

Tema Penelitian : Transportasi dan Infrastruktur

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**



**PENGARUH SEKAT DAN KONFIGURASI ELEMEN PELAT BERPENEGAR
TERHADAP KEKUATAN KAPAL**

TIM PENGUSUL

Muhammad Zubair Muis Alie, ST., MT., Ph.D / 0008067609 (Ketua)

Ir. Juswan, MT / 0031126207 (Anggota)

Wahyuddin, ST., MT / 0002027203 (Anggota)

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Pengaruh Sekat dan Konfigurasi Elemen Pelat Berpenegar terhadap Kekuatan Kapal
Tema Penelitian : Transportasi & Infrastruktur
Output Penelitian : Artikel Jurnal Internasional Bereputasi
Prosiding Internasional Bereputasi
Buku Referensi/Ajar

Ketua Peneliti
a. Nama Lengkap : Muhammad Zubair Muis Alie, ST., MT., Ph.D
b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
b. NIDN : 0008067609
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
d. Jabatan Struktural : Kepala Laboratorium Struktur Kelautan
e. Telpon/Fax/E-mail : 081382815767/zubair.m@eng.unhas.ac.id

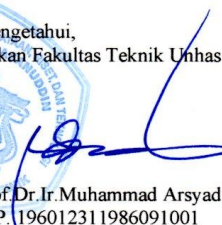
Anggota Peneliti (1)
a. Nama Lengkap : Ir. Juswan, MT
b. NIDN/No Telp : 0031126207/089662273275

Anggota Peneliti (2)
a. Nama Lengkap : Wahyuddin, ST., MT
b. NIDN/No Telp : 0002027203/081355531667

Lama Penelitian Keseluruhan : 3 Tahun
Usulan Penelitian Tahun ke- : 2
Biaya keseluruhan : Rp. 297.030.000,-
Biaya yang disetujui : Rp. 151.690.000,-


Makassar, 10-10-2021

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik Unhas



Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT
NIP. 196012311986091001

Ketua Peneliti,



Muhammad Zubair Muis Alie, ST., MT., Ph.D
NIP. 197506082005011003

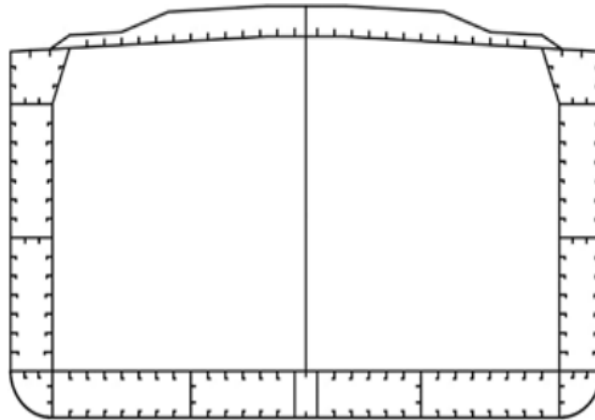
Menyetujui,
Ketua LP2M Unhas,

Prof. Dr. Andi Alimuddin, M.Si
NIP. 196201181987021001

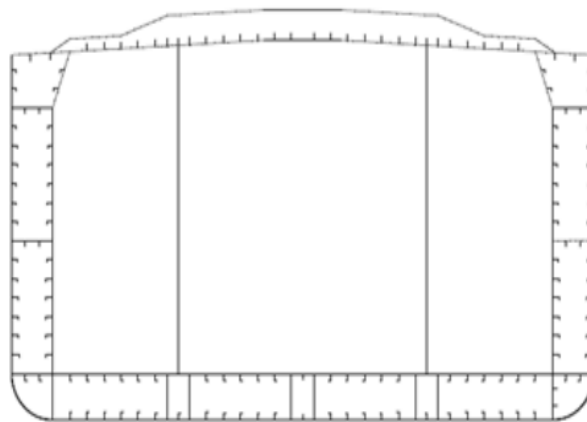
Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

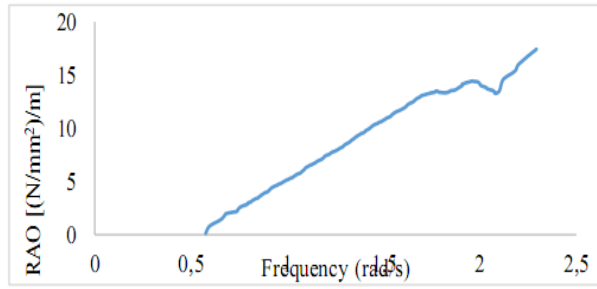
Hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai pada tahun kedua (Tahun 2021) yang meliputi data adalah data dimensi kapal, dimensi pelat dan pelat berpenegar yang terdapat pada bagian konstruksi secara garis besar yang mendukung kekuatan kapal yang terdapat di geladak, lambung dan bottom (dasar). Kemudian data material properti yang digunakan seperti tegangan luluh, modulus elastisitas, tegangan tarik, densitas dan rasio poisson. Berdasarkan data-data kapal yang telah diperoleh baik dengan survey atau dengan data sekunder, kemudian dimodelkan dan dianalisis dengan menggunakan metode numerik atau metode elemen hingga. Hasil dari analisis dengan menggunakan metode numerik atau metode elemen hingga tersebut berupa respon struktur berupa perpindahan titik, gaya-gaya elemen yang terdapat pada konstruksi, tegangan yang terjadi di geladak dan di bottom (dasar), momen dan rotasi serta deformasi struktur kapal baik pada kondisi hogging dan sagging. Dari hasil analisis juga tersebut dapat diperoleh umur struktur. Data dan hasil berupa gambar dan grafik ditampilkan sebagai berikut:



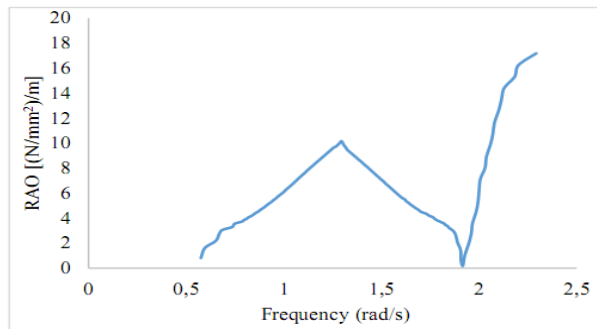
Gambar 1. Penampang kapal dengan sekat membujur tunggal



