



## Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: [sinta.eng.unila.ac.id](http://sinta.eng.unila.ac.id)



### Analisa Tegangan dan Regangan Pada Struktur Kapal Pinisi Dalam Sistem Peluncuran Kapal Tradisional di Bulukumba

AD Noegraha <sup>a,\*</sup>, R Djamaluddin <sup>b</sup>, R Irmawaty <sup>c</sup>, G Sitepu <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Mahasiswa, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Jalan Poros Malino KM.6. Gowa, Sulawesi Selatan

<sup>bc</sup> Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Jalan Poros Malino KM.6. Gowa, Sulawesi Selatan

<sup>d</sup> Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Jalan Poros Malino KM.6. Gowa, Sulawesi Selatan

#### INFORMASI ARTIKEL

#### ABSTRAK

##### Riwayat artikel:

Diterima tgl/bln/tahun

Direvisi tgl/bln/tahun

##### Kata kunci:

Dinamis eksplisit

Kapal pinisi

Peluncuran kapal

Regangan

Tegangan geser

Artikel ini membahas mengenai tegangan geser dan regangan yang terjadi pada struktur kapal Pinisi dalam sistem peluncuran kapal kayu secara tradisional. Tahapan analisis dimulai dengan mendesain kapal Pinisi dalam bentuk tiga-dimensi skala ukuran sebenarnya, kemudian dihitung dengan metode elemen hingga (FEM) menggunakan analisis dinamis eksplisit. Dalam proses peluncuran, lunas kapal diberikan gaya tekan sebesar 1,29 MPa dengan waktu analisis selama 3 milidetik. Secara longitudinal persentase tegangan geser maksimal yang diderita struktur kapal lebih besar pada tegangan geser tarik (*tensile shear*) berkisar 56% daripada tegangan geser tekan (*compressive shear*) berkisar 44%, sedangkan secara transversal tegangan geser maksimal yang diderita struktur kapal lebih besar pada tegangan geser tekan berkisar 52% dibandingkan tegangan geser tarik berkisar 48%. Regangan maksimum yang terjadi secara longitudinal maupun arah transversal berada pada konstruksi geladak, kulit lambung kapal dan bulwark bagian haluan sebesar 1,93 (m/m) selama 3 milidetik dalam proses peluncuran kapal.

## 1. Pendahuluan

Proses pembangunan kapal kayu di Bulukumba masih menggunakan sistem tradisional sejak dahulu hingga kini, mulai dari awal peletakan lunas kapal serta konstruksi lambung kapal hingga proses peluncuran masih dilakukan secara manual. Tidak seperti pembuatan kapal pada umumnya sebagian besar kapal yang dibangun di Tanah Beru Kabupaten Bulukumba tidak menggunakan gambar rancang bangun (Kinapty, 2021). Tentunya sangat berbeda dengan pembangunan kapal secara konvensional yang memerlukan perhitungan dan desain gambar yang detail hingga penentuan metode peluncuran kapal yang sesuai ukuran dan kapasitas galangan. Tradisi menurunkan kapal ke laut lepas di Tanah Beru Bulukumba disebut juga

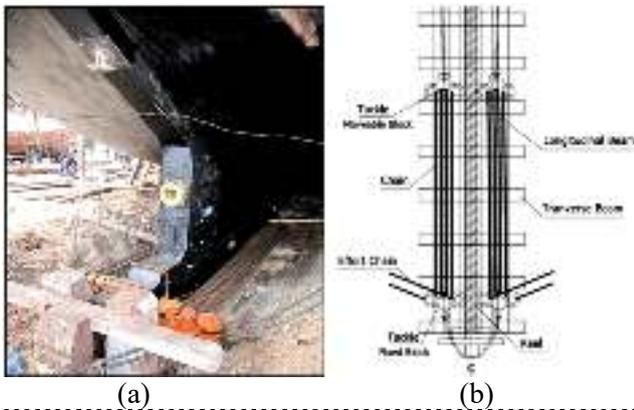
*Anyorong Lopi*, yaitu kegiatan menarik atau mendorong kapal yang selesai dikerjakan dari galangan kapal tradisional menuju tepi pantai seperti terlihat pada Gambar 1. Proses tersebut tidak menggunakan alat bantu modern hanya menggunakan tenaga manusia sehingga banyak diperlukan tenaga yang bisa mencapai 100 orang. Kegiatan menurunkan kapal ini membutuhkan biaya yang tidak sedikit dan membutuhkan waktu berminggu-minggu (Transmedia, 2019).

