

# ANALISA TUBRUKAN PADA LAMBUNG KAPAL ACCOMODATION WORK BARGE (AWB) 5640 DWT DENGAN JETTY MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Riki Agustian<sup>1</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1</sup>, Hartono Yudho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Email: [rikiagus\\_tian@yahoo.co.id](mailto:rikiagus_tian@yahoo.co.id), [pujomulyatno2@gmail.com](mailto:pujomulyatno2@gmail.com)

## Abstrak

*Impact* adalah benturan antara dua benda dalam waktu yang singkat dengan gaya yang besar. Penelitian tubrukan lambung kapal *Accommodation Work Barge (AWB) 5640 DWT* dengan *jetty* menggunakan metode elemen hingga dengan *software Ansys-LS DYNA*. Pada penelitian ini digunakan 2 variasi yaitu tubrukan dimana *jetty* tidak dilengkapi *fender* dan *jetty* dilengkapi *fender*. Nilai ketebalan pelat yang digunakan yaitu 10 mm, dengan variasi kecepatan 1 knot, 2 knot dan 3 knot. Nilai pembebanan yang digunakan menggunakan energi kinetik masing-masing 1,14 MJ, 4,57 MJ, dan 10,22 MJ. Hasil analisa menunjukkan kerusakan pada badan kapal akan bertambah dengan bertambahnya kecepatan. Penambahan *fender* pada *jetty* dapat mengurangi kerusakan pada badan kapal. Nilai gaya kontak maksimum sebelum diberikan *fender* dari kecepatan 1 knot, 2 knot dan 3 knot. masing-masing 144,09 MN, 277,15 MN, dan 405 MN, setelah diberikan *fender* nilai gaya kontak maksimum menjadi 123 MN, 216 MN, dan 338 MN. Nilai Energi Kinetik untuk *Jetty* yang tidak dilengkapi *fender* kecepatan 1 knot, 2 knot dan 3 knot. masing – masing  $EK_0 = 1,054$  MJ dan  $EK_1 = 0,498$  MJ,  $EK_0 = 3,387$  MJ dan  $EK_1 = 2,359$  MJ,  $EK_0 = 9,710$  MJ dan  $EK_1 = 6,876$  sedangkan untuk *jetty* yang dilengkapi *fender* nilai maksimum gayanya masing masing  $EK_0 = 1,059$  MJ dan  $EK_1 = 0,692$  MJ,  $EK_0 = 4,576$  MJ dan  $EK_1 = 3,413$  MJ,  $EK_0 = 10,238$  MJ dan  $EK_1 = 7,356$ . Sehingga dengan ditambahkannya *fender* dapat mengurangi kerusakan pada badan kapal saat tubrukan.

Kata Kunci : Ansys-LS Dyna, Tubrukan, *Fender*, Metode Elemen Hingga.

## Abstract

*Impact is a collision between two objects in a short time and big force.. Research of collision hull ship Accommodation Work Barge (AWB) 5640 DWT with jetty using the finite element method with Ansys software LS-DYNA. In this research used two variations which are not equipped with collision where the jetty and the jetty is equipped fender. Plate thickness value used is 10 mm, with a variation of the speed of 1 knot, 2 knot dan 3 knot. Imposition of value in use using the kinetic energy of each KJ 1,14 MJ, 4,57 MJ, dan 10,22 MJ .The analysis results obtained damage in the hull will increase with speed's increasing. The addition of fender on the jetty can reduce the damage in the hull. The maximum contact force value before the given fender of a speed of 1 knot, 2 knot dan 3 knot respectively 144,09 MN, 277,15 MN, dan 405 MN and after being given the fender maximum contact force value becomes 123 MN, 216 MN, dan 338 MN. It resulting damage. Kinetic Energy Value for Jetty are not equipped fender speed of 1 knot, two knots and 3 knots. each - each  $EK_0 = 1,054$  MJ and  $EK_1 = 0.498$  MJ,  $EK_0 = 3.387$  MJ and  $EK_1 = 2.359$  MJ,  $EK_0 = 9.710$  MJ and  $EK_1 = 6.876$  while the jetty is equipped fender maximum value style of each  $EK_0 = 1.059$  MJ and  $EK_1 = 0,692$  MJ,  $EK_0 = 4,576$  MJ and MJ  $EK_1 = 3.413$ ,  $EK_0 = 10.238$  MJ and  $EK_1 = 7.356$ .*

Keyword : Ansys-LS Dyna, Collision, *Fender*, Finite Element Method.

## 1. PENDAHULUAN

Tubrukan kapal memberi dampak yang cukup signifikan terhadap kekuatan struktur kapal yang erat hubungannya dengan keamanan

kapal. Sesuai data statistik yang ada pada *Lloyd Register* (1995), hampir setengah data tenggelamnya kapal diakibatkan tubrukan dan kandasnya kapal. Tingginya tingkat aktivitas lalu

lambung kapal serta terbatasnya area jalur perlintasan perairan pelabuhan sangat berpotensi terjadinya insiden kecelakaan kapal terutama tubrukan kapal. Tubrukan kapal ini menyebabkan terjadinya deformasi hingga robeknya lambung kapal serta terjadinya tumpahan minyak akibat dari kecelakaan kapal yang terus meningkat baik jumlah maupun frekuensinya. Tumpahan berupa minyak bahan bakar, minyak pelumas. Kecelakaan ini mengakibatkan kerugian materi hingga timbulnya korban jiwa serta berdampak pada kerusakan ekologis bagi wilayah pesisir dan laut, Selain merugikan lingkungan tumpahan minyak juga merugikan bagi pemilik kapal karena dibutuhkan biaya yang besar untuk membersihkannya.[ 1 ]

