



Efek Likuefaksi *Nickel Ore* pada Stabilitas dan Olah Gerak Kapal MV. Nur Allya

Fanny Darwani Putri^a, Fakhri Akbar Ayub^{a,*}

^aTeknik Perkapalan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Indonesia

Abstract

Nickel ore liquefaction can cause the vessel to tip and sink in a short time due to the change in shape of the charge from solid to liquid. As a result, when the ship experienced a large shock, the cargo could not return to its original position. The purpose of this study is to determine the percentage composition between nickel in solid and liquid form with a total of 100% in the load chamber. The method used in this study was to analyze the effect of nickel ore fluidity on the stability and motion of MV ships. Nur Allya. The stability results of the ship are carried out in five cases, namely: 100% solid, 75% solid 25% liquid, 50% solid 50% liquid, 25% solid 75% liquid, and 100% liquid. The best result was obtained in case 1 with a maximum GZ value = 1.064 m. To prevent this incident, the study added a longitudinal bulkhead to the load chamber in all five cases. The results show a small increase in the increment in case 1 compared to case 5. Although the longitudinal bulkhead reduces the risk of liquefaction, the ship's cargo capacity is reduced. After that, an analysis of the movement of the ship was carried out such as: roll, pitch, and heave, showing the difference in response to the condition of the direction of the following sea, beam sea, and head sea waves. The biggest response occurred in the sea beam so that the seakeeping quality of the ship was getting worse. In this case, because the ship cannot dampen the exposure of the waves that hit the ship's body.

Keywords: Nickel ore, liquefaction, free surface effect

Abstrak

Likuefaksi muatan *nickel ore* dapat mengakibatkan kapal terbalik dan tenggelam dalam waktu singkat karena perubahan bentuk muatan dari padat menjadi cair. Akibatnya ketika kapal mengalami guncangan besar muatan tersebut tidak dapat kembali ke posisi semula. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui komposisi persentase antara *nickel ore* dalam bentuk padat dan cair dengan total 100% di ruang muat. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menganalisa efek likuefaksi *nickel ore* pada stabilitas dan olah gerak kapal MV. Nur Allya. Hasil stabilitas kapal dilakukan dalam lima *case*, yaitu: muatan 100% padat, 75% padat 25% cair, 50% padat 50% cair, 25% padat 75% cair, dan 100% cair. Hasil terbaik diperoleh pada *case* 1 dengan nilai GZ maksimum = 1,064 m. Untuk mencegah kejadian ini, penelitian menambahkan *longitudinal bulkhead* pada ruang muat dalam kelima *case*. Hasilnya menunjukkan peningkatan kecil pada kenaikan di *case* 1 dibandingkan dengan *case* 5. Meskipun *longitudinal bulkhead* mengurangi risiko likuefaksi tetapi kapasitas muatan kapal pun berkurang. Setelah itu dilakukan analisa gerak kapal seperti: *roll*, *pitch*, dan *heave* menunjukkan perbedaan respons pada kondisi arah datangnya gelombang *following sea*, *beam sea*, dan *head sea*. Respons terbesar terjadi pada *beam sea* sehingga kualitas *seakeeping* kapal semakin buruk. Dalam hal ini dikarenakan kapal tidak dapat meredam terpaan gelombang yang mengenai badan kapal.

Kata kunci: Nickel ore, likuefaksi, free surface effect

1. Pendahuluan

Indonesia telah menempatkan sebagai produsen *nickel ore* terbesar di dunia sehingga memiliki peran penting dalam penyediaan bahan baku nikel di dunia (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2020). Produksi nikel Indonesia menempati peringkat pertama sebesar 1 juta ton, melebihi Filipina (370 ribu ton) dan Rusia (250 ribu ton), hilirisasi nikel memberi kontribusi positif dan memberi kontribusi 2,17% terhadap total ekspor non migas (Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian, 2023). Diketahui Indonesia mengekspor 98% *nickel ore* ke China