Pada peluncuran kapal konvensional perkiraan besarnya sudut kemiringan peluncuran untuk kapal besar 2,39 derajat sampai 2,86 derajat dan untuk berukuran kapal sedang berkisar 3,18 derajat sampai 4,76 derajat (Bakri dkk., 1983). Berdasarkan survey yang diperoleh pada penelitian sebelumnya, sudut

\* Penulis korespondensi.

E-mail: [andirgan@gmail.com](mailto:andirgan@gmail.com) (AD Noegraha)

kemiringan peluncuran pada galangan rakyat di Bulukumba hanya berkisar 2,08 derajat sampai 3,12 derajat. Meskipun rentang kemiringan sudah sesuai dengan pedoman peluncuran konvensional akan tetapi kapal kayu di Bulukumba masih sulit untuk diluncurkan (Noegraha, 2017). Galangan kapal rakyat di Bulukumba memiliki struktur tanah bebatuan dan juga memiliki kontur pantai yang landai. Kondisi pantai yang memiliki panjang kemiringan hanya sejauh  $\pm 40$  meter dan selebihnya  $\pm 200$  meter rata dengan kedalaman yang relatif dangkal. Proses peluncuran kapal kayu di Bulukumba menggunakan sistem gaya gesek terhadap landasan dan lunas kapal, sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Metode Peluncuran Kapal Sistem Tradisional, (a) Lunas kapal didorong menggunakan katrol, (b) Detail tampak atas sistem peluncuran kapal

Ganjalan balok luncur tersebut diberi pelumas agar kapal dapat meluncur dengan gaya gesek dengan hambatan gesek lebih kecil. Kapal diluncurkan ke arah haluan dengan ditarik menggunakan katrol/takal manual pada bagian ujung belakang lunas. Katrol ini ditarik menggunakan tenaga manusia berkisar 20 sampai 30 orang secara bergantian, beberapa pengrajin mengatur balok luncur menggunakan karung berisi pasir, dan sebagian tenaga pengrajin lainnya mengarahkan serta mengatur gerak kapal agar tetap stabil ketika ditarik.

## 2. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Metode Elemen Hingga (FEM) dengan analisis Dinamis Eksplisit terhadap model 3D numerik Kapal Pinisi dalam proses peluncuran sistem tradisional. Analisis menggunakan explicit dynamics dapat menganalisis perubahan fisik elemen terhadap variabel waktu yang singkat (*short-duration*), struktur yang kompleks dan perubahan interaksi body. Analisis eksplisit dinamis dapat menganalisa pembebanan yang berdampak pada deformasi material yang besar (Ansys, 2021). Sehingga untuk menganalisis struktur kapal yang kompleks dan

pembebanan dinamis dalam peluncuran kapal dapat menggunakan analisis Explicit Dynamics. Analisis secara dinamis dapat dilakukan dengan metode penyelesaian secara implisit maupun dengan eksplisit. Akan tetapi analisis implisit dinamis menjadi tidak dalam kondisi stabil apabila terjadi perubahan besar terhadap model dan waktu, maka analisis secara eksplisit dinamis menjadi solusi permasalahan (Hongzhou dan Zhihua, 2019). Persamaan dasar analisis struktur yang mendeskripsikan respon dari struktur aslinya dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{F(t)\} \quad (1)$$

