

# DESAIN KONSTRUKSI BAR KEEL PADA KAPAL KAYU NELAYAN

Sulaiman<sup>1</sup>, Solichin Djazuli Said<sup>1</sup>, Mohd Ridwan<sup>1</sup>, Samuel Febriary Khristyson, Indro Dwi Cahyo

Program Studi STr. Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan  
Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia

<sup>1</sup> sulaiman\_naval@yahoo.com,

## Abstract

Wood can be said to be a fairly good composite material. The manufacture of wooden fishing vessel aims to reduce the cost of producing and maintaining wooden boats more economically. Wooden fishing vessel have a single type of bottom construction on their hull so they are used to construct bar keel. In practice fishermen and fisheries fishermen entrepreneurs sometimes have problems in their ship maintenance. To help answer the problems of the fishermen, the design of the construction of bar keel is made by plate as a substitute for wood on fishing vessel. The method used is Finite Element Method is a form of approximation method which is generally used to solve a numerical partial differential equation in structural analysis. Based on the analysis of the bar keel construction design on fishing vessel, the maximum stress results are  $52.85 \text{ N/mm}^2$  with construction loads and two layers of skin wood, at node 629 which is near the keel after peak of the ship's stern. The maximum deflection occurs in the midship area value of 0.026 mm. Stress result is still in a safe condition because after compared with the stress permission of the BKI rules it produces a safety factor value 7.57.

**Keywords:** Fishing Vessel, Strength Analysis, Bar Keel.

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu kapal yang banyak terdapat di Indonesia adalah kapal kayu nelayan, kapal ini umumnya dibuat oleh industri galangan kapal rakyat yang proses pembangunannya tanpa dilengkapi perencanaan dan syarat umum yang ditentukan sebelumnya. Dalam proses pembangunan kapal tersebut biasanya hanya mengacu kepada gambar-gambar sket atau modul dari generasi ke generasi atau dapat juga disebut belum memiliki standart desain seperti rencana umum, rencana garis, potongan melintang, dan konstruksi sebagai salah satu syarat spesifikasi teknis yang perlu untuk dipenuhi dalam penerimaan kelas kapal baru. Kapal tersebut juga belum dilengkapi dengan perhitungan-perhitungan *hidrostatic curves*, *stability* dan sebagainya [1].

Karena Indonesia banyak terdapat hasil hutan yang dapat di manfaatkan, maka kebanyakan nelayan di Indonesia menggunakan kayu sebagai bahan pembuatan kapalnya untuk menangkap ikan, proses pembuatan kapal kayu nelayan dapat dilihat pada **Gambar 1**. Pembuatan kapal nelayan berbahan kayu bertujuan untuk menekan

biaya yang ditimbulkan dari produksi dan perawatan kapal kayu, sehingga secara empiris lebih ekonomis daripada kapal-kapal dengan bahan utama pembuatannya dengan yang lain, seperti FRP (*Fibre Reinforced Plastic*), GRP (*Glass Reinforced Plastic*) [2].



**Gambar 1.** Pembuatan kapal kayu Nelayan

Kayu dapat dikatakan sebagai material komposit yang cukup baik. Kayu berasal dari alam dan ada sejak dahulu. Kayu tersusun dari lapisan selulosa yang teratur dan sebagian besar mempunyai berat jenis  $24 - 44 \text{ lb/cu.ft}$  ( $384 - 706 \text{ kg/m}^3$ ). Sebagai perbandingannya, jika besi mempunyai berat jenis  $500 \text{ lb/cu.ft}$  ( $8000 \text{ kg/m}^3$ ),

sedangkan aluminium 168 lb/cu.ft (2690 kg/m<sup>3</sup>) [3].

Kapal nelayan merupakan kapal yang memiliki fungsi menangkap ikan dari daerah *Base Point* menuju ke daerah penangkapan / *Fishing Ground* [4]. Kapal kayu nelayan memiliki jenis konstruksi dasar tunggal pada lambungnya sehingga digunakan konstruksi lunas batang / *bar keel*. Pada prakteknya para nelayan dan pengusaha perikanan nelayan terkadang memiliki permasalahan dalam perawatan kapalnya [5]. Konstruksi lunas batang / *bar keel* kapal nelayan kebanyakan terbuat dari kayu dan sering mendapatkan gaya tekanan dari luar baik ketika kapal berlabuh mengkasandakan lambung di pantai, ketika mendapat beban *sagging* dan *hogging*, ketika terjadi *accident* (membentur dasar laut waktu air laut surut), dapat dilihat pada **Gambar 2**. Sehingga setelah 1 sampai 2 tahun akan mengalami pelapukan jika tidak dilakukan perawatan secara berkala. Hal itu terkadang memberatkan para nelayan dan pengusaha perikanan nelayan dan menekan biaya operasional guna mendapatkan keuntungan yang lebih meningkat.