* Email Penulis Koresponden:

dan sisanya ke Uni Eropa. Dalam hal ini, Kapal *bulk carrier* bisa menjadi moda transportasi yang penting dari Indonesia ke negara-negara yang membutuhkan. *Nickel ore* adalah salah satu muatan barang curah padat. Berdasarkan IMSBC Code 2011, *Nickel ore* termasuk golongan grup A. Kargo grup A mengandung proporsi partikel kecil tertentu dan kadar air tertentu, sehingga dapat mencair selama pelayaran dan mengakibatkan pergeseran kargo. Akibatnya kapal terjadi *free surface effect* yang dapat menenggelamkan kapal.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Nickel Ore

Nikel adalah salah satu unsur logam yang paling banyak ditemui khususnya di kerak bumi dengan memiliki ciri mengilap dan berwarna putih keperak-perakan (Edward Ridwan, 2022). Menurut IMO MSC.268(85), Karakteristik *nickel ore* memiliki *bulk density* dari 1 t/m^3 hingga 1.67 t/m^3 , *stowage factor* dari $0,6 \text{ m}^3/\text{t}$ hingga $1 \text{ m}^3/\text{t}$, dan tergolong grup A (ClassNK, 2012). Bahaya dari grup A yaitu muatan dapat mencair jika dikirim pada kadar air yang melebihi batas kelembaban yang dapat diangkut.

2.2 Likuefaksi

Likuefaksi adalah proses mengubah suatu zat dari sifatnya keadaan padat atau gas menjadi cairan (Coutsar & Setyawan, 2019). Hal ini terjadi karena benda padat tersebut *Moisture Content* (MC) melebihi batas *Transportabel Moisture Limit* (TML) sehingga mencapai titik *Flow Moisture Point* (FMP) atau terjadi perubahan sifat fisiknya seolah-olah menjadi benda cair (Komite Nasional Keselamatan Transportasi, 2021). *Moisture Content* (MC) adalah kadar air pada muatan. *Transportabel Moisture Limit* (TML) merupakan batas kadar air yang diperbolehkan dalam pengangkutan di kapal. Sedangkan, *Flow Moisture Point* (FMP) merupakan titik di mana material curah granular menjadi cairan. Secara matematis, hubungan antara FMP, MC, dan TML adalah sebagai berikut :

$$TML = 90 \% \times FMP \quad (2.1)$$

Syarat pemuatan harus nilai MC kurang dari TML. Jika muatan mengalami likuefaksi selama pelayaran, kapal akan mengalami kehilangan atau penurunan stabilitas karena perpindahan muatan sehingga kapal akan miring lebih banyak ke satu sisi dan kapal bisa terbalik (*capsizing*) (Cooke et al., 2013).

2.3 Olah Gerak Kapal

Dalam olah gerak kapal terdapat faktor yang dianalisa yaitu sudut arah datang gelombang. Gelombang akan mempengaruhi laju dan *manuvering* kapal tergantung dari arah mana gelombang itu datang (Bastian, 2015). Selain itu, Besar sudut yang dibentuk oleh arah gerakan kapal dan gelombang yaitu sudut hadap atau *heading angle* (Pranatal, 2021). *Following seas* adalah arah gelombang dan kapal membentuk sudut 0 derajat atau searah dengan melajunya kapal. Selain itu, *Head seas* merupakan arah datang gelombang dan kapal membentuk 180 derajat atau berlawanan dengan melajunya kapal. Kemudian, *Beam seas* adalah arah datang gelombang dari sudut 90 derajat dan berada tegak lurus terhadap badan kapal, demikian seterusnya untuk bow quatering seas dan stern quatering seas yang membentuk sudut antara arah kapal dan datangnya gelombang berturut-turut 45 derajat dan 135 derajat.

