

Analisis Tegangan pada Kapal Perang Tipe *Corvette* Akibat Beban *Slamming*

Sugiyarto, Aries Sulisetyono, Teguh Putranto

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: sulisea@na.its.ac.id, theories@na.its.ac.id

Abstrak—Kapal perang biasanya desain untuk dapat melaju pada kecepatan tinggi dan harus memiliki manouver yang bagus. Namun pada kenyataannya, pada waktu beroperasi, kapal perang dihadapkan pada kondisi lingkungan yang tidak menentu yang menyebabkan terjadinya *slamming*. *Slamming* disini menyebabkan terjadinya kegagalan struktur pada kapal sehingga membahayakan keselamatan. Tugas akhir ini menganalisa tegangan pada kapal perang tipe *Corvette* akibat beban *slamming*. Beban *slamming* yang terjadi akibat variasi tinggi gelombang 4, 5, dan 6 serta variasi sudut hadap 90 derajat, 135 derajat dan 180 derajat. Dari analisa yang didapatkan bahwa semakin tinggi beban gelombang maka semakin tinggi peluang terjadinya *slamming*, intensitas terjadi *slamming*, beban *slamming* dan tegangan yang diakibatkan beban *slamming*. Kondisi paling ekstrim terjadinya *slamming* terjadi pada sudut 180 derajat pada tinggi gelombang 6 meter dengan nilai probabilitas terjadinya *slamming* mencapai 0.71 serta jumlah kejadian *slamming* per jam mencapai 527 kali kejadian. Beban terbesar akibat *slamming* mencapai 92,619 kPa pada bagian 0.15 dari FP. Tegangan yang terjadi masih memenuhi standart aturan BKI.

Kata kunci: *Slamming*, Kapal *Corvette*, Sudut hadap, Tinggi gelombang, Tegangan

I. PENDAHULUAN

KAPAL perang merupakan salah satu alutsista setiap negara yang dipersiapkan utamanya untuk pertahanan, kapal perang dilengkapi dengan senjata, dari mulai senjata kecil, besar, hingga peluru kendali dan radar serta berbagai kecanggihan lainnya seiring perkembangan zaman, bahkan beberapa kapal perang memiliki atau membawa sebuah senjata rudal berhulu ledak nuklir, selain itu kapal perang juga ada yang ditenagai oleh nuklir untuk penggerak mesinnya, bahkan untuk kapal selam bertenaga nuklir dapat bertahan bertahun-tahun dibawah permukaan air tanpa harus naik kepermukaan selama kebutuhan awaknya masih tercukupi. Kapal perang sendiri sudah banyak yang memiliki kecanggihan “stealth” atau bisa tidak terdeteksi oleh radar. Kapal perang biasanya desain untuk dapat melaju pada kecepatan tinggi dan harus memiliki stabilitas yang bagus. Namun pada kenyataannya, pada waktu beroperasi, kapal perang dihadapkan pada kondisi lingkungan yang tidak menentu yang menyebabkan terjadinya *slamming* serta *greenwater* [1].

Slamming adalah fenomena yang terjadi apabila dasar haluan naik melewati permukaan gelombang dan kemudian masuk kembali ke dalam air dengan kecepatan relatif vertikal haluan mempunyai harga yang melewati harga tertentu dan timbul hempasan [1]. *Slamming* terjadi karena terdapat beda fase struktur kapal dengan fase gelombang. Perbedaan fase ini

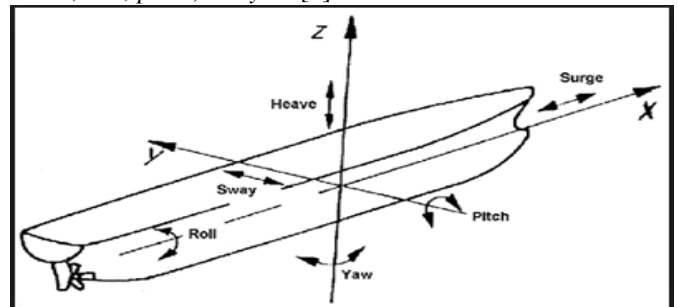
menyebabkan struktur kapal dapat terangkat keluar dari permukaan laut dan setelah itu jatuh menghantam permukaan laut tersebut. Kejadian masuknya lambung kapal ke dalam permukaan laut ini terjadi begitu cepat hingga menghasilkan beban *impact* yang disebut beban *slamming*.

