

# ANALISA TUBRUKAN PADA LAMBUNG KAPAL *SELF PROPELLED OIL BARGE* (SPOB) 5000 DWT DENGAN *JETTY* MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Ocid Mursid, Imam Pujo Mulyatno, Good Rindo  
Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Email: [ocidmursid@gmail.com](mailto:ocidmursid@gmail.com)

## Abstrak

*Impact* adalah benturan antara dua benda dalam waktu yang singkat dengan gaya yang besar. Penelitian tubrukan lambung kapal SPOB 5000 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 0,5 m/s, 1 m/s dan 2 m/s. Nilai pembebanan yang digunakan menggunakan energi kinetik masing-masing 13,724 MJ, 54,894 MJ dan 219,577 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 0,5 m/s, 1 m/s dan 2 m/s masing-masing 166.308 MN, 403.14 MN, dan 897.45 MN, setelah diberikan *fender* nilai gaya kontak maksimum menjadi 157,85 MN, 396,14 MN dan 638,6 MN. Energi kinetik yang diserap oleh *fender* untuk kecepatan 0,5 m/s, 1 m/s, dan 2 m/s berturut-turut 47,5%, 34,27% dan 30,59%. Sehingga dengan ditamhkannya *fender* dapat mengurangi kerusakan pada badan kapal saat tubrukan.

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

## 1. PENDAHULUAN

Tumpahan minyak di laut akibat dari kecelakaan kapal terus meningkat baik jumlah maupun frekuensinya. Tumpahan berupa minyak bahan bakar, minyak pelumas, maupun muatan pada kapal tanker. Kecelakaan ini mengakibatkan dampak kerusakan ekologis bagi wilayah pesisir dan

laut. Selain merugikan lingkungan. Tumpahan minyak juga merugikan bagi pemilik kapal karena dibutuhkan biaya yang besar untuk membersihkannya. SM-30 memiliki tanki bahan bakar yang tidak dilengkapi dengan *wing tank*. Sehingga apabila terjadi tubrukan dari arah samping yang dapat mengakibatkan kebocoran pada tanki FOT.

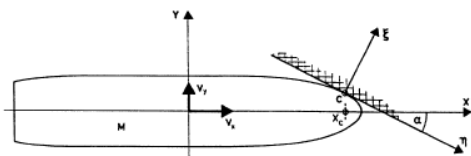
Kasus mengenai tubrukan kapal dengan *jetty* pernah terjadi pada Kapal Luno di barat daya Prancis pada 5 Pebruari 2014. Tubrukan kapal dengan *jetty* tersebut diakibatkan hantaman gelombang besar saat mesin dalam keadaan mati. Hantaman gelombang yang terus menerus setelahnya mengakibatkan badan kapal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

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kerusakan pada badan kapal SPOB 5000 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 SPOB 5000 DWT.

## 2. DASAR TEORI

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

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



Gambar 1. Konsep tubrukan kapal dengan dinding kaku

[1]

### 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:

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

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

(Ansys, 2014)

### 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. (Ansys, 2014)

## 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.

[2]

## 2.5. Perhitungan energi kinetik

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

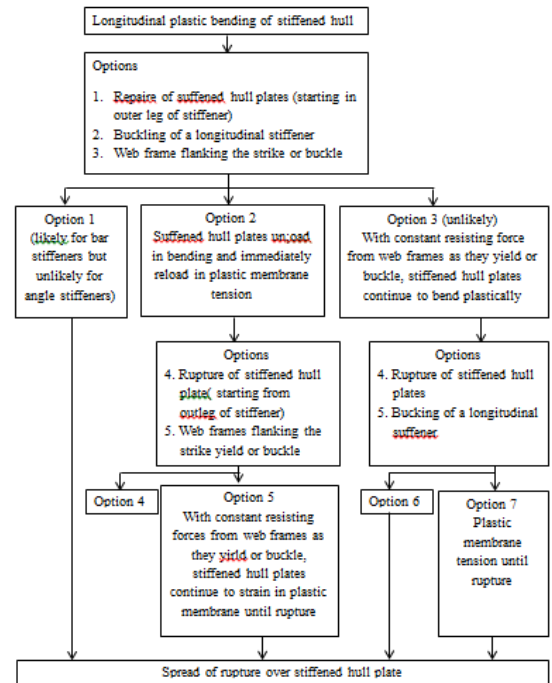
$$Ek = \frac{1}{2} \cdot a \cdot m \cdot v^2 \dots\dots\dots(2)$$

- 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)

[3]

## 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.



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

[4]

