

Simulasi Tubrukan Ruang Muat Kapal Bulk Carrier 75.000 DWT Dengan Kapal Tanker Bertipe Haluan *Ram Bow* dan Kapal LNG Bertipe Haluan *Cylindrical Bow* di Wilayah Perairan Pelabuhan

Prima Yosia Ginting, Ahmad Fauzan Zakki, Wilma Amiruddin¹⁾
¹⁾Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Email: Ahmadfzakki@undip.ac.id primayosia@gmail.com

ABSTRAK

Tingginya tingkat aktivitas lalu lintas 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 yang mengakibatkan kerugian materi hingga timbulnya korban jiwa serta merusak ekosistem laut akibat tumpahnya muatan kapal. Dengan adanya kasus tubrukan di pelabuhan, maka dilakukan kajian studi khusus pada area ruang muat kapal dengan simulasi analisa numerik menggunakan *dynamic FEM* dengan memodelkan ruang muat kapal *Bulk Carrier* 75.000 DWT yang ditubruk oleh kapal Tanker dengan haluan berbentuk *Ram Bow* dan kapal LNG yang berbentuk haluan *Cylindrical Bow* dengan parameter kecepatan 3 knot dan 5 knot dengan sudut sebesar 30°, 60° dan 90° terhadap ruang muat kapal. Dari hasil studi, lambung ruang muat kapal hanya mengalami deformasi pada kecepatan 3 knot terhadap ruang muat sedangkan dengan kecepatan 5 knot struktur mengalami kehancuran..

Kata Kunci: *Bulk Carrier, Bulbous Bow, Cylindrical Bow, Tubrukan*

ABSTRACT

The high level of activity passing ships and the limited area of the path crossing the harbor waters is a potential collision accident aboard ship especially. This ship collision caused the tearing of the hull resulting in material losses to the onset of loss of life and damage to marine ecosystems caused by spilling cargo load. With the case of collision in the harbor, i take a special study about the collision specially on the cargo hold of the ship with a numerical simulation using dynamic FEM analysis by modeling the load space ship of 75,000 DWT Bulk Carrier which was hit by a Tanker ship with the Ram Bow shape and LNG with Cylindrical Bow shape with 3 knots and 5 knots at an angle of 30°, 60° and 90° to the load space ship. From the results of the study, load space ship hull deformation only at a speed of 3 knots and at speed 5 knot the structure has ruptured.

Keywords: *Bulk Carrier, bulbous Bow, Bow Cylindrical, Collisions*

1. PENDAHULUAN

Luas area jalur perlintasan yang sempit dan tingginya frekuensi lalu lintas kapal yang berada di wilayah pelabuhan sangat berpotensi terjadinya tubrukan kapal. Insiden ini pada umumnya menyebabkan terjadinya deformasi hingga robeknya pelat lambung kapal yang menyebabkan tumpahnya isi muatan kapal ke laut yang menyebabkan tercemarnya ekosistem laut, kerugian materi hingga timbulnya korban jiwa

akibat tenggelamnya kapal seperti yang terjadi di wilayah perairan pelabuhan Pelabuhan Tanjung Perak kapalkontainer KM Journey dan kapal penumpang KM Lambelu pada 1 April 2014 yang mengakibatkan tumpahnya sekitar 131 kontainer ke laut [3], tubrukan kapal KMP Marina Nusantara dengan kapal berbendera Kamboja di sekitar Pelabuhan Bakauheni yang menyebabkan kerusakan lambung kapal di bagian haluan [5]. Dengan terjadinya kasus-kasus tersebut, sangat

penting dilakukan kajian yang bertujuan untuk memprediksi kerusakan yang terjadi apabila terjadi tubrukan kapal di wilayah pelabuhan tersebut.