2.4 Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah kemampuan sebuah kapal untuk tetap dapat seimbang sehingga tetap tegak dan kembali pada posisi normalnya ketika mendapat hentakan atau gaya dari luar (Kapal dan Logistik, 2021). IMO mengatur persyaratan stabilitas kapal dalam *Intact stability code* (2008) yang diadopsi melalui Resolusi IMO MSC.267(85).

2.5 Free Surface Effect

Free surface merupakan permukaan bebas yang biasanya terdapat pada benda berbentuk cair yang tidak terisi penuh yang menyebabkan benda cair tersebut mudah menyesuaikan dengan media yang ditempatinya (Lewis, 1998). Hal ini bisa memberikan dampak terhadap stabilitas kapal yang mengangkut muatan jenis cair (Novita et al., 2013). Berdasarkan Buku *Ship Stability for Mates/Masters Section 9.2.2, Free Surface Moments* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$FSM's(t - m) = \frac{lb^3}{12} \times dt \quad (2.2)$$

Dimana,

l = Panjang ruang muat

b = Lebar ruang muat

dt = densitas muatan

2.6 Longitudinal Bulkhead

Longitudinal bulkhead adalah sekat memanjang kapal yang sering dikenai beban *sloshing* akibat gerakan *rolling* kapal itu sendiri (Coutsar & Setyawan, 2019). Kapal yang terdapat *longitudinal bulkhead* pada ruang muat dapat mengurangi *free surface effect* (Rosyada et al., 2023). Berdasarkan rules ClassNK *Guidelines for the Safe Carriage of Nickel Ore Appendix D*, tebal *longitudinal bulkhead* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Tebal longitudinal bulkhead} = CS\sqrt{Kh} + 2,5 \text{ (mm)} \quad (2.3)$$

Dimana :

S = Panjang sisi terpendek dari panel yang ditutup dengan *stiffener* (m)

h = Jarak vertikal dari ujung bawah pelat *hopper* ke dek atas pada garis tengah (m)

C = Koefisien diperoleh dari rumus berikut. Namun, tidak boleh kurang dari 3,2.

$$C = 4,25C_1C_2\sqrt{\gamma} \quad (2.4)$$

C_1 = Koefisien diperoleh dari rumus berikut

$$\text{Ketika } 1 \leq \frac{l}{s} \leq 3,5 = 0,615 + 0,11 \frac{l}{s} \quad (2.5)$$

$$\text{Ketika } 3,5 \leq \frac{l}{s} = 1,0 \quad (2.6)$$

l = Panjang sisi panel yang lebih panjang yang ditutup dengan *stiffener* (m)

C_2 = Koefisien dengan nilai diambil 1,0.

γ = Berat jenis muatan yang nyata, diperoleh dari rumus berikut.

$$\gamma = \frac{M}{V} \quad (2.7)$$

M = Massa kargo untuk ruang muat (t)

V = Volume (m^3)

K = Koefisien yang sesuai dengan jenis baja

$K = 1,00$ = Jenis baja ringan yang digunakan

3. Metodologi Penelitian

Metode pengumpulan data yang digunakan sebagai berikut :

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini menjelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan metodologi yang tepat dalam melakukan penelitian.

3.2 Studi Literatur

Dalam proses penelitian ini, peneliti menggunakan studi literatur dengan mengumpulkan data-data yang tersedia oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), jurnal, buku, karya ilmiah, dan situs yang berkaitan dengan penelitian. Hal ini dilakukan untuk menjadi bahan pendukung agar lebih mudah dalam memahami permasalahan yang akan dianalisa.