Kasus mengenai tubrukan kapal dengan *jetty* pernah terjadi pada Kapal Luno di barat daya Prancis pada 5 Pebruari 2014. Tubrukan kapal dengan *jetty* tersebut diakibatkan hantaman gelombang besar saat mesin dalam keadaan mati. Hantaman gelombang yang terus menerus setelahnya mengakibatkan badan kapal terbelah menjadi dua. Hantaman gelombang mengakibatkan haluan kapal terjebak pada *jetty* berbatu, sedangkan bagian buritannya terdampar.[ 2 ]

Penelitian Kasus yang hampir serupa mengenai tubrukan kapal dengan *jetty* yaitu tubrukan kapal dengan jembatan ( dinding kaku ) yang pernah dianalisa oleh H.W. Leheta, A.M. Elhewy\*, W. El Sayed Mohamed, di *Alexandria University*. Yang menganalisa tentang *Finite element simulation of barge impact into a rigid wall*. dalam analisa ini kapal tongkang yang menabrak jembatan (dinding kaku) diakibatkan oleh hantaman gelombang yang sangat besar dan mengakibatkan kapal tongkang tersebut menubruk jembatan dengan kecepatan yang sangat besar dan waktu yang sangat singkat. [ 3 ]

Penelitian mengenai tubrukan kapal dengan *jetty* pernah dianalisa oleh mahasiswa S-1 Teknik Perkapalan Undip, beliau mengambil analisa tubrukan pada lambung kapal SPOB bagian buritan.[ 4 ]

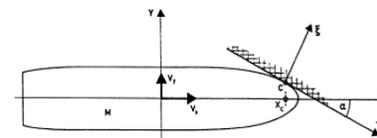
Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kerusakan pada badan kapal AWB 5640 DWT saat menubruk *jetty* dan kerusakan

lambung kapal setelah *jetty* di lengkapi *fender*. dengan di tambahkannya *fender*. Selain itu tujuan lain dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai tegangan pada badan kapal dan energi kinetik yang hilang setelah tubrukan pada kapal AWB 5640 DWT.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1. Konsep Tumbukan Kapal dengan *Jetty*.

Saat kapal bertubrukan dengan dinding kaku, dinding kaku dapat di asumsikan sebagai objek yang tidak mengalami gerakan, dimana massanya juga di asumsikan  $M \rightarrow \infty$ . [ 5 ]



Gambar 1. Konsep tubrukan kapal dengan dinding kaku

### 2.2. Material *plastic kinematic*

Pada material kinematis dan isotropis, dapat dibedakan berdasarkan variasi nilai parameter kekerasan material ( $\beta$ ) yaitu antara 0 (untuk kekerasan kinematis saja) dan 1 (untuk kekerasan isotropis saja). Laju regangan didapat menggunakan model Cowper-symonds dimana nilai tegangan luluh dapat di cari berdasarkan persamaan berikut:

$$\sigma_Y = \left[ 1 + \left( \frac{\dot{\epsilon}}{C} \right)^{\frac{1}{P}} \right] (\sigma_0 + \beta E_p \epsilon_p^{eff})$$

Dimana  $\sigma_0$  = tegangan luluh awal, C dan P adalah parameter laju tegangan Cowper-Symond,  $\epsilon_p^{eff}$  = regangan efektif plastis. dan  $\epsilon_p$  = modulus kekerasan plastis.[ 6 ]

### 2.3. Material Mooney Rivlin

Mooney rivlin adalah material elastomer yang dapat mengalami regangan sampai dengan 200%. Contoh dari material adalah ban pada mobil. Energi potensial pada material Mooney Rivlin dapat di cari menggunakan :

$$w = c_{10}(I_1 - 3) + c_{01}(I_2 - 3) + \frac{1}{(J - 1)^2}$$

Dimana  $C_{10}$ ,  $C_{01}$  dan  $d$  adalah konstanta material.[ 7 ]

## 2.4. Perhitungan nilai gaya Impact

Nilai gaya impact (P) pada tubrukan lambung kapal dengan *jetty* dapat menggunakan persamaan

$$P = 1,2 \times 10^5 \times V \times \sqrt{DWT}$$

Dimana  $V$  adalah kecepatan kapal sebelum mengalami tubrukan,  $DWT$  adalah bobot mati kapal. [ 8 ]

## 2.5. Perhitungan energi kinetik

Dalam HSE *Offshore Technology Report*, 2001 direkomendasikan bahwa gaya *impact* dirumuskan sebagai berikut :

$$F = P_0$$

$$F = V \sqrt{c.a.m} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan

$F$  = gaya *impact* (MN)

$P_0$  = minimum *crushing strength* bagian yang terkena tumbukan dari *vessel* dan bagian *impact* dari struktur *landing platform*.

