



Analisa Kekuatan Deck BARGE NANIA 10070 DWT Dengan Dua Metode Pembebanan

Luh Putri Adnyani^{1*)}, Nur Aisyah²⁾, Sulistijono³⁾, Rima Gusriana Harahap¹⁾, Anggoronadhi Dianiswara¹⁾,
Nurmawati¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Kelautan, Institut Teknologi Kalimantan

²⁾Program Studi Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Kalimantan
Kampus ITK Karang Joang, Balikpapan 76127

³⁾Departemen Teknik Material & Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya, Indonesia 60111

diajukan pada : 21/02/19

direvisi pada : 11/06/19

diterima pada : 24/07/19

Abstrak

Kondisi struktur pelat tongkang dan banyak volume muatan, akan mempengaruhi jumlah tegangan yang mampu ditahan oleh suatu struktur. Analisa kekuatan deck dengan variasi pembebanan bertujuan untuk mengetahui tegangan maksimum yang berada di titik tertentu pada deck kapal, pada studi kasus ini adalah kapal tongkang Nania dengan adanya variasi metode pembebanan. Metode penelitian dimulai dengan pembebanan batu bara di atas tongkang dan membentuk gunung yang jumlahnya bervariasi serta disusun secara memanjang kapal. Pemodelan elemen hingga hanya dilakukan pada daerah midship dengan ukuran model adalah panjang 18,28 meter, lebar 27,45 meter, dan tinggi 5,5 meter, yang disesuaikan dengan studi kasus di lapangan. Variasi pembebanan dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan maksimum, antara lain: variasi ke-1 adalah midship kapal dibebani 1 gunung yaitu ketika tongkang membawa 4 gunung batu bara keseluruhan sepanjang kapal, dengan tiap gunung menyerupai prisma. Variasi ke-2 adalah 2 gunung pada midship jika tongkang mengangkut 5 gunung batu bara secara keseluruhan dengan bentuk gunung adalah limas. Dengan menggunakan software elemen hingga didapatkan hasil tegangan maksimum berada pada area replating pada kedua variasi yang memiliki tegangan maksimum sebesar 394,39 MPa dan 369,97 MPa. Kedalaman deformasi dari kedua tipe pembebanan yaitu 27,783 mm dan 28,765 mm yang masih dibawah toleransi deformasi maksimum (36 mm). Nilai safety factor berdasarkan tegangan ultimate sertifikat material kapal Nania ialah 1,303 dan 1,389. Nilai rata-rata safety factor dari keseluruhan percobaan yaitu 1,346, diatas angka standar $SF = 1$.

Copyright © 2019, **KAPAL**, 1829-8370 (p), 2301-9069(e)

Kata Kunci : Tegangan, Struktur, Deformasi, elemen hingga, tongkang

1. PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya sektor industri batu bara, sangat diperlukan suatu alat transportasi yang dapat menunjang kegiatan pemuatan dan distribusi batu bara dan mampu mengangkut dalam jumlah yang besar. Batubara di transportasikan dari tempat tambang ke lokasi PLTD atau daerah lainnya yang menggunakan

batubara [1]. Alat transportasi yang biasa digunakan adalah tongkang. Tongkang adalah alat apung yang tidak berawak dan tidak memiliki alat penggerak sendiri. Tongkang umumnya ditarik oleh *tug boat* untuk keperluan distribusi muatan [2].

Beberapa media ataupun laporan teknis melaporkan kenaikan kecelakaan kapal yang bukan hanya karena kesalahan manusia dan cuaca buruk, tetapi juga karena kegagalan struktur secara global [3]. Perhitungan analitical untuk kegagalan struktur tersebut sulit untuk dilakukan

*) Penulis Korespondensi :
Email : luhputria@itk.ac.id

sehingga aplikasi metode elemen hingga perlu dilakukan.

Galangan di Indonesia mendapatkan pekerjaan reparasi tongkang dimana bagian *midship* tongkang patah akibat pembebanannya yang tidak merata dan juga karena pelat geladak yang telah menipis. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa terhadap konstruksi kapal terutama konstruksi pada geladak kapal yang dipengaruhi oleh pembebanannya. Karakteristik tongkang yang banyak terdapat di Indonesia adalah bagian atas terbuka, memiliki rasio panjang lebar dan rasio panjang tinggi yang tidak biasa dan beroperasi di perairan dangkal [3].

