

Optimasi Kebutuhan Pelat Baja pada Fabrikasi Blok 03 Kapal 70m Menggunakan Modul Nesting pada Software Turbonest

Harves Duha^{*1}, Veryawan Nanda Perkasa, S.T., M. Han 1^{*} dan Andrew W.P. Mantik, S.T 2^{*}

^{*} Politeknik Negeri Batam
Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia
¹E-mail: duhaharves@email.com

Abstrak

Pembangunan kapal 70 meter tipe *Anchor Handling Tug/Safety Standby Vessel* merupakan kapal yang di buat menggunakan metode modular, yaitu pembangunan kapal yang di lakukan berdasarkan pembagian setiap bloknya untuk memudahkan dalam pengerjaannya. Salah satu blok yang merupakan hasil metode modular adalah blok 03. Tingginya kebutuhan pelat baja dalam blok ini perlunya strategi pemotongan yang tepat agar dapat mengurangi sisa material serta menekan biaya produksi. Salah satu metode yang terbukti sangat efisien dalam proses pemotongan pelat adalah penerapan perangkat lunak khusus untuk *nesting*, yakni *TurboNest*. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung pengoptimalan penggunaa baja pada blok 03 dengan menggunakan *software turbonest*. Perhitungan penggunaan pelat yang di gunakan di blok 03 serta analisis dari hasil penyusunan pelat baja yang di lakukan di *turbonest* di bagi menjadi 3 metode yaitu perbandingan efesiensi *manual* dan *autonesting*, metode *nesting* geometrik, dan metode pemanfaatan material. Perhitungan penggunaan pelat baja di blok ini menunjukkan bahwa pemanfaatan material mencapai 80%, menunjukkan bahwa sebagian besar pelat dapat dimanfaatkan secara efektif meskipun terdapat bentuk pelat yang kompleks seperti bentuk pelat yang tidak beraturan, terdapat lubang atau radius di pelat bajanya. Dengan efesiensi *geometric* mencapai 96.47%, menunjukkan bahwa peletakkan pelat baja ketika di susun di *turbonest* sangat tinggi tingkat kerapatannya. Kemudian penyusunan pelat dengan metode *manual* memberikan efesiensi lebih tinggi namun sedikit lama dari pada *autonest* yaitu dengan metode *manual nest* membutuhkan waktu 5 menit dengan efesiensi geometrik mencapai 96.73% sedangkan metode *autonest* membutuhkan waktu hanya 30 detik dengan efesiensi 92.73%. Dari hasil tersebut dapat di simpulkan bahwa penggunaan *turbonest* dapat mengurangi pemborosan dan dapat meningkatkan produktivitas.

Kata kunci: Efisiensi material, *turbonest*, efesiensi geometrik

Abstract

The construction of a 70-meter vessel of the *Anchor Handling Tug/Safety Standby Vessel* type is carried out using the modular method, which involves building the ship by dividing it into blocks to facilitate the construction process. One of the blocks produced through this modular method is Block 03. The high demand for steel plates in this block necessitates a precise cutting strategy to reduce material waste and minimize production costs. One method proven to be highly efficient in the plate cutting process is the use of specialized nesting software, namely *TurboNest*. This study aims to calculate the optimization of steel usage in Block 03 using the *TurboNest* software. The calculation of plate usage in Block 03 and the analysis of the nesting results using *TurboNest* are divided into three methods: the comparison method between manual and auto-nesting efficiency, the geometric nesting method, and the material utilization method. The results show that material utilization reaches 80%, indicating that most of the plates can be effectively used, even with complex shapes such as irregular edges, holes, or radius curves. With a geometric efficiency of 96.47%, it shows that the arrangement of steel plates using *TurboNest* is very tightly packed. Furthermore, manual nesting provides a slightly higher efficiency, though it takes longer, with manual nest taking 5 minutes and achieving 96.73% geometric efficiency, while auto-nest only takes 30 seconds with 92.73% efficiency. From these results, it can be concluded that the use of *TurboNest* can reduce material waste and significantly improve productivity.