$c$  = kekakuan akibat tumbukan pada *vessel* (MN/m)

$a$  = koefisien massa tambah

(*sideway impact* = 1,4 ; *stern / bow impact* = 1,1)

$m$  = *displacement vessel* (Kg)

$V$  = kecepatan merapat relatif (m/s)

Total energi kinetik yang terjadi akibat tumbukan kapal diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$E_k = \frac{1}{2} . a . m . v^2 \dots \dots \dots (3)$$

$E$  = Energi Kinetik (N)

$m$  = Massa benda/kapal (kg)

$a$  = Koefisien massa tambah

benda/kapal

= 1,4 untuk tubrukan samping

= 1,1 untuk tubrukan depan atau

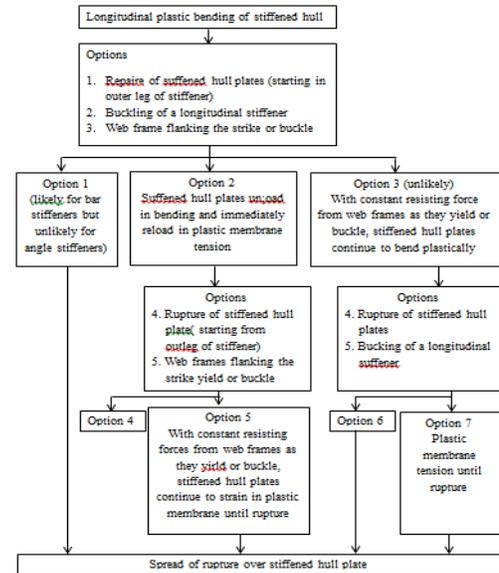
belakang

$V$  = Kecepatan tubrukan (m/s).

[9]

## 2.6. Karakteristik Tubrukan pada Pelat Lambung kapal

Metode yang di gunakan dalam penelitian *Rossenblat* yang menganalisa benturan ringan yang didefinisikan sebagai tubrukan tanpa kepecahan. Pada gambar 3 di jelaskan karakteristik deformasi pada pelat lambung tunggal. [ 10 ]



Gambar 2. diagram alir untuk analisa tubrukan plastis samping pada kapal dengan pelat lambung tunggal atau pelat luar.

## 2.7. Formula Elemen Hingga Kontak pada Ansys

Dengan Menggunakan metode *Penalty*, di asumsikan gaya kontak sejajar dengan garis normal permukaan, dengan persamaan:

$$K_{cont} \Delta X_{penetr} = \Delta F_{cont} \dots \dots \dots (4)$$

$K_{cont}$  = *contact Stiffness*

$X_{penetr}$  = jarak antara 2 nodes dalam

$F_{cont}$  = gaya kontak

Berdasarkan Metode augmentasi lagrange menunjukkan bahwa metode *penalty* dengan control penetrasi. Berdasarkan persamaan kontak (3) di dapatkan persamaan berikut: [11]

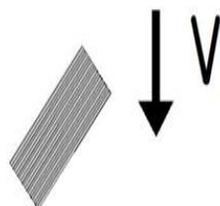
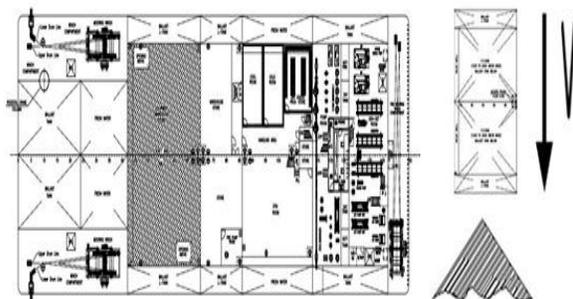
$$\lambda_{i+1} = \lambda_i K_{cont} \Delta X_{Penetr} \dots\dots\dots(5)$$

$\lambda_i$  = lagrangemultiplier

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Skema Tubrukan

Skema tubrukan pada kapal AWB 5640 DWT dengan *jetty* di tampilkan pada gambar

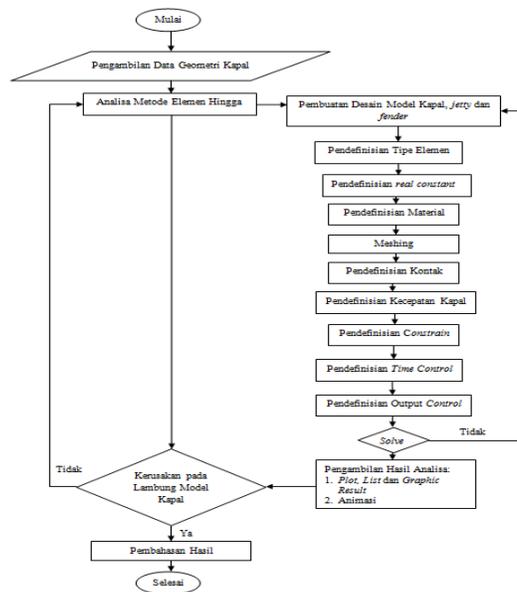


Gambar 3. Skema tubrukan

#### 3.2. Perancangan

Perancangan tubrukan kapal SPOB 5000 DWT dengan *jetty* menggunakan metode elemen hingga di tampilkan pada gambar 3. Dalam analisa tubrukan ini di terbagi atas 2 kondisi yaitu:

- a. *Jetty* tidak dilengkapi *fender*
- b. *Jetty* di lenkapi *fender*.