Penelitian ini menggunakan *software* bidang struktural yang merupakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga yang dipakai untuk menganalisa masalah-masalah rekayasa (*engineering*).

Beberapa jurnal hanya membahas tentang stabilitas dan kekuatan dari tongkang, salah satunya pada tongkang pengangkut limbah batu bara [4]. Pembahasan jurnal lainnya berfokus pada tegangan dan kekuatan struktur dengan pembebanan hidrodinamis [5] [6]. Tongkang diberikan pembebanan batu bara hanya dengan satu gunung, namun lebih utama mengkaji stabilitas dan ekonomi [7].

Disamping Analisa mengenai stabilitas tongkang [8], kekuatan struktur tongkang sangat

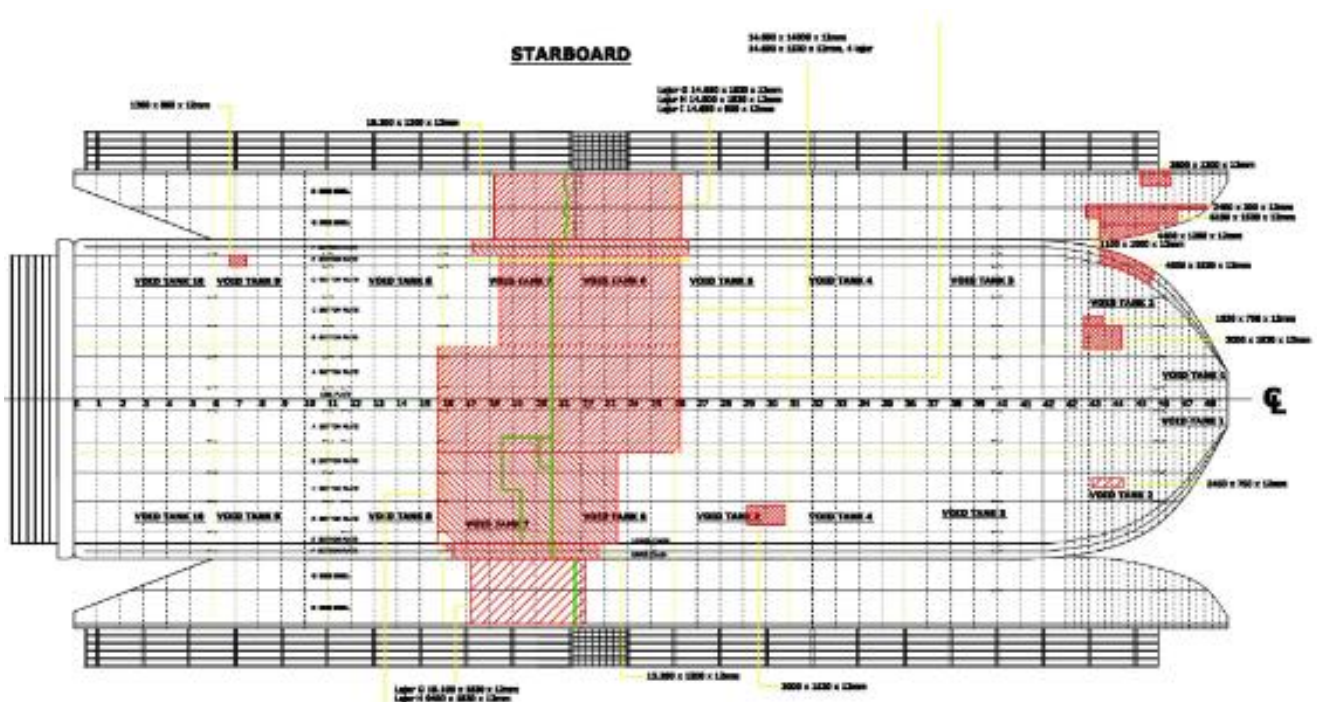
perlu diperhatikan. Apalagi mengingat banyaknya tongkang berumur yang berlayar di perairan Indonesia. Beberapa jurnal banyak membahas tentang kekuatan struktur yang berbasis elemen hingga [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19].