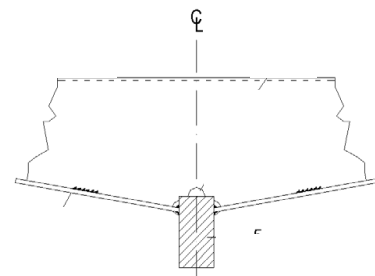


**Gambar 2.** Kerusakan pada kapal kayu

Konstruksi kapal kayu nelayan mendapatkan beban dari galadak, *shell*, *frame*, dan beban dari muatan dan ABK. Kontruksi atau struktur kapal merupakan rangkaian suatu struktur antara bagian-bagian satu dengan lainnya. Perpaduan dari berbagai konstruksi kapal dapat digolongkan menjadi beberapa kekuatan konstruksi yaitu bagian konstruksi yang merupakan kekuatan memanjang dan pada bagian konstruksi yang termasuk dalam kekuatan melintang [6]. Yang merupakan konstruksi kekuatan memanjang

adalah lunas, linggi, galar balok, dan kulit luar. Sedangkan bagian konstruksi kekuatan melintang adalah gading, wrang, balok geladak, geladak. Dalam sebuah sistem konstruksi, kekuatan merupakan salah satu struktur penting dalam sebuah kapal dikarenakan tujuan dari adanya suatu struktur tersebut adalah untuk menjamin keselamatan daripada para awak nelayan kapal, dan muatannya [6].

Untuk membantu menjawab permasalahan para nelayan, maka itu dirancang desain konstuksi lunas batang / *bar keel* berbahan plat sebagai pengganti kayu pada kapal kayu nelayan, dapat dilihat pada **Gambar 3**. Diharapkan dengan desain tersebut akan menambah kekuatan konstruksi dan jangka waktu perawatan yang relatif lebih lama.



**Gambar 3.** Konstruksi Batang Lunas / *Bar Keel*

Analisa kekuatan konstruksi dapat definisikan dari tegangan yang diterima dari suatu sistem konstuksi tersebut. Seperti contoh tegangan normal dan geser yang bekerja di penampang. Menurut hukum Hooke yang berlaku, tegangan normal dan geser merupakan perhitungan sebelumnya dari rumus tegangan lentur dan tegangan geser [7].

$$\sigma = \frac{My}{I} \quad (1)$$

Dimana dalam rumus tegangan lentur,  $\sigma$  merupakan tegangan normal yang bekerja pada daerah penampang,  $M$  adalah momen lentur,  $y$  adalah jarak dari netral *axis*, dan  $I$  merupakan momen inersia penampang terhadap netral *axis*.

$$\tau = \frac{VQ}{Ib} \quad (2)$$

Didalam rumus tegangan geser  $\tau$  adalah tegangan geser disuatu *node* pada penampang,  $V$  merupakan gaya geser,  $Q$  merupakan momen pertama (statis momen) dari luas penampang di luar titik pada penampang dimana tegangan sedang dicari, dan  $b$  adalah lebar penampang.

Dalam studi ini tegangan normal yang didapatkan dari rumus tegangan lentur mempunyai harga maksimum di lokasi terjauh dari sumbu netral, sedangkan tegangan geser yang diperoleh dari rumus tegangan geser umumnya memiliki nilai tertinggi pada netral axis. Namun demikian, hanya inilah tegangan-tegangan yang dibutuhkan untuk tujuan perancangan desain. Perhitungan tegangan normal didapatkan dari daerah penampang yang mengalami momen lentur maksimum, dan perhitungan tegangan geser didapatkan dari daerah penampang dengan gaya gesernya maksimum [8].

Sesuai latar belakang tersebut dalam penelitian berikut ini memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik kekuatan konstruksi dari modifikasi desain konsturuksi *bar keel* kapal kayu nelayan dengan modifikasi bahan plat baja.

