



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## ANALISIS DAN SIMULASI KERUSAKAN HALUAN KAPAL MT. KUANG 6500 DWT AKIBAT TUBRUKAN DENGAN DERMAGA WHARF MENGGUNAKAN METODE ELEMENT HINGGA

Faiq Fachri Assaify<sup>1\*)</sup>, Ahmad Fauzan Zakki<sup>1)</sup>, Hartono Yudo<sup>1)</sup>

Laboratorium Struktur dan Konstruksi Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Jl.

Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>\*)</sup>e-mail : [faiqassaify46@gmail.com](mailto:faiqassaify46@gmail.com),

### Abstrak

Tubrukan merupakan benturan antara dua benda dalam sesuatu peristiwa, dimana dalam tubrukan kapal dapat menimbulkan terbentuknya deformasi sampai robeknya lambung kapal. Penelitian tubrukan lambung MT. KUANG 6500 DWT dengan wharf menggunakan metode elemen hingga dengan software Abaqus 6.14. Penelitian ini menggunakan 3 variasi sudut dan 3 variasi kecepatan. Nilai ketebalan pelat yang digunakan yaitu 10 mm, dengan variasi kecepatan 2 knot, 5 knot dan 10 knot sedangkan variasi sudut 30°, 60°, dan 90°. Besar energi kinetik yang dihasilkan dalam masing-masing kecepatan secara berturut - turut  $1.2791 \times 10^8$  J,  $3.1979 \times 10^7$  J, dan  $5.1167 \times 10^6$  J sedangkan hasil Analisa unttuk nilai von misses maksimum pada kecepatan 10 knot adalah  $3.96 \times 10^8$  J,  $3.65 \times 10^8$  J, dan  $3.43 \times 10^8$  J sedangkan pada kecepatan 5 knot  $3,36 \times 10^8$  J,  $3,28 \times 10^8$  J dan  $3,27 \times 10^8$  J dan pada kecepatan 2 knot  $3,21 \times 10^8$  J,  $3,14 \times 10^8$  J, dan  $3,10 \times 10^8$  J. Hasil analisa menunjukkan kerusakan pada haluan kapal akan bertambah besar disertai dengan bertambahnya kecepatan dan tubrukan pada sudut 90° memiliki dampak terbesar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bertambahkannya kecepatan dan keadaan tubrukan pada sudut 90° akan semakin memberikan kerusakan pada badan kapal saat tubrukan.

Kata Kunci : *Crushing force, Von misses, Abaqus 6.14*

### 1. PENDAHULUAN

Industri perkapalan Indonesia semakin lama semakin bertumbuh dengan pesat dari era ke era sebagaimana juga fasilitas prasarana yang terus menjadi modern serta maju baik sarana transportasi maupun sarana di pelabuhan. Kapal secara universal dapat dikategorikan jadi kapal niaga serta kapal khusus semacam kapal perang serta kapal ikan dan lain-lainnya Indonesia ialah negeri dengan

memiliki banyak pulau terbentang dari sabang sampai merauke yang mana tiap pulau dikelilingi laut dengan kapal dijadikan sebagaimana alat transportasi penghubung selain pesawat terbang, itu membuat Indonesia sebagai negeri maritime.

Indonesia memiliki ciri perairan yang bermacam-macam baik perairan yang lebar, kecil, dalam maupun dangkal ditambah kondisi lalu lintas yang padat menyebabkan

meningkatnya keteledoran dalam mengontrol lalu lintas dan menyebabkan terjadinya tubrukan yang tidak bisa dihindari. Tubrukan ialah peristiwa yang sangat kerap terjadi dan memunculkan musibah yang cukup besar, seperti yang terjadi di Pelabuhan Merak, Kota Cilegon, Banten. Musibah yang diartikan merupakan bahaya yang bisa menimbulkan resiko ,terbentuknya tubrukan diantaranya kemungkinan *human error*, kemungkinan kegagalan pada sistem control, kemungkinan kegagalan pada sistem propulsi kapal, kemungkinan kegagalan pada sistem navigasi kapal, kemungkinan kegagalan pada sistem navigasi komunikasi penangkal tubrukan yang terdapat anjungan, kemungkinan tubrukan akibat rambu kemudi lalu lintas laut yang tidak mencukupi [1].