## 2.7. Formula Elemen Hingga Kontak pada Ansys

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

$$K_{cont} \Delta X_{penetr} = \Delta F_{cont} \dots\dots\dots(3)$$

- $K_{cont}$  = *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

$$\lambda_{i+1} = \lambda_i K_{cont} \Delta X_{Penetr} \dots\dots\dots(4)$$

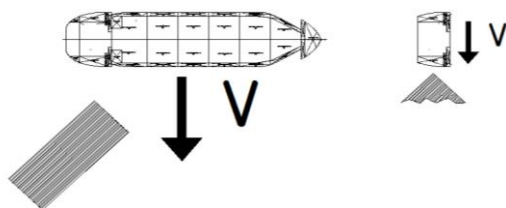
$\lambda_i$  = lagrange multiplier

[5]

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Skema Tubrukan

Skema tubrukan pada kapal SPOB 5000 DWT dengan *jetty* di tampilkan pada gambar

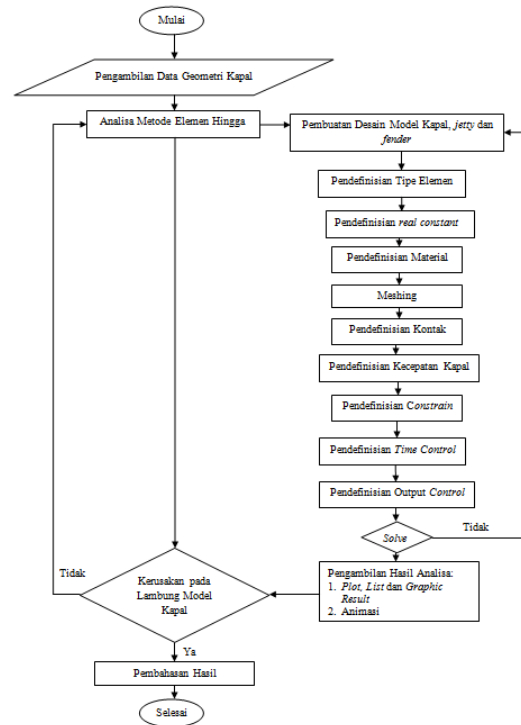


Gambar 3. Skema tubrukan

#### 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

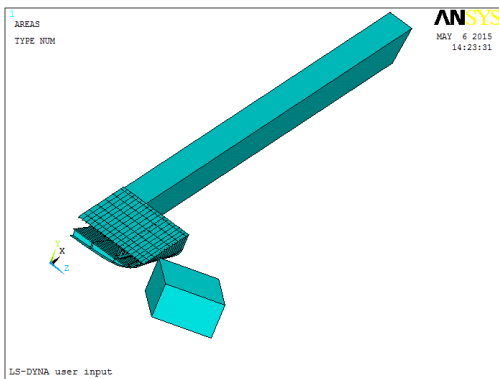
#### 3.3. Data primer

Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian antara lain:

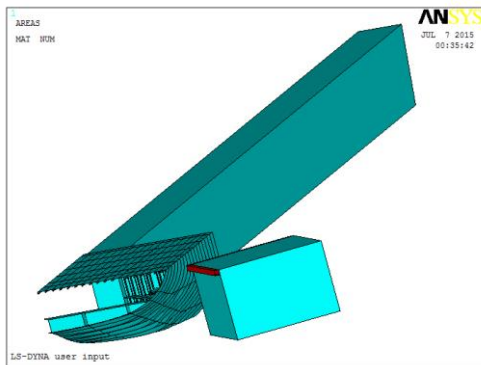
- a. Ukuran utama kapal
  - Nama = SM 30
  - Tipe = SPOB
  - Length Over All = 91,44 m
  - Bread Moulded = 28,43 m
  - Draught = 4,3 m
  - DWT = 5000 ton
  - Displacement = 7842,04 ton
- b. Gambar Profil konstruksi kapal
- c. Gambar *Lines Plan*
- d. Gambar *General Arrangement*
- e. Spesifikasi *fender*

### 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 constant*

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	109788 560 kg
<b>Jetty</b>	SOLIDI 64	-	-
<b>Fender</b>	SHELL 163	Ketebalan <i>surface</i>	37,5 mm

Massa kapal yang di gunakan dalam analissa yaitu

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

$$= 1,4 \times 7842040 \text{ kg} = 109788560 \text{ kg.}$$

### 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> )	7,85x10 <sup>6</sup>
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>6</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 0,3 m/s, 0,4 m/s, dan 0,5m/s.