Gambar 4. Bagan perancangan

#### 3.3. Data primer

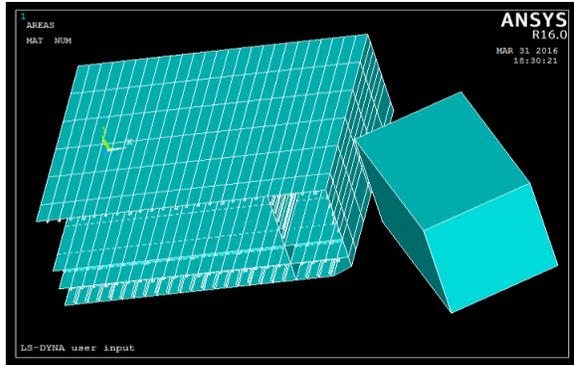
Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian antara lain:

- a. Ukuran utama kapal
 

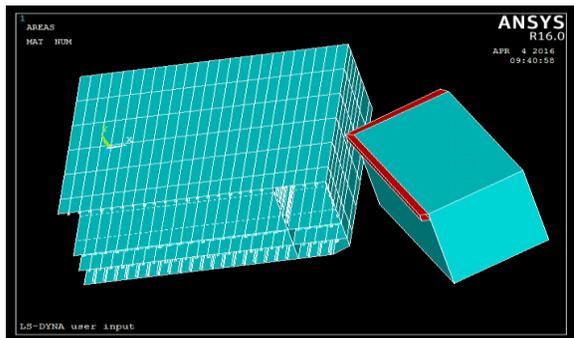
Nama	=	AWB 5640
Tipe	=	AWB 5640
Length Over All	=	90,00 m
Bread Moulded	=	30,00 m
Draught	=	6,1 m
DWT	=	5640 ton
Displacement	=	6161,84 ton
- b. Gambar Profil konstruksi kapal
- c. Gambar *General Arangement*
- d. Spesifikasi *fender*

#### 3.4. Pemodelan Geometri

Pemodelan geometri terdiri atas model badan kapal, massa kapal dan *jetty*. Pemodelan pada bagian badan kapal dan *jetty* dalam bentuk *Surface*, karena memiliki ketebalan permukaan yang tipis. Untuk pemodelan *jetty* dan pemodelan massa kapal dalam bentuk solid.



Gambar 5. Geometri model tanpa *fender*



Gambar 6. Geometri model dengan *fender*

### 3.5. Pendefinisian tipe elemen dan real constant

Padap penelitian kali ini jenis elemen yang di gunakan yaitu :

Tabel 1. Pendefinisian elemen dan *real constan*

Nama Geometri	Jenis Elemen	Real Constant	
		Tipe	Nilai
<b>Badan Kapal</b>	SHELL 163	Ketebalan <i>surface</i>	10 mm
<b>Massa Kapal</b>	MASS 166	Massa Kapal	31457 2,1871 kg
<b>Jetty</b>	SOLID 64	-	-
<b>Fender</b>	SHELL 163	Ketebalan <i>surface</i>	37,5 mm

Massa kapal yang di gunakan dalam analissa yaitu

$$= 1,4 \times \text{massa kapal}(\text{displacement})$$

$$= 1,4 \times 6161840 \text{ kg} = 86265760 \text{ kg.}$$

### 3.6. Material

Material yang di gunakan untuk badan dan massa kapal *Plastic kinematic* untuk *Jetty* menggunakan material *Rigid* dan *fender* menggunakan *mooney rivlin*.

Tabel 2. Parameter Material *Plastic Kinematic*

Density (kg/m <sup>3</sup> )	314572,1871
Young's modulus (N/m <sup>2</sup> )	2,10x10 <sup>11</sup>
Poisson ratio	0,3
Yield Strength (N/m <sup>2</sup> )	4,40x10 <sup>8</sup>
Tangent Modulus	3200
Hardening Parm	0
Strain Rate (c)	3200
Strain Rate (P)	5
Failure Strain	0,2

Tabel 3. Parameter Material *Rigid*

Density (kg/m <sup>3</sup> )	7,85x10 <sup>3</sup>
Young's modulus (N/m <sup>2</sup> )	2,10x10 <sup>11</sup>
Poisson ratio	0,3

Tabel 4. Parameter Material *Mooney Rivlin*

Density (kg/m <sup>3</sup> )	1255
Poisson Ratio	0,45
C(10) (N/M <sup>2</sup> )	7,2x10 <sup>5</sup>
C(01) (N/M <sup>2</sup> )	1,8 x10 <sup>5</sup>

### 3.7. Pendiskripsian elemen (*meshing*)

*Meshing* merupakan pembagian benda menjadi bagian-bagian yang kecil, yang masih memiliki sifat-sifat yang sama dengan benda asalnya. Pembagian elemen pada geometri dengan cara pengaturan ukuran *meshing* pemilihan element attributes, jenis mesh berupa *Shell* (kapal), *3D mass* (massa kapal) dan *3D solid* (*Jetty*)

### 3.8. Pendefinisian Kontak

Kontak yang di gunakan pada tubrukan badan kapal dengan *jetty* yaitu *surface to surface* – ASTS. Nilai koefisien gesek statis dan dinamis yang di gunakan berturut-turut 0.74 dan 0,57.

### 3.9. Pendefinisian *Constrain*

Pada badan kapal tidak memiliki derajat kebebasan translasi terhadap sumbu Y. Pada *jetty* tidak memiliki derajat kebebasan baik translasi maupun rotasi (dijepit).