Keywords: *Material efficiency, TurboNest, geometric efficiency*

1 Pendahuluan

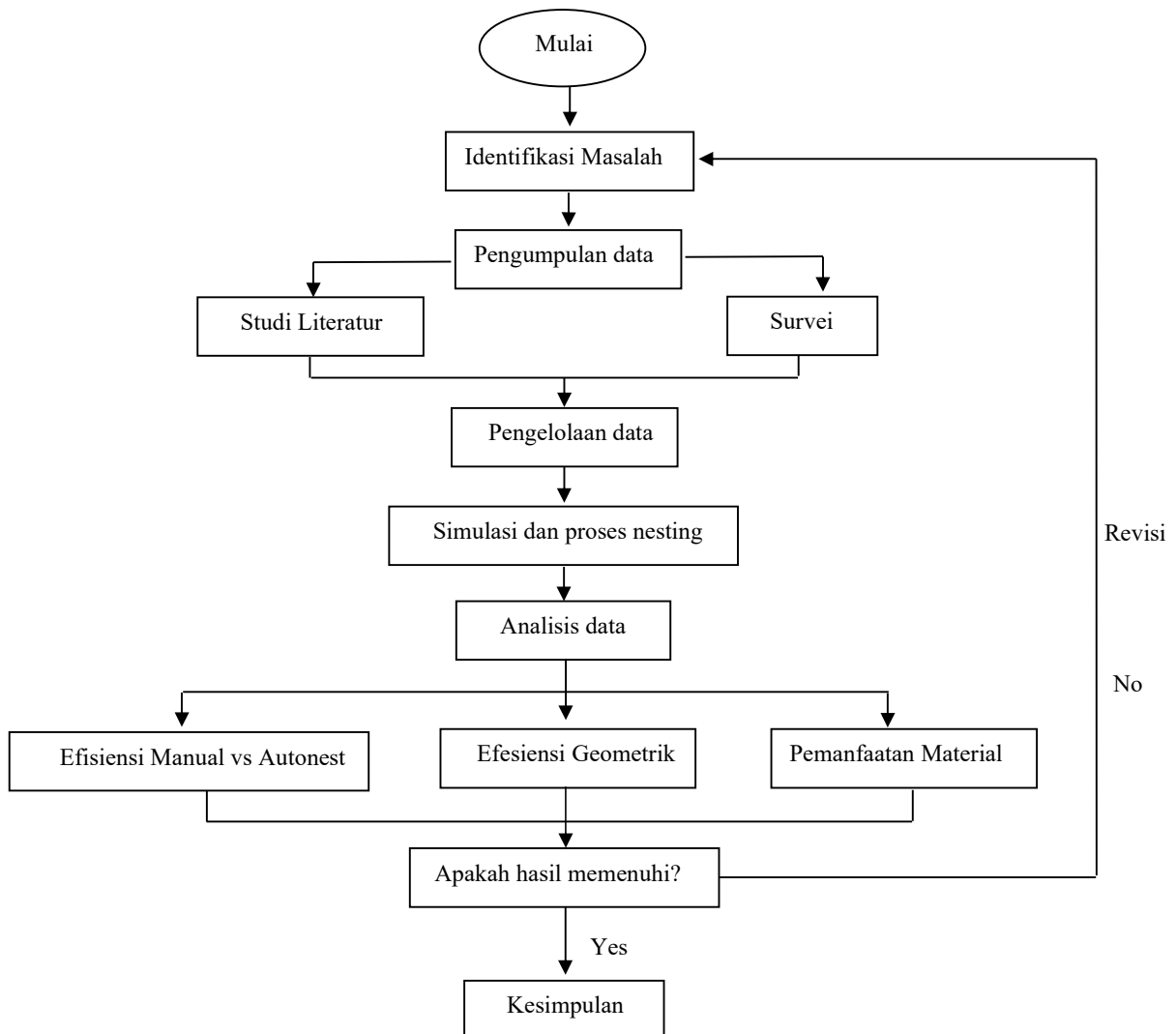
Indonesia adalah negara kepulauan yang mempunyai lautan yang luas sehingga Indonesia berpeluang besar di bidang kemaritiman [1]. Industri perkapalan merupakan salah satu sektor strategis dalam mendukung pertumbuhan ekonomi maritim di Indonesia maupun secara global karena sektor-sektor ini menjadi tulang punggung aktivitas kelautan yang kompleks dan bernilai tinggi. Pengembangan industri perkapalan ini merupakan salah satu cara pemerintah untuk mengembangkan dan memajukan potensi perairan Indonesia dan perairan Indonesia juga berada di posisi strategis yang menjadi jalur perlintasan perdagangan dunia [2]. Salah satu alasan mengapa hal itu sangat penting karena industri ini mendukung armada niaga, kapal penangkap ikan, serta kapal pendukung energi lepas pantai. Dalam proses pembangunan kapal, metode konstruksi modular telah menjadi metode yang sering dipakai dalam pembangunan kapal. Salah satu kapal yang dibuat dengan menggunakan sistem modular adalah kapal ikan konstruksi kayu laminasi [3]. Metode konstruksi modular adalah metode yang di mana struktur atau bangunan dibagi menjadi beberapa bagian yang lebih kecil, tujuannya adalah untuk keefisiensi waktu dan kemudahan dalam pembangunan setiap bloknnya karena dibagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil yang dapat dikerjakan secara terpisah di lokasi yang berbeda sehingga pengerjaannya bisa lebih banyak dilakukan dalam satu waktu. Selain itu, konstruksi modular ini menjadi metode umum dalam pembuatan kapal karena dapat mengurangi biaya, menghasilkan konstruksi yang lebih baik dan efisiensi tenaga kerja [4].