Dari beberapa penelitian, masih belum ada pembahasan mengenai pembebanan batu bara yang membentuk gunung prisma dan limas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui beban dan tegangan (*stress*) pada bagian *deck* ponton Nania ketika ada variasi gunung batu bara saat transportasi dan mengamati kesesuaian antara hasil deformasi pelat dan hasil tegangan yang dimodelkan dibandingkan dengan sertifikat material.

2. METODE

Data sekunder diperoleh dari PT. Meranti Nusa Bahari yang sedang melakukan proses reparasi tongkang (*barge*) Nania. Data yang didapat meliputi: Rencana Umum Tongkang Nania, konstruksi profile, bukaan kulit dengan daerah yang direparasi, data pengecekan ketebalan, dan sertifikat material. Gambar 1 menunjukkan gambar bukaan kulit tongkang Nania yang sudah diarsir oleh pihak galangan disesuaikan dengan daerah *replating*.



Gambar 1. Bukaan Kulit dengan Daerah Yang di Replating

Sesuai dengan sertifikat material yang ada di galangan, material pelat yang digunakan adalah baja A36 dengan *yield strength* pada kisaran 310

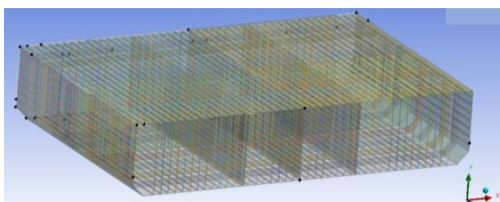
MPa sampai 377 MPa. Model *midship section* yang dibuat, diberikan kondisi batas berupa tumpuan jepit pada sekat depan dan belakang.

Tipe elemen yang digunakan adalah *triangular* dengan 3 *nodes*. Formulasi elemennya adalah *constant strain triangle* (interpolasi linear untuk *displacement*) [20]. Pemilihan *meshing* yang digunakan adalah *uniform* untuk *size function* yang digunakan pada bagian yang berbentuk sederhana seperti pelat; *high smoothing* untuk mendapatkan *meshing* yang tersusun rapi dan simetris satu sama lain; menggunakan metode *dropped* yaitu ketika perhitungan hanya pada ketiga node di elemen *triangular*. Penggunaan metode *dropped* bertujuan untuk mengurangi waktu simulasi dan kapasitas kerja komputer. Beban yang dimasukkan adalah muatan batu bara yang berbentuk limas dan prisma sesuai dengan jumlah gunung batu bara.

Dari data awal yang telah diambil, kemudian dilakukan pembuatan model dengan menggunakan program elemen hingga. Inti dari elemen hingga adalah membagi suatu benda yang akan dianalisa menjadi beberapa bagian dengan jumlah hingga (*finite*). Bagian-bagian ini yang menjadi acuan dalam hasil pemodelan karena banyak atau tidaknya jumlah elemen sangat mempengaruhi deformasi, tegangan, serta regangan yang akan terjadi pada struktur. Hal ini dikarenakan setiap bagian dari model mempunyai gaya, bentuk, dan beban yang berbeda pada tiap bidangnya, maka jika ukuran elemen yang dimasukkan ke dalam model sangat kecil, maka nilai tegangan yang dihasilkan akan besar karena setiap satu elemen yang terkumpul dalam satu *layer* bidang akan mewakili sepersekian millimeter dari elemen lainnya, hal ini juga tergantung pada parameter yang diberikan [21].

Data-data yang disimulasikan yaitu keseluruhan konstruksi profil kapal yang di reparasi mulai dari lebar kapal, tinggi kapal, panjang *midship* kapal, dimensi profil L, *web frame* dan sekat. Ketebalan *midship section* berbeda-beda disesuaikan dengan data *Ultrasonic Test* yaitu pada bagian *deck* memiliki ketebalan 7,2 mm, *side plate* 8,2 mm, *bottom plate* 9 mm dan *bilge plate* 11,5 mm.

Gambar 2 menunjukkan pemodelan awal bagian *midship section* kapal yang disesuaikan dengan data konstruksi kapal pada *software* elemen hingga.



Gambar 2. Hasil Pemodelan *midship section* pada *software* elemen hingga

Untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada tongkang NANIA, maka perlu dilakukan pemodelan pada bagian kapal yang di *replating* yang tujuannya adalah untuk mendapatkan besarnya pengaruh beban terhadap konstruksi geladak kapal.