Tubrukan didefinisikan akibat dari dampak instalasi dari kapal ataupun bangunan laut yang lain yang meliputi bangunan di dasar laut maupun yang berada di dekatnya, sehingga menimbulkan deformasi pada kapal sesuai untuk pengujian kekasaran dan berubah bentuk secara plastis dari awal deformasi plastis hingga terdeformasi secara plastis dengan sepenuhnya[2]. Nilai energi kinetik kapal saat terjadi tubrukan, nilai energi kinetiknya akan semakin besar bila kecepatannya di tambahkan[3]. Biasanya, sebagian besar bangunan lepas tepi laut didesain sehingga dapat bertahan dari tubrukan kapal yang berlayar dengan kecepatan sedang, tidak dengan kapal niaga berdimensi besar yang berjalan dengan kecepatan penuh. Kapal itu sendiri ada berbagai macam kapal tanker, container, kargo, *bulk carrier*, *passanger*, dll.

Peristiwa tubrukan yang terjadi di pelabuhan, dermaga ,maupun *jetty* Ketika kapal berlayar menjadikan penting untuk dilakukan kajian yang bertujuan untuk memprediksi kerusakan yang terjadi apabila terjadi tubrukan kapal di wilayah pelabuhan yang menyebabkan nilai maksimum kerusakan akan semakin besar jika dalam

kecepatan yang di tambah, hal tersebut dapat menyebabkan penetrasi pelabuhan, *jetty*, dermaga pada lambung kapal akan semakin dalam jika kecepatan di tambahkan[4]

kajian studi menggunakan simulasi analisa numerik dengan dinamika metode elemen hingga dimana sering kali dimungkinkan untuk meningkatkan atau menyempurnakan[5] dengan menggunakan *software* ABAQUS 6,14 dengan memodelkan haluan kapal *crude oil tanker* (6500 DWT) yang dibatasi dengan parameter kecepatan 2 knot, 5 knot dan 10 knot dengan sudut sebesar 30° , 60° dan 90°.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Metode Penelitian

Metode penelitian berupa memilih suatu kasus tubrukan antara kapal dan dermaga dengan membuat model dan disimulasikan dengan Abaqus v6.14 sesuai dengan data kecepatan, material, dan sebagainya. Perilaku deformasi perpindahan tidak dapat diketahui dengan analisis linier tetapi dapat diselesaikan dengan menggunakan analisis nonlinier geometri /*geometrically nonlinear analysis*[6]

Dalam melakukan penelitian data didapat dengan langsung ke lapangan yaitu galangan kapal JMI Semarang berupa gambar *lines plan*, RU, *Profil Contruction*.

**Tabel 2.1** Data kapal yang akan digunakan dalam pengujian tubrukan

DATA KAPAL	
Nama kapal	MT. KUANG
Tipe kapal	<i>Crude oil tanker</i>
LOA	104,7 M
LPP	99,00 M
<i>Breadth</i>	18,80 M
<i>Depth</i>	9,50 M
CB	0,798
<i>Speed</i>	12 not
<i>Displacement</i>	9.687.799,8 Ton
<i>Class</i>	BKI

## 2.2 Pengolahan Data

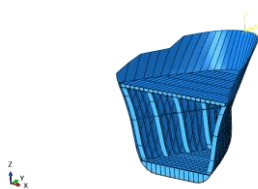
Data yang telah diperoleh kemudian diolah dengan tahapan sebagai berikut :

### a) *Part*

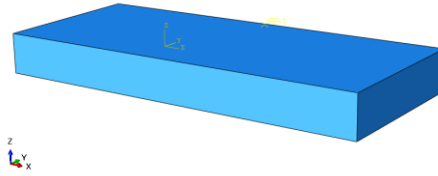
Tahap ini berisi proses pembuatan model Haluan suatu kapal ialah bagian yang paling besar dalam terkena tekanan serta tegangan, dikarenakan terjangan kapal terhadap air serta terjangan ombak[7] Dalam perhitungan tegangan dan regangan, untuk mendapat perhitungan yang lebih akurat, perlu diperhatikan faktor-faktor lain yang berpengaruh dalam perhitungan, seperti sifat material[8] dengan dibantu menggunakan software rhinoceros untuk membuat model dan di *convert* ke Abaqus v6.14.

**Tabel 2.2** Pendefinisian Elemen

Nama	Jenis Elemen	Real Constant	
		Tipe	Nilai
Badan	Shell	Ketebalan	10 mm
Kapal		<i>Surface</i>	
Massa	Mass	Massa	
Kapal		Kapal	
<i>Wharf</i>	Solid	-	-



**Gambar 2.1** Tampilan Lambung Kapal



**Gambar 2.2** Tampilan Dermaga *Wharf*

### b) *Property*

Tahap *property* bertujuan untuk memasukkan data parameter material berupa massa jenis, *yield stress* dan *plastic strain* dan lain-lainnya sesuai dengan baja kapal.