**2. METODE**

Data lapangan yang diperoleh dituangkan dalam bentuk model kapal dengan bantuan *software* yang terdapat pada Laboratorium Komputer Program Studi Teknologi Perancangan dan Konstruksi Kapal. Dari model tersebut nantinya akan dituangkan dalam suatu ukuran plat *bar keel* berdasarkan *rules* BKI untuk peraturan kapal ikan. Kemudian dilakukan simulasi perhitungan tegangan yang terjadi dengan beban yang diasumsikan yaitu beban dari : (1) konstruksi kapal kulit kapal, (2) kulit kapal dengan insulasi, (3) kulit kapal dengan pelapisan kayu 1 layer kembali. Metode yang digunakan adalah Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) adalah suatu bentuk metode yang dapat digunakan untuk mengerjakan suatu persamaan diferensial parsial atau yang sering disebut juga *Partial Differential Equation* (PDE) secara numerik

dalam analisis struktur. Pembatasan model dijelaskan berdasarkan lokasi dari masing-masing linggi (AP dan FP) pada kapal, seperti dapat dilihat pada **tabel 1**.

**Tabel 1** Bagian kapal

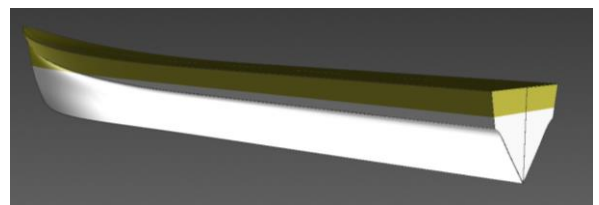
Area Kapal	Jarak
Buritan	1/6 L - AP
Midship	1/6 L dari AP – A/6 L dari FP
Haluan	1/6L – FP

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kapal nelayan merupakan kapal yang didesain untuk menuju ke *fishing ground* sehingga kecepatan dan bentuk lambung sangat di pertimbangkan. Data ukuran kapal yang telah didapat dari lapangan adalah sebagai berikut :

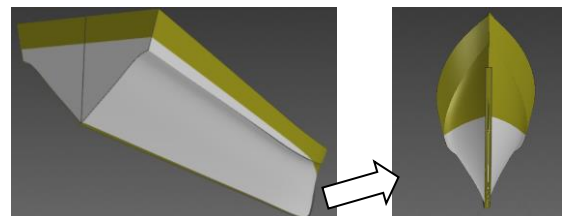
- Nama Kapal : “Barokah Abadi”
- LOA : 12,6 m
- LPP : 10 m
- H : 2,6 m
- B : 1,2 m
- T : 0,45 m

Dari data ukuran kapal tersebut dituangkan dalam bentuk model melalui *software* komputer sehingga didapatkan hasil , lihat pada **gambar 4**



**Gambar 4.** Model lambung kapal kayu nelayan

Kapal kayu nelayan memiliki konstruksi dasar tunggal sehingga dalam pemilihan konstruksi lunasnya dapat dipilih menggunakan batang lunas / *bar keel*. lihat **gambar 5**.

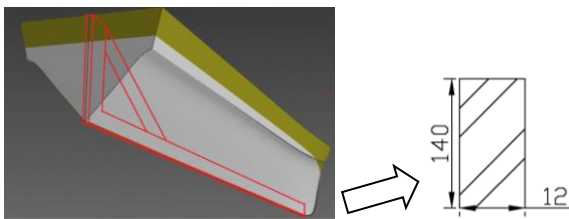


**Gambar 5.** Setelah penambahan konstruksi *bar keel*

$$h = 1,1 L + 110 \text{ (mm)} \tag{3}$$

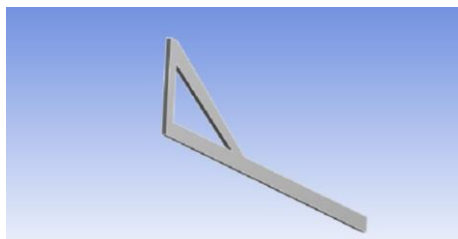
$$t = 1,1 L + 12 \text{ (mm)} \tag{4}$$

Berdasarkan *Rules Fishing Vessel* BKI tahun 2018 Vol. XII. Sec.6 [9], didapatkan aturan untuk menentukan ukuran tebal dan tinggi plat sesuai dengan (3) dan (4). Dimana  $h$  adalah ukuran tinggi plat,  $L$  adalah panjang kapal antara linggi buritan dan linggi haluan, sedangkan  $t$  adalah ukuran tebal plat. Maka didapatkan hasil dengan pembulatan keatas, tinggi plat 140 mm dengan tebal 24 mm , dapat dilihat pada **gambar 6**.