Pembuatan model elemen hingga adalah pembuatan jaring-jaring elemen yang saling terhubung oleh *nodal*. Kemudian dilakukan pengecekan model dengan fitur *joint* untuk menyambungkan seluruh *node* yang ada. Jika model sudah terkoneksi secara benar, maka dilakukan pendefinisian material sesuai dengan sertifikat material di data, pemilihan jenis elemen yaitu tipe elemen *triangular*. Beban sesuai dengan perhitungan gunung batu bara dimasukkan ke dalam model dan diberikan kondisi batas seperti kondisi jepit pada daerah *bulkhead*.

Semua hasil pengolahan data berupa gambar model, *display* hasil analisa, *contour* dianalisa untuk mengecek nilai tegangan, regangan dan deformasi. Dilakukan juga pengecekan terhadap area yang memiliki tegangan maksimum yang disesuaikan dengan area kapal yang di *replating* di galangan.

Nilai deformasi dibandingkan dengan nilai deformasi di lapangan. Perhitungan *safety factor* dihitung dengan menggunakan BKI [22] dan sertifikat material.

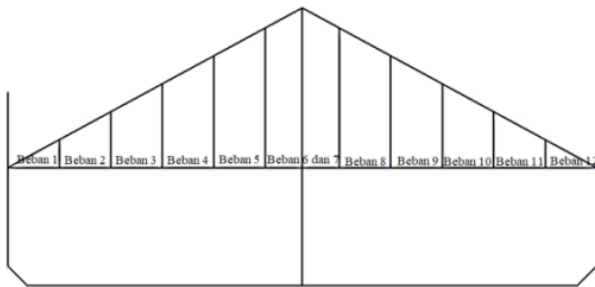
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penentuan Tegangan

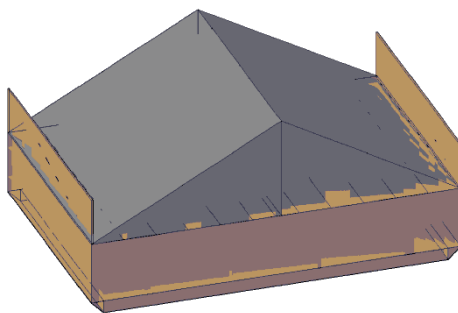
Satu gunung batu bara direncanakan terletak pada bagian *midship* yang di *replating*. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan pembagian beban secara memanjang kapal dilihat dari tampak depan. Setiap irisan pada Gambar 3 memiliki jumlah tegangan yang berbeda. Jarak tiap pelat adalah 2,4 meter.

Pendekatan perhitungan pembebanan adalah dengan membagi satu gunung batubara menjadi 12 beban yang nantinya akan dimasukkan sebagai *input* beban di elemen hingga. Gambar 4 menunjukkan pemodelan 3 dimensi dari satu gunung batu bara. Dua gunung batu bara untuk pembagian 6 beban secara melintang dengan jarak 4,5 meter tiap beban divisualisasikan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Gambar 5 menunjukkan pendekatan perhitungan pembebanan yaitu dengan membagi dua gunung batubara menjadi 6 beban yang nantinya akan dimasukkan sebagai *input* beban di elemen hingga. Gambar 6 menunjukkan pemodelan 3 dimensi dari dua gunung batu bara pada *software* elemen hingga.

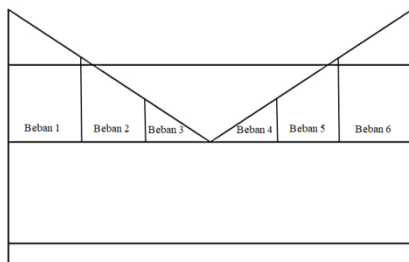
Sambungan las tidak dimodelkan secara khusus, hanya menyambungkan semua struktur yang dibuat dengan fasilitas *joint material* untuk menggabungkan semua struktur menjadi struktur yang solid.