Dimana  $M$  adalah matriks massa (Kg),  $C$  adalah matriks damping (N s/m),  $K$  adalah matriks kekakuan (N/m), dan  $F$  merupakan vektor gaya eksternal terhadap waktu  $t$ . Untuk meyakinkan analisis explicit dynamics tetap stabil maka dilakukan pembatasan ukuran dalam tahapan waktu (*The Time Step Size*) dengan menggunakan persamaan kondisi CFL (Courant-Friedrichs-Lewy) (Cocchetti dkk., 2013). Tahapan waktu yang kecil dilakukan untuk menjaga analisis dalam keadaan stabil dengan mengestimasi hasil pada langkah pertama dapat berjalan untuk menghitung hasil pada langkah selanjutnya, prosedur ini berlanjut hingga solusi terakhir pada tahapan final (Gattmah dkk., 2021).. Secara sederhana dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$\Delta t \leq f * \left[ \frac{h}{c} \right]_{min} \quad \text{dimana, } c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2)$$

Dimana  $\Delta t$  adalah *The Time Step Size* (s),  $f$  merupakan *safety factor* ( $f \leq 1$ ),  $h$  adalah karakteristik ukuran dari sebuah elemen hingga (m),  $c$  merupakan kecepatan gelombang material (m/s),  $E$  merupakan nilai Modulus Young (Pa), dan  $\rho$  adalah berat jenis material ( $\text{kg/m}^3$ ). Dalam persamaan tersebut menjabarkan bahwa tahapan waktu analisis harus lebih kecil dari waktu yang dibutuhkan sebuah gelombang tegangan-tekan melewati elemen terkecil dari sebuah diskret (*a mesh*), maka dari itu tahapan waktu analisis dinamis dikendalikan dengan kecepatan kompresi gelombang  $c$  (Ye dkk., 2017). Tahapan awal dalam penelitian ini dimulai dengan penentuan ukuran data kapal berupa data gambar 2D dari *Lines Plan*, *General Arrangement*, dan Konstruksi kapal Pinisi yang didesain dalam bentuk data 3D CAD dengan skala sebenarnya atau skala 1:1. Dengan menggunakan *software Finite Element Analysis* maka Kapal Pinisi skala sebenarnya dilakukan proses diskritisasi elemen (*meshing*), penentuan batasan (*fixed suport*, waktu analisis, dan siklus yang dibutuhkan), serta besar tekanan yang diberikan oleh Katrol. Selanjutnya dilakukan simulasi sehingga diperoleh gambaran dan nilai tegangan pada bagian dari kapal yang mengalami gangguan ketika proses peluncuran.

### 2.1. Dimensi Kapal Pinisi

Kapal Pinisi yang digunakan sebagai objek penelitian ini dibangun di Galangan kapal rakyat Bulukumba, adapun data ukuran utama kapal sebagaimana pada Tabel 1 berikut:

**Table 1.** Ukuran utama kapal Pinisi

Parameter Utama Kapal	Dimensi	Satuan
Panjang Geladak (L)	35,70	meter
Panjang Lunas	25,85	meter
Lebar (B)	8,50	meter
Tinggi (H)	3,85	meter
Sarat (T)	2,70	meter
Displacement ( $\Delta$ )	332	ton

Gambar 2 menunjukkan proses peluncuran kapal Pinisi di Bulukumba dengan sistem tradisional, kapal Pinisi sepanjang 35,70-meter dengan dimensi utama seperti pada Tabel 1. Kapal ditarik menggunakan katrol di ujung lunas buritan menuju haluan, ke arah laut dengan jarak peluncuran 200-meter hingga kapal dapat terapung bebas di laut lepas.