Dalam pembuatan setiap blok kapal, diperlukan material baja yang umumnya menjadi bahan baku utama. Pelat baja merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan dalam konstruksi teknik, termasuk pada kapal laut. Komposisi kimia pelat baja terdiri dari baja karbon dan baja paduan. Alasan utama penggunaan baja sebagai bahan baku utama pembuatan kapal adalah karena baja memiliki kekuatan tarik yang sangat tinggi, mampu menahan tekanan besar, beban berat, dan benturan yang sering terjadi di lingkungan laut yang keras. Selain itu, material baja juga mudah dilas dan dibentuk, sehingga memungkinkan terciptanya sambungan yang kuat dan desain kapal yang kompleks dengan presisi tinggi. Sebagai komponen vital dalam pembuatan blok kapal, pemotongan pelat baja harus dilakukan seefisien mungkin. Namun, dalam praktiknya, proses pemotongan sering kali menghasilkan sisa material yang terbuang sia-sia akibat perencanaan pemotongan yang kurang tepat.

Proyek kapal 70 meter merupakan kapal *Anchor Handling Tug/Safety Standby Vessel* yang difabrikasi dengan konstruksi modular, yaitu pembangunannya dibagi menjadi beberapa blok untuk meningkatkan efisiensi pada setiap bagiannya. Salah satu blok yang dibangun dari kapal ini adalah blok 03, yang memiliki kebutuhan material cukup signifikan sehingga memerlukan perencanaan pemotongan yang tepat dan efisien guna mengurangi pemborosan material. Pemborosan material tidak hanya meningkatkan biaya bahan, tetapi juga berdampak pada efisiensi waktu kerja dan penggunaan sumber daya secara keseluruhan. Hal ini menegaskan pentingnya perencanaan pemotongan melalui pembuatan *cutting plan*, yaitu panduan pemotongan material baja agar lebih akurat dan presisi sehingga estimasi material serta biaya yang dikeluarkan tidak berlebihan. Untuk mengatasi tantangan pemborosan material dalam fabrikasi blok 03, salah satu solusi efektif adalah penerapan perangkat lunak *nesting*, yaitu aplikasi *TurboNest*. *TurboNest* adalah perangkat lunak *material nesting* yang dirancang khusus untuk industri ringan dalam proses pemotongan mekanis seperti *plasma*, *waterjet*, dan *oxyfuel*. Aplikasi ini membantu mengatur tata letak potongan bahan secara efisien dalam proses produksi, sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan material secara maksimal serta mempercepat proses pemotongan dalam lingkungan produksi industri atau manufaktur, sehingga pemotongannya meminimalkan sisa material (*scrap*) [7].

2 Metodologi Penelitian

Bab ini menguraikan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian berjudul *Optimasi Penggunaan Pelat Baja pada Proses Fabrikasi Blok 03 Kapal 70 m dengan Menggunakan Modul Nesting pada Perangkat Lunak TurboNest*. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan pelat baja dalam fabrikasi Blok 03 melalui pemanfaatan modul nesting pada perangkat lunak TurboNest. Material merupakan elemen utama dalam konstruksi, sehingga sangat penting dilakukan analisis efisiensi material atau *material utilization analysis*. *Material utilization analysis* adalah metode yang digunakan untuk menganalisis efisiensi penggunaan material dalam suatu proses produksi atau operasional dengan membandingkan jumlah material yang seharusnya digunakan (*planned material usage*) dengan jumlah material yang benar-benar digunakan (*actual material usage*) dalam periode waktu tertentu. Dalam penyusunan pelat baja di TurboNest, terdapat dua metode yang digunakan, yaitu metode *manual nest* dan *autonest*.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

2.1. Mulai

Pada tahap awal untuk penelitian ini, tahap pertama yang di lakukan adalah dengan perumusan masalah dan tujuan yang ingin di capai. Isu utama yang akan di identifikasi di dalam penelitian ini adalah masalah penggunaan pelat baja terhadap blok 13 pada kapal 70 m sebagai referensi dasar bagi blok blok lainnya. Masalah yang akan di identifikasi adalah keefesiensi pelat baja yang terpakai. Permasalahan ini kemudian menjadi dasar dalam menyusun rancangan penelitian, seperti dengan pengumpulan data terhadap blok 03, pemotongan pelat menggunakan metode *cutting plan*, dengan aplikasi yang di gunakan adalah *software*.

2.2 Identifikasi Masalah

Dalam proses fabrikasi kapal ini tentunya hal yang menjadi pokok dasar yang harus di perhatikan adalah penggunaan material baja karena mengingat harga pelat baja tidaklah murah. Profil baja merupakan unsur atau material utama dalam pembangunan sebuah kapal, dalam pelaksanaannya hampir 70% biaya yang terjadi di peroleh dari profil baja sehingga perlu suatu *planning* untuk *meminimalkann* pengeluarann tersebut [9]. Dengan demikian, melalui identifikasi masalah ini di harapkan pengeluaran biaya terhadap material dapat di *minimalisir*.