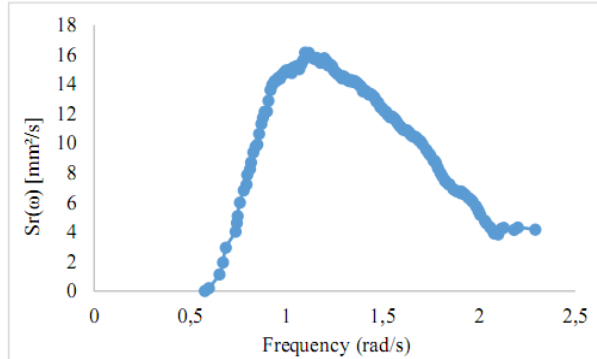
Gambar 2. Penampang kapal dengan sekat membujur ganda



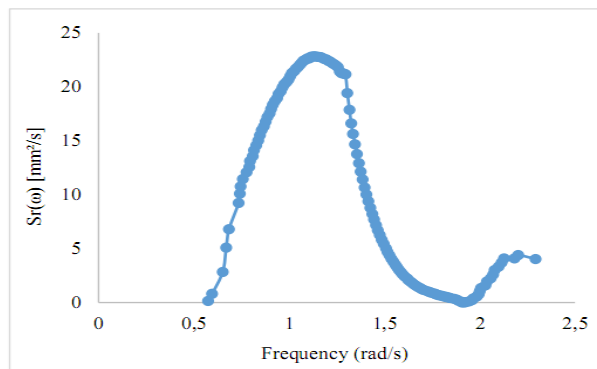
Gambar 3. Hasil RAO dengan sekat membujur tunggal



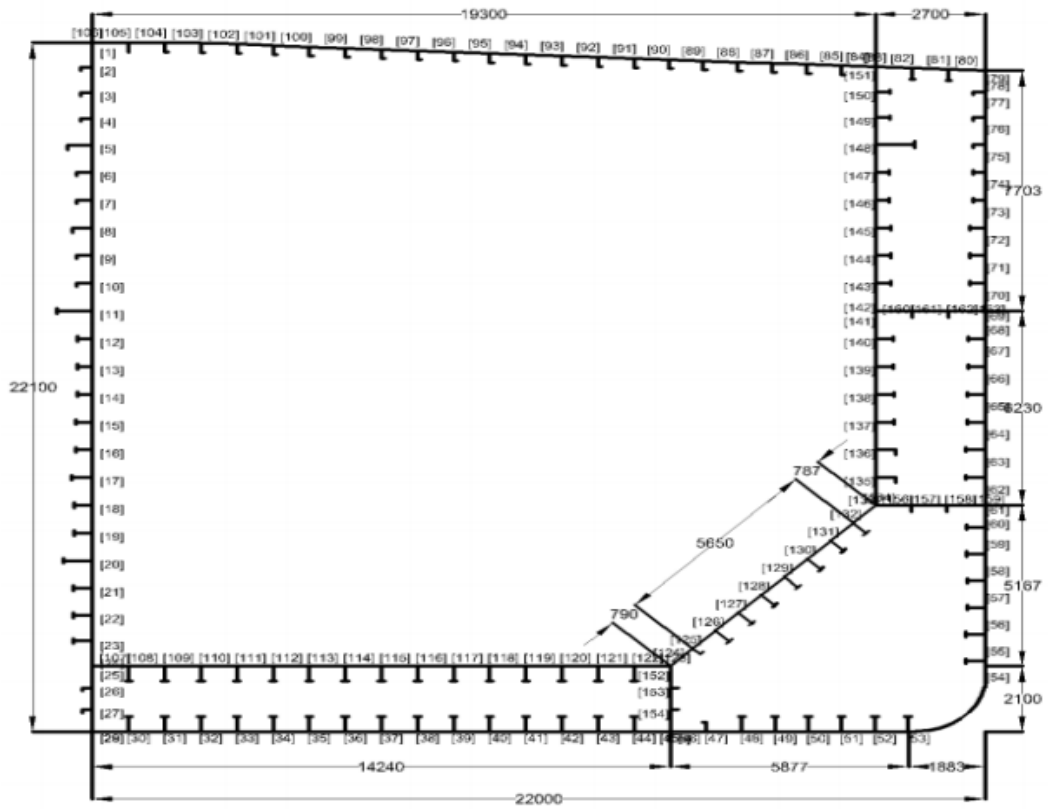
Gambar 4. Hasil RAO dengan sekat membujur ganda



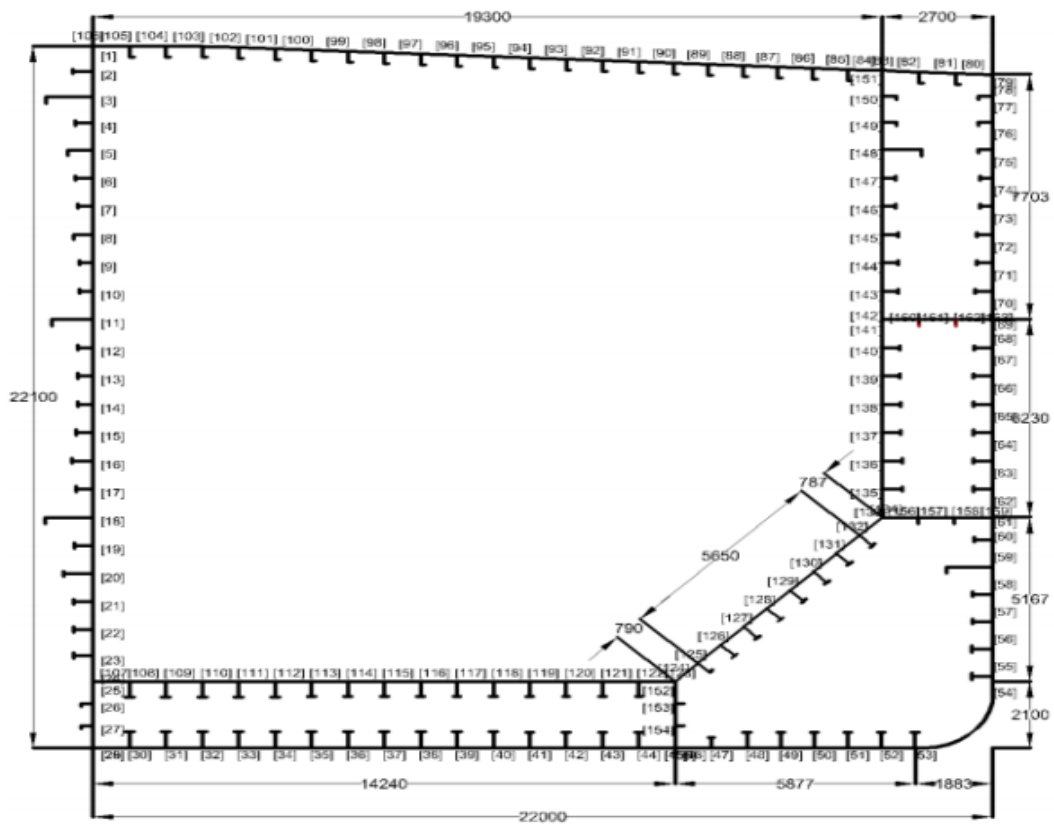
Gambar 5. Hasil Spektrum respon tegangan sekat membujur tunggal