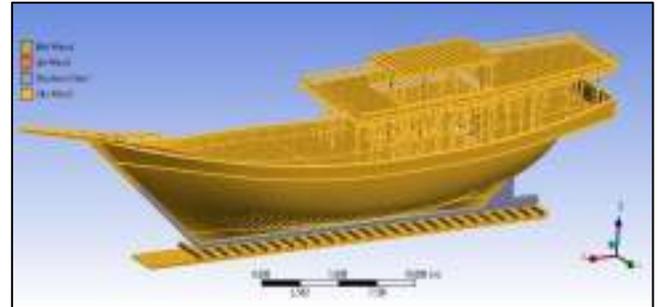


**Gambar 2.** Kapal Pinisi dalam proses peluncuran

### 2.2. Pemodelan Kapal Pinisi

Berdasarkan data desain dari 2D Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), dan Konstruksi Kapal Pinisi, dibuatlah data desain 3D Kapal Pinisi, seperti terlihat pada Gambar 3. Persentase struktur dan konstruksi pemodelan 3D ukuran sebenarnya menyesuaikan berdasarkan pada kondisi di lapangan selama proses peluncuran. Pada saat peluncuran kapal dilakukan, struktur utama lambung harus 90% selesai, dan pekerjaan pada bagian di bawah garis air kapal telah selesai. Dalam peluncuran kapal Pinisi sepanjang 35,70 meter, kondisi ruang mesin masih kosong, mesin utama (ME), mesin bantu (AE), sistem perpipaan, dan sistem kelistrikan belum terpasang. Berat total kapal Pinisi adalah 99,29 ton, dan total volume kayu pada landasan peluncuran adalah 98,85 m<sup>3</sup> dengan struktur bangunan atas kapal (*bridge deck* dan *top deck*). Konstruksi utama struktur Pinisi

yang telah selesai pada saat proses peluncuran adalah lunas kapal, kulit kapal, gading, galar, sekat ruang mesin, sekat tubrukan, geladak utama, geladak akomodasi, bangunan atas dan bulwark seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 3.** Model 3D Solid Kapal Pinisi

### 2.3. Material Kapal Pinisi

Material utama dalam struktur lambung kapal Pinisi adalah kayu Ulin atau biasa disebut kayu Besi (*Eusideroxylon Zwageri*), hampir semua bagian konstruksi kapal Pinisi menggunakan Kayu Ulin kecuali pada gading, sekat dan interior kapal (BKI, 1996). Gading-gading pada kapal Pinisi menggunakan Kayu Bitti (*Vitex Cofassus*) dan dinding sekat kapal menggunakan Kayu Jati (*Tectona Grandis*). Kapal pinisi dengan panjang lunas 25 meter terdapat sepatu lunas yang terbuat dari plat besi baja pada sepanjang lunas yang menyentuh landasan, tersambung setinggi 60 % dari linggi haluan, serta plat tersebut menutupi bagian dalam bosh propeler sebagaimana terlihat pada Gambar 4. Adapun karakteristik material struktur lambung kapal Pinisi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.



**Gambar 4.** 3D solid konstruksi kapal, kondisi batas, and pre-analisis

### 2.4. Kondisi Batas dan Pre-analisis

Dalam analisis eksplisit dinamis dengan metode elemen hingga (FEM) menggunakan beberapa batasan yaitu pada tipe *mesh*, batasan derajat kebebasan DOF (*fixed support*), kontak antara Kapal dan Landasan Luncur, pembebanan yang diterima struktur, dan gaya

(force) yang diberikan terhadap kapal. Jenis mesh (diskritisasi) yang digunakan adalah tipe *curvature* dengan ukuran *fine* (halus) dengan *slow* transisi sebagaimana hasil meshing terlihat pada Gambar 4.

mengalami tegangan geser tarik sebesar 0,082-0,79 MPa, dan 70% konstruksi kulit kapal mengalami tegangan geser tekan sebesar 0,066-0,61 MPa. Dalam proses peluncuran berdampak signifikan pula pada

**Table 2.** Karakteristik material pada struktur kapal Pinisi

Jenis Material	Modulus Young (MPa)	Rasio Poisson	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Kuat Tarik/Tekan (MPa)
Baja (ASME BPV Code, 1998)	2.10 <sup>5</sup>	0.30	7850	250
Kayu Ulin (E25)	25.10 <sup>3</sup>	0.35	1040	22.9
Kayu Bitti (E13)	13.10 <sup>3</sup>	0.12	740	10.4
Kayu Jati (E13)	13.10 <sup>3</sup>	0.12	700	10.4