### 3.10. Pendefinisian Kecepatan

Kecepatan yang di gunakan hanya pada kapal yaitu sebesar 1 knot ( 0,5144 m/s), 2 knot ( 1,0288 m/s), dan 3 knot( 1,5432 m/s),

### 3.11. Pendefinisian Pembebanan

Pembebanan yang di gunakan pada penelitian ini yaitu energi kinetik yaitu:

$$Ek = \frac{1}{2} \cdot a \cdot m \cdot v^2$$

Tabel 5. Input energi

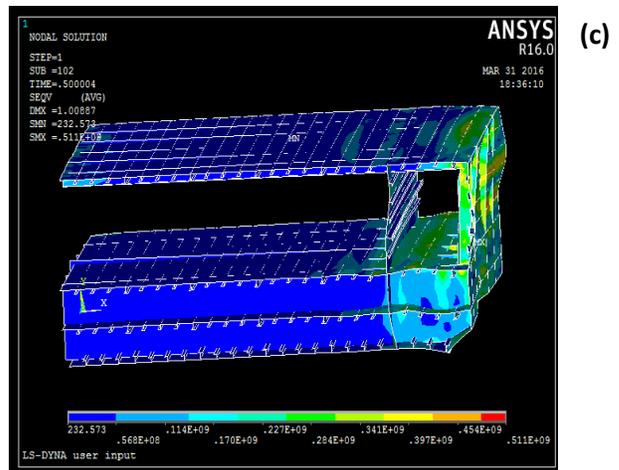
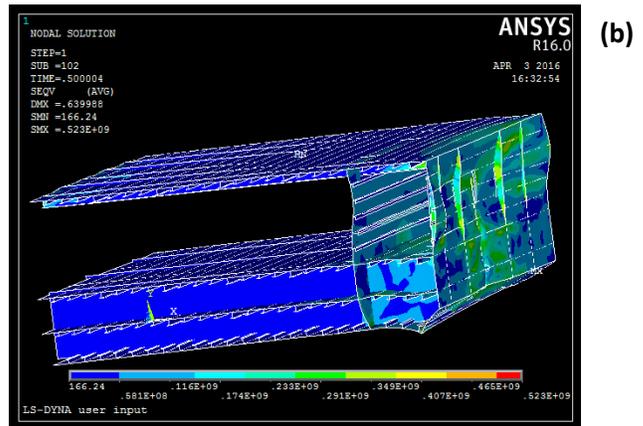
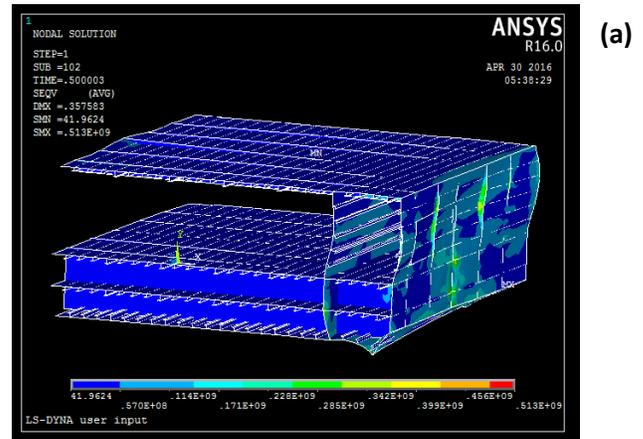
v (knot)	Ek (MJ)
1	1,14
2	4,57
3	10,22

### 3.12. Pendefinisian waktu dan *output control*

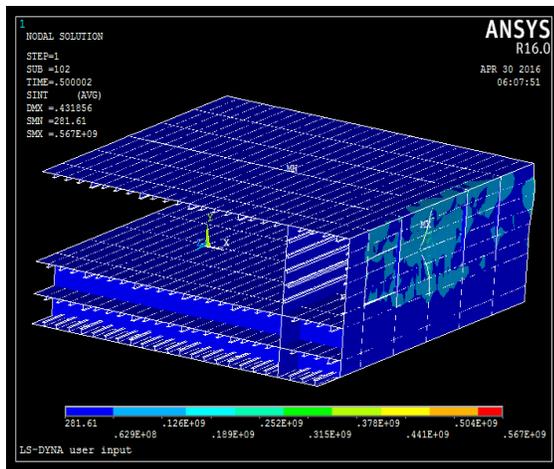
Pendefinisian batasan waktu tubrukan di butuhkan untuk dapat mengatur lamanya simulasi. Untuk 1 knot ( 0,5144 m/s), 2 knot ( 1,0288 m/s), dan 3 knot( 1,5432 m/s), berturut-turut 0,5 detik, 0,5 detik dan 0,5 detik. Pendeskripsian *output control* sebanyak 100 *step*.

## 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

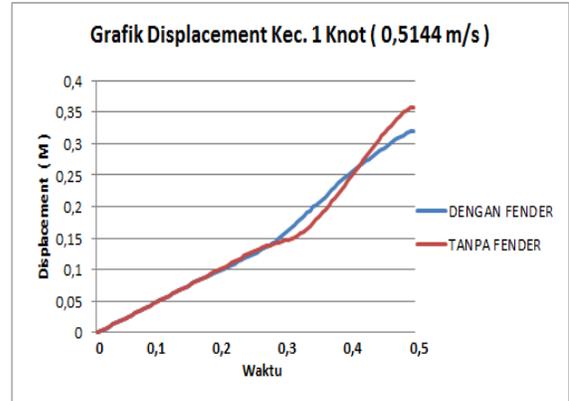
### 4.1. Kerusakan Badan Kapal dan Displacement



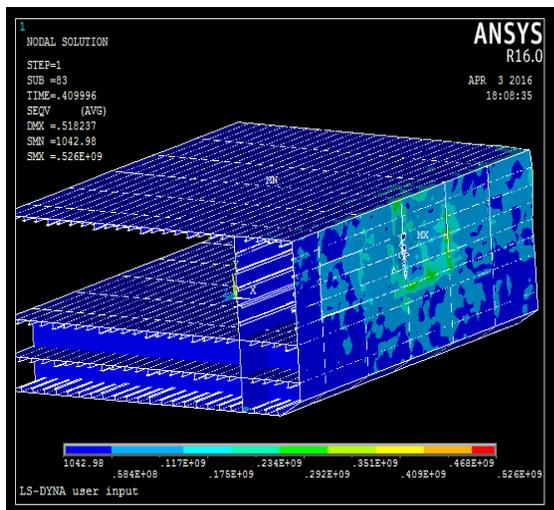
Gambar 7. kerusakan lambung kapal dengan *jetty* tidak dilengkapi *fender* dengan kec. (a) 1 knot; (b) 2knot; (c) 3 knot.