Kajian studi menggunakan simulasi analisa numerik dengan dinamika *FEM* menggunakan software LS-DYNA dengan memodelkan ruang muat kapal *Bulk Carrier* 75.000 DWT yang dibatasi dengan kapal dengan kapal penumbuk yang bertipe haluan berbentuk *Ram Bow* dan *Cylindrical Bow* dengan parameter kecepatan 3 knot, dan 5 knot dengan sudut sebesar 30^0 , dan 90^0 dan waktu sebesar 5 detik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Dinamika Eksternal dan Mekanika Internal tubrukan*

Dinamika eksternal digunakan sebagai prosedur untuk menganalisa impuls dan energi yang hilang akibat tubrukan melalui persamaan gerak dan momentum [9].

$$Vb = \frac{M_B V_B}{M_A + M_B + \delta m_A} \quad (1)$$

Dimana, M_A dan M_B merupakan massa kapal yang ditumbuk dan kapal penumbuk, δm_a adalah koefisien penambahan massa yang besarnya $0.4 M_A$, sedangkan ϕ merupakan sudut tubrukan. V_b adalah kecepatan akhir tubrukan. Maka besarnya energi kinetik yang hilang ditentukan dengan persamaan:

$$\frac{M_B (M_A + \delta m_A)}{2(M_A + M_B + \delta m_A)} (Vb \sin \phi)^2 \quad (2)$$

Mekanika internal menganalisa respon yang dialami struktur berupa deformasi, *stress*, fraktur serta gesekan. Besarnya energi internal menurut Minorsky dirumuskan dengan:

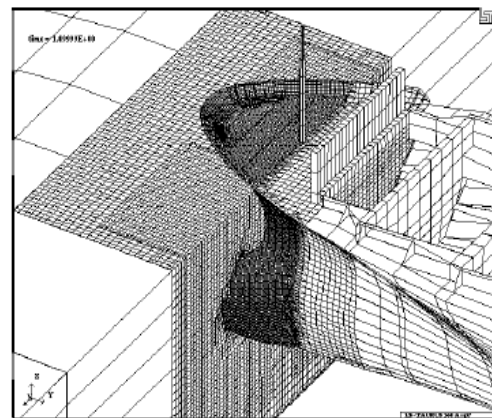
$$E = 47,2R_T + 32,7 \quad (3)$$

$$R_T = \sum P_N L_N t_N + \sum P_n L_n t_n \quad (4)$$

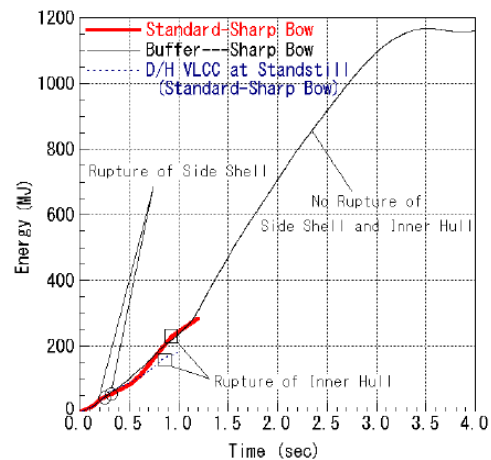
Dimana, E adalah energi yang diserap oleh struktur, R_T adalah besarnya tahanan tubrukan. P_N dan P_n adalah lebar kerusakan pada kapal penubruk dan kapal yang ditubruk. L_N dan L_n adalah panjang kerusakan pada kapal penubruk dan kapal yang ditubruk. t_N dan t_n adalah tebal kerusakan pada kapal penubruk dan kapal yang ditubruk. [2]

2.2. *Finite Element Method*

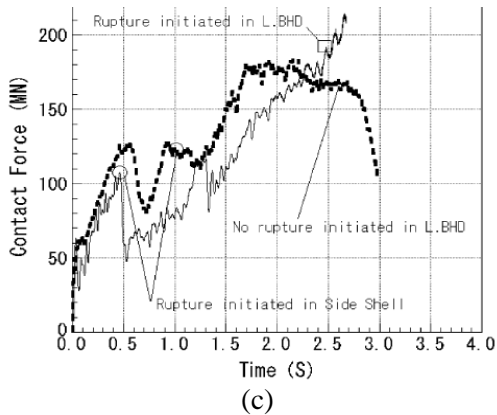
Penggunaan Pada tahun 2001, Kitamura menggunakan metode elemen hingga untuk menganalisa gaya dan energi tubrukan antara kapal tanker VLCC dengan kapal muatan nuklir terhadap waktu. Keakuratan hasil model sangat bergantung pada besarnya *meshing* pada yang dimodelkan. ntum [1].