Sumber: (Firas, 2018), (Wijayatri, 2008), (Simanjuntak, 2021), (BKI, 1996), (BSN, 2013)

Batasan *fixed support* diberikan pada bagian alas balok Landasan Luncur dimana bagian tersebut tidak bergerak ketika proses peluncuran kapal. Jenis kontak yang digunakan antara Kapal (Lunas) dengan Landasan luncur adalah Gesekan (*Frictional*) dengan koefisien gesek ( $\mu$ ) antara material lunas dengan balok kayu sebesar 0,4 (McKenzie dan Karpovich, 1968). Akan tetapi dalam proses peluncuran balok luncur diberikan gemuk untuk mengurangi gesekan sehingga koefisien gesek yang digunakan dalam analisis adalah 0,2. Pembebanan yang diberikan kepada kapal dan landasan luncur merupakan *Standart Earth Gravity* sebesar 9,8 m/s<sup>2</sup> yang secara global (*Global Coordinate System*). Gaya yang diberikan merupakan gaya tekan (*pressure*) oleh katrol ketika ditarik terhadap lunas kapal sebesar 1,29 MPa dengan waktu analisis selama 3 milidetik, dengan kemiringan landasan luncur sebesar 0° atau tanpa adanya kemiringan landasan.

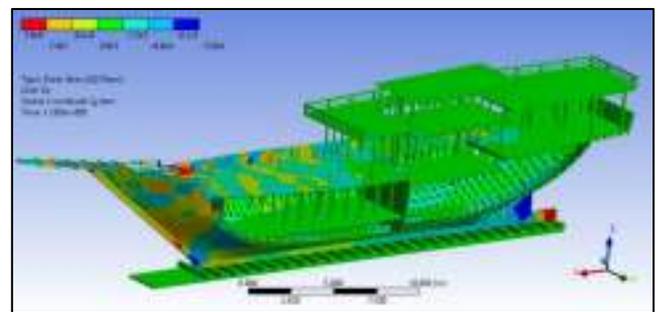
### 3. Hasil dan pembahasan

Berdasarkan data 3D kapal pinisi dan batasan analisis menggunakan Metode Elemen Hingga (FEM), maka diperoleh hasil berupa tegangan geser dan regangan yang terjadi pada arah longitudinal kapal (bidang XZ) dan arah transversal kapal (bidang YZ) dalam proses peluncuran kapal sistem tradisional.

#### 3.1. Tegangan Geser pada Struktur Kapal

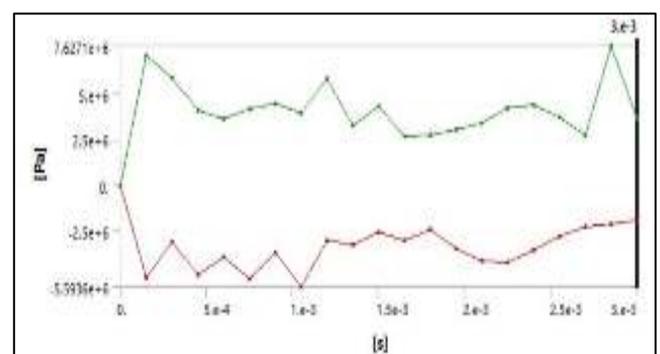
Dalam proses peluncuran kapal Pinisi secara tradisional, ujung lunas pada bagian buritan kapal diberikan gaya dorong sehingga berdampak besar pada lunas kapal secara longitudinal. Terjadi tegangan geser tekan-tarik maksimal berada pada ujung sepatu lunas di bagian buritan, serta tegangan geser maksimal berada pada linggi haluan dan bulwark kapal di bagian haluan sebesar 5,6 hingga 7,6 MPa, sebagaimana digambarkan pada Gambar 5. Konstruksi sepanjang lunas mengalami tegangan geser tarik-tekan berkisar 0,61 hingga 0,79 MPa. Sebesar 75% konstruksi galar pada kamar mesin mengalami tegangan geser tekan sebesar 0,61 MPa. Berkisar 30% konstruksi kulit kapal bagian haluan

konstruksi memanjang seperti geladak utama, galar, balok penumpu memanjang, dan konstruksi sekat kapal.