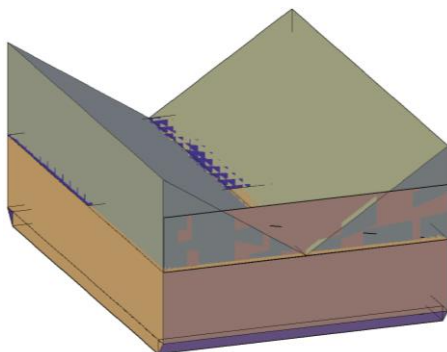
Gambar 3. Pemodelan 12 Beban untuk 1 gunung Batu Bara (tampak depan)



Gambar 4. Pemodelan 3D



Gambar 5. Pemodelan 6 Beban untuk 2 gunung Batu Bara (tampak samping)



Gambar 6. Pemodelan 3D

3.2. Hasil dan Titik Tegangan 1 Gunung Batubara

Tabel 1. Elemen Dan Tegangan Maksimum Metode 1 Gunung

Elemen	Stress (MPa)	% $\Delta\sigma$
0	0	0%
408.442	272,95	0%
678.308	354,91	2,31%
709.214	367,77	0,35%
847.541	384,35	0,43%
881.639	394,39	0,26%

Dari Tabel 1, dapat diketahui bahwa dari ke-6 percobaan, hasil elemen dan tegangan tertinggi ada pada percobaan ke-6 dengan ukuran meshing terkecil yaitu 0,069 meter. Dan dari persentase selisih tegangan yang terkecil ada pada percobaan ke-6 yaitu dengan angka 0,255%. Semakin kecil selisih tegangan antara percobaan 1 hingga 6 maka hasil penelitian mendekati konvergen.



Gambar 7. Titik Tegangan Maksimum di Dalam Area Replating

Setelah mendapatkan nilai tegangan maksimum pada deck tongkang Nania, kemudian dilakukan pengecekan berdasarkan gambar reparasi dari galangan Meranti Nusa Bahari. Gambar 7 menunjukkan lokasi tegangan maksimum yang terletak didalam dalam area *replating* yaitu berada di pertemuan pelat antara sekat dan pelat *deck* dan terletak di frame ke-25 tepat di daerah *midship*.

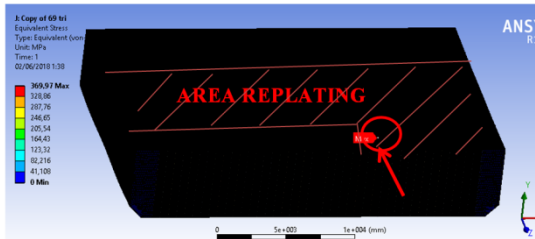
3.3. Hasil dan Titik Tegangan 2 Gunung Batubara

Tabel 2. Elemen Dan Tegangan Maksimum Metode 2 Gunung

Elemen	Stress (MPa)	% $\Delta\sigma$
0	0	0%
408.441	223,95	0%
678.316	286,53	2,18%
709.200	335,29	1,45%
847.547	360,12	0,69%
881.635	369,97	0,27%

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa dari ke-6 percobaan, hasil elemen dan tegangan tertinggi ada pada percobaan ke-6 dengan ukuran meshing terkecil yaitu 0,069 meter. Dan dari persentase

selisih tegangan yang terkecil ada pada percobaan ke-6 yaitu dengan angka 0,266%. Semakin kecil selisih tegangan antara percobaan 1 hingga 6 maka hasil penelitian mendekati konvergen.



Gambar 8. Titik Tegangan Maksimum di Dalam Area Replating

Gambar 8 menunjukkan penyesuaian lokasi tegangan maksimum dari hasil penelitian dibandingkan daerah *replating* sesuai gambaran rencana *replating* BG. Nania dari galangan Meranti Nusa Bahari. Tegangan maksimum terletak didalam area *replating* yaitu berada di pertemuan pelat antara sekat dan pelat deck dan terletak di frame ke-25 tepat di *frame midship* yang berarti termasuk bagian pelat yang dipotong.

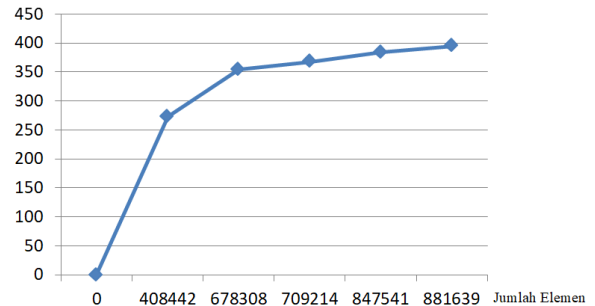
Daerah yang memiliki nilai tegangan maksimum, berada pada daerah *midship*, dimana dari keseluruhan kapal, beban pada *midship* lebih besar dibandingkan lainnya. Hal ini dikarena *shear force* dan *bending moment* pada daerah *midship* memiliki nilai paling besar. Hal ini konsisten dengan yang terjadi di lapangan, yaitu daerah yang di *replating* dominan berada di daerah *midship*.