### 3.11. Pendefinisian Pembebanan

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

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

Tabel 5. Input energi

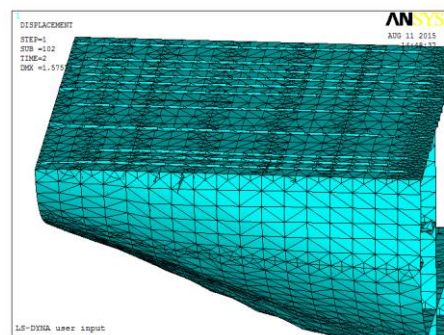
v (m/s)	Ek (MJ)
0.5	13,724
1	54,894
2	219,577

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

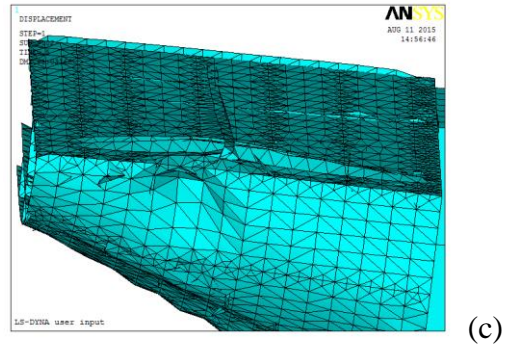
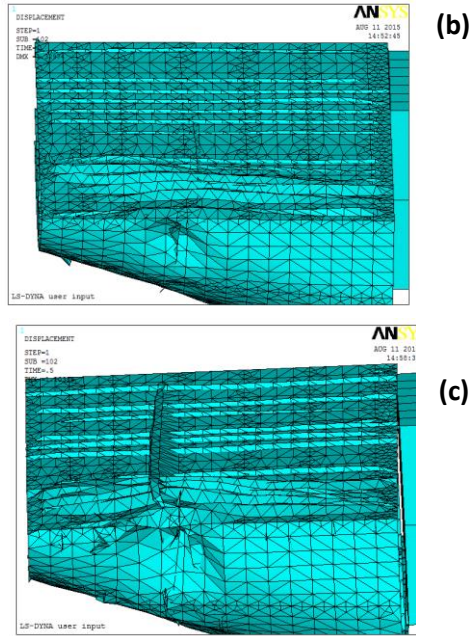
Pendefinisian batasan waktu tubrukan di butuhkan untuk dapat mengatur lamanya simulasi. Untuk kecepatan 0,5 m/s, 1 m/s dan 2 m/s berturut-turut 2 detik, 1 detik dan 0,5 detik. Pendeskripsian *output control* sebanyak 100 *step*.

## 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Kerusakan Badan Kapal dan Displacement

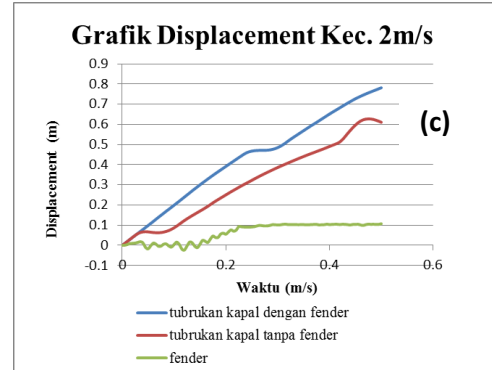
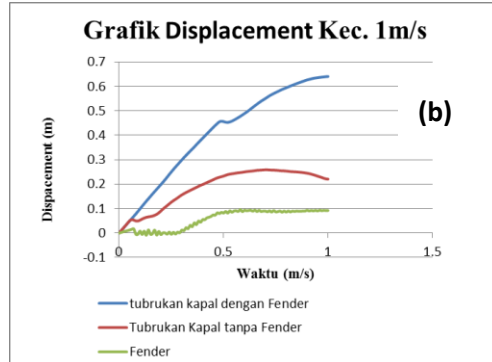
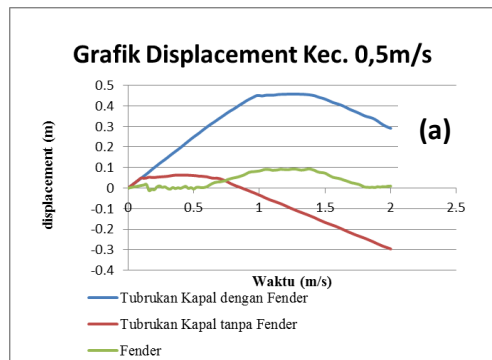
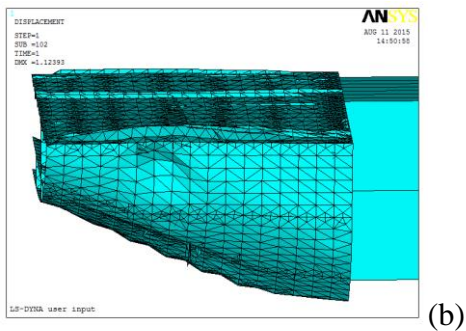
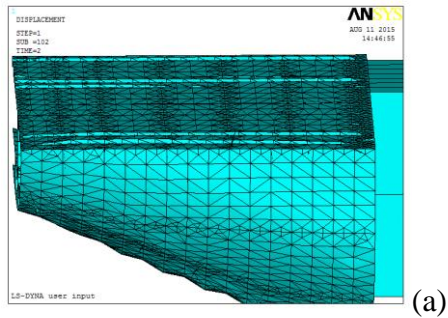