**Gambar 5.** Tegangan geser pada bidang XZ

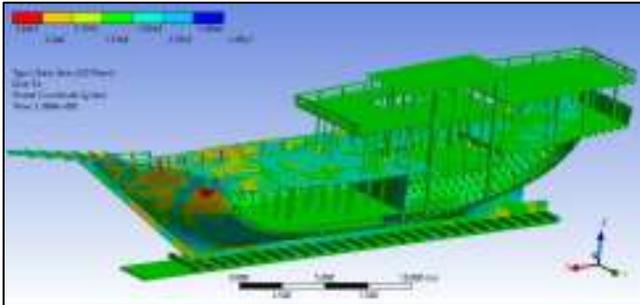
Pada Gambar 6 menunjukkan grafik hubungan waktu (s) dan tegangan geser (Pa) bidang XZ yang terjadi pada struktur kapal dalam proses peluncuran kapal sistem tradisional. Tegangan geser tarik maksimal terjadi detik awal ketika lunas diberi tekanan oleh katrol pada 0,15 milidetik dengan nilai 7,11 MPa dan pada detik akhir proses penekanan pada 2,85 milidetik dengan nilai 7,62 MPa, serta di waktu yang sama pada 0,15 milidetik merupakan tegangan geser tekan maksimal dengan nilai 5,09 MPa.



**Gambar 6.** Grafik tegangan geser tarik-tekan maksimum bidang XZ

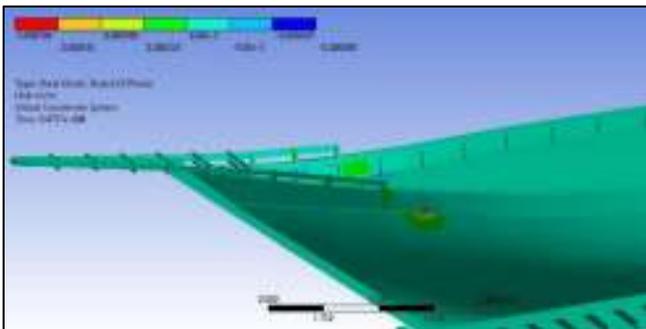
Tegangan geser terbesar terjadi pada ujung lunas bagian buritan, ujung linggi haluan, bulwark, dan geladak di bagian haluan kapal. Tegangan geser tekan maksimal terjadi pada 1,05 milidetik dengan nilai 5,59

MPa, serta di waktu yang sama tegangan geser tarik sebesar 3,98 MPa. Tegangan geser tarik maksimal yang terjadi rata-rata berkisar 4,25 MPa, sedangkan tegangan geser tekan maksimal yang terjadi rata-rata berkisar 3,27 MPa selama 3 milidetik dalam proses peluncuran kapal.



**Gambar 7.** Tegangan geser pada bidang YZ

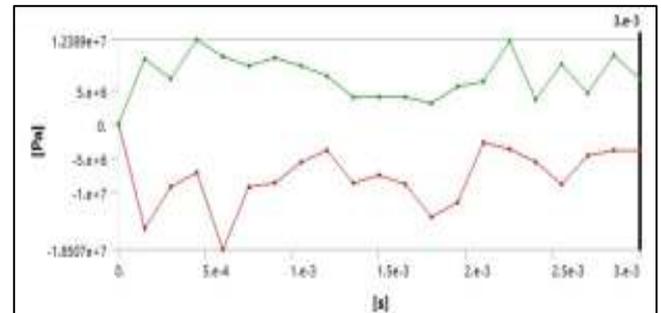
Pada tinjauan secara melintang kapal terjadi tegangan geser tekan-tarik maksimal berada pada bagian haluan, dimana tegangan geser maksimal terjadi pada geladak haluan dan bulwark kapal sebesar 12,4 hingga 13,5 MPa sebagaimana digambarkan pada Gambar 7. Pada konstruksi sekat kapal mengalami tegangan geser tekan-tarik sebesar 1,20 hingga 1,69 MPa. Berkisar 60% konstruksi kulit kapal mengalami tegangan geser tekan sebesar 0,014-0,155 MPa, dan berkisar 20% konstruksi kulit kapal mengalami tegangan geser tarik sebesar 0,011-0,117 MPa. Konstruksi gading kapal pada bagian haluan mengalami tegangan geser berkisar 0,0142 hingga 0,155 MPa.