3.4. Sensitifitas Meshing

Sensitifitas *meshing* ialah proses konvergensi antara dua variabel yaitu jumlah elemen terhadap tegangan yang diinput ke dalam suatu grafik. Dari grafik tersebut dapat diketahui jumlah elemen dari yang terendah hingga paling tinggi begitu pun dengan tegangannya. Keuntungan dari *meshing*

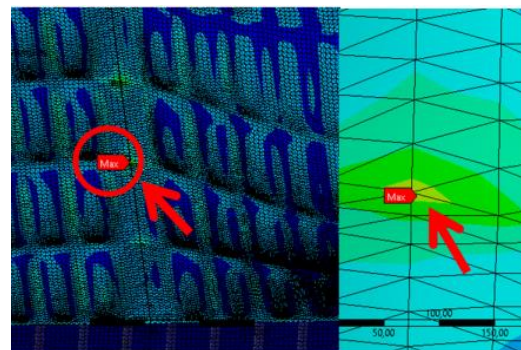
sensitivity ini yaitu dapat mempermudah proses penelitian dengan melihat jumlah elemen terbaik yang digunakan untuk struktur yang dianalisa [3].

Elemen dan tegangan tertinggi ada pada percobaan ke-6 dengan tegangan sebesar 394,39 MPa seperti pada Gambar 9.

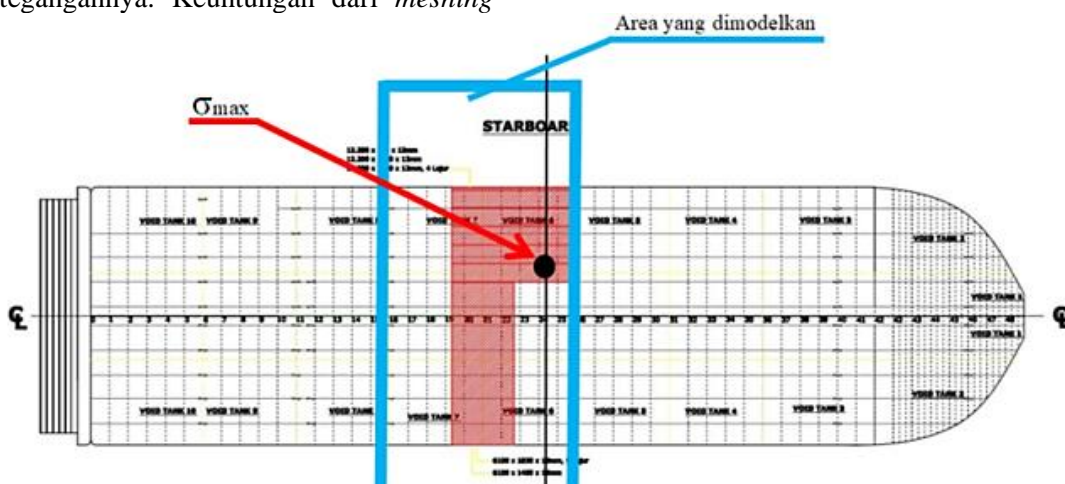


Gambar 9. Meshing Sensitivity

Grafik *meshing sensitivity* terbaik ada pada percobaan dengan metode pembebanan 1 gunung batu bara dengan titik tegangan maksimum terletak didalam area *replating* yaitu berada di titik temu las-lasan antara sekat dengan pelat deck yang terletak di frame ke-25 tepat di bagian tengah kapal. Untuk gambaran titik tegangan maksimum dan bentuk kontur tegangan dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Kontur tegangan Maksimum



Gambar 11. Titik Tegangan Maksimum di Dalam Area Replating

Tabel 3. Status Kedalaman Deformasi

Metode Pembebanan	Jumlah Elemen	Kedalaman Deformasi (mm)	Batas Deformasi (mm)	Status
1 gunung	881.639	27,783	36	Memenuhi
2 gunung	881.635	28,765	36	Memenuhi