2.3 Pengumpulan Data

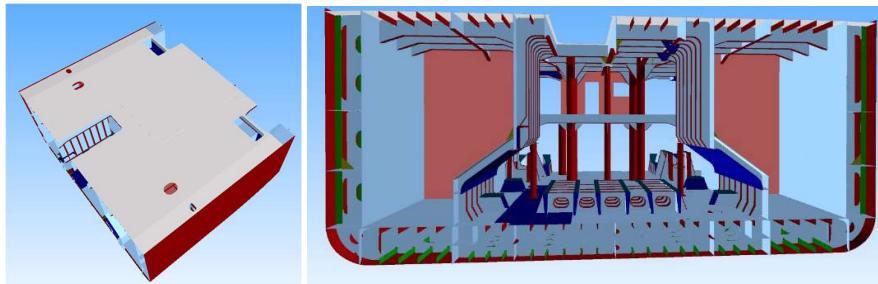
Dalam pengumpulan data mengenai penggunaan plate yang akan di pakai di blok tujuan, maka langkah awal yang akan di lakukan adalah mengidentifikasi blok tujuan di gambar *breakdown* blok, dari gambar tersebut kita bisa mengidentifikasi gambar *assembly* blok 03 tersebut. Kemudian setelah menemukan gambar blok tersebut maka kita fokus di dalam blok tersebut seperti pelat baja dengan ketebalan berapa saja yang di pakai, jenis pelat baja yang di gunakan. Tujuan dari pengumpulan data ini adalah untuk mendapatkan semua informasi mengenai pelat pelat baja yang akan di gunakan untuk di lakukan untuk pembuatann *cutting plan* serta analisis menggunakan metode *utilization analysis*.

2.3.1 Studi Literatur

Untuk tahap studi literatur maka jurnal ilmiah atau pun laporan penelitian yang berhubungan dengan optimasi penggunaan plat baja dalam galangan kapal serta *software* yang di gunakan menjadi referensi yang sangat penting bagi seorang peneliti karena dengan adanya referensi tersebut itu akan memudahkan bagi seorang peneliti untuk memperjelas penelitian yang di lakukan mengenai penggunaan plat baja di blok kapal. Dari beberapa penelitian sebelumnya, dengan penggunaan aplikasi cutting plan seperti *turbonest*, *sigmanest*, *autonest* telah banyak memberikan manfaat yang sangat banyak dalam hal meningkatkan keefesiensi serta ketepatan dalam pemotongan pelat baja.

2.3.2 Survei

Survei merupakan tahap di mana pengumpulan data mengenai pelat yang akan di gunakan di dalam blok 03 langsung di lakukan di lapangan. Tindakan yang di lakukan adalah dengan melihat ketersediaan pelat yang akan di gunakan, seperti mencari tahu apakah ada pelat sisa yang masih dapat di gunakan sehingga sisa pelat (*off cut*) tersebut tidak terbuang sia-sia.



Gambar 2. Gambar 3D blok

2.4 Pengelolaan Data

Setelah pengumpulan data yang telah di lakukan baik secara literatur maupun secara survei langsung ke lapangan maka tahap selanjutnya adalah mengelola data tersebut. Data data yang telah di kumpulkan berdasarkan kebutuhan pelat blok 03 di gambar *assembly*-nya, maka selanjutnya adalah dengan memisahkan setiap pelat berdasarkan ketebalannya di dalam aplikasi autocad yang kemudian akan di import ke dalam aplikasi *turbonest*.

2.5 Simulasi dan Proses *Nesting*

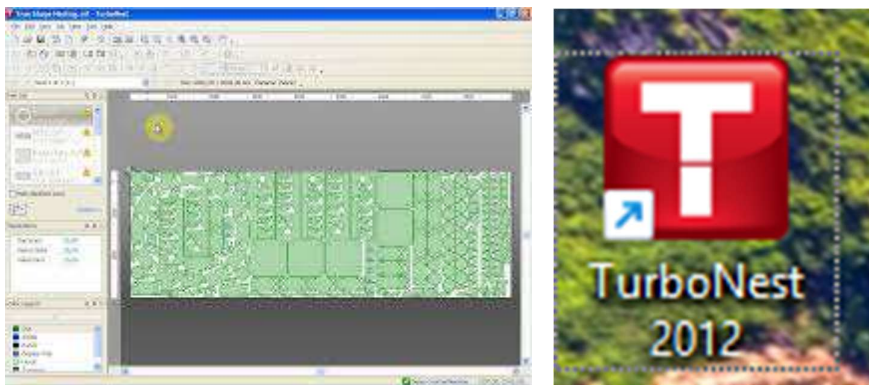
Proses ini merupakan proses yang sangat penting karena ini akan menentukan efesiensi serta optimasi plate baja tergantung penyusunan plate di lakukan di software *turbonest*. Di dalam penyusunan plat baja yang di lakukan di *turbonest* untuk blok 03 tersebut di susun berdasarkan ketebalan plate bajanya. Biasanya setelah melakukan penyusunan plate tersebut, maka langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi proses pemotongan yang di lakukan secara otomatis. Simulasi di dalam aplikasi untuk menunjukkann proses visualisasi dan pengecekan urutan pemotongan material yang dilakukan setelah proses penataan (*nesting*) bagian-bagian yang akan dipotong pada pelat baja. Ada dua metode yang di pakai di dalam penyusunan *nesting* yaitu *manual nest* dan *autonest*:

A. Manual Nest

Penyusunan pelat baja di dalam aplikasi *turbonest* di lakukan secara manual, artinya sebagai operator dari *turbonest* maka setiap pelat baja di susun satu per satu. Operator menentukan peletakkan setiap pelat baja yang akan di potong di lembaran pelat yang utuh yang bertujuan untuk meminimalkan sisa dari pelat tersebut.

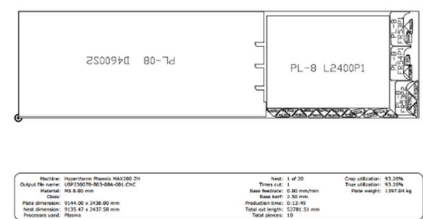
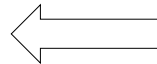
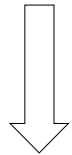
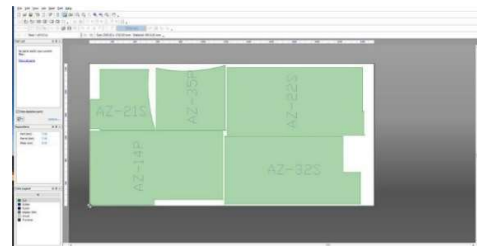
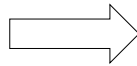
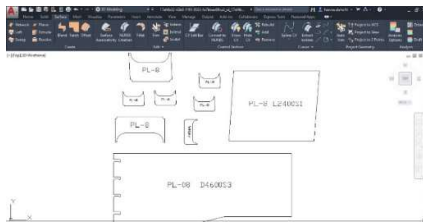
B. Autonest

Penyusunan pelat baja di dalam aplikasi *turbonest* di lakukan secara otomatis artinya penyusunan tersebut tanpa haru di lakukan satu per satu. Keuntungann dari penggunaan fitur *autonest* ini adalah dapat lebih menghemat waktu dan penyusunan setiap pelatnya secara presisi dan tepat sekalipun jumlah pelat yang akan di *nesting* banyak.



Gambar 3. *Turbonest Software*

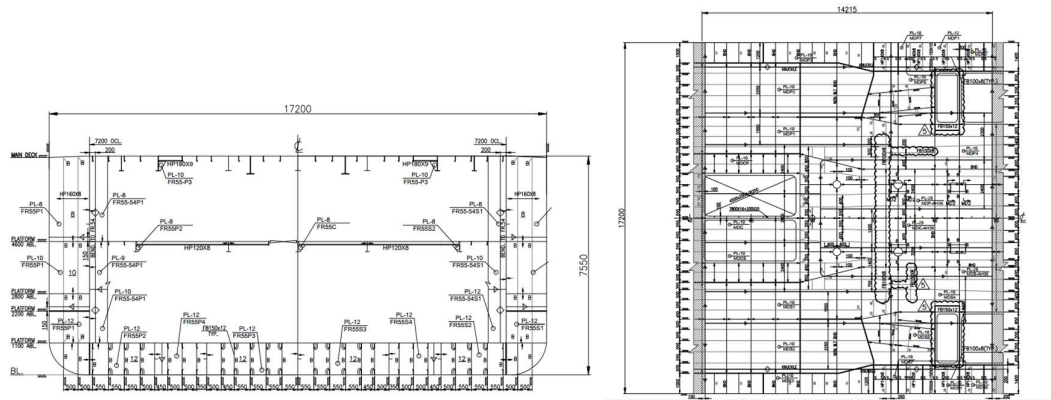
Dalam menyusun pelat baja di dalam aplikasi *Turbonest*, maka ada beberapa tahap dalam melakukan hal tersebut yaitu, pertama kumpulin data yang ada di blok 03 kemudian masukkan ke dalam aplikasi *AutoCAD*. Tujuan dari memasukkan data tersebut ke dalam *AutoCAD* adalah untuk memisahkan setiap jenis pelatnya berdasarkan ketebalannya, karena penyusunan di lakukan di dalam *Turbonest* berdasarkan ketebalannya. Setelah itu, data yang dari *AutoCAD* tersebut di *import* ke dalam aplikasi *Turbonest* untuk disusun. Di bawah ini merupakan gambar tahap dalam penyusunan pelat baja :



3 Analisa Data Dan Pembahasan

3.1 Data Umum penggunaan pelat blok 03 kapal 70m.

Penelitian ini di lakukan pada proses fabrikasi blok 03 kapal 70 m. Blok 03 ini merupakan salah satu blok kapal yang cukup besar terhadap penggunaan pelat bajanya sehingga jenis ketebalan pelat dan dimensinya berbeda beda.