**Tabel 2.3** Parameter Material Haluan Kapal

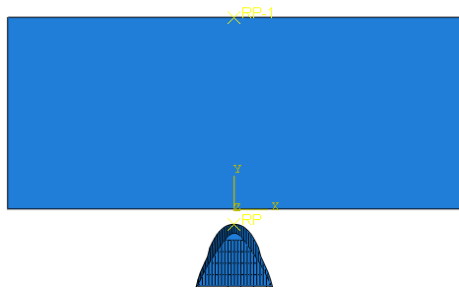
Parameter Material	
<i>Density (kg/m3)</i>	7850
<i>Young's modulus (N/m2)</i>	$2,1 \times 10^{11}$
<i>Poisson ratio</i>	0,3
<i>Yield Strength (N/m2)</i>	$4,3 \times 10^8$
<i>Plastic strain</i>	0,25
<i>Fracture Strain</i>	0.2

**Tabel 2.4** Parameter Material Dermaga

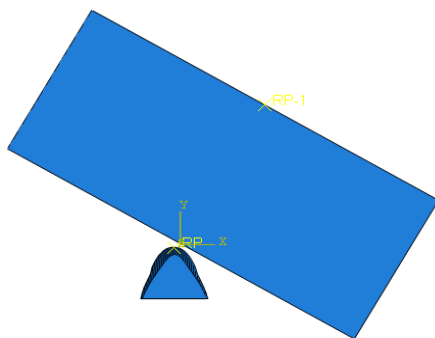
Parameter Material	
<i>Density (kg/m3)</i>	1500
<i>Young's modulus (N/m2)</i>	$2,1 \times 10^{11}$
<i>Poisson ratio</i>	0,3

### c) *Assembly*

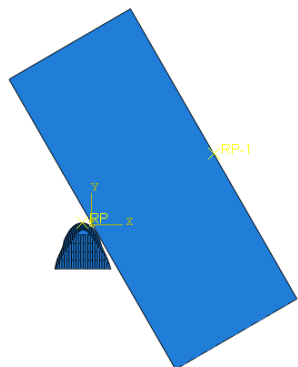
Penggabungan dua model dengan mengaplikasikan variasi terhadap simulasi tubrukan yang sudah dibuat modelnya, variasi yaitu sudut elevasi tubrukan kapal di buat 30°, 60°, dan 90° dengan kecepatan 2 knot, 5 knot, dan 12 knot.



**Gambar 2.3** Kapal Bertubrukan dengan Dermaga dalam Sudut 90°



**Gambar 2.4** Kapal Bertubrukan dengan Dermaga dalam Sudut 60°



**Gambar 2.5** Kapal Bertubrukan dengan Dermaga dalam Sudut 30°

**d) Step**

Langkah ini terkait dengan prosedur khusus yang menentukan waktu dan ketentuan yang akan dilakukan selama langkah tersebut, Dengan menentukan berapa *time period* dan *scaling factor*.

**e) Interaction**

Langkah ini adalah proses untuk menentukan kontak antara banyak atau semua

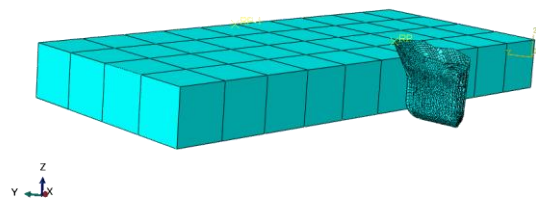
wilayah model dengan satu interaksi. Dengan interaksi kontak umum ditentukan untuk permukaan yang mencakup Haluan model kapal.

**f) Load**

Pada tahap ini model ditentukan beban distribusi berupa pemberian *velocity* dan *boundary condition* sesuai dengan variasi yang telah di tentukan dengan kecepatan 2 knot,5 knot,dan 10 knot dan BC berada pada belakang *wharf* dan belakang Haluan.

**g) Meshing**

*Meshing* dilakukan dalam metode elemen hingga, dimana objek penelitian akan dibagi menjadi elemen-elemen kecil yang saling terhubung untuk proses simulasi.



**Gambar 2.6** *meshing* kapal dan dermaga

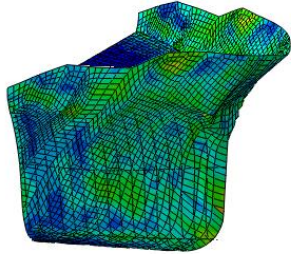
**h) Job dan visualization**

Pada tahapan ini memungkinkan untuk melihat dan mengedit data input sebelum memulai analisis, tahap berikutnya setelah *job* selesai dapat melihat hasil dari proses analisis simulasi tubrukan setelah proses selesai berupa data ditahapan *visualization*.