3.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, pengumpulan data yang dijadikan penelitian ini berasal dari kasus kecelakaan tenggelamnya MV. Nur Allya (IMO 9245237) di perairan Halmahera, Maluku Utara pada tanggal 21 Agustus 2019. Sehingga data yang akan dicari yaitu Ukuran Utama dan General Arrangement MV. Nur Allya.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama kapal yang digunakan menggunakan data MV. Nur Allya. Dalam hal ini, dapat ditulis data ukuran utama MV. Nur Allya pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Ukuran utama MV. Nur Allya

Keterangan	Ukuran	Satuan
Panjang keseluruhan (<i>length over all</i>)	189,99	Meter
Panjang antargaris tegak (LBP)	182,00	Meter
Lebar (<i>breadth moulded</i>)	32,26	Meter
Tinggi Geladak (<i>depth</i>)	17,00	Meter
Tinggi Sarat (<i>draught</i>)	12,272	Meter
Bobot mati (<i>deadweight</i>)	62.162	Ton

MV. Nur Allya memiliki 5 ruang muat dengan total kapasitas 51500 MT *nickel ore* dengan sesuai tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Ruang Muat MV. Nur Allya

Ruang Muat	Jumlah (MT)
1	8500
2	10500
3	11000
4	11500
5	10000

4.2 Pemodelan MV. Nur Allya

Berdasarkan data MV. Nur Allya yang diperoleh dari KNKT terdapat gambar *general arrangement, capacity plan, stowage plan*, dan data *stability booklet* yang telah didapat. Maka pada penelitian ini dilakukan pemodelan lambung dengan menggunakan *software Maxsurf Modeler*. Kemudian, Pemodelan tangki dilakukan pemodelan menggunakan *software Maxsurf Stability* pada bagian *Room Definition Window*. Densitas yang dipakai pada *specific gravity* untuk ruang muat didapat berdasarkan data MV. Nur Allya dari KNKT. Pengukuran dilakukan dari titik AP ke kedua panjang tangki, lalu didapatkan ukuran *afterpeak* dan *forepeak*. Kemudian, Dilakukan pengukuran pada *Room Definition Window* yang dimana pada pandangan atas pada posisi tangki didapatkan data *portside* dan *starboard*. Lalu, Pada ukuran *Top* dan *Bottom* didapatkan dari *baseline* kapal ke tinggi tangki pada kapal. Setelah itu, *input loadcase* dengan total *mass* sesuai tabel 4.2. Kemudian, FSM didapatkan dari persamaan 2.2 berdasarkan buku *Ship Stability for Mates/Masters*. Oleh karena itu, didapatkan kondisi pemuatan MV. Nur Allya sesuai dengan tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Loadcase MV. Nur Allya

Item Name	Quantity	Unit Mass Tonne	Total Mass Tonne	Unit Volume (m ³)	Total Volume (m ³)
<i>Lightship</i>	1	8394.00	8394		
<i>Cargo Hold 5</i>	73.64 %	13579.59	10000	10445.844	7692.307
<i>Cargo Hold 4</i>	69.22 %	16612.56	11500	12778.893	8846.154
<i>Cargo Hold 3</i>	71.53 %	15378.81	11000	11829.86	8461.54
<i>Cargo Hold 2</i>	62.79 %	16721.58	10500	12862.759	8076.924
<i>Cargo Hold 1</i>	65.36 %	13005.57	8500	10004.287	6538.462

Selanjutnya, dilakukan pemilihan kriteria untuk stabilitas sesuai dengan aturan IMO A.749 (18) *Code on Intact Stability* pada A. 749 (18) Ch3 – *Design criteria applicable to all ship* sesuai dengan analisa pada buku stabilitas. Kemudian, Analisa stabilitas dapat dijalankan dengan '*Start Analysis*'. Setelah itu, hasil analisa didapatkan.