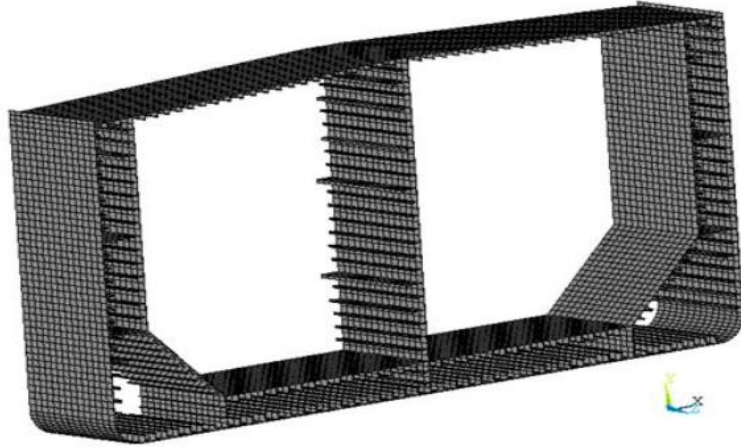
Gambar 6. Hasil Spektrum respon tegangan sekat membujur ganda



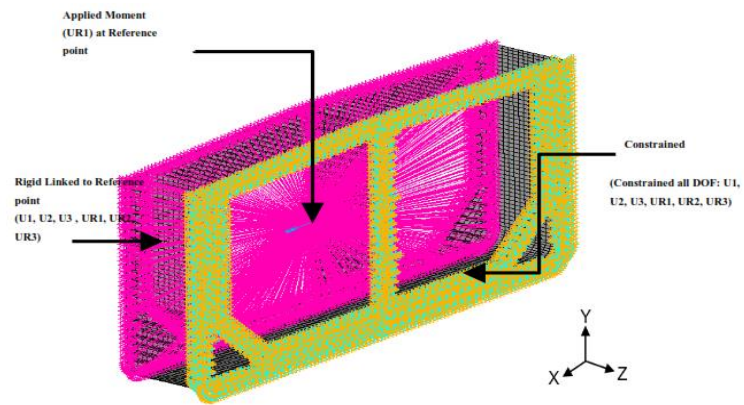
Gambar 7. Penampang kapal double hull tanker type-1



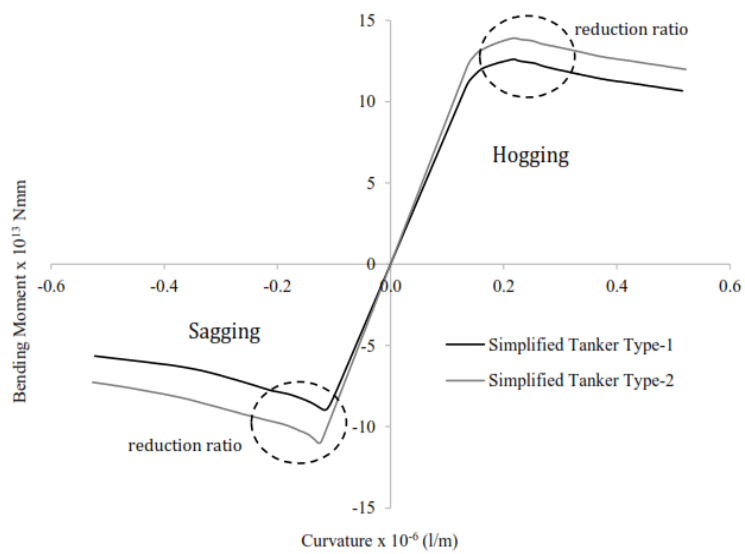
Gambar 8. Penampang kapal double hull tanker type-2