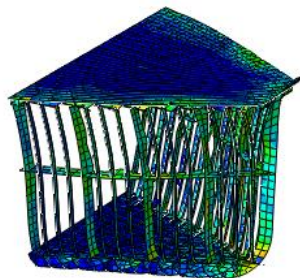
**3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini menganalisa kerusakan pada haluan kapal akibat bertubrukan dengan dermaga ketika akan berlabuh ke dermaga. dengan proses analisa dan simulasi berupa berapa besar dampak tubrukan akibat perubahan arah dari sudut dan kecepatan dari proses berlabuhnya kapal dengan variasi sudut 90° ,60° ,30° dan kecepatan 2 knot, 5 knot dan 10 knot.

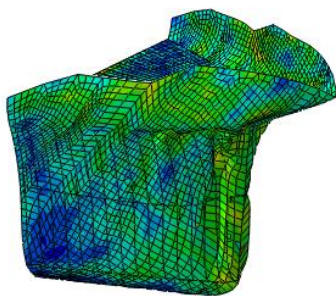
### 3.1 Kerusakan tubrukan pada model haluan kapal sudut 90° dalam simulasi Abaqus 6.14



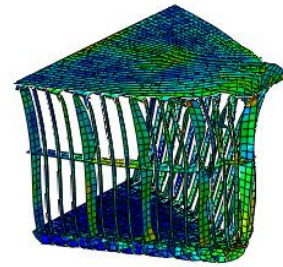
**Gambar 3.1** tubrukan kecepatan 2 knot sudut 90° dengan kulit kapal



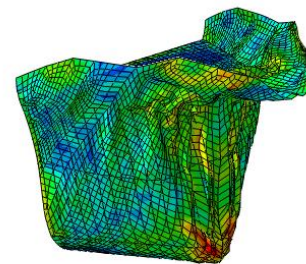
**Gambar 3.2** tubrukan kecepatan 2 knot sudut 90° tanpa kulit kapal



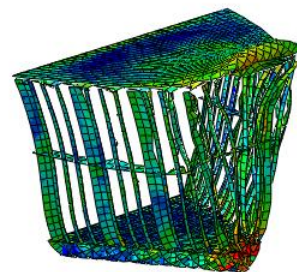
**Gambar 3.3** tubrukan kecepatan 5 knot sudut 90° dengan kulit kapal



**Gambar 3.4** tubrukan kecepatan 5 knot sudut 90° tanpa kulit kapal



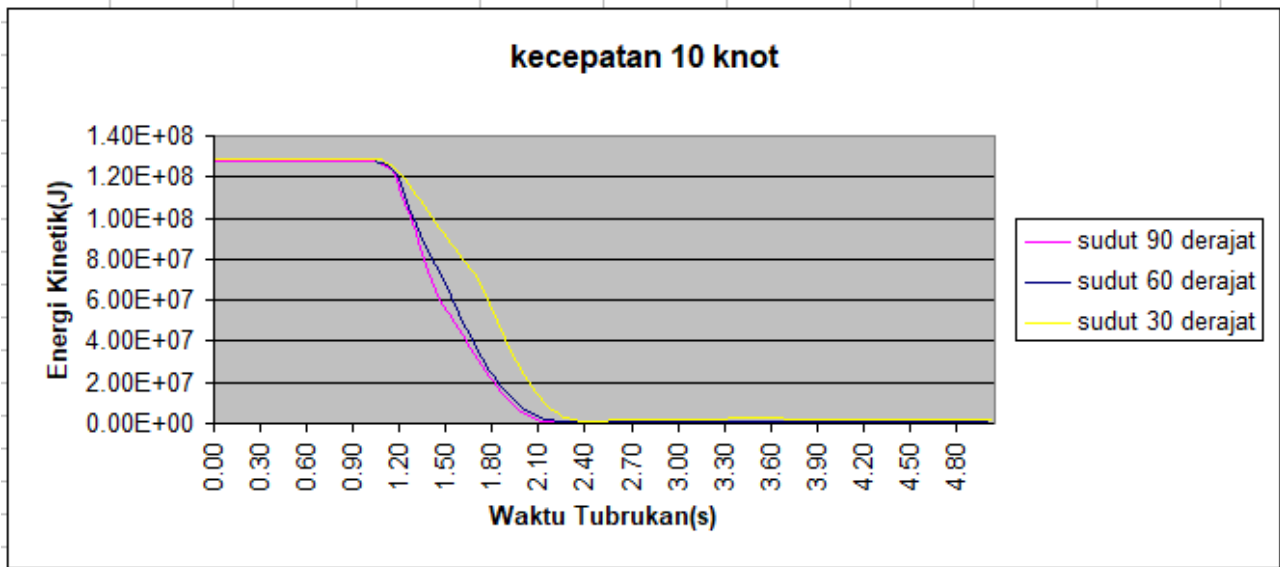
**Gambar 3.5** tubrukan kecepatan 10 knot sudut 90° dengan kulit kapal