4.3 Hasil Analisa Stabilitas

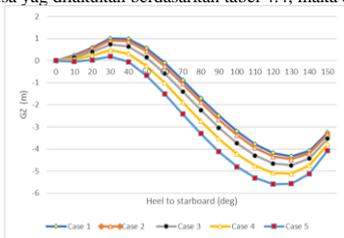
Nickel ore diperbolehkan memuat ke dalam kapal dengan syarat *bulk density* 1,00 t/m³ sampai 1,67 t/m³ (ClassNK, 2012). Untuk menganalisis proses stabilitas kapal menggunakan *software Maxsurf Stability*. Pada proses pengerjaan ini, stabilitas dilakukan dari lima kondisi, yaitu :

Formatted: Font: 9 pt, Not Highlight

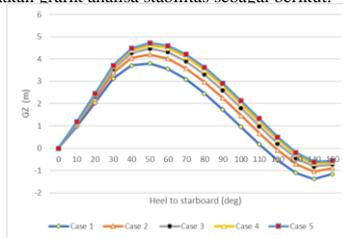
Tabel 4. 4 Kondisi pemuatan MV. Nur Allya

Case	Padat	Cair	Densitas (t/m^3)
1.	100%	0%	1
2.	75%	25%	1,1670
3.	50%	50%	1,3350
4.	25%	75%	1,5025
5.	0%	100%	1,6700

Hasil analisa yag dilakukan berdasarkan tabel 4.4, maka didapatkan grafik analisa stabilitas sebagai berikut:



Gambar 4.1 Kurva GZ sesuai case

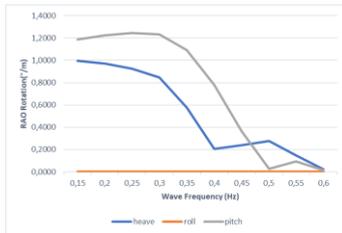


Gambar 4.2 Kurva GZ variasi longitudinal bulkhead sesuai case

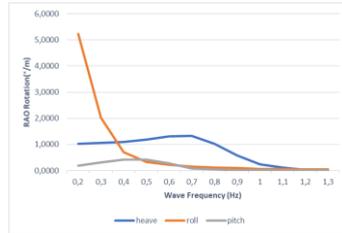
Berdasarkan gambar 4.1 dan 4.2, Pada grafik tersebut terdapat sumbu x yaitu *Heel to Starboard* (deg) yang dimana sudut nol yaitu peralihan dari stabilitas positif ke stabilitas negatif. Selain itu, untuk mengetahui kemampuan kapal akan oleng pada sudut tertentu. Setelah itu, Pada grafik tersebut terdapat sumbu y yaitu GZ. GZ atau lengan stabilitas maksimum berguna untuk memberikan indikasi kemampuan kapal untuk kembali ke posisi stabil pada sudut kemiringan tertinggi. Untuk mengetahui kemampuan kapal kembali ke posisi tegak digambarkan dengan luas area di bawah kurva. Semakin luas area sehingga semakin besar kemampuan kapal dalam mengatasi gaya yang menyebabkan kapal terbalik. Berdasarkan gambar 4.2, Luasan area dibawah kurva GZ paling besar yaitu pada case 1 dengan nilai maksimum GZ yaitu 1,064 m. Kemudian, GZ maksimum case 2 yaitu 0,963 m. Setelah itu, Pada case 3 terdapat maksimum GZ yaitu 0,759 m. Selanjutnya terdapat case 4 pada maksimum GZ yaitu 0,495 m. Namun, Nilai luasan area dibawah kurva GZ paling kecil terdapat pada case 5 yaitu dengan nilai maksimum GZ 0,195 m. Pada case 1, case 2, case 3, dan case 4 telah memenuhi kriteria IMO A.749 (18) *Code on Intact Stability* pada A. 749 (18) Ch3 – *Design criteria applicable to all ship*. Namun, pada case 5 tidak memenuhi kriteria tersebut dikarenakan nilai GZ yang rendah. Berdasarkan gambar 4.2, Untuk mengurangi *free surface effect*, Penulis memberikan solusi dengan memodelkan ruang muat dengan penambahan *longitudinal bulkhead*. Berdasarkan *Rules ClassNK Guidelines for the Safe Carriage of Nickel Ore Appendix D* sesuai persamaan 2.3 sehingga mendapatkan tebal longitudinal 0,1 m. Oleh karena itu, terdapat kenaikan lengan GZ dari gambar 4.1. Berdasarkan gambar 4.2, Pada case 1, case 2, case 3, case 4, dan case 5 telah memenuhi kriteria IMO A.749 (18) *Code on Intact Stability* pada A. 749 (18) Ch3 – *Design criteria applicable to all ship*. Luasan area dibawah kurva GZ paling besar yaitu pada case 5 dengan nilai maksimum GZ yaitu 4,733 m. Kemudian, Pada case 4 dengan maksimum GZ yaitu 4,638 m. Setelah itu, Pada case 3 dengan maksimum GZ yaitu 4,476 m. Selanjutnya, Pada case 2 dengan maksimum GZ yaitu 4,219 m. Namun, Nilai luasan area dibawah kurva GZ paling kecil terdapat pada case 1 yaitu dengan nilai maksimum GZ 3,828 m. Dengan adanya penambahan variasi longitudinal bulkhead pada kapal dapat mengurangi terjadinya *free surface effect*.