Beban *slamming* didapatkan dari analisa respon spektrum gelombang. Beban inilah yang dialami pada bagian kapal. Beban inilah yang dapat menyebabkan timbulnya tegangan pada struktur kapal, dan dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur kapal. Untuk mengantisipasi hal tersebut sehingga dalam proses desain dilakukan proses perhitungan untuk analisa tegangan yang diakibatkan terjadinya beban *slamming*. Dimana kapal *Corvette* masih dalam proses desain. Sehingga mengantisipasi terjadinya kerusakan pada kapal dilakukan proses analisa tegangan akibat beban *slamming*. Analisa yang dihasilkan dalam perhitungan dibandingkan dengan *rule* sehingga didapatkan desain yang sesuai dengan aturan *rule*.

II. DASAR TEORI

A. Dinamika Kapal

Seakeeping adalah gerakan kapal yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar yang disebabkan oleh kondisi air laut. Setiap kapal memiliki karakteristik gerakan berbeda ketika memperoleh gaya dari gelombang, bergantung pada faktor bentuk lambung, letak titik berat dan faktor lainnya. Gerakan kapal sendiri dibagi menjadi 6 macam berdasarkan sumbu gerakannya diilustrasikan sesuai Gambar 1, yakni *surge*, *sway*, *heave*, *roll*, *pitch*, and *yaw* [2].



Gambar 1. Gerakan 6 derajat kebebasan kapal (Sumber: Helmidang.com)

B. Gerakan Coupled Heave dan pitch

Menurut Bhattacharyya (1978) [3] persamaan untuk gerak *coupled heave - pitch motion* pada kapal dituliskan dalam persamaan:

Heave:

$$(m+az)\ddot{z} + bz + cz + d\dot{\theta} + e\theta + h\dot{\theta} = (t) \tag{1}$$

Pitch:

$$(I_{yy}+A_{yy})\ddot{\theta} + B\dot{\theta} + C\theta + D\dot{z} + E\dot{z} + Hz = (t) \tag{2}$$

Setelah menghitung komponen-komponen hidrodinamis di atas, maka didapatkan persamaan *heaving* dan *pitching* sebagai berikut:

Heave:

$$z = z_a \cos(\omega t + \epsilon z) \tag{3}$$

Pitch:

$$\theta = \theta_a \cos(\omega t + \epsilon \theta) \tag{4}$$

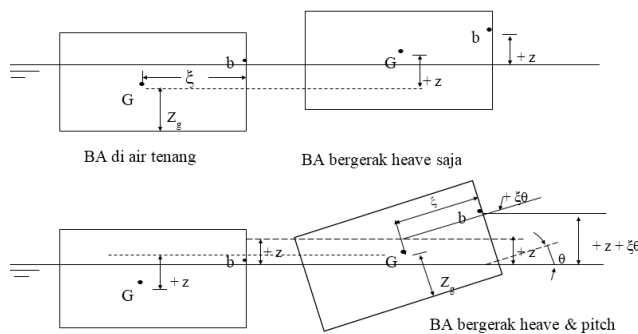
C. Vertical Motion

Gerakan vertikal pada sepanjang kapal akan berbeda-beda. Hal ini terjadi karena terjadinya gerakan *heave* dan *pitch* bersamaan. Gerakan ini dinamakan *coupled heaving and pitching motion*. Menurut Bhattacharyya [3] gerakan dirumuskan sebagai berikut:

$$z_b = z + \xi \sin\theta \tag{5}$$

dimana:

- z_b = vertical motion
- z = heaving motion
- ξ = jarak section terhadap CG
- θ = pitching motion