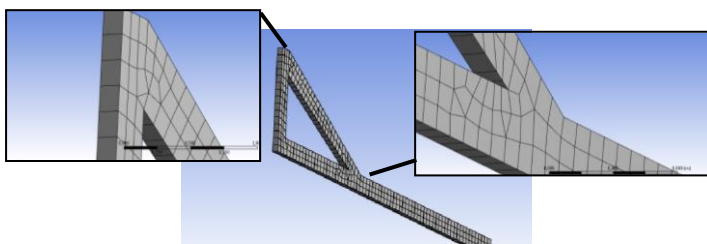
**Gambar 6.** Potongan melintang desain ukuran *bar keel*

Setelah mengetahui desain potongan melintang konstruksi *bar keel*, selanjutnya dapat dilakukan perencanaan dengan bantuan *software* FEM , dapat dilihat pada **gambar 7**.



**Gambar 7.** Model konstruksi *bar keel*

Pada model yang telah jadi kemudian dilakukan meshing sesuai dengan jumlah dan ukuran elemen yang akan digunakan. Semakin banyak jumlah *Mesh* maka semakin detail hasil perhitungan FEM, dapat dilihat pada **gambar 8**.



**Gambar 8.** Meshing model konstruksi *bar keel*

Perhitungan beban yang akan diterima oleh konstruksi *bar keel* dengan melakukan pengukuran dan perhitungan dengan (5) ,

$$m = p \times l \times t \times \rho \tag{5}$$

Dimana  $m$  adalah berat benda (ton) ,  $p$  merupakan panjang ,  $l$  merupakan lebar, merupakan tebal , dan  $\rho$  merupakan berat jenis kayu dengan satuan (ton/m<sup>3</sup>) . Setelah mendapatkan berat dalam satuan berat , kemudian dilakukan konversi kedalam beban/load dengan (6).

$$w = m \times g \tag{6}$$

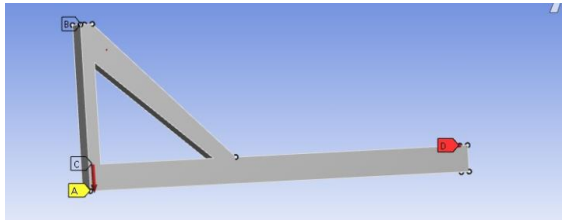
Dimana  $w$  adalah beban gaya dalam satuan (N),  $m$  adalah berat benda (ton) dan  $g$  adalah gaya gravitasi (m/s<sup>2</sup>). Sehingga didapatkan rekap berat total konstruksi dan kulit kapal kayu nelayan, lihat pada **tabel 2**.

**Tabel 2** Berat Bagian kapal

<b>Type Kapal</b>	<b>Berat Kulit (Ton)</b>	<b>Berat Gading (Ton)</b>	<b>Total (Ton)</b>	<b>Load (KN)</b>
1 lapis kayu	1,28	0,05	1,33	13,03
laminasi FRP	1,46	0,05	1,51	14,80
2 lapis kayu	2,30	0,05	2,35	23,07

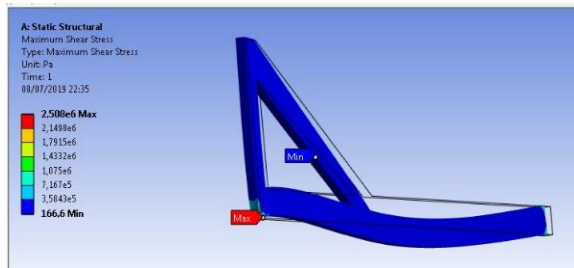
Pada **tabel 2** diketahui bahwa berat bagian paling berat berada di bagian kulit kapal dengan 2 lapisan kayu sebesar 2,35 Ton atau beban total pada kapal 23,07 KN. Sebelum dilakukan perhitungan dengan bantuan *software* FEM menentukan terlebih dahulu *boundary condition* dari model konstruksi yang telah dibuat. Seperti beban dan tumpuan yang diterima oleh konstruksi tersebut, seperti pada **gambar 9**.