4.4 Olah Gerak Kapal

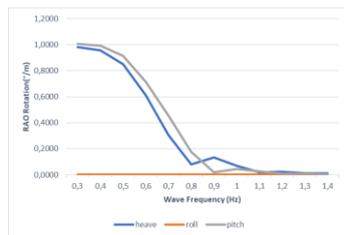
Olah gerak kapal berfungsi untuk mengetahui mempertimbangkan kenyamanan dan keselamatan penumpang agar tidak terjadi *motion sickness*. Untuk menganalisa olah gerak kapal menggunakan *software maxsurf motion*. Analisa olah gerak kapal menggunakan pemodelan kapal variasi *longitudinal bulkhead*. Salah satu yang menyebabkan kapal mengalami pergerakan yaitu gelombang laut. Kapal mengalami 3 jenis pergerakan osilasi dari gelombang laut, yaitu: *roll*, *pitch*, dan *heave*. Kapal akan mengalami arah datangnya gelombang, yaitu: *Following sea*, *Beam sea*, dan *Head Sea*.



Gambar 4.3 following sea



Gambar 4.4 Beam sea



Gambar 4.5 Head sea

Terdapat sumbu x pada grafik yaitu *wave frequency* (Hz) yang dimana untuk mengetahui banyaknya suatu gerakan kapal yang terjadi dalam satu waktu. Kemudian, Terdapat sumbu y pada grafik yaitu *RAO rotation* ($^{\circ}/m$). *RAO rotation* ($^{\circ}/m$) berfungsi untuk mengetahui besar sudut gerakan kapal yang terjadi pada gerakan rotasi dan mengetahui besarnya jarak perpindahan kapal pada gerakan translasi. Pada gambar 4.3, *following sea* terjadi *couple motion* yaitu *pitch* dan *heave*. Hasil *following sea* paling besar terdapat pada frekuensi *pitch* yaitu 0,25 Hz dengan nilai RAO 1,24 $^{\circ}/m$. Pada gambar 4.4, *beam sea* mengalami tiga pergerakan yaitu *heave*, *roll*, dan *pitch*. Hasil analisa *beam sea* paling besar terdapat pada frekuensi *roll* yaitu 0,2 Hz dengan nilai RAO 5,23 $^{\circ}/m$. Pada gambar 4.5, *head sea* terjadi *couple motion* yaitu *pitch* dan *heave*. Hasil analisa *head sea* paling besar terdapat pada frekuensi *pitch* yaitu 0,3 Hz dengan nilai RAO 1,01 $^{\circ}/m$.

5. Kesimpulan

Pengujian stabilitas kapal dilakukan dalam lima *case*, yaitu: *case 1* kondisi muatan 100% padat, *case 2* kondisi muatan 75% padat 25% cair, *case 3* kondisi muatan 50% padat 50% cair, *case 4* kondisi muatan 25% padat 75% cair, dan *case 5* kondisi muatan 100% cair. Hasil analisa stabilitas maksimum GZ terbesar pada *case 1* yaitu 1,064 m. Namun, Pada *case 5* kondisi muatan 100% cair menghasilkan analisa stabilitas sebesar GZ maksimum = 0,195 dan deg pada sudut 30 derajat. Pada kondisi ini menyatakan tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh IMO A.749 (18) *Code on Intact Stability*.