Tabel 4. Yield Strength Material

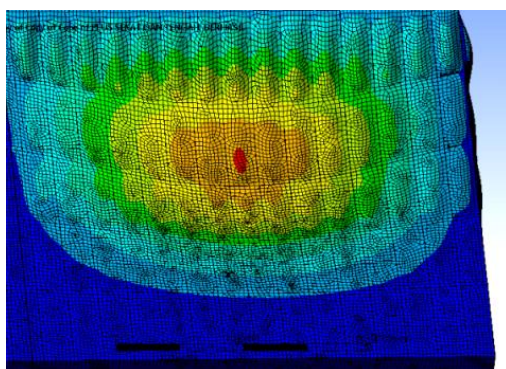
No	Metode Pembebanan Batu Bara	Tipe Elemen	Ultimate Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	σ (MPa)	Status Tegangan dibandingkan σ_u
1	1 gunung	Triangular	514	377	394,39	aman
2	2 gunung	Triangular	514	377	369,97	aman

Tabel 5. Perhitungan *safety factor* menurut sertifikat material kapal Nania

Tipe Elemen	Metode Pembebanan	Elemen	Max Stress (MPa)	Teg. Yield (MPa)	Tegangan Ultimate (Mpa)	SF dgn σ_u	Ket.
Triangular	1 gunung	881.639	394,39	377	514	1,303	Memenuhi
Triangular	2 gunung	881.635	369,97	377	514	1,389	Memenuhi

3.5. Pengecekan Kedalaman Deformasi

Pada Tabel 3, kedua percobaan memiliki nilai yang kurang dari angka batas deformasi (36 mm). Dapat dilihat pada Gambar 12 bahwa titik merah menunjukkan kedalaman deformasi maksimum dengan luas 0,36 m².



Gambar 12. Titik Deformasi Maksimum

3.6. Pengecekan Batas *Yield Strength Material*

Pada Tabel 4, hasil tegangan yang paling rendah ada pada percobaan ke-2 dengan nilai tegangan 369,97 MPa. Acuan dari besar atau tidaknya tegangan maksimum yang dihasilkan yaitu dari besarnya *yield strength* yang terdapat pada sertifikat material Barge Nania yaitu 377 MPa.

3.7. Pengecekan Standar Keamanan Material (*Safety Factor*)

Kriteria pelat yang digunakan adalah pelat baja A36 dan perhitungan *safety factor* mengacu pada sertifikat material berdasarkan BKI [22].

Material yang digunakan adalah baja kekuatan tinggi ReH 377, dan didapatkan tegangan *yield* sebesar 377 MPa dan tegangan *ultimate* 514 Mpa sesuai yang tertera pada Tabel 5.