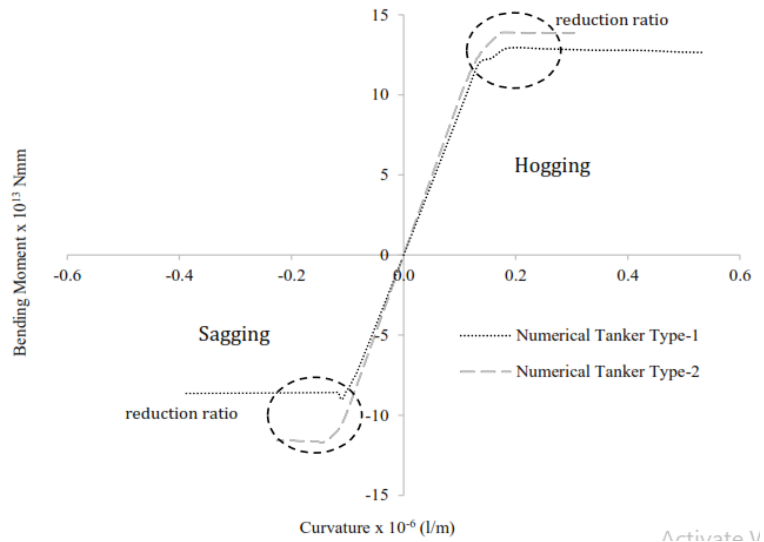
Gambar 9. Finite Element Model



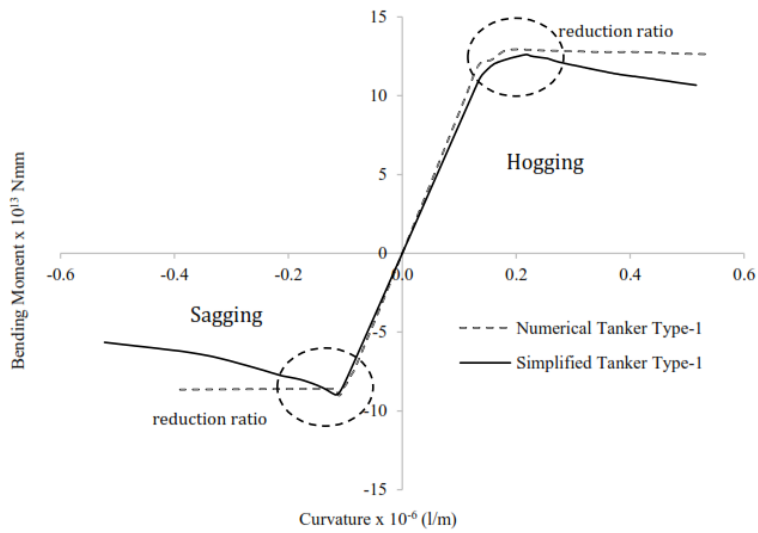
Gambar 10. Beban dan kondisi batas



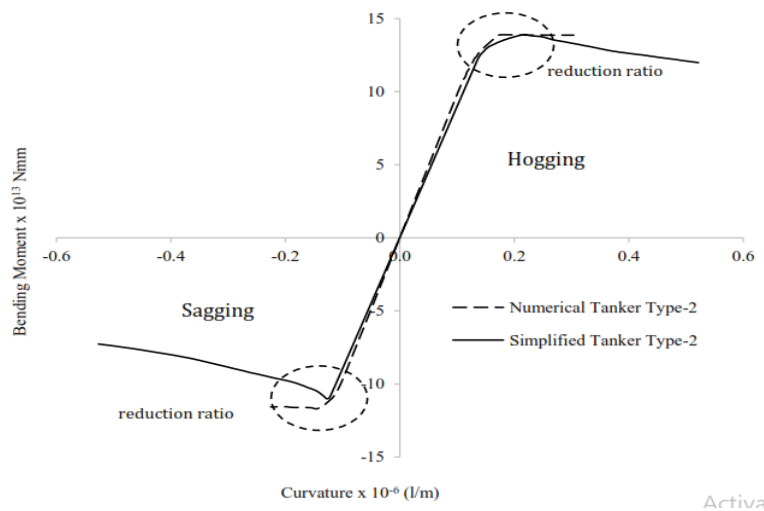
Gambar 11. Komparasi kuat batas kapal pendekatan sederhana tipe-1 dan tipe-2



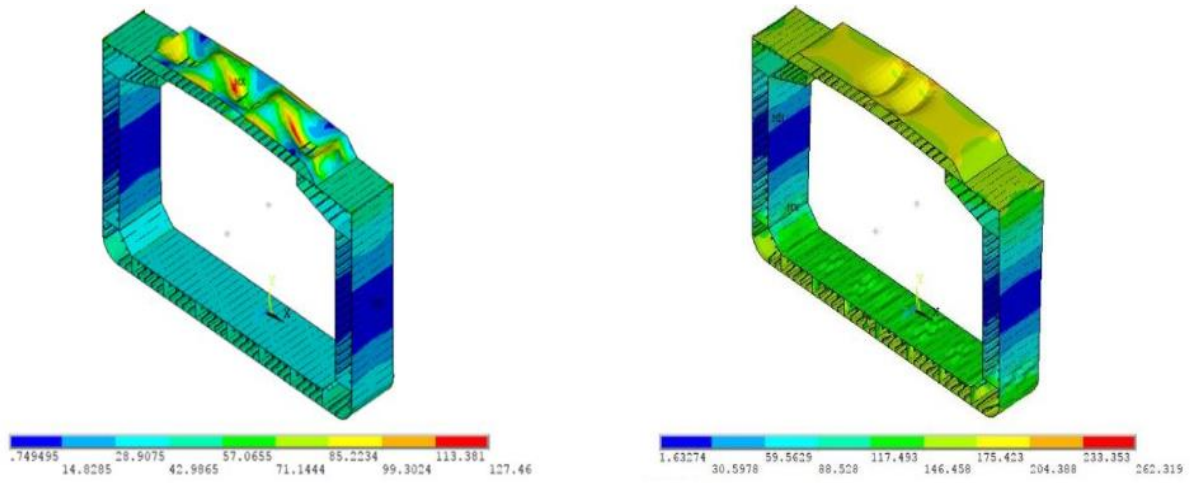
Gambar 12. Komparasi kuat batas kapal metode numerik sederhana tipe-1 dan tipe-2



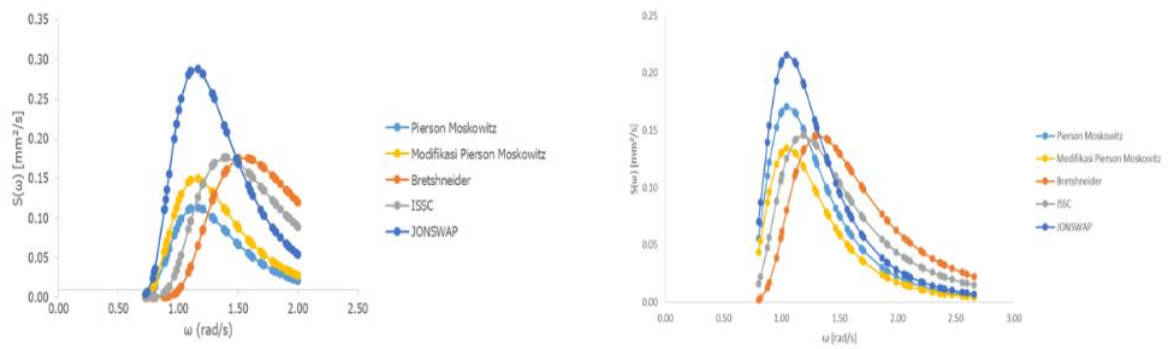
Gambar 13. Reduksi kuat batas kapal metode numerik dan pendekatan sederhana tipe-1



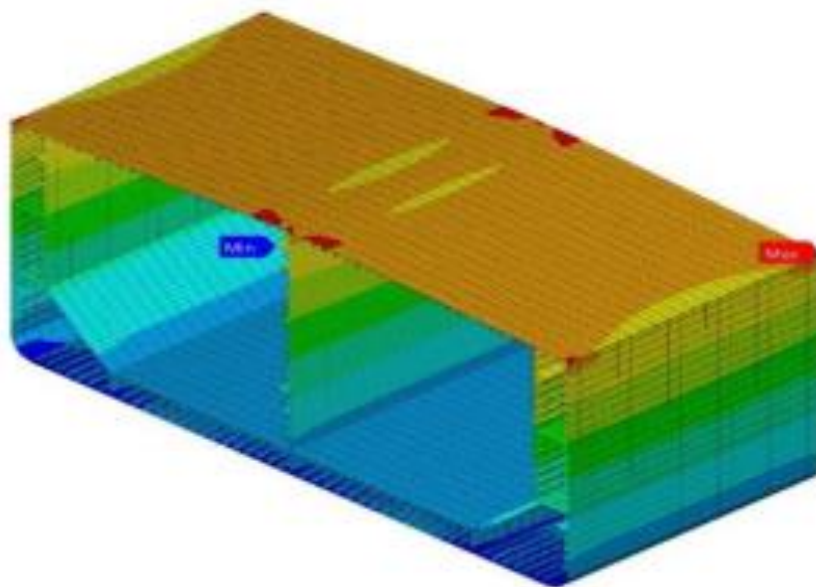
Gambar 14. Reduksi kuat batas kapal metode numerik dan pendekatan sederhana tipe-2