(a)



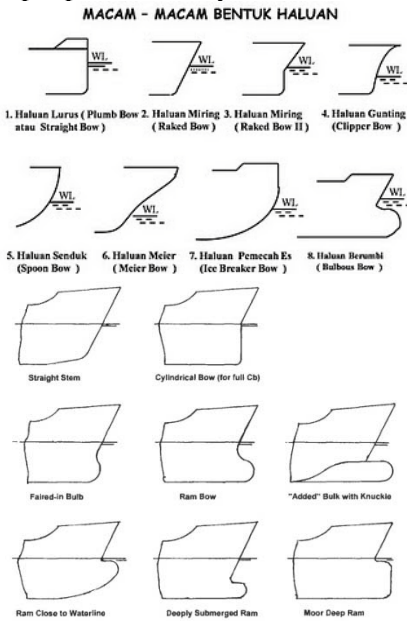
(b) (4)



Gambar1.(a) Pemodelan *FEM* oleh kitamura pada tahun 2001, (b) Grafik energi terhadap waktu, (c) Grafik gaya terhadap waktu pada simulasi tubrukan antara kapal nuklir dengan tanker [1].

2.3. Bentuk Haluan Kapal

Haluan kapal dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi tahanan yang terjadi. Terdapat berbagai tipe haluan kapal sesuai fungsinya. Gambar beberapa tipe haluan kapal pada umumnya.



Gambar2. Gambar Bentuk Haluan Kapal [4]

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini mensimulasikan ruang muat kapal bulk carrier yang ditubruk oleh kapal tanker yang bertipe haluan *ram bow* dan kapal LNG yang bertipe haluan *cylindrical bow*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa menggunakan *software* berbasis *dynamic finite element* yaitu *LS-DYNA* dengan pembuatan geometri model *bulk carrier, bulbous bow, dan*

cylindrical bow menggunakan program *FEM Software* yaitu *Msc.Patran* yang kemudian diimport ke *LS.Prepost* untuk dimasukkan parameter-parameter seperti *material properties*, kecepatan, *scenario tubrukan* serta pendefinisian kontak.

Tabel.1. Tabel Skenario Tubrukan

Pemodelan Kapal Bulk Carrier ditubrukdengan sudut 30° oleh kapal Tanker	
Pemodelan Kapal Bulk Carrier ditubrukdengan sudut 60° oleh kapal Tanker	
Pemodelan Kapal Bulk Carrier ditubruk dengan sudut 90° oleh kapal Tanker	
Pemodelan Kapal Bulk Carrier ditubruk dengan sudut 30° oleh kapal LNG	
Pemodelan Kapal Bulk Carrier ditubruk dengan sudut 60° oleh kapal LNG	
Pemodelan Kapal Bulk Carrier ditubruk dengan sudut 90° oleh kapal LNG	

Tabel.2 Parameter Material *Piecewise linear Plasticity*

Density (kg/mm ³)	7.85e-6
Young's modulus (MPa)	207000
Poisson ratio	0.3
Yield Strength (MPa)	207
Failure Strain	0.75

Tabel.3 Parameter Material Rigid

Density (kg/mm ³)	7.85e-6
Young's modulus (MPa)	207000

Tabel.4 Ukuran Utama Kapal Bulk Carrier

Length Between Perpendicular (m)	229.00
Breath (m)	36.00
Deraught (m)	12,82
Block Coefficient	0.83

Tabel.5 Ukuran Utama Kapal Tanker

Length Overall (m)	242.90
Length Between Perpendicular (m)	232.00
Breath (m)	41.60
Depth (m)	19.70
Draft (m)	12.89
Block Coefficient	0.80

Tabel.6 Ukuran Utama Kapal LNG

Length Overall (m)	161.00
Length Between Perpendicular (m)	26.00
Breath (m)	14.00
Depth (m)	14.00
Draft (m)	6.00
Block Coefficient	0.77

Dari output *preanalysisFEM Software*, dengan menggunakan *LS-DYNA* dijalankan proses

analysis melalui input file model yang dianalisis (*.k kemudian hasil yang nanti akan dibaca pada *post processing* adalah file *.d3plot. Semua hasil pengolahan data berupa gambar model, *display* hasil analisis, serta parameter-parameter yang diperlukan seperti energi, gaya, tegangan maksimum, regangan, dan deformasi. Setelah ditemukan hasil maka dilakukan perbandingan energi hasil kalkulasi *LS-DYNA* dengan perhitungan Minorsky untuk mengetahui selisih perhitungan..