Gambar 2. Gerakan couple heaving pitching

D. Wave Spectrum

Dalam analisa pada gelombang *irregular* terdapat perbedaan tinggi gelombang, dan frekuensi gelombang. Sehingga perlu dilakukan analisa pendekatan numerik. Salah satunya yaitu formulasi ITTC. Formulasi tersebut memberikan persamaan *spectrum energy* gelombang sebagai fungsi tinggi gelombang signifikan, H1/3 dan frekuensi karakteristik:

$$S(\omega_c) = \left(\frac{A}{\omega_c^5}\right) e^{\frac{-B}{w\omega^4}} \tag{6}$$

dimana:

- ω_w : Frekuensi gelombang (rad/sec)
- A : $8.10 \times 10^{-3} g^2$
- B : $3.11 \times 10^4 / (H)^{2/3}$
- (H)_{1/3} : Significant wave height (m)

E. Probabilitas Slamming

Menentukan peluang terjadinya Slamming harus didasarkan 2 syarat. Pertama yaitu dasar haluan naik melewati (*emerge*) gelombang, atau dengan kata lain gerakan relatif vertikal haluan melampaui sarat air bagian haluan ($z_b > T_b$), dan kecepatan relatif vertikal haluan mempunyai harga yang melewati harga kecepatan ambang batas *slamming* atau *threshold velocity* [3]. Atau secara matematis dituliskan:

$$\Pr(\text{slam}) = \Pr(Z_{br} > T_b \text{ dan } V_{br} > V_{th}) = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{0Vbr}}\right) \tag{7}$$

dimana:

m_{0Zr} dan m_{0Vbr} didapat dari perhitungan respon spectrum

F. Intensitas Slamming

Setelah didapatkan nilai probabilitas *slamming* selanjutnya menentukan nilai intensitas terjadinya *slamming*. Sehingga digunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_{slam} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2Zbr}}{m_{0Zbr}}} \times \Pr(\text{slam}) \tag{8}$$

G. Beban Slamming

Beban *slamming* pada kapal mempertimbangkan pengaruh bentuk lambung kapal, kecepatan dan percepatan gerakan vertikal haluan kapal. Sehingga diformulasikan dalam persamaan berikut [3]:

$$P = P_0 \left[\frac{2}{\beta \sqrt{1 - \left(\frac{Y_S}{2b}\right)^2}} + \frac{2}{\delta} \sqrt{\left(1 - \frac{Y_S}{2b}\right)^2 - \frac{(Y_S/2b)^2}{1 - \left(\frac{Y_S}{2b}\right)^2}} \right] \tag{9}$$

dimana $P_0 = \frac{1}{2} \rho (\dot{z}_x)^2$ dan $\delta = \frac{(\dot{z}_x)^2}{2b\ddot{z}_x}$

H. Shear Force dan Bending Moment

Shear force adalah gaya yang dialami oleh suatu struktur sehingga menyebabkan gerakan translasi pada struktur tersebut.

$$f(x) = \frac{d^2 M}{dx^2} \tag{10}$$

Bending moment disebabkan karena 2 hal yaitu pada air tenang (Ms), yang kedua adalah *bending moment* yang disebabkan oleh perbedaan distribusi *displacement* sepanjang kapal (Mw). Sehingga untuk menentukan *bending moment* total didapatkan dari persamaan sebagai berikut:

$$M = M_s + M_w \tag{11}$$

Bending moment dapat menimbulkan tegangan pada konstruksi kapal yang dapat menyebabkan kerusakan pada konstruksi kapal. Kerusakan dapat timbul apabila tegangan yang dialami struktur kapal melebihi tegangan ambang batas ijin. Batasan tegangan yang diijinkan pada suatu kapal telah diatur didalam klasifikasi.

III. METODOLOGI

A. Data Kapal

Kapal yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini adalah kapal perang tipe *Corvette* dengan ukuran sebagai berikut pada Tabel 1:

Tabel 1.
Ukuran utama kapal [4]

Description	Quantity	Unit
LOA	106	m
LPP	98.93	m
H	8.75	m
T	3.7	M
Cb	0.496	
Cp	0.667	
Speed	30	Knots

Selain Data ukuran utama kapal *Corvette* data yang digunakan untuk analisa adalah gambar *midship section*, gambar *construction profile*, gambar *longitudinal section*