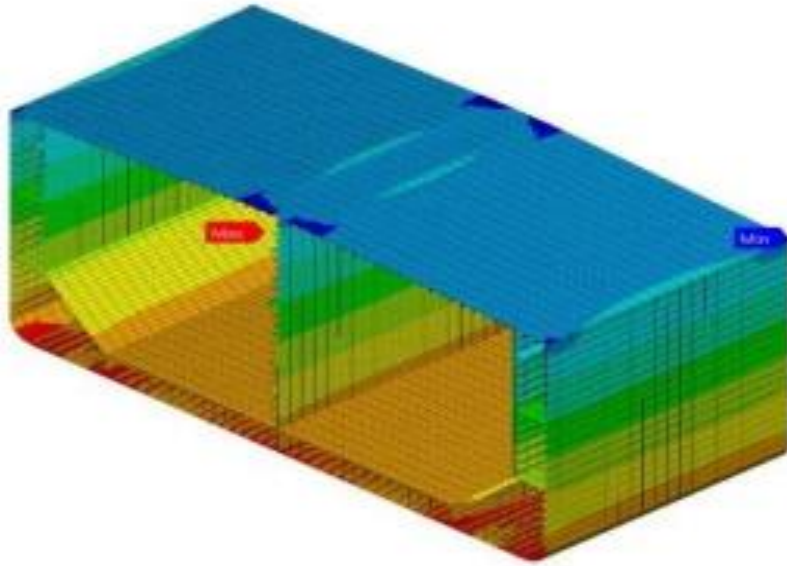
Gambar 15. Distribusi tegangan



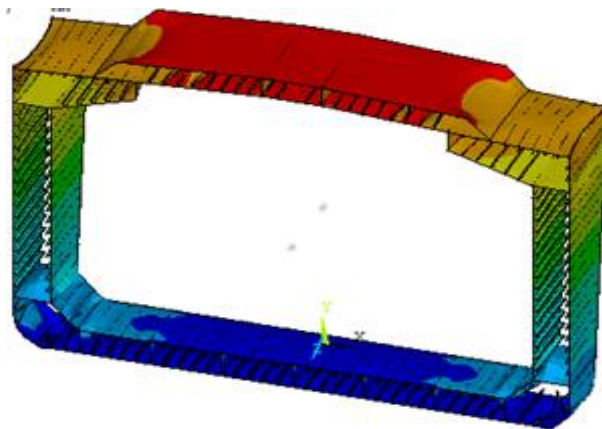
Gambar 16. Spektrum gelombang



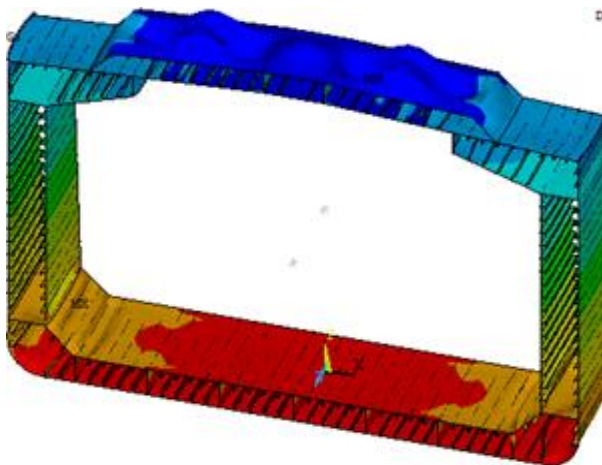
Gambar 17. Distribusi tegangan satu ruang muat kondisi hogging



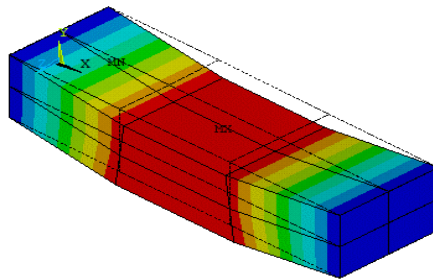
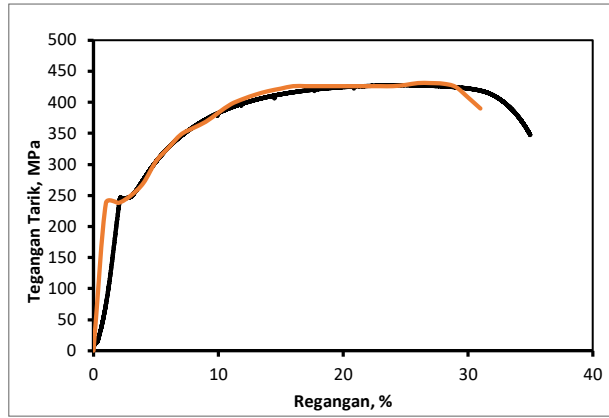
Gambar 18. Distribusi tegangan satu ruang muat kondisi sagging



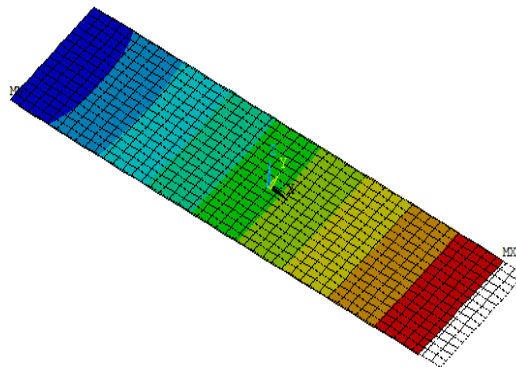
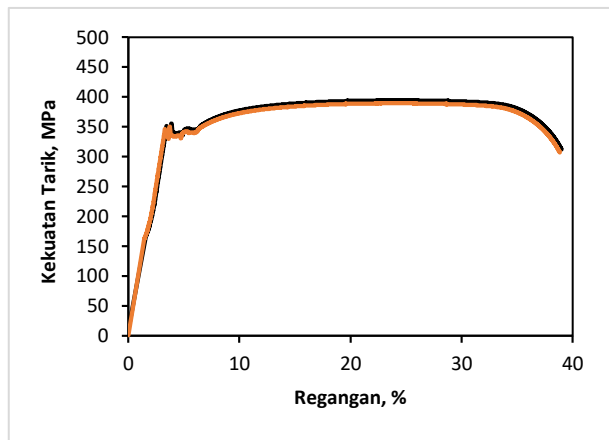
Gambar 19. Deformasi kondisi hogging