Gambar 9 Gambar 2d blok 03

3.1.1 Spesifikasi Material Pelat Baja *Nesting* Pada Blok 03

Berdasarkan hasil data yang ada pada blok 03, maka berikut merupakan spesifikasi dan karakteristik dari blok 03 :

- Ukuran blok 03 adalah :
- Panjang : 14215 mm
- Lebar : 17200 mm
- Tinggi : 7550 mm
- Center Of Gravity $X = fr.53+29$, $Y = -22.4$, $Z = 3343$
- Material baja yang di pakai : AH36
- Ketebalan pelat yang di pakai : 8,9,10,11,12,13,14,15,16,20,25
- Total keseluruhan pelat yang di pakai berdasarkan tebal:
- 8 mm = 446,241,639 mm
- 9 mm = 532,734,172 mm
- 10 mm = 1,145,275,372 mm
- 11 mm = 8,506,932 mm
- 12 mm = 198,866,132 mm
- 13 mm = 22,027,370 mm
- 14 mm = 45,274,730 mm
- 15 mm = 42,953,590 mm
- 16 mm = 10,373,100 mm
- 20 mm = 19,233,060 mm
- 25 mm = 41,368,550 mm
- Perangkat lunak yang di pakai : Autocad dan turbonest
- Proses pemotongan : CNC machine

3.2 Perhitungan Data Blok 03

3.2.1 Tabel pertama (perhitungan dengan metode manual vs autonest)

Berikut merupakan table dari sebagian pelat blok kapal 03 yang di susun secara manual dan *autonest*.

Metode	Jumlah Pelat	Dimensi pelat utuh	Luas pelat yang terpakai	Efisiensi material	Sisa material	Waktu penyusunan
--------	--------------	--------------------	--------------------------	--------------------	---------------	------------------

Manual	20	9144 x 2438	8850.7 x 2437	96.73%	293,3 x 1	5 Menit
Autonest	20	9144 x 2438	8483.6 x 2437	92.73%	660.4 x 1	30 detik

Perhitungan efisiensi material:

- Data *Nesting* Manual

- Dimensi pelat utuh: $9144 \times 2438 = 22,302,672 \text{ mm}^2$
- Dimensi pelat terpakai: $8850.7 \times 237 = 21,570,210.9 \text{ mm}^2$

$$Efisiensi\ material = \frac{21,570,210.9}{22,302,672} \times 100\% = 96.37\%$$

- Data *Autonest*

- Dimensi pelat utuh: $9144 \times 2438 = 22,302,672 \text{ mm}^2$
- Dimensi pelat terpakai: $8483.6 \times 2437 = 20,673,713.2 \text{ mm}^2$

$$Efisiensi\ material = \frac{20,673,713.2}{22,302,672} \times 100\% = 92.37\%$$

3.2.2 Tabel kedua (perhitungan efisiensi *geometrik*)

Di bawah ini merupakan tabel hasil perhitungan efisiensi *geometrik* pada pelat *nesting* yang ada di blok 03 kapal 70 meter berdasarkan rata rata tiap pelat baja.

<i>Material</i>	<i>Plate dimension</i>	<i>Nested dimension</i>	Efisiensi <i>Goemetric</i>
8 mm	9144 x 2438	9135.47 x 2437.58	99.90%
9 mm	9144 x 2438	9115.91 x 2437.97	99.69%
10 mm	9144 x 2438	8931.11 x 2437.82	96.38%
11 mm	3700 x 2438	3696.85 x 2301.13	94.40%
12 mm	9144 x 2438	9062.94 x 2437.88	98.32%
13 mm	9144 x 2438	9035.35 x 2437.91	97.24%
14 mm	9144 x 2438	9094.72 x 2437.75	99.46%
15 mm	9144 x 2438	8918.02 x 2437.82	96.27%
16 mm	2450 x 2438	2419.13 x 2437.95	98.74%
20 mm	1,134.42 × 9144	1,100.72 × 9144	97.03%
25 mm	2,438.00 × 9144	2,040.73 × 9144	83.71%

\

- Efisiensi *Geometric* = seberapa besar bagian pelat baja yang benar-benar digunakan untuk produk, dibandingkan dengan total pelat yang tersedia, dalam proses *nesting* menggunakan *software* seperti *Turbonest*, artinya semakin tinggi nilai efisiensi *geometric* semakin rendah limbah *material* dan biaya untuk produksi material tersebut semakin rendah [10].
- Rumus untuk menghitung efisiensi geometric adalah:

$$Efisiensi\ geometric = \frac{panjang\ nest \times lebar\ nest}{panjang\ pelat \times lebar\ plate} \times 100\%$$

- Efisiensi geometric untuk material 8 mm.