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perhitungan Energi Kinetik

Dengan menggunakan persamaan momentum yang dirumuskan oleh Minorsky maka didapat hasil perbandingan energi kinetik antara kapal bulk carrier ditubruk dengan kapal tanker yang memiliki bentuk haluan *raw bow* dan kapal LNG dengan model haluan *cylindrical bow* dengan parameter diatas yang tertera pada tabel 7

Tabel 7. Tabel Perbandingan Energi Kinetik Kapal Kapal LNG Yang Menubruk Kapal Bulk Carrier

Kecepatan (knot)	Energi Kapal Tanker (MJ)			Energi Kapal LNG (MJ)		
	30 ⁰	60 ⁰	90 ⁰	30 ⁰	60 ⁰	90 ⁰
	3	11,64	18,48	46,58	44,72	7,09
5	32,43	51,48	129,74	12,45	19,77	49,82

Dari perhitungan yang dilakukan dapat dilihat bahwa sudut tubrukan mengakibatkan dampak yang cukup signifikan terhadap energi yang dilepas dimana sudut 90⁰ mempunyai nilai energi terbesar. Besarnya massa kapal Tanker

menghasilkan energi kinetik yang cukup besar dibandingkan dengan kapal LNG.

4.2. Hasil Perhitungan Energi Internal

Setelah dilakukan simulasi menggunakan software dan perhitungan menggunakan rumusan Minorsky maka besarnya Energi Internal tertera pada tabel 8 dan tabel 9.

Tabel8. Tabel Perbandingan Energi Internal Kapal Kapal Tanker Yang Menubruk Kapal Bulk Carrier Pada LS-DYNA dan Perhitungan Minorsky

Kecepatan (knot)	Kapal Tanker					
	Energi Pada LS-Dyna (MJ)			Energi Pada Minorsky (MJ)		
	30 ⁰	60 ⁰	90 ⁰	30 ⁰	60 ⁰	90 ⁰
3	46,40	76,7	135,8	47,75	71,09	139,34
5	66,9	62,95	269,7	62,95	154,73	259,62

Tabel9. Tabel Perbandingan Energi Internal Kapal Kapal Tanker Yang Menubruk Kapal Bulk Carrier Pada LS-DYNA dan Perhitungan Minorsky

Kecepatan (knot)	Kapal LNG					
	Energi Pada LS-Dyna (MJ)			Energi Pada Minorsky (MJ)		
	30 ⁰	60 ⁰	90 ⁰	30 ⁰	60 ⁰	90 ⁰
3	47,1	59,2	66,4	44,54	51,642	57,95
5	179,46	128,19	179,46	119,39	115,96	172,53

Terjadinya perpindahan energi dari energi kinetic pada kapal penubruk akibat kontak dengan kapal yang ditubruk mengakibatkan penyerapan energi pada kapal penubruk yaitu Bulk Carrier yang didefinisikan sebagai energi internal. Energi internal tersebut bekerja pada struktur sehingga mengakibatkan deformasi hingga hancurnya struktur. Dari tabel diatas energi terbesar sesuai simulasi pada Ls-DYNA dan perhitungan

Minorsky terjadi pada kapal tanker yang menubruk dengan kecepatan 5 knot dengan sudut 90⁰..

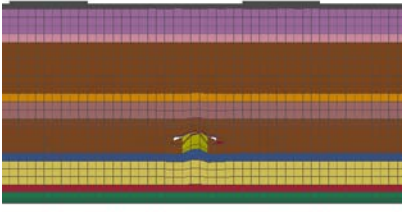
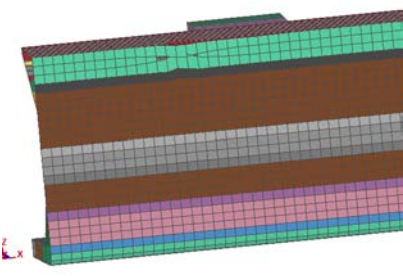
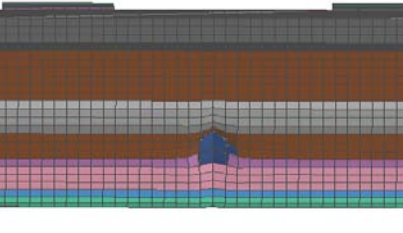
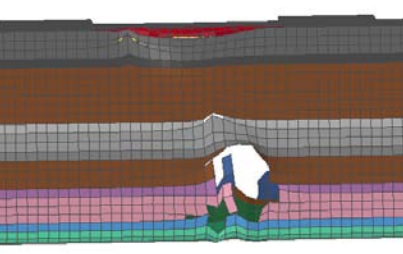
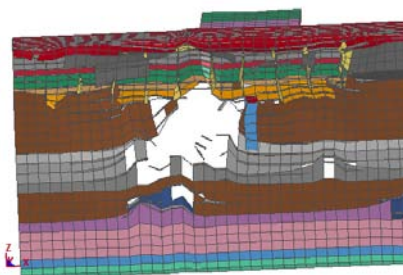
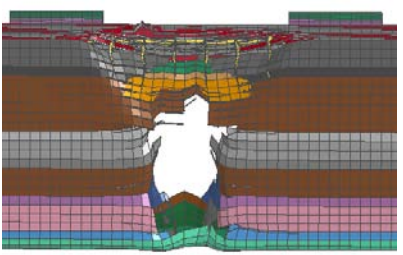
4.3. Hasil Perhitungan Force