Gambar 20. Deformasi kondisi sagging



Gambar 21. Komparasi tegangan-regangan antara FEM dan Eksperimen pada balok



Gambar 22. Komparasi tegangan-regangan antara FEM dan Eksperimen pada pelat

Penelitian yang terkait dengan analisis kekuatan kapal sudah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti; Analisis keandalan dan sensitifitas dari penumpu lambung kapal tanker dan bulk carrier pada kondisi utuh dilakukan oleh Piscopo dan Scamardella (2019). Toh et al (2012) mengembangkan program perhitungan sederhana untuk menghitung kekuatan kapal pada kondisi utuh dan rusak serta reduksi dari kekuatan sisa diinvestigasi. Hasil perhitungan dari metode sederhana dibandingkan dengan hasil Finite Element baik pada kondisi utuh maupun kondisi pasca kerusakan. Analisis numerik oleh (Xia et al., 2019) dilakukan terhadap kekuatan sisa penumpu lambung kapal dalam pengaruh beban siklus uniaxial.

Notaro et al (2010) melakukan pengujian dengan menggunakan Finite Element model penuh dari penampang lambung kapal pada kondisi utuh dan rusak. Beberapa faktor yang berpengaruh seperti model dan kompleksitasnya, asumsi model yang rusak, dan ketidaksempurnaan awal dari model yang diberikan, diinvestigasi pada kapal yang berbeda. Ditemukan bahwa pengaruh panjang kerusakan pada arah vertikal lebih kritis dibandingkan panjang kerusakan pada arah memanjang, dan variasi dari lokasi kerusakan mempengaruhi konsentrasi tegangan pada daerah kerusakan. Muis Alie (2018a) menganalisis kekuatan kapal yang disebabkan oleh kerusakan tubrukan yang tidak simetris dengan mempertimbangkan efek dari translasi dan rotasi sumbu netral. Muis Alie (2018b) menginvestigasi kekuatan penumpu lambung kapal yang disebabkan oleh kandas dan kerusakan dimodelkan pada bagian dasar kapal. Pengaruh kerusakan yang tidak simetris terhadap kekuatan sisa struktur lambung kapal juga telah diteliti oleh (Muis Alie, M.Z 2016, b dan c). Serta pengaruh bangunan atas terhadap kekuatan memanjang kapal Ro-Ro juga telah dianalisa oleh Muis Alie, M.Z (2016a).

Campanile, A et al (2018) melakukan analisis pada kapal bulk carrier pasca terjadinya kerusakan yang disebabkan oleh tubrukan dengan menggunakan simulasi Monte Carlo. Dua model tubrukan yang digunakan dan didasarkan pada format deterministik dalam HCSR untuk kapal tanker dan bulk carrier. Campanile, A et al (2016) melakukan analisis pada kapal bulk carrier pada kondisi intact dan rusak dengan menggunakan metode time-variant reliability first-order (FORM), second-order reliability (SORM) dan simulasi contoh. Liu, R et al (2015) merepresentasikan metode analisis sederhana untuk menguji mekanisme redaman energi dari specimen pelat berpenegar dengan skala kecil. Kim, D, H dan Paik, J, K (2017) mengembangkan metode full-automated untuk disain optimum dari konstruksi struktur lambung untuk kapal-kapal niaga yang dimodelkan dengan elemen hingga pelat shell. Parunov, J et al (2017) kekuatan sisa dari kapal double hull tanker Aframax pasca terjadinya tubrukan. Picopo, V dan Scamardella, A (2019) fokus pada analisis keandalan dan sensitivitas dari kapal tanker dan bulk carrier pada kondisi intact.

Tekgoz, M et al (2018) menganalisis pengaruh kerusakan struktur yang berhubungan dengan perpindahan dan rotasi sumbu netral dari kapasitas beban sisa pada kapal container yang diberi beban lentur yang tidak simetris. Van, T, V et al (2018) focus pada pengaruh ketidaksempurnaan awal dan korosi yang berhubungan dengan penurunan umur kekuatan dari kapal bulk carrier. Wang, C et al (2018) focus pada investigasi secara numerik dari kekuatan lambung dalam tiga dimensi pada kapal container. Wang, H et al (2016) mengevaluasi kerusakan dari sebuah lambung kapal sederhana terhadap beban hampasan air. Xu, M, C et al (2017) menampilkan sebuah model elemen hingga yang sesuai dan handal dalam metode eksplicit dinamik yang mana dapat menjaga keseimbangan dari hasil keakuratan yang dapat diterima dan sumber perhitungan pada kekuatan lambung kapal dalam pengaruh momen lentur.

D. **STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan pada tahun pelaksanaan penelitian. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian luaran

Luaran wajib yang pertama adalah Artikel Jurnal Internasional Terindeks SCOPUS yaitu Advances in Mechanics dan artikel tersebut sudah "**PUBLISHED**". Judul dan Penulis ditampilkan pada Gambar 23 dan diunggah di simlitabmas.ristekdikti.go.id.

Prediction of Fatigue Life on Double Hull Oil Tanker with Single and Double Longitudinal Bulkheads

Muhammad Zubair Muis Alie^{1*}, Juswan¹, Wahyuddin Mustafa and Renaldy Yusuf

¹Associate Professor, Department of Ocean Engineering, Engineering Faculty Hasanuddin University, Makassar, Indonesia.

Email: zubair.m@eng.unhas.ac.id

Gambar 23. Judul dan Penulis untuk Jurnal Advances in Mechanics

Luaran yang kedua adalah Artikel Jurnal Internasional Terindeks SCOPUS yaitu Journal of Marine Systems & Ocean Technology dan **“SUDAH DISUBMITTED”**. Judul dan Penulis ditampilkan pada Gambar 24

Marine Systems & Ocean Technology Estimation of Longitudinal Strength on Double Hull Ship --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	MSOT-D-21-00041	
Full Title:	Estimation of Longitudinal Strength on Double Hull Ship	
Article Type:	Original Paper	
Funding Information:	Ministry of Education and Culture of the Republic of Indonesia (7/AMD/E1/KP.PTNBH/2020)	Dr Muhammad Zubair Muis Alie
Abstract:	The ship's hull may be idealized as a beam floating on water surface. It withstands the load acting on it, so that the hull which consists of many elements should be analyzed for the global structural strength. Double hull ship like tanker has many elements inside hull construction. Those elements installed both in transversal and longitudinal directions. In case of longitudinal strength, the longitudinal stiffeners installed are the most important element that must be evaluated. In the present study, the estimation of longitudinal strength on two double hull tanker is conducted considering the effect of number and dimension of the longitudinal stiffeners which varies at deck, side and bottom part. The analytical and numerical methods are used to estimate the longitudinal strength of two double hull tanker. Both analytical and numerical methods are performed to estimate the longitudinal strength of double hull tanker under hogging and sagging conditions which is assumed to remain plane during a progressive collapse.	
Corresponding Author:	Muhammad Zubair Muis Alie, Ph.D Hasanuddin University: Universitas Hasanuddin Gowa, Sulawesi Selatan INDONESIA	

Activate W

Gambar 24. Judul dan Penulis untuk Jurnal Marine Systems & Ocean Technology

Luaran yang ketiga adalah Artikel Jurnal Internasional Terindeks SCOPUS yaitu Key Engineering Materials dan **“SUDAH DISUBMITTED”**. Judul dan Penulis ditampilkan pada Gambar 25.

