	Nesting Weight (kg)	Utilization (%)	Waste
1	PLATE 8 - 001	1397,05	1293,04	92,6%	7,4%
2	PLATE 8 - 002	1397,05	1346,26	96,4%	3,6%
3	PLATE 8 - 003	1397,05	1314,26	94,1%	5,9%
4	PLATE 8 - 004	1397,05	1292,91	92,5%	7,5%
5	PLATE 8 - 005	1397,05	1263,72	90,5%	9,5%
6	PLATE 8 - 006	1397,05	1200,69	85,9%	14,1%
7	PLATE 8 - 007	1397,05	1232,59	88,2%	11,8%
8	PLATE 8 - 008	1397,05	1318,37	94,4%	5,6%
9	PLATE 8 - 009	1397,05	1230,43	88,1%	11,9%
10	PLATE 8 - 010	1397,05	1245,01	89,1%	10,9%
11	PLATE 8 - 011	1397,05	1221,13	87,4%	12,6%
12	PLATE 8 - 012	1397,05	1160,83	83,1%	16,9%
13	PLATE 8 - 013	1397,05	1135,19	81,3%	18,7%
14	PLATE 8 - 014	1397,05	1022,11	73,2%	26,8%
15	PLATE 8 - 015	1397,05	987,35	70,7%	29,3%
16	PLATE 8 - 016	1397,05	441,6	31,6%	68,4%
17	PLATE 10 - 001	1746,31	1412,78	80,9%	19,1%
18	PLATE 10 - 002	1746,31	1398,26	80,1%	19,9%
19	PLATE 10 - 003	1746,31	1268,99	72,7%	27,3%
20	PLATE 10 - 004	1746,31	1035,01	59,3%	40,7%
21	PLATE 10 - 005	1746,31	793,97	45,5%	54,5%
22	PLATE 10 - 006	1746,31	892,84	51,1%	48,9%
23	PLATE 10 - 007	1746,31	968,85	55,5%	44,5%
24	PLATE 10 - 008	1746,31	1746,31	100,0%	0,0%
25	PLATE 10 - 009	1746,31	1746,31	100,0%	0,0%
26	PLATE 12 - 001	2095,57	1444,65	68,9%	31,1%

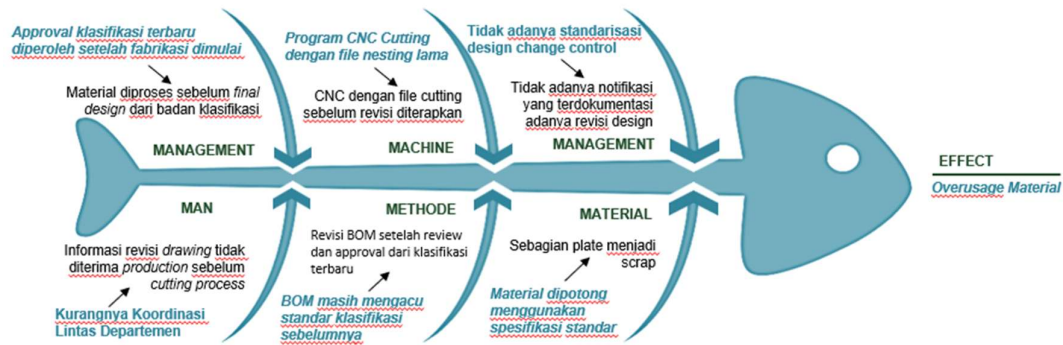
Berdasarkan data hasil proses nesting yang tertampil di Tabel 7, diperoleh nilai utilisasi akhir pada setiap pelat yang digunakan. Nilai utilisasi tersebut menggambarkan tingkat pemanfaatan material pada masing-masing pelat dan digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi efektivitas penempatan komponen (*part*) pada lembar material. Semakin tinggi nilai utilisasi yang diperoleh, semakin optimal pemanfaatan area pelat yang digunakan dalam proses pemotongan.

Untuk mempermudah analisis dan perbandingan tingkat pemanfaatan material pada setiap layout pelat, data utilisasi selanjutnya disajikan dalam bentuk diagram batang. Gambar 8 merupakan visualisasi variasi nilai utilisasi pada masing-masing *layout* pelat yang digunakan selama proses *nesting*.