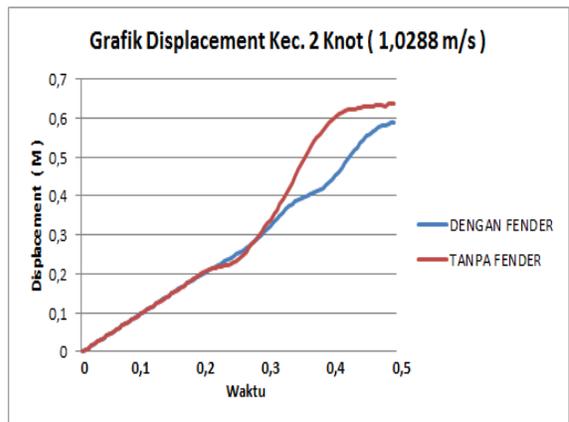
(a)



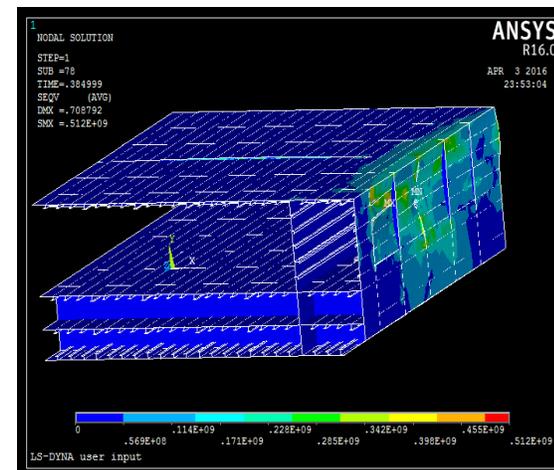
(a)



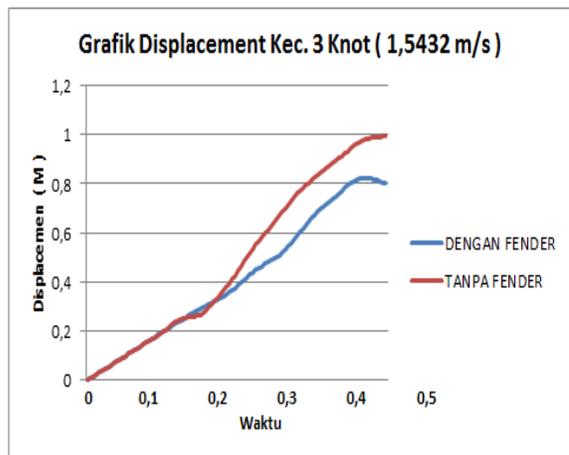
(b)



(b)



(c)



(c)

Gambar 8. kerusakan lambung kapal dengan *jetty* dilengkapi *fender* dengan kec. . (a) 1 knot; (b) 2knot; (c) 3 knot.

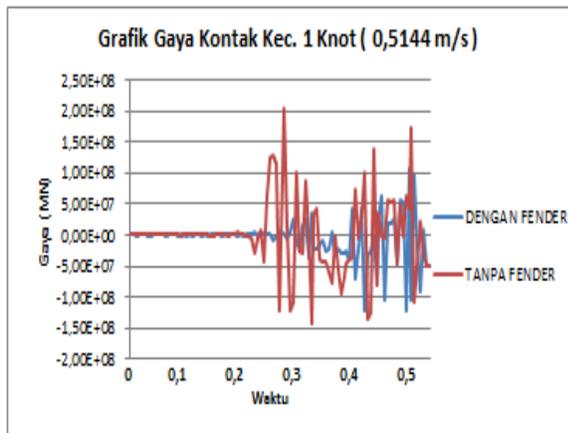
Gambar 9. Grafik Displacement. (a) 1 knot; (b) 2knot; (c) 3 knot.

Berdasarkan gambar 7 dan 8 kerusakan pada lambung kapal akan semakin besar jika kecepatan semakin besar. Setelah *jetty* dilengkapi dengan *fender* deformasi pada lambung kapal dapat di minimalisir.

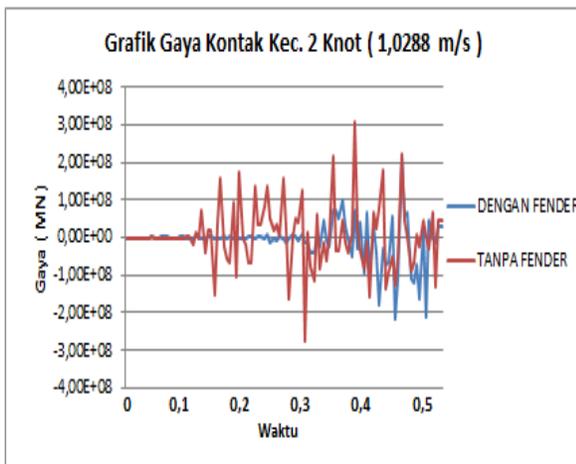
Berdasarkan gambar 9, pada saat *jetty* belum dilengkapi dengan *fender* nilai maksimum displacement akan semakin besar jika kecepatan di tambah, hal tersebut menyebabkan penetrasi *jetty* pada lambung kapal akan semakin dalam jika kecepatan di tamahkan. Setelah *jetty* di lengkapi dengan *fender* penetrasi akan semakin besar jika kecepatan ditambahkan.