(a)



Gambar 8. PlotKerusakan pada kapal pada kec. 1 m/s *jetty* dilengkapi *fender*  
 (a) 0,5 m/s; (b) 1 m/s; (c) 2 m/s

Gambar 7. PlotKerusakan pada kapal pada kec. 1 m/s *jetty* tidak dilengkapi *fender*  
 (a) 0,5 m/s; (b) 1 m/s; (c) 2 m/s



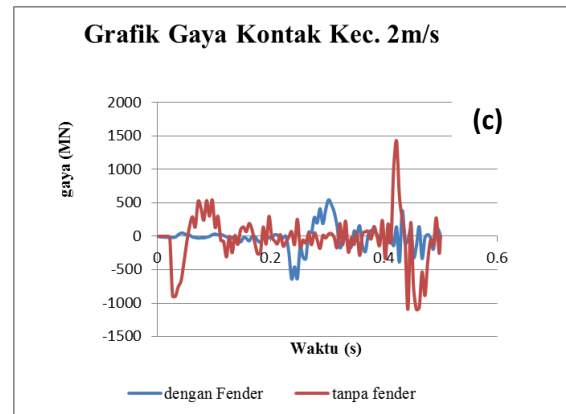
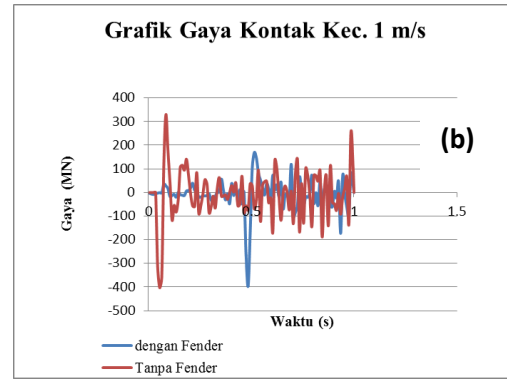
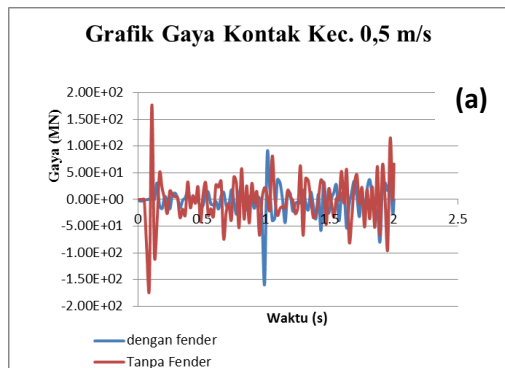
Gambar 9. Grafik Displacement (a) 0,5 m/s; (b) 1 m/s; (c) 2 m/s

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.