B. Validasi Model

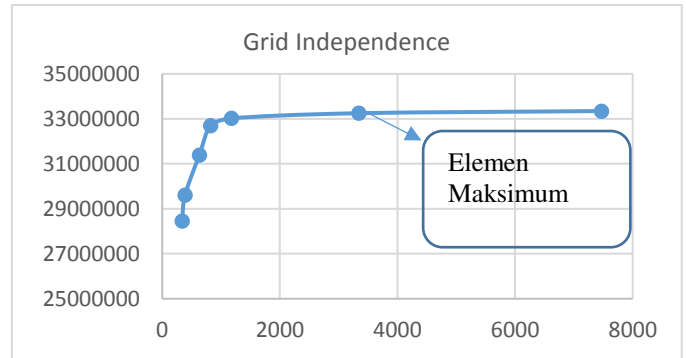
Metode validasi yang digunakan yaitu dengan membandingkan data penelitian yang sudah pernah dilakukan dengan data hasil program Software dengan model dan parameter yang sama. Proses validasi ini mengacu referensi dari *WAMIT-MOSES Hydrodynamic Analysis Comparison Study*. Di dalam paper *WAMIT-MOSES Hydrodynamic Analysis Comparison Study* menggunakan beberapa model antara lain *box*, *cylinder*, *general ship*, *TLP*, dan *semi-submersible* [5].

C. Pemodelan Kapal pada Software

Pada tahap selanjutnya dilakukan pemodelan permodelan numeris pada software dengan parameter yang diperlukan antara lain kecepatan kapal, sudut datang gelombang dan koordinat COG. Tujuan dari permodelan ini adalah untuk mendapatkan model struktur yang sesuai dan selajutnya digunakan dalam analisa respon spektrum.

D. Grid Independence

Proses *grid independence* bertujuan untuk mengukur keakuratan hasil. Hasil yang ditampilkan pada Ansys Aqwa tergantung dari banyaknya jumlah elemen pada model. Semakin banyak jumlah elemen maka semakin akuratan proses analisa yang mendekati keadaan sebenarnya. Namun dalam proses analisa tidak hanya berdasarkan keakuratan analisa tetapi juga mempertimbangkan waktu yang digunakan. Hasil yang digunakan dalam pertimbangan analisa ini berdasarkan pada besar bending momen. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan dimana selisih untuk nilai antara *bending moment* yang diijinkan sebesar 5%. Hasil *bending moment* dan jumlah elemen disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grid independent studying

1) Analisa Wave Spectrum

Setelah didapatkan hasil RAO dari Ansys Aqwa selanjutnya dilakukan analisa *wave spectrum* gelombang untuk mengetahui berapa besar beban gelombang yang sesungguhnya pada keadaan gelombang *irregular*. Analisis *wave Spectrum* merupakan cara untuk mendapatkan gelombang *irregular*. Pada pengerjaan tugas akhir ini diambil *wave spectrum* dengan metode ITTC.

2) Perhitungan Slamming

Untuk menghitung *slamming* perlu dilakukan analisa perhitungan *Relative Bow Motion* (RBM). Sebelum menghitung RBM perlu dilakukan analisa respon spektrum di haluan kapal pada kondisi *heaving* dan *pitching*. Setelah didapatkan RBM dilakukan perhitungan untuk mendapatkan *relative bow velocity*. Dari hasil analisa tersebut dapat dilakukan proses perhitungan untuk menghitung peluang terjadinya *slamming*, intensitas *slamming* dan beban *slamming*.