Fatigue Life Prediction Before and After Conversion from FSO to FPSO

Muhammad Zubair MUIS ALIE^{1, a*}, Adriani PHADY^{2,b}, Juswan^{3,c} and
Wahyuddin MUSTAFA^{4,d}

¹Department of Ocean Engineering, Engineering Faculty, Hasanuddin University, Makassar, Indonesia

²Department of Ocean Engineering, Engineering Faculty, Hasanuddin University, Makassar, Indonesia

³Department of Ocean Engineering, Engineering Faculty, Hasanuddin University, Makassar, Indonesia

⁴Department of Naval Architecture, Engineering Faculty, Hasanuddin University, Makassar, Indonesia

^{a*}zubair.m@eng.unhas.ac.id, ^badrianiphady18@gmail.com, ^cjuswansade@gmail.com, ^dwahyumustafa@yahoo.co.id

Gambar 25. Judul dan Penulis untuk Jurnal Key Engineering Materials

Luaran yang keempat adalah Artikel Prosiding Internasional Terindeks SCOPUS yaitu Marine Structures yang sudah **“DIACCEPTED DAN SUDAH DILAKSANAKAN DAN TINGGAL MENUNGGU PUBLIKASI”**. Judul dan Penulis ditampilkan pada Gambar 26 dan diunggah di simlitabmas.ristekdikti.go.id.

Numerical estimation of ultimate strength on double hull oil tanker cargo area

M.Z. Muis Alie, M. Fathurahkman & Juswan

Department of Ocean Engineering, Engineering Faculty, Hasanuddin University, Makassar, Indonesia

F.A. Prasetyo

Research and Development Divison, Biro Klasifikasi Indonesia, Jakarta, Indonesia

Gambar 26. Judul dan Penulis untuk Prosiding Marine Structures

Luaran yang kelima adalah Artikel Prosiding Internasional Terindeks SCOPUS yaitu International Conference on Marine Research and Technology dan **“SUDAH DISUBMITTED DAN TELAH DILAKSANAKAN DI BULAN OKTOBER”**. Judul dan Penulis ditampilkan pada Gambar 27.

Collapse Analysis on the FPSO Considering the Effect of Double Bottom Height

Muhammad Zubair Muis Alie^{1*}, Rian Sagita¹, Indah Melati Suci¹, Juswan¹ and Wahyuddin Mustafa²

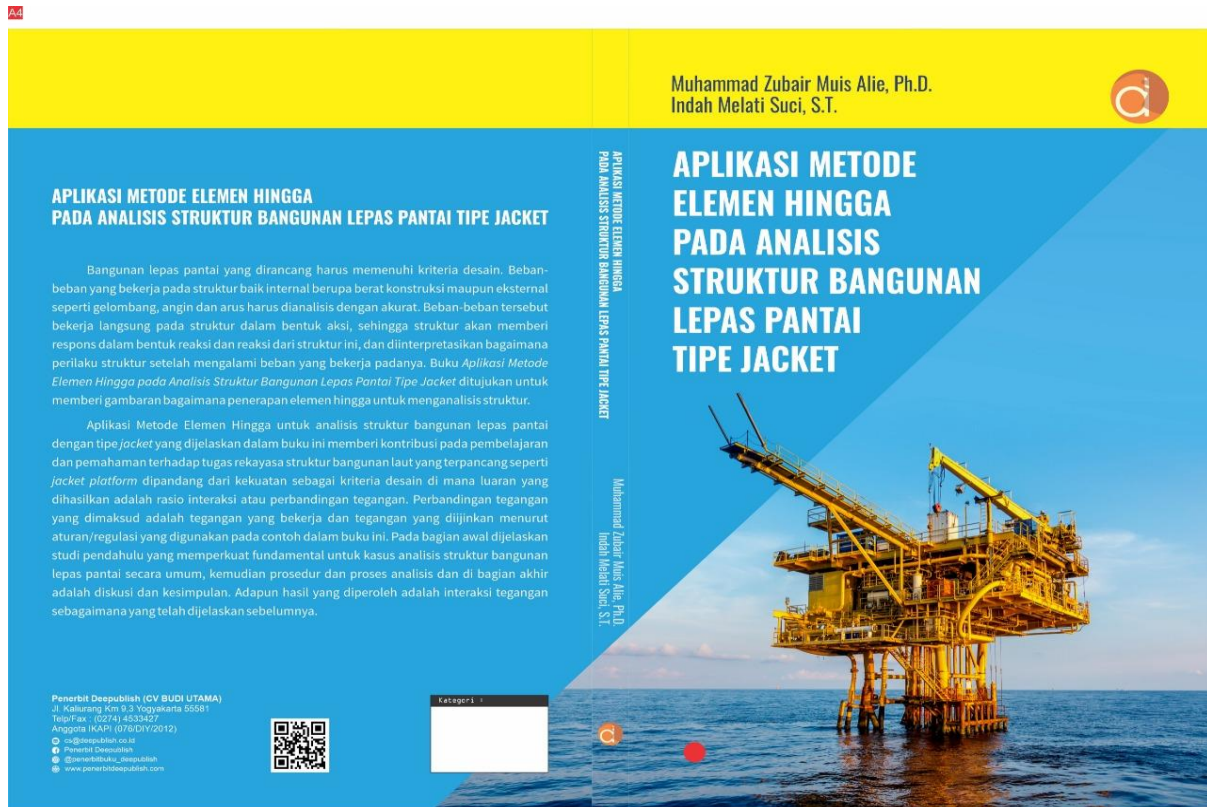
¹Department of Ocean Engineering, Engineering Faculty, Hasanuddin University, Makassar, Indonesia

²Department of Naval Architecture, Engineering Faculty, Hasanuddin University, Makassar, Indonesia

*Corresponding author: zubair.m@eng.unhas.ac.id

Gambar 27. Judul dan Penulis untuk Prosiding ICOMAREST

Luaran yang keenam adalah Buku dengan judul Aplikasi Metode Elemen Hingga pada Analisis Struktur Bangunan Lepas Pantai Tipe Jacket sudah **"PUBLISHED/TERBIT"**. Bagian depan/cover buku ditampilkan pada Gambar 28.