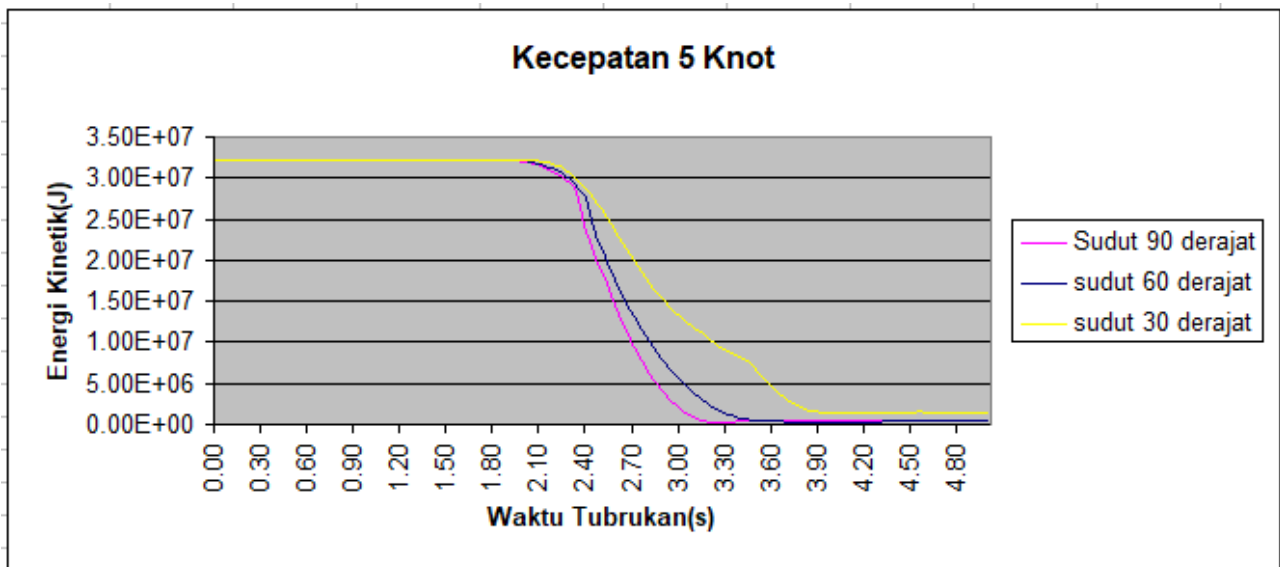
**Gambar 3.6** tubrukan kecepatan 10 knot sudut 90° tanpa kulit kapal

Berdasarkan **Gambar 3.1** sampai dengan **Gambar 3.6** terlihat bahwasannya kerusakan pada lambung kapal akan semakin besar jika kecepatan semakin besar seperti yang di uji cobakan dalam penelitian.