#### 4.2. Gaya saat Terjadi Tubrukan

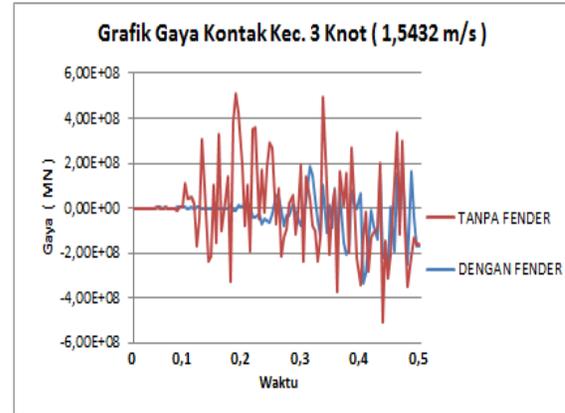
Besarnya nilai gaya reaksi pada saat terjadi tubrukan didapatkan dengan persamaan .berikut hasil analisa gaya.



(a)



(b)



(c)

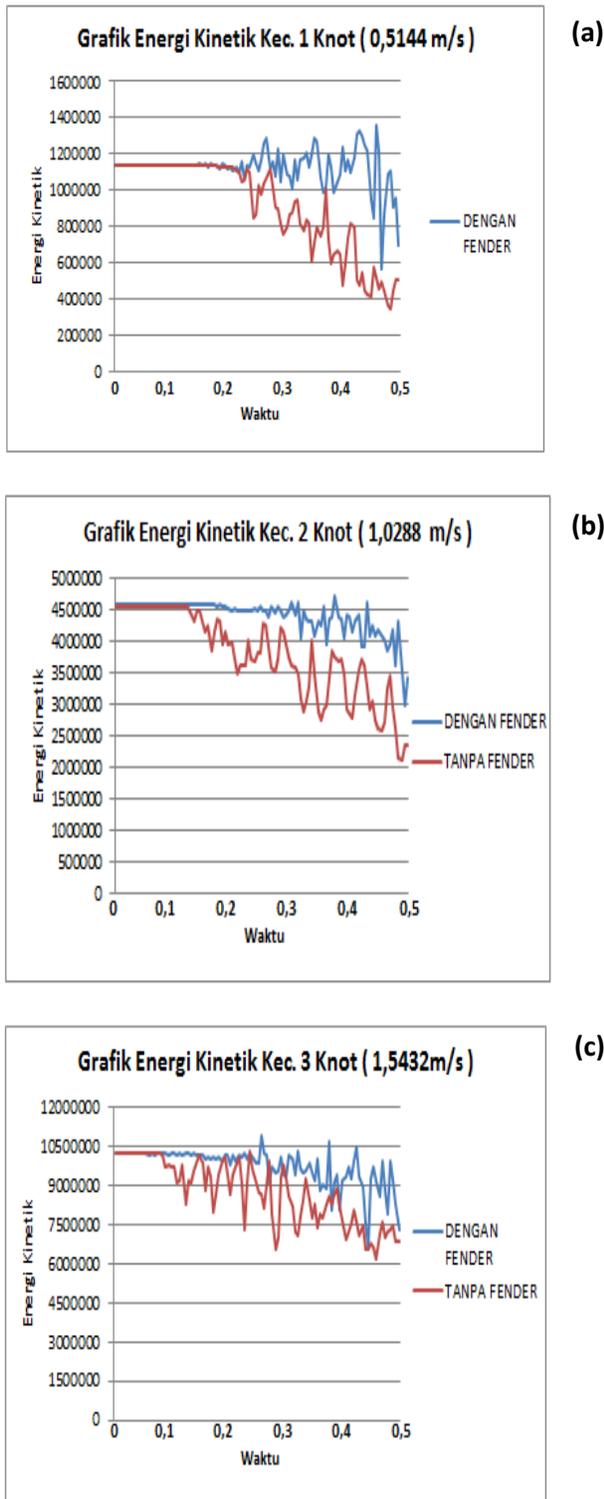
Gambar 10 Grafik Gaya Kontak. (a) 1 knot; (b) 2 knot; (c) 3 knot.

Pada gambar nilai gaya menunjukan nilai gaya mempunyai nilai aktif (aksi) dan negatif (reaksi), Gaya yang dapat menyebabkan kerusakan pada lambung kapal adalah gaya reaksi. Berdasarkan gambar 10 pada kecepatan kapal 2 knot, 2,5 knot dan 3 knot. nilai gaya pada *jetty* yang tidak dilengkapi dengan *fender* nilainya lebih kecil jika di bandingkan dengan *jetty* yang di tidak dilengkapi dengan *fender*. Nilai gaya kontak maksimum pada tubrukan kapal dengan *jetty* yang tidak dilengkapi dengan *fender* pada kecepatan kapal 1 knot, 2 knot dan 3 knot.masing – masing 144,09 MN, 277,15 MN, dan 405 MN sedangkan *jetty* yang dilengkapi dengan *fender* pada kecepatan kapal 1 knot, 2knot dan 3 knot.masing - masing 123 MN, 215,94 MN, dan 338 MN

Tabel 6. Perbandingan Gaya Kontak

kecepatan (knot)	Force maximum (MN)		Selisih (%)
	perhitungan	MEH	
1	146,59	144,09	1,70
2	293,191	277,15	5,47
3	439,73	405	7,89

### 4.3. Energi Kinetik



Gambar 11. Grafik Energi Kinetik. (a) 1 knot; (b) 2 knot; (c) 3 knot.