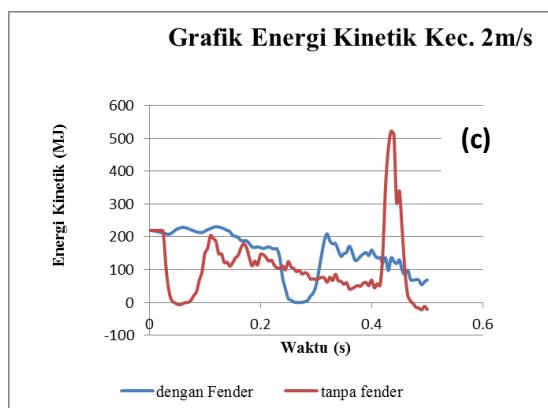
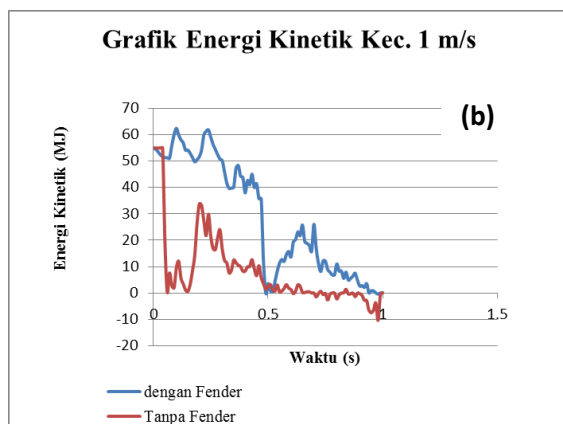
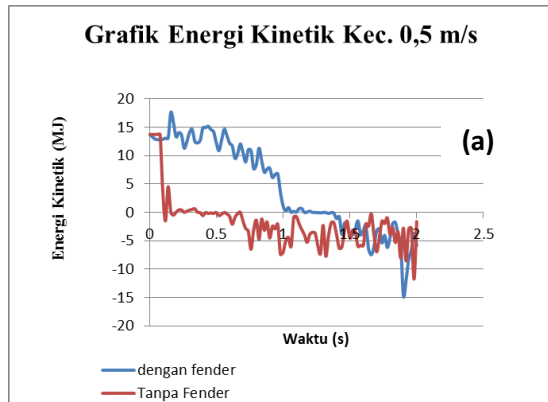
Gambar 10 Grafik Gaya Kontak (a) 0,5 m/s; (b) 1 m/s; (c) 2 m/s

Pada gambar nilai gaya menunjukkan 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 0,5 m/s, 1m/s dan 2m/s, nilai gaya pada *jetty* yang tidak dilengkapi dengan *fender* nilai gayanya lebih kecil jika di bandingkan dengan *jetty* yang di tidak lengkapi dengan *fender*. Nilai gaya kontak maksimum pada tubrukan kapal dengan *jetty* yang tidak dilengkapi dengan *fender* pada kecepatan kapal 0,5 m/s, 1m/s dan 2 m/s masing - masing 166,3 MN, 403 MN dan 897 MN sedangkan *jetty*



yang dilengkapi dengan *fender* pada kecepatan kapal 0,5 m/s, 1m/s dan 2 m/s masing - masing 157,85 MN, 340 MN dan 638,59 MN

### 4.3. Energi Kinetik



Gambar 11. Grafik Energi Kinetik (a) 0,5 m/s; (b) 1 m/s; (c) 2 m/s

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 yang di serap *fender* untuk kecepatan 0,5 m/s, 1m/s dan 2m/s berturut-turut 47,5%, 34,27% dan 30,59%.

## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

1. Kerusakan pada badan kapal akan meningkat dengan bertambahnya kecepatan kapal. dengan ditambahkan *fender* pada *jetty*, kerusakan dapat berkurang
2. Nilai gaya kontak maksimum menggunakan metode elemen hingga untuk *fender* yang tidak dilengkapi *jetty* kecepatan 0,5 m/s, 1m/s dan 2m/s berturut-turut 166.308 MN, 403.14 MN, dan 897.45 MN, sedangkan untuk *jetty* yang dilengkapi *fender* nilai maksimum gayanya 157,85 MN, 396,14 MN dan 638,6 MN.
3. Energi kinetik yang di serap *fender* untuk kecepatan 0,5 m/s, 1m/s dan 2m/s berturut-turut 47,5%, 34,27% dan 30,59%.

## 5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Analisa dilakukan pada variasi jarak titik tubrukan dari *midsship*.
2. Analisa tubrukan kapal dilakukan dengan konstruksi yang lain seperti jembatan.

Jurusan Teknik Mesin; Universitas Diponegoro. Jurnal Rotasi Vol 13 No 1. Hal 24-32.

- [7] Roose+Partners- Casualty Newsletter. Edisi 12 Pebruari 2014. "LUNO"

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhang, Shengming. 1999. *The Mechanics of Ship Collisions*, Technical University, Denmark
- [2] Long, N.T. Collision accident between ship and jett. Department of Engineering Mechanics, Ho Chi Minh University of Technology, Vietnam.
- [3] Saputra, E. H. Murdjito., Handayanu., 2011. *Analisa modifikasi struktur boatlanding pada fixed offshore platform akibat tubrukan crewboat*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan; ITS, Surabaya.
- [4] Chen, Donghui. 2000. *Simplified Ship Collision Model*. Dissertation submitted to the faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University
- [5] Asachi, Gheorghe. 2011, *Penalty Based Algorithms for Frictional Contact Problem*. Faculty of Civil Engineering and Building Service, Technical University of Iasi
- [6] Purnomo, H., Satrijo, D. 2011. *Desain dan Analisa Impact Pada Struktur Bumper Belakang Kendaraan SUV dengan Metode Elemen Hingga*.