Besarnya *force* yang dialami oleh kapal *Bulk Carrier* ditubruk dengan kapal tanker yang memiliki bentuk haluan *raw bow* dan kapal LNG dengan model haluan *cylindrical bow* dengan parameter diatas maka ditemukan hasil pada tabel 10.

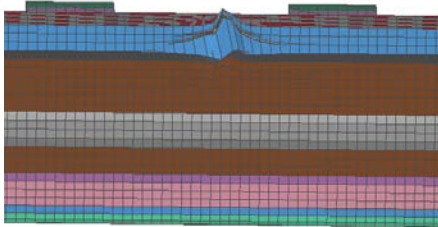
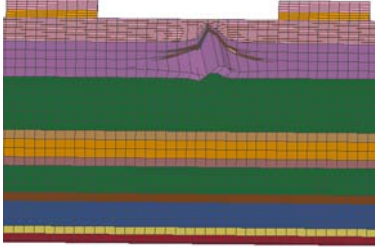
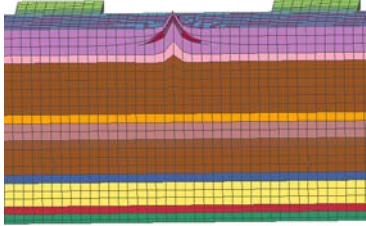
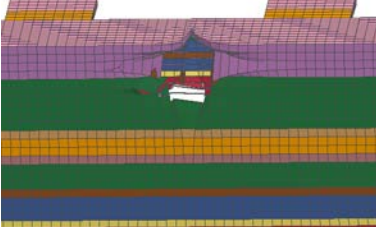
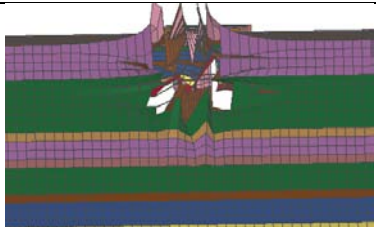
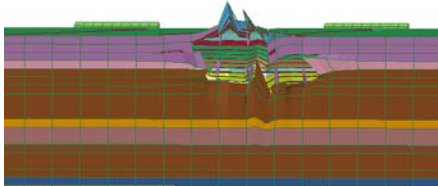
Tabel 10. Tabel Perbandingan Force Pada Tubrukan Kapal Tanker Dengan kapal LNG

Kecepatan (knot)	Force (MJ)					
	Tanker			LNG		
	30 ⁰	60 ⁰	90 ⁰	30 ⁰	60 ⁰	90 ⁰
3	199,87	317,86	795,92	174,58	596,59	674,55
5	248,74	370,87	940,83	652,65	674,55	979,37

Tabel 11. Dampak Kerusakan Akibat Tubrukan Kapal Tanker

<p>Dampak Kapal Bulk Carrier ditubrukdengan kecepatan 3 knot pada sudut 30⁰ oleh kapal Tanker</p>	<p>Deformasi Pada Pelat Lambung</p>	
<p>Dampak Kapal Bulk Carrier ditubrukdengan kecepatan 3 knot pada sudut 60⁰ oleh kapal Tanker</p>	<p>Deformasi Pada Pelat Shear Strike</p>	
<p>Dampak Kapal Bulk Carrier ditubruk dengan kecepatan 3 knot pada sudut 90⁰ oleh kapal Tanker</p>	<p>Deformasi Pada Pelat Lambung</p>	
<p>Dampak Kapal Bulk Carrier ditubrukdengan kecepatan 5 knot pada sudut 30⁰ oleh kapal Tanker</p>	<p>Terdapat Lubang dan Sobekan Pada Pada Pelat Lambung dan Pelat Deck</p>	
<p>Dampak Kapal Bulk Carrier ditubrukdengan kecepatan 5 knot pada sudut 60⁰ oleh kapal Tanker</p>	<p>Terdapat Lubang dan Sobekan Pada Pada Pelat Lambung dan Pelat Deck</p>	
<p>Dampak Kapal Bulk Carrier ditubruk dengan kecepatan 5 knot pada sudut 90⁰ oleh kapal Tanker</p>	<p>Terdapat Lubang dan Sobekan Pada Pada Pelat Lambung dan Pelat Deck</p>	