**Gambar 9.** Regangan geser pada bidang YZ

Pada Gambar 8 menunjukkan grafik hubungan waktu (s) dan tegangan geser (Pa) bidang YZ yang terjadi pada struktur kapal dalam proses peluncuran kapal sistem tradisional. Tegangan geser tarik maksimal terjadi detik awal ketika lunas diberi tekanan oleh katrol pada 0,45 milidetik dengan nilai 12,38 MPa dan detik akhir proses penekanan pada 2,25 milidetik dengan nilai 12,81 MPa, serta di waktu yang sama pada 0,45 milidetik merupakan tegangan geser tekan maksimal dengan nilai 7,23 MPa. Tegangan geser terbesar terjadi pada kulit lambung, geladak utama, dan bulwark bagian haluan kapal. Tegangan geser tekan maksimal terjadi

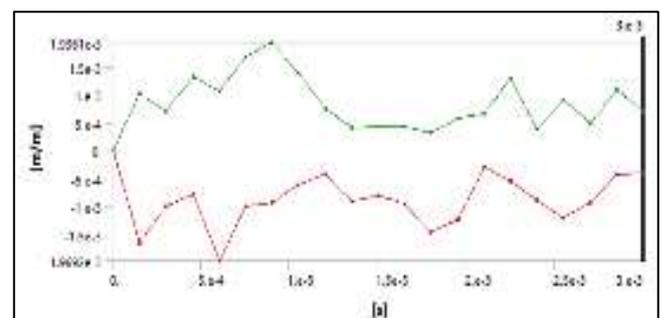
pada 0,6 milidetik dengan nilai 18,51 MPa, serta di waktu yang sama tegangan geser tarik sebesar 9,97 MPa. Tegangan geser tarik maksimal yang terjadi rata-rata berkisar 7,24 MPa, sedangkan tegangan geser tekan maksimal yang terjadi rata-rata berkisar 7,77 MPa selama 3 milidetik dalam proses peluncuran kapal.



**Gambar 8.** Grafik tegangan geser tarik-tekan maksimal bidang YZ

### 3.2. Regangan pada Struktur Kapal

Dalam proses peluncuran kapal Pinisi secara tradisional terjadi tegangan geser yang besar pada haluan kapal yang mengakibatkan konstruksi geladak, kulit kapal dan bulwark mengalami regangan. Dampak tersebut baik secara longitudinal maupun dalam arah transversal berlokasi pada area konstruksi yang sama. Regangan tarik pada konstruksi kulit lambung kapal berkisar 0,23 sampai 0,54. Regangan tarik-tekan terjadi pada geladak utama dan bulwark kapal berkisar 0,106 sampai 1,93 (m/m).



**Gambar 10.** Grafik regangan tarik dan tekan maksimal bidang YZ

Gambar 10 menunjukkan grafik hubungan waktu (s) dan regangan (m/m) bidang YZ yang terjadi pada struktur kapal dalam proses peluncuran kapal sistem tradisional. Regangan tarik maksimal terjadi pada 0,9 milidetik dengan nilai 1,93 dan di waktu yang sama terjadi regangan geser tekan maksimal dengan nilai 0,92. Regangan terbesar terjadi pada kulit lambung, geladak utama, dan bulwark bagian haluan kapal. Regangan tekan maksimal terjadi pada 0,6 milidetik sebesar 1,92 dan di waktu yang sama regangan tarik maksimal sebesar 1,06 (m/m).