Gambar 28. Sampul depan/cover Buku

Luaran yang ketujuh adalah Modul judul Modul 2021 Aplikasi Multiple Point Constrained (MPC) Pada Penampang Kapal sudah **“PUBLISHED/TERBIT”**. Bagian depan/cover buku ditampilkan pada Gambar 29.



Gambar 29. Sampul depan/cover Modul

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (jika ada). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian mitra

Tidak ada MITRA pada penelitian ini.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kendala yang dihadapi selama penelitian adalah : 1. Keterbatasan fasilitas seperti jumlah Personal Computer (PC) dengan kapasitas besar dengan spesifikasi dan kecepatan memori yang tinggi ketika membuat model dan proses running, 2. Software dan lisensi yang digunakan masih dalam bentuk versi student, dengan kata lain jumlah titik dan elemen ketika memodelkan struktur masih terbatas. Hal ini berbeda jika menggunakan versi akademik/research. 3. Keterbatasan SDM dalam penguasaan software berbasis numerik untuk analisis struktur baik data maupun model.

G. RENCANA TINDAK LANJUT PENELITIAN: Tuliskan dan uraikan rencana tindak lanjut penelitian selanjutnya dengan melihat hasil penelitian yang telah diperoleh. Jika ada target yang belum diselesaikan pada akhir tahun pelaksanaan penelitian, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai tersebut.

Rencana tahapan berikutnya adalah tahun ketiga dimana penelitian difokuskan pada analisa elemen pelat berpenegar pada arah membujur konstruksi kapal. Pelat berpenegar ini dimodelkan di laboratorium uji lalu dilakukan uji lentur sederhana dengan dimensi yang sudah ditetapkan. Hasil dari pengujian pelat berpenegar ini kemudian diolah dan dikonversi dalam bentuk grafik. Selanjutnya model pelat berpenegar ini dianalisis dengan menggunakan metode numerik/metode elemen hingga berbasis software. Hasil yang diperoleh dari laboratorium uji dikomparasi dengan menggunakan metode numerik/metode elemen hingga. Dari kedua hasil tersebut dituangkan dalam bentuk artikel yang nantinya disubmit di jurnal internasional bereputasi.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Campanile, A, Piscopo, V and Scamardella, A, (2018). "Conditional Reliability of Bulk Carriers Damaged by Ship Collisions," *Marine Structure*, 58, 321-341.
2. Campanile, A, Piscopo, V and Scamardella, A, (2018). "Time-Variant Bulk Carrier Reliability Analysis in Pure Bending Intact and Damage Conditions," *Marine Structure*, 46, 193-228
3. Kim, D., H and Paik, J., K, (2017). "Ultimate Limit State-Based Multi-Objective Optimum Design Technology for Hull Structural Scantlings of Merchant Cargo Ships," *Ocean Engineering*, 129, 318-334.dst.
4. Liu, B, Villavicencio, R, Soares, C., G, (2015). "Simplified method for Quasi-Static Collision Assessment of a Damaged Tanker Side Panel," *Marine Structure*, 40, 267-288.
5. Muis Alie, M.Z, (2018a). "Simplified Approach on the Ultimate Hull Girder Strength of Asymmetrically Damaged Ships," *International Journal of Offshore and Polar Engineering*, 28, 200–205.
6. Muis Alie, M.Z, (2018b). "Investigation of Ship Hull Girder Strength with Grounding Damage," *Makara Journal of Technology*, 22, 88-93.
7. Muis Alie, M.Z et al. 2016a. "The Influence of Superstructure on the Longitudinal Ultimate Strength of Ro-Ro Ship," *Proceeding of the 26th International Offshore and Polar Engineers, ISOPE, Rhodes,Greece*, 1022-1029.
8. Muis Alie, M.Z et al. 2016b. "Finite Element Analysis on the Hull Girder Ultimate Strength of Asymmetrically Damaged Ships," *Proceeding of the 35th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE, Busan,Korea*.
9. Muis Alie, M.Z 2016c. "Residual Strength Analysis of Asymmetrically Damaged Ship Hull Girder Using Beam Finite Element Method," *Makara Journal of Technology* 20: 7-12.
10. Notaro, G. et al. 2010. "Residual Hull Girder Strength of Ships with Collision or Grounding Damages," *Proc 11th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures, PRADS, Rio de Janeiro, Brazil*, 941-951.
11. Parunov, J, Rudan, S and Primorac, B., B, (2017). "Residual Ultimate Strength Assessment of Double Hull Oil Tanker after Collision," *Engineering Structures*, 148, 704-717.
12. Piscopo, P and Scamardella, A (2019). "Sensitivity analysis of hull girder reliability in intact condition based on different load combination methods," *Marine Structures*, 64, 18-34.
13. Tekgoz, M, Garbatov, Y and Soares, C., G, (2018). "Strength Assessment of an Intact and Damaged Container Ship Subjected to Asymmetrical Bending Loadings," *Marine Structures*, 58, 172-198.
14. Toh, K, Maeda, M., and Yoshikawa, T. 2012. "The Effect of Initial Imperfection on the Hull Girder Ultimate Strength of Intact and Damaged Ships," *Proceeding of the 22nd International Offshore and Polar Engineers, ISOPE, Rhodes,Greece*, 823-830.

15. Van, T., V, Yang, P and Van, T., D, (2018). "Effect of Uncertain Factors on the Hull Girder Ultimate Vertical Bending Moment of Bulk Carriers," *Ocean Engineering*, 148, 161-168.
16. Wang, C, Wu, J and Wang, D, (2018). "Numerical Investigation of Three-Dimensional Hull Girder Ultimate Strength Envelope for an Ultra Large Container Ship," *Ocean Engineering*, 149, 23-37.
17. Wang, H, Cheng, Y., S, Liu, J and Gan, L, (2016). "Damaged Evaluation of a Simplified Hull Girder Subjected to Underwater Explosion Load: A Semi-Analytical Model," *Marine Structures*, 45, 43-62.
18. Xia, T, Yang, P, Li, C and Hu, K, (2019). "Numerical research on residual ultimate strength of ship hull plates under uniaxial cyclic loads," *Ocean Engineering*, 172, 385-395.
19. Xu, M., C, Song, Z., J and Pan, J, (2017). "Study on Influence of Nonlinear Finite Element Method Models on Ultimate Bending Moment for Hull Girder," *Thin-Walled Structures*, 119, 282-295.