### 3.2 Besar Energi Kinetik Berdasarkan Kecepatan Kapal

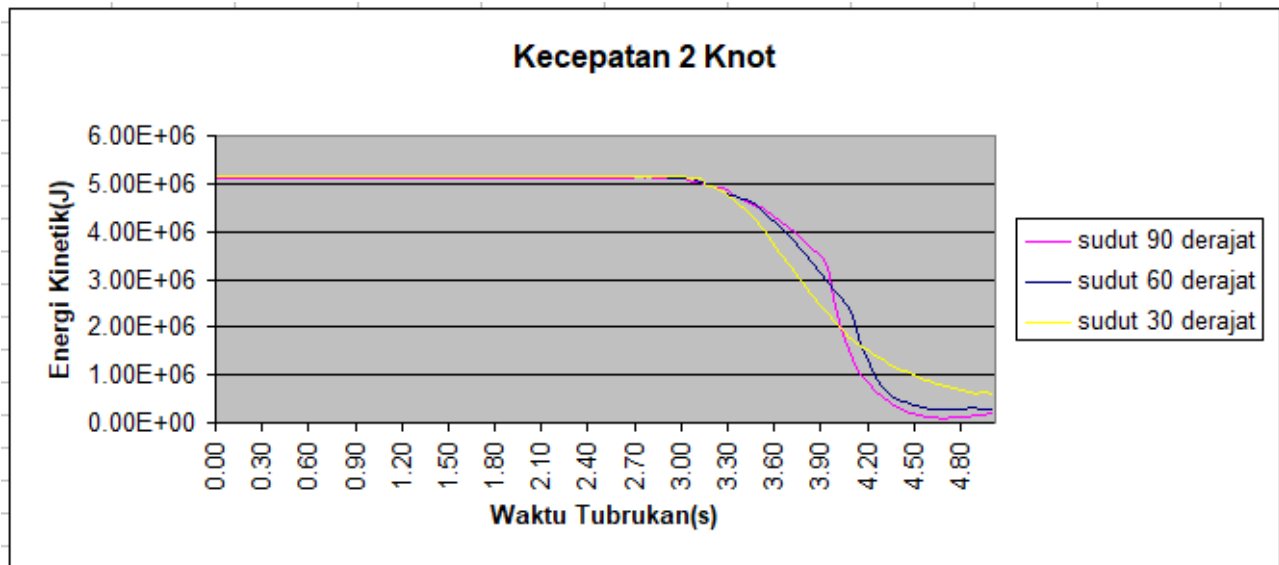


Gambar 3.7 besar energi kinetic dalam kecepatan 10 knot



Gambar 3.8 besar energi kinetic dalam kecepatan 5 knot





**Gambar 3.9** besar energi kinetic dalam kecepatan 2 knot

Berdasarkan pada **Gambar 3.7** perpindahan energi secara berurutan dari  $1.28 \times 10^8 J$  menjadi  $5.23 \times 10^5 J$ ,  $6.21 \times 10^5 J$ , dan  $1.17 \times 10^6 J$  sedangkan pada **Gambar 3.8** perpindahan energi secara berurutan dari  $3.21 \times 10^7 J$  menjadi  $1.76 \times 10^5 J$ ,  $2.07 \times 10^5 J$ , dan  $1.41 \times 10^6 J$  dan pada **Gambar 3.9** perpindahan energi terjadi dari  $5.14 \times 10^6 J$  menjadi  $9.77 \times 10^4 J$ ,  $2.62 \times 10^5 J$ , dan  $6.00 \times 10^5 J$  perpindahan energi secara berurutan, pada saat tubrukan haluan kapal dengan kecepatan 10 knot, 5 knot dan 2 knot pada sudut  $90^\circ$  memiliki perubahan energi yang paling besar yang lebih besar dibandingkan dengan sudut dibawahnya yaitu sudut  $60^\circ$  dan sudut  $30^\circ$ , perubahan energi juga menjadi lebih besar dalam keadaan kecepatan 10 knot di banding dengan kecepatan 5 knot dan 2 knot.

Perhitungan berapa besar maksimum energi kinetik yang terjadi akibat tubrukan dapat dicari dengan perhitungan rumus dibawah ini[9]:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (4.1)$$

Keterangan:

E = Energi Kinetik (N)

m = Massa kapal (9.687.799,8 kg)

V1 = Kecepatan 10 knot (5.1444m/s).

V2 = Kecepatan 5 knot (2.57222m/s).

V3 = Kecepatan 2 knot (1.02889m/s).

Maka didapatkan hasil perbandingan antara perhitungan rumus dan perhitungan yang didapat dari *software* yang ditampilkan dalam **Table 3.1** dibawah ini:

**Tabel 3.1** Tabel Perhitungan Energi Kinetik Maksimum

Tabel Perhitungan			
Kecepatan	Hasil Analisa Software(J)	Hasil Perhitungan Manual(J)	Koreksi Error (%)
10 knot	$1.28 \times 10^8$	$1.2819 \times 10^8$	0.14 %
5 knot	$3.21 \times 10^7$	$3.2048 \times 10^7$	0.16%
2 knot	$5.13 \times 10^6$	$5.1278 \times 10^6$	0.04%

### 3.3 Besar Von Misses Ketika Tubrukan

Dan dari hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan data besar *Von misses* yang dihasilkan oleh software dan dibuatkannya sebuah grafik perbandingan sudut di tiap kecepatan yang menunjukkan hasil ketika kondisi tubrukan dalam tabel dibawah ini:

**Tabel 3.2** Tabel Perhitungan *Von Misses* Maksimum

Sudut	Kecepatan Tubrukan (knot)		
	10	5	2
90°	$3.96 \times 10^8$	$3.65 \times 10^8$	$3.43 \times 10^8$
60°	$3.36 \times 10^8$	$3.28 \times 10^8$	$3.27 \times 10^8$
30°	$3.21 \times 10^8$	$3.14 \times 10^8$	$3.10 \times 10^8$

Dari tabel diatas didapatkan hasil bahwasannya sudut dan kecepatan mempengaruhi berapa besaran gaya yang dihasilkan dalam simulasi tubrukan didapatkan hasil bahwa ketika kecepatan kapal 10 knot besaran maksimum *von mises* ditunjukkan pada tabel dengan jumlah terbesar dan dari hasil tersebut menunjukkan bahwa sudut tubrukan 90° memiliki *von mises* yang terbesar dari semua sudut tubrukan dibandingkan dengan sudut 60° dan sudut 30°.