#### 4. Kesimpulan

Secara longitudinal persentase tegangan geser maksimal yang diderita struktur kapal lebih besar pada tegangan geser tarik (*tensile shear*) berkisar 56% daripada tegangan geser tekan (*compressive shear*) berkisar 44%, sedangkan secara transversal tegangan geser maksimal yang diderita struktur kapal lebih besar pada tegangan geser tekan (*compressive shear*) berkisar 52% daripada tegangan geser tarik (*tensile shear*) berkisar 48%. Regangan maksimum yang terjadi secara longitudinal maupun arah transversal berada pada konstruksi geladak, kulit kapal dan bulwark bagian haluan kapal dengan nilai 1,93 (m/m) selama 3 milidetik dalam proses peluncuran kapal.

#### Daftar Pustaka

- Ansys, 2021. Ansys Explicit Dynamics Takes Over When Implicit Isn't Enough. *Brochure*. 2021.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu. *Standar Nasional Indonesia*. Jakarta, SNI 7973:2013.
- Bakri, Moch., Made S, I.Gusti, dan Yusuf, S, Yoswan, 1983. Teori Bangunan Kapal 3. Indonesia, Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), 1996. Peraturan Kapal Kayu. *Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut*, Volume IV. Jakarta, Indonesia.
- Cocchetti, G., Pagani M., Perego, U., 2013. Selective mass scaling for distorted solid-shell elements in explicit dynamics: optimal scaling factor and stable time step estimate. *International Journal For Numerical Methods In Engineering*. Pages 1-29.
- Firas T. Al-Maliky and Dhurgham A.I. Alshakarchi, 2018. Modal Analysis of Central Crack Stainless Steel Plate Using Ansys Program. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*. Volume 9, Issue 9, September 2018, pp. 460–466.
- Gattmah Jabbar, Suha K. Shihab, Muzher Taha Mohamed and Ali Laftah Abbas. 2020. Effects of Increasing Mass Scaling in 3D Explicit Finite Element Analysis on the Wire Drawing Process. *2nd International Scientific Conference of Engineering Sciences (ISCES 2020)*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Hongzhou Hu dan Zhihua Zhong, 2019. Explicit–Implicit Co-Simulation Techniques for Dynamic Responses of a Passenger Car on Arbitrary Road Surfaces. *Engineering Volume 5*, Issue 6, December 2019, Pages 1171-1178.
- Kinapti, Tyas Titi, 2021. Pembuatan Kapal Melegenda Pinisi di Tanjung Bira Bulukumba (Online). <https://www.merdeka.com/travel/pembuatan-kapal-melegenda-pinisi-di-tanjung-bira-bulukumba.html> (diakses tanggal 15 Juni 2021)
- McKenzie W. dan Karpovich H., 1968. The Frictional Behaviour of Wood. *Wood Science and Technology* 1968 2:2, (1968), 139-152, 2(2).
- Noegraha A. Dirga. 2017. Analisis Penggunaan Airbags Dalam Peluncuran Kapal Pada Galangan Rakyat di Bulukumba. *Jurnal Multek* Vol. 12 No.3.
- Simanjuntak, Pinondang, 2021. Perbandingan Respon Seismik Balok Kayu Biasa Dengan Komposit Baja Ringan Sebagai Komponen Struktur Rumah Tahan Gempa. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Lingkungan, CENTECH 2020*. Vol. 2 No. 1 April 2021: hlm 30-42.
- Transmedia, 2019. Tradisi Menurunkan Kapal Pinisi di Bulukumba. (Online). <https://www.youtube.com/watch?v=f40ZPpxAecw> (diakses tanggal 18 Juni 2021)
- Wijayatrie, I Nyoman Sandhi, 2008. Hubungan Antara Kecepatan Gelombang Ultrasonik Dengan Sifat Fisis dan Mekanis Enam Belas Jenis Kayu. *Skripsi*. Bogor: Departemen Hasil Rutan Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Ye Wenfeng., Bel-Brunon A., Catheline S., Rochette M., Combescure Alain. A selective mass scaling method for shear wave propagation analyses in nearly incompressible materials. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Wiley, 2017, 109 (2), pp.155-173.