3) Pemodelan di Poseidon

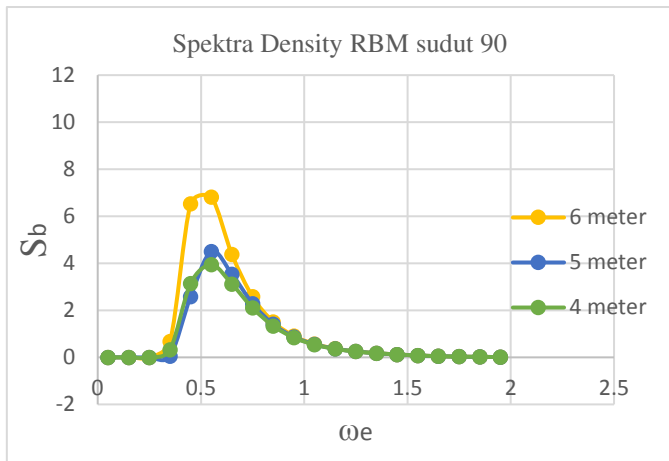
Pada tahap ini akan dilakukan proses pemodelan konstruksi kapal *Corvette* pada Poseidon. Proses pemodelan ini didasarkan pada ukuran dan tebal pelat pada konstruksi *midship section*, *contruction profile*, dan *longitudinal section* yang sudah ada. Proses pemodelan Pemodelan dalam aplikasi ini terdapat beberapa tahapan.

Tahapan-tahaan tersebut harus dilakukan secara benar, agar model dapat di-*running* (proses perhitungan yang dilakukan olah komputer). Beban yang digunakan pada pemodelan poseidon menggunakan beban *shear force* dan *bending moment*. Sehingga beban yang digunakan pada pemodelan ini yaitu input beban *shear force bending moment* akibat beban gelombang ditambah *shear force bending momen* akibat beban gelombang pada kondisi ekstrim [6].

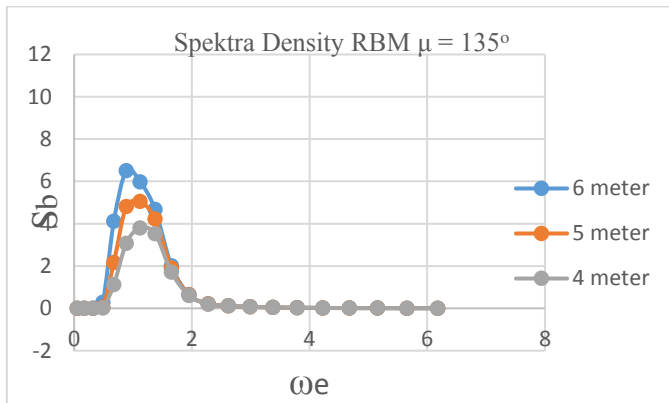
IV. ANALISA DATA

A. Respon Spectrum RBM

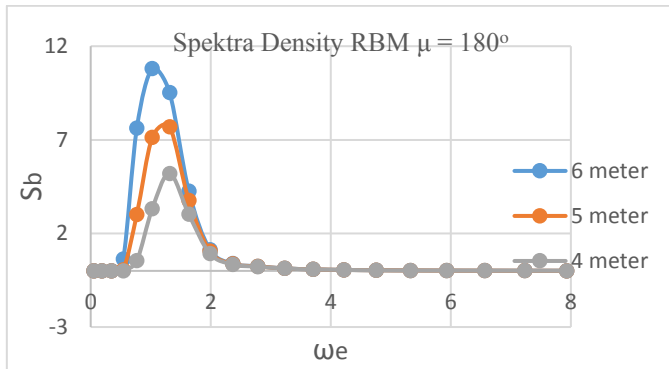
Perlu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan *spectra density of relative bow motion* untuk mengetahui respon paling ekstrim pada bagian haluan kapal sehingga didapatkan grafik berikut:



Gambar 4. Respon spektrum RBM sudut 90°



Gambar 5. Respon spektrum RBM sudut 135°



Gambar 6. Respon spektrum RBM sudut 180°

Dari Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 diatas menunjukkan *respon spectrum density RBM*. *Respon spectrum density RBM* terbesar pada tinggi gelombang 6 meter dengan sudut hadap 180°, sedangkan *respon spectrum RBM* terkecil pada sudut hadap 135°. *Respon spectrum RBM* terbesar pada *frekuensi encounter* 0,5 – 1,0 rad/s.

B. Probabilitas Slamming

Setelah didapatkan hasil respon spektrum selanjutnya bisa dilakukan perhitungan probabilitas *slamming*. Probabilitas didapatkan dengan cara mencari luasan energi dari grafik *spectra relative bow motion* dan dari *spectrum relative velocity*. Perhitungan itu digunakan untuk mencari nilai m_{0s} dan m_{2s} . Tabel 2 menunjukkan nilai probabilitas *slamming* yang dialami kapal.