Berdasarkan gambar 11, nilai energi kinetik kapal saat terjadi tubrukan, nilai energi kinetiknya akan semakin besar bila kecepatannya di tambahkan. Setelah *jetty* dilengkapi dengan *fender*, energi kinetik akan terserap oleh *fender* sampai *fender* tidak dapat terkonstraksi lagi, sehingga energi kinetik yang hilang akan lebih sedikit dibandingkan dengan *jetty* yang tidak dilengkapi dengan *fender*. Nilai Energi Kinetik untuk *Jetty* yang tidak dilengkapi *fender* kecepatan 1 knot, 2 knot dan 3 knot. masing – masing  $EK_0 = 1,054$  MJ dan  $EK_1 = 0,498$  MJ,  $EK_0 = 3,387$  MJ dan  $EK_1 = 2,359$  MJ,  $EK_0 = 9,710$  MJ dan  $EK_1 = 6,876$  sedangkan untuk *jetty* yang dilengkapi *fender* nilai maksimum gayanya masing masing  $EK_0 = 1,059$  MJ dan  $EK_1 = 0,692$  MJ,  $EK_0 = 4,576$  MJ dan  $EK_1 = 3,413$  MJ,  $EK_0 = 10,238$  MJ dan  $EK_1 = 7,356$

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Kerusakan pada badan kapal akan meningkat dengan bertambahnya kecepatan kapal. dengan ditamhakkannya *fender* pada *jetty*, kerusakan dapat berkurang. Presentasi kerusakan pada lambung kapal, *jetty* yang tidak dilengkapi *fender* dengan *jetty* yang dilengkapi *fender* dengan Kecepatan 1 knot, 2 knot, dan 3 knot. Berturut-turut 46,79 %, 50,80 % dan 63,27 %.
2. Nilai gaya kontak maksimum menggunakan metode elemen hingga untuk *fender* yang tidak dilengkapi *jetty* kecepatan 1 knot, 2 knot dan 3 knot. masing – masing 144,09 MN, 277,15 MN, dan 405 MN, sedangkan untuk *jetty* yang dilengkapi *fender* nilai maksimum gayanya masing 123 MN, 216 MN, dan 338 MN.
3. Nilai Energi Kinetik untuk *Jetty* yang tidak dilengkapi *fender* kecepatan 1 knot, 2 knot dan 3 knot. masing – masing  $EK_0 = 1,054$  MJ dan  $EK_1 = 0,498$

MJ,  $EK_0 = 3,387$  MJ dan  $EK_1 = 2,359$  MJ,  $EK_0 = 9,710$  MJ dan  $EK_1 = 6,876$  MJ, sedangkan untuk *jetty* yang dilengkapi *fender* nilai maksimum gayanya masing masing  $EK_0 = 1,059$  MJ dan  $EK_1 = 0,692$  MJ,  $EK_0 = 4,576$  MJ dan  $EK_1 = 3,413$  MJ,  $EK_0 = 10,238$  MJ dan  $EK_1 = 7,356$ .

## 5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Analisa dilakukan pada variasi jarak titik tubrukan dari Haluan.
2. Analisa tubrukan kapal dilakukan dengan konstruksi yang seperti jembatan dan lain-lain.

## Daftar Pustaka

- [1] Zabur, Anjasfianto. (2013, 9 Desember). "Tabrakan antara kapal kontainer KM *joerney* dan kapal penumpang KM *Lambelu*". <http://www.tribunnews.com/regional/2014/04/01/tabrakan-dua-kapal-tidak-ganggu-pelayaran-di-tanjung-perak>. (diakses tanggal 10 September 2014)
- [2] Roose+Partners- Casualty Newsletter. Edisi 12 Pebruari 2014. "LUNO"
- [3] Mohamed, W. El Sayed, Elhewy, A.M. Elhewy dan Leheta H.W. Leheta, 2013. Finite element simulation of barge impact into a rigid wall, Mesir : Alexandria University.
- [4] Mursid, Ocid, 2015. Analisa Tubrukan Pada Lambung Kapal Self Propelled Oil Barge (Spob) 5000 Dwt Dengan Jetty Menggunakan Metode Elemen Hingga. Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan: UNDIP. Semarang
- [5] Zhang, Shengming. 1999. *The Mechanics of Ship Collisions*, Technical University, Denmark.
- [6] ANSYS. 2012. *Mechanical APDL Introductory Tutorials*.
- [7] ANSYS. 2014. *Mechanical APDL Introductory Tutorials*.
- [8] Long, N.T. Collision accident between ship and jett. Department of Engineering Mechanics, Ho Chi Minh University of Technology, Vietnam.
- [9] Saputra, E. H. Murdjito., Handayanu., 2011. *Analisa modifikasi struktur boatlanding pada fixed offshore platform akibat tubrukan crewboat*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan; ITS, Surabaya.
- [10] Chen, Donghui. 2000. *Simplified Ship Collusion Model*. Dissertation submitted to the faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [11] Asachi, Gheorghe. 2011, *Penalty Based Algorithms for Frictional Contact Problem*. Faculty of Civil Engineering and Building Service, Technical University of Iasi