Gambar 8. Diagram Material Utilization Rate (MUR)

Berdasarkan hasil perbandingan antara data material pada perencanaan dan penggunaan aktual di lapangan, ditemukan adanya deviasi penggunaan material berupa *overusage*. Oleh karena itu, pada Gambar 9 dilakukan analisis menggunakan metode *Fishbone Diagram* untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi peningkatan penggunaan material selama proses produksi kapal berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara terhadap dokumen produksi, penyebab utama dikelompokkan ke dalam enam kategori, yaitu *Man*, *Machine*, *Method*, *Material*, dan *Management*.



Gambar 9. Fishbone diagram overusage material

Pada faktor *man*, ditemukan bahwa kurangnya koordinasi antar departemen menyebabkan informasi revisi *drawing* tidak diterima oleh bagian produksi sebelum proses *cutting* dilaksanakan. Faktor *material* menunjukkan bahwa pemotongan material masih menggunakan spesifikasi awal sehingga sebagian material tidak lagi sesuai dengan persyaratan klasifikasi terbaru dan menjadi *scrap*. Pada faktor *method*, dokumen *Bill of Material* (BOM) belum diperbarui sesuai hasil persetujuan badan klasifikasi sehingga proses produksi masih mengacu pada standar sebelumnya. Sementara itu, faktor *machine* menunjukkan bahwa mesin *CNC* masih menggunakan file *nesting* lama yang belum disesuaikan dengan revisi desain. Selain itu, faktor *management* menjadi penyebab yang paling dominan karena persetujuan badan klasifikasi diperoleh setelah proses fabrikasi dimulai serta belum adanya prosedur *Design Change Control* yang terdokumentasi, sehingga perubahan desain tidak tersampaikan secara efektif kepada seluruh departemen. Kombinasi dari kelima faktor tersebut menyebabkan terjadinya ketidaksesuaian spesifikasi material, pekerjaan ulang (*rework*), dan peningkatan penggunaan material di luar perencanaan.

Berdasarkan akar penyebab yang telah diidentifikasi melalui *Fishbone Diagram*, selanjutnya dilakukan penentuan alternatif solusi menggunakan metode *Benefit Cost Index* dengan mempertimbangkan aspek kemudahan implementasi (*cost*) dan manfaat yang diperoleh (*benefit*). Penilaian dilakukan menggunakan skala 1–5 dengan persamaan $Index = 0,2 \times Cost + 0,8 \times Benefit$, di mana bobot manfaat dibuat lebih besar karena penelitian ini berorientasi pada efektivitas solusi dalam mengurangi *overusage* material. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh alternatif memperoleh nilai indeks sebesar 4,6.

Sebagai upaya untuk mengurangi potensi deviasi dan *overusage* material, diperlukan sistem pengendalian material yang terintegrasi melalui penggunaan *checksheet* pengeluaran material. Dokumen ini disusun oleh Departemen *Production Engineer* dan berisi informasi detail mengenai kebutuhan material berdasarkan *block* konstruksi, lokasi penggunaan, serta jenis pekerjaan yang akan dilaksanakan.

Setiap pengeluaran material wajib mendapatkan persetujuan dari *Head Engineering*, *Production Engineer & Quality Control*, *Warehouse & Inventory*, dan *Production* untuk memastikan kesesuaian antara material yang dikeluarkan dengan kebutuhan aktual di lapangan. Penerapan *checksheet* tersebut diharapkan mampu meningkatkan akurasi distribusi material, memperkuat pengawasan lintas departemen, serta mencegah terjadinya pemborosan material pada proyek pembangunan kapal.

4. Kesimpulan

Pada proses fabrikasi Tugboat 26 Meter Hull Construction Block 2, ditemukan adanya penggunaan spesifikasi material yang belum sepenuhnya diverifikasi terhadap persyaratan badan klasifikasi yang berlaku. Hasil inspeksi oleh *Quality Inspector* RINA menunjukkan bahwa ketebalan *bottom plate* yang digunakan sebesar 8 mm tidak memenuhi ketentuan klasifikasi, sehingga harus diganti menjadi 10 mm. Perubahan tersebut menyebabkan deviasi material yang berdampak pada meningkatnya kebutuhan material, biaya pengadaan, waktu pengerjaan, serta timbulnya material sisa dari plate yang telah diproses sebelumnya.