Untuk mencegah kapal terjadinya *capsize* dan tenggelam, penulis melakukan penelitian dengan menambahkan *longitudinal bulkhead* pada ruang muat. Luasan area dibawah kurva GZ paling besar yaitu pada *case 5* dengan nilai maksimum GZ yaitu 4,733 m. Namun, Nilai luasan area dibawah kurva GZ paling kecil terdapat pada *case 1* yaitu dengan nilai maksimum GZ 3,828 m. Pada *case 1*, *case 2*, *case 3*, *case 4*, dan *case 5* telah memenuhi kriteria IMO A.749 (18) *Code on Intact Stability* pada A. 749 (18) Ch3 – *Design criteria applicable to all ship*. Dengan adanya penambahan variasi *longitudinal bulkhead* pada kapal dapat mengurangi terjadinya *free surface effect*.

Olah gerak kapal yang dianalisa adalah *roll*, *pitch*, dan *heave*. Arah datang gelombang yang dianalisa, yaitu: *following sea*, *beam sea*, *head sea*. Hasil analisa yang mengalami pergerakan paling banyak gerakan terdapat pada *beam sea*. Selain itu, Nilai RAO paling besar terdapat pada *beam sea* yaitu 5,23 $^{\circ}/m$. Oleh karena itu, Hasil arah datang gelombang yang terburuk yaitu pada *beam sea*.

Referensi

- Bastian, R. (2015). ANALISA GERAKAN PITCHING KAPAL FIBER PERTAMINA MARINE REGION V SURABAYA 01 PADA KONDISI TRIM HALUAN. In *Gastronomia ecuatoriana y turismo local*. (Vol. 1, Issue 69).
- ClassNK. (2012). Guidelines for the Safe Carriage of Nickel Ore Second Edition. In *second section*.
- Cooke, P., Crouch, N., Scales, A., & Bliault, C. (2013). *BULK MINERAL CARGO LIQUEFACTION Skuld Pocket Guide for Masters and Officers: POCKET GUIDE This is a web version of a pocket guide published by Skuld in cooperation with Brookes Bell*.
- Coutsar, A. N., & Setyawan, D. (2019). Analisis Tegangan Sekat Memanjang Tanker akibat Beban Sloshing menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik ITS*, 8(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i1.42052>
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. (2021). *TENGGELAMNYA NUR ALLYA IMO 9245237 DI PERAIRAN HALMAHERA, MALUKU UTARA, REPUBLIK INDONESIA*.
- Novita S.S., K., Achmadi, T., & Dwi Lazuardi, S. (2018). Analisis Skala Penambangan Mineral dan Pengangkutan (Studi kasus Angkutan Nikel di sulawesi tenggara). *Jurnal Teknik ITS*, 07(1).
- Novita, Y., Dwi Ramadhan, A., & Mohammad Imron, dan. (2013). EFEK PERBEDAAN LUAS FREE SURFACE MUATAN CAIR TERHADAP GERAKAN ROLLING MODEL KAPAL Influence of free surface area of liquid cargo towards rolling motion of a ship model. In *Jurnal Sainstek Perikanan* (Vol. 8, Issue 2).
- Pranatal, E. (2021). Analisis Pengaruh Sudut Deadrise Planning Craft Terhadap Stabilitas Dan Seakeeping. *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 14(2), 61–72. <https://doi.org/10.29122/jurnalwave.v14i2.4454>
- Rosyada, A., Endro W, R. D., & Arif Kurmiawan, M. (2023). Effects of adding sideboard and longitudinal bulkhead construction on ship stability of open-top cargo ship. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1166(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1166/1/012042>