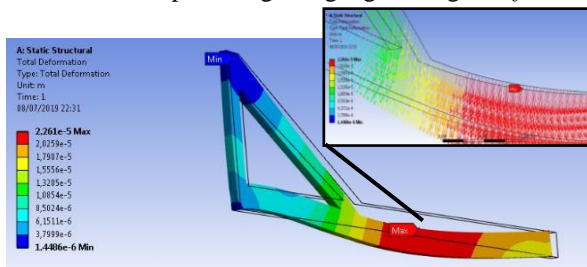


Gambar 9. Boundary Condition konstruksi bar keel

Dikarenakan kondisi beban yang diterima tersebar pada permukaan konstruksi, maka beban di asumsikan berada pada permukaan konstruksi bar keel. Selanjutnya dilakukan analisis perhitungan tegangan (*sheer*) dan deformasi yang terjadi, sesuai dengan beban pada perhitungan tabel 2. Berdasarkan (1) dan (2) maka didapatkan hasil analisa melalui yang dapat terlihat pada gambar 10 dan gambar 11.



Gambar 10. Hasil perhitungan tegangan dengan software

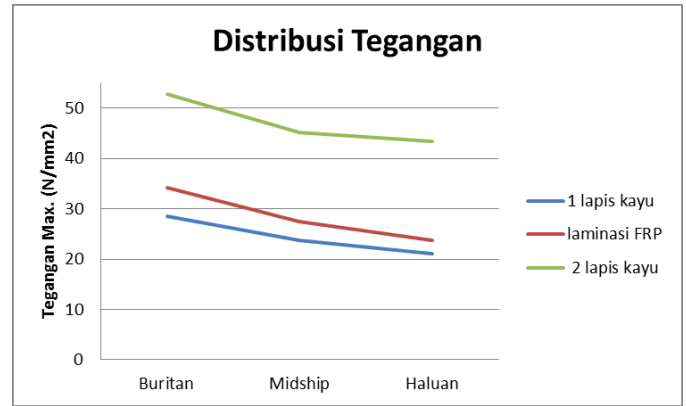


Gambar 11. Hasil perhitungan lendutan dengan software

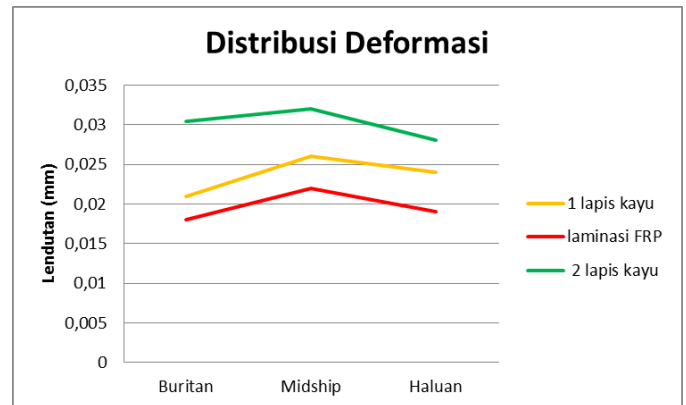
Langkah ini juga dilakukan pada beban untuk semua tipe kapal sesuai tabel 2. Kemudian membandingkannya dengan tegangan ijin konstruksi sesuai rules BKI, dimana faktor tegangan ijin dijadikan sebagai acuan dalam mengetahui faktor keamanan suatu bahan dari desain konstruksi yang di rencanakan, dapat dilihat pada tabel 3. Pengecekan validasi dilakukan ketika tahap pembuatan model, dan tahap setelah selesai analisa.

Tabel 3 Rekap hasil perhitungan tegangan dan deformasi

No	Tipe Kapal	Tegangan Normal Max. ( N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan Ijin ( N/mm <sup>2</sup> )	Safety Factor	Deformasi max. (mm)	Keterangan
1	1 lapis kayu	28,43	400	14,07	0,026	Aman
2	laminasi FRP	34,12	400	11,72	0,022	Aman
3	2 lapis kayu	52,85	400	7,57	0,032	Aman