Tabel 2. Probabilitas *slamming*

Hs (m)	m_{0s}			m_{2s}			Pr		
	90°	135°	180°	90°	135°	180°	90°	135°	180°
4	2.67	8.12	11.03	1.66	14.10	25.76	0.01	0.33	0.47
5	3.13	10.98	18.60	1.86	17.21	35.88	0.01	0.43	0.62
6	4.30	13.89	26.71	2.22	19.83	44.87	0.03	0.50	0.71

Dari Tabel 2 mempresentasikan perbedaan peluang terjadinya *slamming* terhadap variasi perbedaan sudut hadap datangnya gelombang dan variasi tinggi gelombang. Probabilitas *slamming* paling besar terjadi pada sudut 180° dengan panjang gelombang 6 meter dengan nilai probabilitas sebesar 0.71. Pada tinggi gelombang 4-6 meter pada sudut 180° probabilitas terjadinya *slamming* kisaran 0.467 – 0.71. Pada sudut hadap 135° memiliki kisaran probabilitas *slamming* sebesar 0.328 - 0.501 serta pada sudut hadap 90° memiliki kisaran probabilitas sebesar 0.006 - 0.030. Variasi sudut hadap dan tinggi gelombang berpengaruh cukup signifikan terhadap peluang terjadinya *slamming*.

C. Intensitas Slamming

Selain probabilitas *slamming* juga didapatkan nilai jumlah kejadian *slamming* pada kapal *Corvette*. Jumlah kejadian *slamming* disajikan berdasarkan fungsi waktu. Sehingga didapatkan jumlah kejadian *slamming* dalam per detik, per jam dan per hari seperti tabel 3 dibawah.

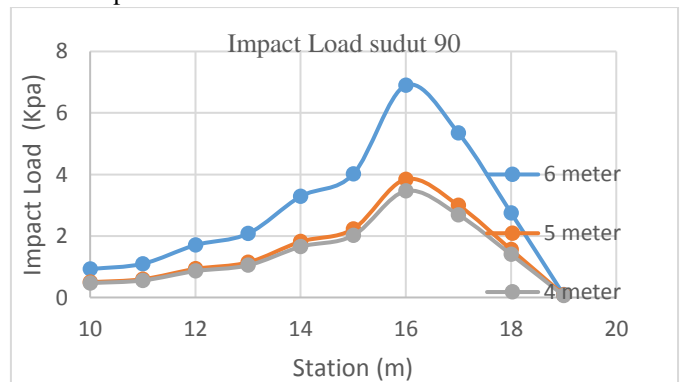
Tabel 3. Intensitas *slamming* kapal *corvette*

Hs (m)	Ns(perdetik)			Ns(perjam)			Ns(perhari)		
	90°	135°	180°	90°	135°	180°	90°	135°	180°
4	0.001	0.07	0.11	2.71	247.64	409.29	64.97	5943.41	9823.01
5	0.001	0.09	0.14	5.05	306.67	496.08	121.14	7359.98	11905.80
6	0.003	0.10	0.15	12.19	342.82	527.62	292.50	8227.71	12662.80

Tabel 3 menunjukkan bahwa jumlah kejadian *Slamming* paling besar terjadi pada gelombang dengan sudut hadap 180° dengan tinggi gelombang 6 meter dengan nilai kejadian *slamming* per jam mencapai 528 kali kejadian. Untuk sudut hadap 135° dengan tinggi gelombang 6 meter mencapai 342 kali kejadian per jam sedangkan untuk sudut hadap 90° hanya terjadi 12 kali terjadi *slamming*.