Berdasarkan hasil analisis, penelitian ini berhasil menghitung persentase deviasi antara kebutuhan material pada desain awal dan kebutuhan aktual setelah penyesuaian terhadap aturan klasifikasi serta mengukur tingkat keefektifan penggunaan material menggunakan *Material Utilization Rate* (MUR). Selain itu, penelitian juga mengidentifikasi beberapa faktor penyebab deviasi menggunakan *Fishbone Diagram*, antara lain kurang optimalnya proses verifikasi gambar sebelum fabrikasi, koordinasi yang belum maksimal antar departemen terkait, serta pengendalian perubahan desain dan material yang belum berjalan secara efektif. Kondisi tersebut mengakibatkan penggunaan spesifikasi material yang tidak sesuai dengan kebutuhan klasifikasi proyek.

Oleh karena itu, untuk meningkatkan efisiensi penggunaan material pada proyek pembangunan kapal berikutnya, diperlukan pengendalian yang lebih baik melalui proses *approval* klasifikasi sebelum nesting dan *cutting* material, finalisasi gambar konstruksi sebelum produksi dimulai, integrasi data antara *engineering*, *production engineer*, dan produksi, penggunaan *checksheet* perubahan klasifikasi, serta penerapan prosedur revisi BOM sebelum pelepasan material ke area produksi. Dengan penerapan tersebut, potensi terjadinya *overusage* material dapat diminimalkan sehingga efisiensi penggunaan material pada pembangunan kapal dapat ditingkatkan.

5. Daftar Pustaka

- [1] BP Batam, Industri Maritim yang Memperkuat Ekonomi Batam. Batam, Indonesia, 2024. [Online]. Available: <https://bpbatam.go.id/industri-maritim-yang-memperkuat-ekonomi-batam/>
- [2] Y. Okubo and T. Mitsuyuki, "Ship Production Planning Using Shipbuilding System Modeling and Discrete Time Process Simulation," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 10, no. 2, p. 176, Jan. 2022, doi: 10.3390/jmse10020176.
- [3] M.-G. Manca and E. Manca, "Shipbuilding—An Analysis from the Perspective of Enterprise Resources Planning System," *World J. Eng. Technol.*, vol. 11, no. 01, pp. 81–112, 2023, doi: 10.4236/wjet.2023.111008.
- [4] I. Baroroh, "SHIPYARD SUPPLY CHAIN PERFORMANCE FOR MODULAR SHIPBUILDING CONSTRUCTION". *Hang Tuah University*, 2025.
- [5] Niantoro Sutrisno, "Pengaruh Pengendalian Internal Persediaan Bahan Baku dan Perencanaan Proses Produksi Terhadap Kelancaran Proses Produksi." 2023.
- [6] L. R. Rubio, A. M. Mariscal, E. P. Alvarez, and F. Mas, "A Process-Oriented Approach for Shipbuilding Industrial Design Using Advanced PLM Tools," in *Product Lifecycle Management. PLM in Transition Times: The Place of Humans and Transformative Technologies*, vol. 667, F. Noël, F. Nyffenegger, L. Rivest, and A. Bouras, Eds., in IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol. 667., Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 144–152. doi: 10.1007/978-3-031-25182-5_15.
- [7] C. Ebert and C. H. C. Duarte, "This instalment of the Software Technology department discusses how the digital transformation is affecting software technology and the software industry."
- [8] J. A. Morales Rico, M. A. Pérez Ávila, L. N. Tejeda Lopez, and J. A. Carrasco Mora, "Digital transformation as an approach to a warehouse 4.0," *Ship Sci. Technol. Cartagena*, vol. 18, no. 36, pp. 69–78, Jan. 2025, doi: 10.25043/19098642.263.
- [9] "RINA. (2026). Rules for the Classification of Ships. Genoa: RINA."
- [10] "Biro Klasifikasi Indonesia. (2026). Rules for Classification and Construction. Jakarta: BKI."
- [11] C. Okonkwo, U. F. Evans, and S. Ekung, "Unearthing direct and indirect material waste-related factors underpinning cost overruns in construction projects," *Int. J. Constr. Manag.*, vol. 23, no. 13, pp. 2298–2304, Oct. 2023, doi: 10.1080/15623599.2022.2052431.
- [12] P. Shrestha, "Effect of Change Orders on Cost and Schedule Overruns of School Building Renovation Project" 2018, doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.000027](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.000027).
- [13] R. Janani and A. Sankar, "Material management and effective utilization of materials," *Mater. Today Proc.*, vol. 37, pp. 3118–3124, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.022.