$$Efisiensi\ geometric = \frac{9144 \times 2438}{9135.47 \times 2437.58} \times 100\% = 99.90\%$$

- Tingkat efisiensi geometric pada penyusunan pelat baja blok = total geometric di bagi dengan 11.
 - 1061.14 %: 11 = 96.47 %
- Tingkat sisa bagian yang tidak terpotong adalah 100%-96.47 % = 3.53 %.
- Dari tabel pertama menunjukkan bahwa tingkat penyusunan pelat baja dari material 8 mm sampai dengan 25 mm mempunyai tingkat penyusunan yang sangat tinggi yaitu 96.47 persen dan bagian yang tidak terpotong adalah 3.53 %. Nilai ini menunjukkan hampir seluruh bagian pelat stermanfaatkan untuk pembuatan *nesting* pelat. Secara umum presentase penyusunan pelat diatas 90% sangatlah tinggi.

3.3.3 Tabel ketiga (perhitungan pemanfaatan material)

True utilization adalah pemanfaatan bersih / murni hasil pemotongan pelat baja yang benar benar di gunakan berdasarkan bentuk aktual dari pelat tersebut, artinya *part* yang memiliki lubang, radius dan bentuk yang tidak beraturan sudah di hitung dan di kurangi semua.

<i>Material</i>	<i>Plate area (mm²)</i>	<i>Nested area (mm²)</i>	<i>Material / True Utilization</i>
8 mm	446,241,639	446,241,639	81.75%
9 mm	538,546,228	532,734,172	77.77%
10 mm	1,217,844,388	1,145,275,372	83.48%
11 mm	9,020,600	8,506,932	82.42%
12 mm	204,050,848	198,866,132	81.73%
13 mm	22,293,072	42,953,590	87.54%
14 mm	47,370,944	45,274,730	78.53%
15 mm	44,586,144	42,953,590	87.76%
16 mm	10,373,100	10,373,100	70%
20 mm	22,868,072	19,233,060	63.62%
25 mm	44,586,144	41,368,550	81.76%

- Rumus untuk menghitung *true utilization*

$$\text{Material utilization} = \frac{\text{Nested area}}{\text{plate area}} \times 100$$

- Contoh perhitungan pada pelat baja dengan ketebalan 8mm

$$\text{Material utilization} = 446,241,639 / 446,241,639 = 81.75\%.$$

- Jadi untuk material dengan ketebalan 8 mm mempunyai pemanfaatan material sebesar 81.75%.

- Rumus untuk menghitung rata rata *presentase utilization*

$$\text{Presentase rata rata material utilization} = \frac{\text{material utilization per material}}{\text{jumlah material}}$$

$$\text{Presentase rata rata material utilization} = \frac{876.36}{11} = 80 \%$$

- *Non-utilized area* adalah $100 - 80 = 20 \%$.
- Poin penting dari tabel tersebut adalah:
 - Material dengan *true utilization* tertinggi adalah 15 mm yaitu 87.
 - Material dengan *true utilization* terendah adalah 20 mm yaitu 63.62 %
 - Presentase rata rata dari seluruh pelat baja pada blok 03 adalah 80 %
 - Presentase rata rata non utilized area adalah 20 %.
- Sisa dari pelat yang mempunyai pemanfaatan 63.62%, di gunakan untuk pembuatan material material yang lebih kecil seperti pembuatan braket yang mempunyai ukuran 300X300, ataupun braket yang mempunyai ukuran 250x250, sehingga pelat tidak terbuang sia-sia.

3.3 Hasil Dari Analisis Dan Perhitungan Data

Berdasarkan perhitungan data yang telah di lakukan maka hasil yang di dapatkan adalah:

- Berdasarkan hasil perhitungan *true utilization* dari data di atas menunjukkan bahwa penggunaan pelat baja yang benar benar terpotong dan di pakai di blok 03 sangat efisien yaitu 80% berhasil di gunakan mengingat kepresisian dan kerapatan penyusunan pelat di turbonest berdasarkan data efisiensi *geometric* sangatlah tinggi yaitu 96.47%.
- Secara umum tingkat *material utilization* yang di gunakan pada blok 03 adalah yaitu 63% hingga 83%. Penyebab utama material mempunyai *true utilization* rendah adalah karena terdapat lubang, *radius* ataupun bentuk pelat yang tidak beraturan.
- Metode manual dengan efisiensi 96,73% dengan sisa material hanya 293,3 satuan dengan durasi 5 menit, sedangkan dengan metode autonest menunjukkan efisiensi hanya 92,73 dengan sisa material yaitu 660,4 satuan dengan durasi 30 detik., artinya metode manual lebih efisien dari pada *autonest* walaupun mempunyai durasi lama yang jauh lebih lama.
- Tabel pertama di atas menunjukkan bahwa tingkat efisiensi penyusunan pelat *nesting* dengan metode manual lebih efisien dari pada metode autonest. Sedangkan dari tabel kedua dan ketiga menunjukkan jumlah seluruh pelat yang di pakai di blok 03. Di tabel tersebut menunjukkan bahwa tingkat efisiensi *geometric* penyusunan pelat baja di aplikasi turbonest sangatlah tinggi dengan presentase 96.47% dan bagian yang tidak terpakai berdasarkan tingkat efisiensi *geometric* hanyalah 3.53%.
- Walaupun tingkat efisiensi *geometric* sangat tinggi belum tentu hasil dari *true utilization* pelat baja yang benar benar terpakai setinggi itu karena pemotongan pelat baja menggunakan *CNC machine* akan mengikuti bentuk dari pelat itu sendiri, artinya pelat mempunyai bentuk yang berbeda beda seperti terdapat radius, lubang, ataupun bentuk yang tidak beraturan.