Gambar 12. Grafik Distribusi Tegangan Maximum



Gambar 13. Grafik Distribusi Deformasi Maximum

Dari gambar 12, dapat diketahui bahwa tegangan maksimum pada kapal dengan kulit 2 lapisan kulit kayu dengan nilai 52,85 N/mm<sup>2</sup>, pada node 629 yang berada di daerah buritan kapal. Sedangkan lendutan maksimum terjadi pada area midship dengan nilai 0,026 mm pada tipe kapal 2 lapisan kulit kayu laminasi, dapat dilihat pada gambar 13. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa bagian buritan dari konstruksi bar keel memerlukan kekuatan yang lebih dikarenakan menerima tegangan paling besar dan pada bagian midship konstruksi bar keel merupakan titik rawan dapat terjadinya lendutan maksimum. Namun

demikian sesuai **tabel 3**, menunjukkan bahwa semua tengangan ijin masih dalam masuk kategori aman dengan nilai *safety factor* desain yang direncanakan pada tengangan maksimum paling besar bernilai 7,57, dengan demikian sudah memenuhi ketentuan *rules* BKI.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Vokasi UNDIP, Laboratorium Komputer Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi perkapalan, para warga nelayan pesisir pantai utara Jawa sehingga dalam ikut mensukseskan kegiatan pengabdian kepada masyarakat, atas peran sertanya sehingga kegiatan ini berjalan baik dan lancar.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa desain konstruksi *bar keel* pada kapal kayu nelayan menggunakan program berbasis Metode Elemen Hingga maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Tengangan maksimum yang terjadi pada desain konstruksi *bar keel* kapal kayu nelayan mendapati kondisi :

Kondisi dari kapal dengan beban konstruksi dan kulit 1 lapis kayu menghasilkan nilai 28,43 N/mm<sup>2</sup>

Kondisi dari kapal dengan beban konstruksi dan kulit 1 lapis kayu berlaminasi FRP menghasilkan nilai 34,12 N/mm<sup>2</sup>

Kondisi dari kapal dengan beban konstruksi dan kulit 2 lapis kayu menghasilkan nilai 52,85 N/mm<sup>2</sup>

Karakteristik *maximum stress* terbesar terjadi pada konstruksi *bar keel* pada beban konstruksi dan kulit 2 lapis kayu yaitu sebesar 52,85 N/mm<sup>2</sup> dimana daerah paling besar terjadi pada area buritan kapal pada node 629 yang terletak hampir mendekati pada ujung lunas buritan kapal. Tegangan ini masih dalam kondisi aman karena setelah dibandingkan

dengan tengangan ijin *rules* BKI menghasilkan nilai *safety factor* sebesar 7,57.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Febriyansyah, Bramantyas, Mohammad Imron, and Budhi H. Iskandar. "Kesesuaian Ukuran Beberapa Bagian Konstruksi Kapal Ikan di Ppi Muara Angke Jakarta Utara dengan Aturan Biro Klasifikasi Indonesia." *Buletin PSP* 18.3 (2009).
- [2] Anonim. *Design, Construction and Equipment of Small Fishing Vessels of less than 15 m Length overall, Code of Practice*. 2005.
- [3] Gerr, Dave. *The Element of Boat Strength for builder, designers, and owners*. International Marine. United States of America.2000.
- [4] Traung, Jan-Olof. *Fishing Boats of The World : 2. Food and Agriculture Organization of The United Nations*. England.1967.
- [5] Sugeng, Sunarso, Samuel Febriary Khristyson, and Adi Kurniawan Yusim. "MODUL DESAIN ALAT APUNG UNTUK KEGIATAN PENANGKAPAN IKAN DENGAN ALAT TANGKAP ANCO." *Jurnal Pengabdian Vokasi* 1.01 (2019): 43-47.
- [6] Khristyson, Samuel Febriary, Imam Pujo Mulyatno, and Andi Trimulyono. "ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI INTERNAL RAMP SISTEM STEEL WIRE ROPE PADA KM. DHARMA KENCANA VIII DENGAN METODE ELEMEN HINGGA." *Jurnal Teknik Perkapalan* 2.3 (2014).
- [7] Rachman, Abdur, Mohammad Nurul Misbah, and Mahardjo Wartono. "Kesesuaian Ukuran Konstruksi Kapal Nelayan di Pelabuhan Nelayan (PN) Gresik Menggunakan Aturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)." *Jurnal Teknik ITS* 1.1 (2012): G84-G87.
- [8] Gere & Timoshenko. *Mekanika Bahan Jilid 2 Edisi IV*. Jakarta. Erlangga. 2000.
- [9] Anonim. *Rules BKI or Fishing Vessel Volume XII Sec .* Jakarta. 2018.