Tabel 12. Dampak Kerusakan Akibat Tubrukan Kapal LNG

<p>Dampak Kapal Bulk Carrier ditubrukdengan kecepatan 3 knot pada sudut 30⁰ oleh kapal LNG</p>	<p>Deformasi Pada Pelat Lambung</p>	
<p>Dampak Kapal Bulk Carrier ditubrukdengan kecepatan 3 knot pada sudut 60⁰ oleh kapal LNG</p>	<p>Deformasi Pada Pelat Shear Strike</p>	
<p>Dampak Kapal Bulk Carrier ditubruk dengan kecepatan 3 knot pada sudut 90⁰ oleh kapal LNG</p>	<p>Deformasi Pada Pelat Shear Strike</p>	
<p>Dampak Kapal Bulk Carrier ditubrukdengan kecepatan 5 knot pada sudut 30⁰ oleh kapal LNG</p>	<p>Terdapat Lubang dan Sobekan Pada Pada Pelat Shear Strike dan Pelat Deck</p>	
<p>Dampak Kapal Bulk Carrier ditubrukdengan kecepatan 5 knot pada sudut 60⁰ oleh kapal LNG</p>	<p>Terdapat Lubang dan Sobekan Pada Pada Pelat Lambung, Shear Strike dan Pelat Deck</p>	
<p>Dampak Kapal Bulk Carrier ditubruk dengan kecepatan 5 knot pada sudut 90⁰ oleh kapal LNG</p>	<p>Terdapat Lubang dan Sobekan Pada Pada Pelat Lambung, Shear Strike dan Pelat Deck</p>	

Pada kecepatan 3 struktur kapal mampu menahan gaya yang dihasilkan oleh kapal penumbuk sehingga tidak mengalami sobekan. Terjadinya sobekan dikarenakan tegangan maksimal yang diterima melebihi tegangan maksimum sehingga material melebihi batas elastic dan mengakibatkan *rupture*.

5. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi tubrukan antara kapal bulk carrier dengan bulbous bow yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Kapal Bulk Carrier yang ditubruk dengan kapal Tanker dan LNG yang diasumsikan berada di pelabuhan dengan kecepatan 3 knot hanya menyebabkan deformasi pada lambung kapal Bulk Carrier sehingga muatan tidak tumpah ke laut. Sedangkan dengan kecepatan 5 knot lambung mengalami sobekan.
2. Sudut, massa, kecepatan, dan lokasi tubrukan sangat berpengaruh terhadap kerusakan kapal.
3. Kapal LNG dengan haluan berbentuk *Cylindrical Row* berpotensi merusak plat *shear strike* sedangkan kapal dengan tipe haluan *Raw Bow* berpotensi merusak plat lambung dan *shear strike*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kitamura, O. (2001). FEM approach to simulate of collision and grounding damage, *The Second International Conference on Collision and Grounding of the Ships*,
- [2] Zhang S. The mechanics of ship collisions, Ph.D. thesis. DTU; 1999.
- [3] Zabur Anjasfianto. (2013, 9 Desember). "Tabrakan Tabrakan antara kapal kargo kontainer KM Journey 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)
- [4] Sony. (2011, 09 Desember). "Peran Bulbous Bow". <http://kapalmania.blogspot.com/2011/12/>

<v-behaviorurldefaultvmlo.html> (diakses tanggal 10 September 2014)

- [5] Anri.(2014, 14 Mei). "Kapal Kamboja dan Feri Tabrakan di Pelabuhan Bakauheni".<http://news.liputan6.com/read/2045088/kapal-kamboja-dan-feri-tabrakan-di-pelabuhan-bakauheni> (diakses tanggal 10 September 2014)