4 Kesimpulan

Penggunaan software nesting turbonest akan sangat membantu dalam mengoptimasi penggunaan pelat baja karena dengan penyusunan yang dilakukan akan jauh lebih presisi dan tingkat kerapatan pelat yang akan digunakan bisa mencapai 90% ke atas sehingga pemanfaatannya akan jauh lebih efisien. Penggunaan turbonest juga terbukti sangat efektif dalam mengoptimalkan penggunaan pelat baja sehingga berkurangnya limbah industri, juga dapat mengurangi anggaran biaya dalam pembelian pelat baja. Tabel pertama menunjukkan bahwa penggunaan metode manual nest dalam proses penyusunan pelat baja akan lebih efisien di bandingkan dengan menggunakan autonest yaitu mencapai 96.37%, kemudian tabel kedua menunjukkan efisiensi geometrik penggunaan pelat baja sebesar 96.47% dan pemanfaatan material sebesar 80%.

Efisiensi penggunaan pelat juga tidak hanya dilihat dari area terpakai, tetapi juga memperhitungkan true utilization, yaitu pemanfaatan material baja yang betul-betul tergunakan setelah terpotong di mesin cnc dan bentuk dari pelat tersebut sudah dikurangi seperti terdapatnya lubang/radius, atau bentuk pelat yang tidak beraturan. Tetapi hasil potongan pelat dari sisa-sisa lubang kecil tersebut masih dimanfaatkan untuk bagian-bagian yang kecil, seperti bracket atau dijadikan sebagai doubler plate. Terdapat dua metode penyusunan di TurboNest, yaitu autonest dan manual nest, yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan dari segi efisiensi dan durasi waktu penyusunan. Adapun tingkat waste material sangat bergantung pada bentuk pelat baja dan strategi penyusunan yang diterapkan di dalam perangkat lunak.

5 Daftar Pustaka

- [1] Dhaniswari, A. M., & Rakhmagina, N. (2022). Tantangan dari Visi 'Poros Maritim Dunia'dalam Rangka Meningkatkan Laju Ekonomi Maritim di Indonesia. *Journal of Diplomacy and International Studies*, 5(02), 33-42
- [2] Hastuti, L. (2022). Diplomasi Maritim Sebagai Upaya Mewujudkan Indonesia Sebagai Poros Maritim Dunia: Harapan dan Tantangan. *Media Iuris*, 5.
- [3] Maditiara, I. W. (2019). Analisa Teknis Dan Ekonomis Industri Kapal Ikan Konstruksi Kayu Laminasi Dengan Sistem Modular (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [4] Mokhtar, A. A. A., & MOKHTAR, A. (2016). A review of modular construction shipbuilding in Malaysian shipyard. *Science and Engineering*, 3, 136-138.
- [5] Anggigi, H., & Budiarto, U. (2019). Analisa pengaruh temperatur normalizing pada sambungan las smaw (shielded metal arc welding) terhadap kekuatan tarik, tekuk dan mikrofografi baja karbon rendah. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4).
- [6] Azura, N., & Afriantoni, A. (2021, December). Design Cutting Plan untuk Menghitung Efisiensi Material Kapal Multiguna Seri 1. In *Seminar Nasional Industri dan Teknologi* (pp. 662-670).
- [7] Davis, G. A. (2024). *Semi-Automatic Nesting and Lean Problem Solving in a High-Mix, Low-Volume Production Environment* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- [8] Atthabarani, M. A., Sumaga, A. U., & Tuloli, M. Y. (2024). Analisis Efisiensi Material Pada Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Perkuliahan Terpadu IAIN Sultan Amai Gorontalo. *Composite Journal*, 4(2), 48-54.
- [9] MULYO, S. (2017). OPTIMASI PEMOTONGAN BESI PLAT PEKERJAAN STRUKTUR BAJA WELDED PADA PEMBANGUNAN FASILITAS KAPAL SELAM PT. PAL INDONESIA (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [10] SF, F. R. (2018). *ANALISIS KEBUTUHAN MATERIAL PELAT DAN PROFIL PADA PEMBANGUNAN BANGUNAN ATAS KAPAL FERRY 300 GT* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).