1) Beban Slamming

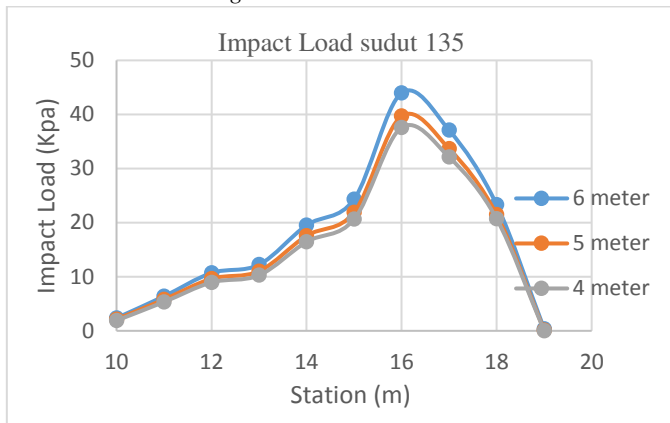
Beban *slamming* dihasilkan karena adanya benturan antara permukaan air dengan badan kapal. Beban *slamming* dipengaruhi oleh kecepatan relatif dan percepatan vertikal haluan kapal.



Gambar 7. Grafik *impact load* sudut 90°

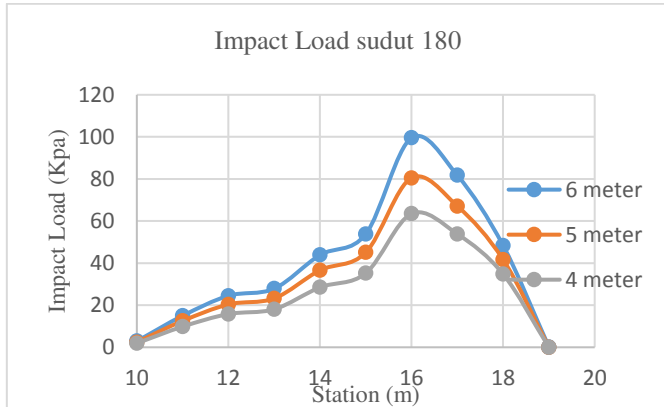
Dari gambar 7 untuk sudut hadap 90° beban *slamming* terbesar terdapat pada station 16 atau kisaran 0,15L dari FP.

Beban terbesar terjadi pada tinggi gelombang 6 meter dengan besar beban *slamming* sebesar 6.9 kPa.



Gambar 8. Grafik *impact load* sudut 135°

Gambar 8 menunjukkan bahwa beban *slamming* yang terjadi pada sudut 135 ° terbesar pada tinggi gelombang 6 meter sebesar 43,99 kPa. Beban terbesar terletak di 0.15L dari FP.



Gambar 9. Grafik *impact load* sudut 180°

Dari gambar 9 menunjukkan beban *slamming* terbesar terjadi pada sudut hadap 180 ° dengan tinggi gelombang 6 meter sebesar 92,619 kPa. Sehingga berdasarkan gambar 7, gambar 8, dan gambar 9 diatas disimpulkan bahwa beban terbesar akibat *slamming* terjadi pada sudut hadap 180° dengan tinggi gelombang 6 meter. Sehingga dianjurkan apabila kapal berlayar menghindari kejadian tersebut.

2) *Shear force* dan *Bending Moment*

Analisa Selanjutnya adalah *shear force* dan *bending moment*. Beban *slamming* yang digunakan adalah penjumlahan antara *shear force* dan *bending moment* akibat beban gelombang dan *shear force* dan *bending momen* akibat beban *slamming*. *Shear force* dan *bending moment* terbesar akibat beban gelombang sebelum adanya *slamming* pada tinggi gelombang 6 meter sudut 180 pada st 16 adalah 47353 kN [7]. Setelah ditambah beban *slamming* besar *shear force* terbesar pada sudut 180 derajat pada tinggi gelombang 6 meter sebesar 272844 Kn.m dan *bending moment* terkecil pada sudut *heading* 90 derajat.

3) Hasil Simulasi

Dari hasil beban gelombang yang didapatkan dari analisa sehingga didapatkan besar tegangan sesuai pada tabel 4 dibawah.