Perhitungan *safety factor* dilakukan dengan membandingkan hasil tegangan simulasi dengan tegangan *ultimate* sertifikat material dan didapatkan nilai SF rata-rata 1,346 yang berarti nilai tersebut diatas standar keamanan material yaitu 1. Jika ditinjau dari luasan deformasi dan lokasi tegangan maksimum yang berada di area replating, maka adanya kesesuaian antara hasil analisa terhadap kondisi kapal pada saat di reparasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya maka dapat dihasilkan kesimpulan bahwa: 1) Hasil tegangan maksimum untuk metode pembebanan 1 dan 2 gunung ialah 394,39 MPa dan 369,97 MPa; 2) Kedalaman deformasi dari kedua tipe pembebanan yaitu 27,783 mm dan 28,765 mm yang masih dibawah toleransi deformasi maksimum (36 mm) dan 3) Nilai *safety factor* berdasarkan tegangan ultimate sertifikat material kapal Nania ialah 1,303 dan 1,389. Nilai rata-rata *safety factor* dari keseluruhan percobaan yaitu 1,346, diatas angka standar SF =1. Dalam hal ini, kapal tongkang Nania mengembalikan kekuatan struktur dengan melakukan *replating* pada bagian-bagian yang mengalami deformasi dan pada pelat yang sudah menipis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Institut Teknologi Kalimantan atas bantuannya membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.M.EkmannP.H.Le, "Coal Storage and Transportation," in *Encyclopedia of Energy*, Elsevier, 2004, pp. 551-580.
- [2] T. Smith, Belajar Mengenal Kapal – konstruksi-tongkang, Indonesia: online, 2015.
- [3] AMeinkenH.-JSchlüter, "Collapse behaviour of a push-barge," *Marine Structures*, vol. 15, no. 2, pp. 193-209, 2002.
- [4] F. Papalangi, I. P. Mulyatno and P. Manik, "Studi Perancangan Tongkang Pengangkut Limbah Batubara di PLTU Tanjung Jati B Jepara," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 3, pp. 222-229, 2015.
- [5] L. Adnyani, "Analisa Kekuatan Ultimate Hull Girder FPSO Dengan Pendekatan Metode Elemen Hingga Nonlinear," Jurusan Teknik Kelautan, ITS, Surabaya, 2014.
- [6] P. T. P.A. Lakshmyanarayananana, "Application of CFD and FEA coupling to predict dynamic behaviour," *Marine Structures*, no. 65, pp. 308-325, 2019.
- [7] U. m. Silalahi, H. Yudo and U. Budiarto, "Analisa Pengaruh Variasi Sarat Tongkang Terhadap Ekonomis Pemasukan (Income) Pengangkutan Muatan dan Oeprasional Tug Boat," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 4, pp. 132-140, 2016.
- [8] N. Samson, E. Ogbonnaya and K. Ejabefio, "Stability Analysis for the Design of 5000-tonnes Offshore Work Barge," *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 3, no. 9, pp. 849-857, 2013.
- [9] S. Jatmiko and Saptadi, "Analisa Kekuatan Deck Tongkang Muatan Tiang Pancang 750 DWT dengan Software Berbasis Metode Elemen Hingga," *KAPAL*, vol. 8, no. 1, pp. 29-34, 2011.
- [10] A. Rohmani, "Analisa Kekuatan Modifikasi Konstruksi Geladak Utama Kapal LCT VIP JAYA 893 GT Dengan Metode Elemen Hingga," Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Undip, Semarang, 2015.
- [11] W. Yunanto, "Analisa Kontruksi Car Deck Kapal Ropax 5000GT Dengan Metode Elemen Hingga," Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Undip, Semarang, 2014.
- [12] B. Arswendo, "Analisa Kekuatan Deck Pada Ponton Batu Bara Prawiramas Puri Prima II 1036 DWT Dengan Software Berbasis Metode Elemen Hingga," Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Undip, Semarang, 2011.
- [13] I. Pujo, "Strength Analysys Of Container Deck Construction MV. Sinar Demak Efect Of Charges Container Using Finite Element Method," rogram Studi S1 Teknik Perkapalan, Undip, Semarang, 2012.
- [14] E. AdnanKefal, "Displacement andstressmonitoringofachemicaltankerbased," *Ocean Engineering*, no. 112, pp. 33-46, 2016.
- [15] W. M. P. J. b. B. Sukumarana, "Efficient finite element techniques for limit analysis of suction caissons under lateral loads," *Computers and Geotechnics*, no. 24, pp. 89-107, 1999.
- [16] M. T. D. G. R. C. R. C. P. Daniel J. Getter, "Determination of hurricane-induced barge impact loads on floodwalls using dynamic finite element analysis," *Engineering Structures*, no. 104, pp. 95-106, 2015.
- [17] D. R. C. Gary R. Consolazio, "Nonlinear analysis of barge crush behavior and its relationship to impact resistant bridge design," *Computers and Structures*, no. 81, pp. 547-557, 2003.
- [18] A. P. R. J. Erasmo Carrera, "Refined beam finite elements for static and dynamic analysis of hull structures," *Computers and Structures*, no. 167, pp. 37-49, 2016.
- [19] V. A. A. F. Y. Ahmet H. Ertas, "Finite Element Simulation of a Mercantile Vessel Shipboard Under Working Conditions," in *24th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 2013*, Viena, 2014.
- [20] U. o. N. Mexico, "2D Triangular Elements," University of New Mexico, Albuquerque, 2010.
- [21] C. Desai, Dasar-dasar Metode Elemen – Hingga, Jakarta: Erlangga, 1998.
- [22] B. K. Indonesia, Rules for Classification and Construction of Sea Going Steel Ship Volume II : Rules for Hull Edition 2014, Jakarta : Biro Klasifikasi Indonesia, 2014.