### 3.4 Validasi

Untuk mengetahui keakuratan suatu model dalam analisa perlu dilakukan sebuah validasi. Cara yang digunakan dalam validasi pada model MT. KUANG 6500 DWT ini dengan melakukan perbandingan antara perhitungan manual (sesuai dengan rumus) dan hasil perhitungan pada *software*.

#### a. Perhitungan Manual

Rumus yang digunakan pada perhitungan manual ini yaitu persamaan *crushing force* pada Haluan kapal akibat tubrukan dengan dermaga dengan rumus sebagai berikut [10] :

$$F_{\max} = t_{\text{avg}} R \eta V \sqrt{KM} \quad (4.2)$$

Dimana:

$F_{\max}$  = *Crushing Force* maksimal (N).

$M$  = *displacement* kapal (kg).

$\eta$  = Efisiensi energi yang diserap dalam kaitannya dengan koefisien gesekan dan sudut tumbukan

$t_{\text{avg}}$  = Rata-rata ketebalan pelat (10 mm)

$K$  = *Equivalent stiffener* ( $9 \times 10^6$  N/m)

$V1$  = Kecepatan 10 knot (5.1444m/s).

$V2$  = Kecepatan 5 knot (2.57222m/s).

$V3$  = Kecepatan 2 knot (1.02889m/s).

$R$  = koefisien *Rigidity*

Dengan nilai  $\eta$  didapat apabila tubrukan terjadi antara beton dengan baja yang ditunjukkan ditabel dibawah ini. Sedangkan koefisien *rigidity* adalah massa area yang terkena tubrukan/(volume  $\times$  *density*). Dimana yang di maksud massa area adalah massa dari haluan dan volume adalah volume model yang terkena tubrukan yaitu bagian Haluan kapal. Koefisien *rigidity* berkisar antara 0,025 – 0,1.

**Tabel 3.3** Tabel Besaran *Coefficient of Friction*

<i>Coefficient of Friction</i> ( $\eta$ )	
Material	Besar Koefisien
Baja - Baja	0.15
Baja - Beton	0.35
Baja - Kayu	0.65



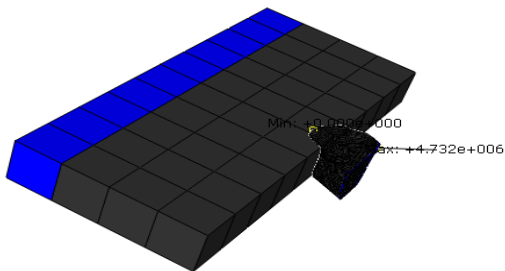
Maka didapatkan hasil dari perhitungan Manual dari besar gaya dibawah ini:

**Tabel 3.4** Tabel Perhitungan manual *Crushing Force*

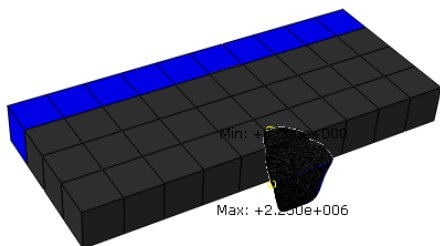
Tabel Perhitungan Manual	
Kecepatan (knot)	Hasil Perhitungan Manual
Kecepatan 10 knot	4,536,108 J
Kecepatan 5 knot	2,268,054 J
Kecepatan 2 knot	907,223 J

**b. Perhitungan Software**

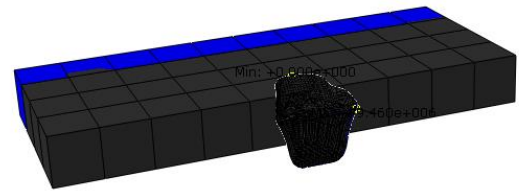
Perhitungan *Crushing Force* pada model menggunakan Software pada ketiga variasi kecepatan yaitu 10 knot, 5 knot dan 2 knot, mendapatkan hasil maksimum yang dapat dilihat pada **Gambar 3.10** sampai **Gambar 3.12** dibawah ini:



**Gambar 3.10** Validasi Menggunakan Software pada Kondisi kecepatan 10 knot



**Gambar 3.11** Validasi Menggunakan Software pada Kondisi kecepatan 5 knot



**Gambar 3.12** Validasi Menggunakan Software pada Kondisi kecepatan 2 knot

Hasil dari validasi menggunakan software mendapatkan nilai deformasi pada kecepatan 10 knot sebesar  $4,732 \times 10^6$  untuk kecepatan 5 knot sebesar  $2,250 \times 10^6$  dan untuk kecepatan 2 knot sebesar  $9,460 \times 10^5$