Tabel 4. Hasil simulasi

Wave Height	Heading	Stress	
	angle	σ Bottom	σ deck
Hs = 6 m	$\mu = 90$	28.89	22.41
	$\mu = 135$	116.00	89.97
	$\mu = 180$	213.32	165.45
Hs = 5 m	$\mu = 90$	37.31	28.94
	$\mu = 135$	131.86	102.27
	$\mu = 180$	183.74	142.51
Hs = 4 m	$\mu = 90$	23.65	30.49
	$\mu = 135$	96.33	124.20
	$\mu = 180$	116.62	150.35

Dan tegangan terbesar terjadi gelombang 6 meter dengan sudut hadap 180° mencapai 213, 32 N/mm² pada *bottom* dan 165,45 N/mm² pada geladak. Dengan tegangan yang diijinkan oleh *class* adalah 243.4 N/mm²

V.KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Probabilitas *slamming* paling besar terjadi pada sudut 180° dengan panjang gelombang 6 meter dengan nilai probabilitas sebesar 0.71. Pada tinggi gelombang 4-6 meter pada sudut 180° probabilitas terjadinya *slamming* memiliki kisaran 0.467 – 0.71. sedangkan pada sudut hadap 135° memiliki kisaran probabilitas *slamming* sebesar 0.328 - 0.501 serta pada sudut hadap 90° memiliki probabilitas sebesar 0.006 -0.030
- 2) Jumlah kejadian *slamming* paling besar terjadi pada gelombang dengan sudut hadap 180° dengan tinggi gelombang 6 meter dengan nilai kejadian *slamming* per jam mencapai 528 kali kejadian. pada sudut hadap 135° dengan tinggi gelombang 6 meter mencapai 342 kali kejadian per jam sedangkan untuk sudut hadap 90° hanya terjadi 12 kali terjadi *slamming*.
- 3) Beban *Slamming* terbesar terjadi pada sudut hadap 180° dengan tinggi gelombang 6 meter sebesar 92,619 kPa di fr 142 disekitar 0.15L dari FP. Pada sudut 135° terbesar pada tinggi gelombang 6 meter sebesar 43,99 kPa. Sedangkan pada sudut hadap 90° pada gelombang 6 meter hanya sebesar 6.9 kPa. Sehingga dianjurkan apabila kapal berlayar menghindari kejadian sudut hadap 180° pada tinggi gelombang 6 meter.
- 4) Nilai tegangan yang maksimal terjadi pada kondisi *heading angle* 180° dengan tinggi gelombang 6 meter pada bagian *bottom* mencapai 213,32 N/mm² dan tegangan di*deck* sebesar 165,45 N/mm². Berdasarkan BKI *Rules section* 5 [8] bahwa tegangan ijin untuk material AH36 sebesar 243.4 N/mm². Sehingga dapat disimpulkan bahwa tegangan pada kapal perang akibat beban *slamming* masih memenuhi standart maksimum yang diijinkan *class*.

B. Saran

Pada Tugas Akhir ini saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

- 1) Pada penelitian selanjutnya bisa dilakukan analisa *fatigue life* yang diakibatkan oleh beban *slamming* pada beberapa kondisi pelayaran Indonesia.
- 2) Penelitian selanjutnya bisa ditambahkan variasi kecepatan kapal dan variasi bentuk badan kapal.
- 3) Analisa *local stress* akibat *slamming* yang terjadi bisa digunakan dengan *finite elemen method*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. B. Djatmiko, Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak, Surabaya: ITS Press, 2012.
- [2] W. H. Nugroho and A. S. Mujahid, Head Sea Slamming Pressure Prediction on a Frigate Ship Hull (A Numerical Study).
- [3] R. Bhattacharyya, Dynamics of Marine Vehicles, Maryland: U. S. Naval Academy, 1978.
- [4] D. I. Perdana, "Analisa Beban Gelombang pada Konstruksi Kapal Perang Tipe Corvette di Kondisi Perairan Indonesia," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2013.
- [5] J. R. McDermot, "WAMIT-MOSES Hydrodynamic Analysis Comparison Study," Hull Department Engineering, 2000.
- [6] G. Lloyd, Poseidon User Manual Guide, DNV GL, 2012.
- [7] P. Y. Arifianto, "Analisa Tegangan Akibat Beban Gelombang pada Struktur Kapal Perang Tipe Corvette," Tugas Akhir: Jurusan Teknik Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.
- [8] BKI, Rules for The Classification and Construction of Seagoing Steel Ships (Vol. II), Indonesia: BKI, 2009.