**Tabel 3.4** Tabel validasi *Crushing Force*

Tabel Validasi			
Kecepatan	Hasil Analisa Software	Hasil Perhitungan Manual	Koreksi Error (%)
10 knot	$4.732 \times 10^6$	$4,536 \times 10^6$	4,13%
5 knot	$2,250 \times 10^6$	$2,268 \times 10^6$	0.80%
2 knot	$9,460 \times 10^5$	$9,07 \times 10^5$	4,09%

Berdasarkan **Tabel 3.4** Dapat dilihat hasil perbandingan antara hasil Analisa menggunakan software dengan hasil perhitungan manual, yang mana dari kedua kondisi tersebut didapatkan nilai error sebesar 4,13 %, 0,8 %, dan 4,09% Karena margin error masih berada di bawah 5 % sehingga dapat dinyatakan bahwa model tersebut sudah valid.

**4. KESIMPULAN**

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis dan simulasi kerusakan haluan kapal MT Kuang 6500 DWT akibat tubrukan dengan dermaga *wharf* menggunakan program abaqus cae v6.14 yang bertujuan untuk mencari perbedaan efek yang ditimbulkan terhadap perubahan sudut dan kecepatan pada

tubrukan, dengan hasil pada penelitian ini berupa sudut 90 menjadi sudut termaksimal dalam menghasilkan besar gaya dan energi dari proses terjadinya tubrukan dibandingkan dengan sudut yang lain, yaitu ketika kecepatan kapal 10 knot besaran maksimum *von mises* yaitu  $3,96 \times 10^8 J$ , sedangkan pada kecepatan 5 knot yaitu  $3,36 \times 10^8 J$ , dan untuk kecepatan 2 knot yaitu  $3,21 \times 10^8 J$  dan semakin besar kecepatan maka semakin besar pula terjadinya deformasi dengan ditunjukkan besar energi kinetik yang dihasilkan dalam masing-masing kecepatan secara berturut-turut  $1,28 \times 10^8 J$ ,  $3,21 \times 10^7 J$ , dan  $5,13 \times 10^6 J$ , hasil ini sesuai dengan penelitian yang juga mengkaji tubrukan dimana faktor kecepatan dan sudut memiliki variasi besar hasil energi yang berbeda baik dalam penelitian yang menggunakan sistem keamanan atau tidak ataupun dalam aspek bentuk kapal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H. C. Fikri, "Penilaian Risiko Tubrukan Kapal Dengan Platform: Studi Kasus Pembangunan Platform Baru Teluk Bintuni Papua Barat" Thesis Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, pp. 7-9, 2015.
- [2] W. R. Chang. 1997. "An Elastic-Plastic Contact Model For A Rough Surface With An Ion-Plated Soft Metallic Coating." *Wear*, vol. 212, no. 2, pp: 229-37, Dec. 1997.
- [3] O. Mursid, I. P. Mulyatno, dan G. Rindo, "Analisa Tubrukan Pada Lambung Kapal Self Propelled Oil Barge (Spob) 5000 Dwt Dengan Jetty Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 3, no. 4, Des. 2015.
- [4] R. Agustian, I. P. Mulyatno, and H. Yudo, "Analisa Tubrukan Pada Lambung Kapal Accomodation Work Barge (Awb) 5640 Dwt Dengan Jetty Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 4, no. 3, Jul, 2016.
- [5] S. S. Rao, "The Finite Element Method In Engineering: Fifth Edition". Oxford: Butterworth-Heinemann, 2011.
- [6] S. Sumirin, "Perilaku Beban-Perpindahan Aksial Pre-Buckling dan Post-Buckling pada Struktur Kolom Elastis." *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 20, no. 1, pp. 53-61, 2014.
- [7] P. J. Suranto, "Studi Hambatan Dan Kecepatan Kapal Tipe Lambung Series 60 Ditinjau Dari Tiga Bentuk Haluan Kapal." *Bina Teknika*, vol. 12 no. 2, pp. 225-230, 2017.
- [8] D. Stevens, & L. S. Tediando, "Analisis Pengaruh Panjang Elemen Terhadap Kuat Tekan Dari Baja Ringan Profil Kanal Dengan Metode Elemen Hingga." *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 159-167, 2018.
- [9] H. S. Ekhvan, "Analisa Modifikasi Struktur Boatlanding Pada Fixed Offshore Platform Akibat Tubrukan Crewboat." *ITS, Surabaya*, pp. 1-7, 1999.
- [10] A. Abubakar, and R.S. Dow. "The Impact Analysis Characteristics of a Ship's Bow during Collusion." *Engineering Failure Analysis*, vol. 100, pp. 492-511, 2019.