

Perancangan Mesin *Auto Stacking* Kanal C dengan Kapasitas 900kg

Achmad Syahrul Rohman^{1*}, Mohammad Miftachul Munir², Rizal Indrawan³

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia^{1*,3}

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia²

E-mail: syahrul.rohman@student.ppn.ac.id^{1*}

Abstract - Lift aircraft are an important part of the fabrication industry so they become more efficient in terms of time and power. In a fabrication industry the manufacture of C canals the buildup process is still done manually with two people. So that there is a need for a lift aircraft to facilitate the preparation of C canals with dimensions of 45 cm x 49 cm x 600 cm or a total weight of 900 kg to be more efficient. The method used in the manufacture of this machine concept is ulrich method and then continued by analyzing the calculation of the engine and skeletal analysis. The analysis was conducted on this study using Fusion 360 software. The planning results were obtained by the conveyor engine using a 0.75 kW electric motor and using a 6.78 Nm stepper motor for rack gear shafts. The material used for the frame is the ASTM A36 and for the shaft is S45C. The result of the analysis on the upper frame is 44.93 MPa, for the lower frame is 48.09 MPa and for the towing profile is 39.26 MPa. The total cost for the manufacture of auto stacking machines is obtained from the calculation of raw material costs and manufacturing costs. At the cost of raw materials making this machine amounted to Rp 99,062,000, while for manufacturing costs amounting to Rp 5,610,000. So that the total cost for manufacturing amounted to Rp 104,672,000.

Keyword: C Purlin, Stacking, Ulrich

Nomenclature

<i>T</i>	torsi
<i>F</i>	gaya
<i>P</i>	daya motor
<i>n</i>	putaran motor
<i>fc</i>	faktor koreksi
<i>Cb</i>	faktor lentur
δ	tegangan

1. PENDAHULUAN

Salah satu teknologi yang digunakan untuk membantu meringankan pekerjaan manusia adalah pesawat angkat. Pesawat angkat adalah setiap peralatan mesin atau alat yang digerakkan tenaga mekanis, tenaga listrik atau tenaga hidrolik yang dapat digunakan sebagai mesin untuk memindahkan, mengangkat muatan baik bahan atau orang secara vertikal dan/atau horizontal dalam jarak yang ditentukan [1]. Pesawat angkat selalu digunakan di setiap perusahaan, salah satunya adalah perusahaan yang bergerak di bidang fabrikasi.

Pada sebuah perusahaan fabrikasi yang memproduksi kanal C material galvalum diperlukan adanya pesawat angkat yang bertujuan untuk memudahkan dalam penyusunan dan pengemasan tumpukan kanal C. Kanal C yang diproduksi memiliki ukuran 37 mm x 80 mm dengan panjang 6 meter dengan berat 5 kg per batangnya. Penyusunan dan pengemasan kanal C sebelumnya dilakukan manual pada setiap mesin *forming* hingga mencapai dimensi

tumpukan 45 cm x 49 cm x 600 cm. Dengan adanya tambahan mesin konveyor dan mesin *auto stacking* ini maka penyusunan diharapkan lebih efektif dari segi waktu dan juga tenaga manusia. Nantinya kanal C yang keluar dari beberapa mesin *forming* akan diangkat menjadi satu pada konveyor menuju mesin *auto stacking* dan ditumpuk menjadi satu tumpukan dengan berat 900 kg. Perencanaan teknologi tepat guna ini disesuaikan dengan kondisi masing-masing usaha, oleh sebab itu desain rangkaian mesin *auto stacking* tersebut harus menyesuaikan dengan kebutuhan dari perusahaan agar menjadi teknologi tepat guna.

Mesin *auto stacking* kanal C ini memiliki beberapa bagian, seperti pembalik, *lifting table* dan penarik tumpukan kanal C yang sudah tersusun. Pembalik bertujuan untuk menumpuk dua kolom kanal C yang selanjutnya didorong oleh piston menuju *lifting table electronic* hingga mencapai tumpukan dengan dimensi 45cm x 49cm x 600cm atau berat 900kg.

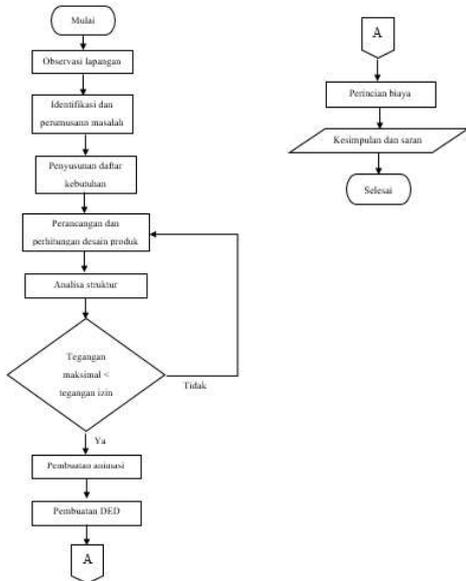
2. METODOLOGI

2.1 Metodologi

Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup beberapa langkah diantaranya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

Identifikasi awal dan studi literatur adalah tahap untuk menentukan rumusan masalah serta tujuan dari penelitian serta mempelajari bentuk geometri, beban, serta hasil simulasi pada

penelitian sebelumnya. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan dan pemilihan konsep dengan menggunakan metode *Ulrich* dan dilakukan analisa kekuatan serta perhitungan elemen mesin. [2-4] Pada tahapan terakhir adalah analisa biaya produksi dan kesimpulan maupun saran.



2.2 Metode Ulrich

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Ulrich. Metode Ulrich cocok digunakan untuk mengembangkan sebuah produk yang berdasarkan dari identifikasi kebutuhan konsumen serta metode ini memiliki kelebihan untuk memperbaiki kelemahan dari produk pembanding serta menambahkan hal-hal yang perlu ditambahkan dari produk pembanding, oleh karena itu metode Ulrich dipilih pada penelitian ini [2]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Daftar Kebutuhan

Berikut merupakan daftar kebutuhan untuk membuat konsep desain mesin *auto stacking* bagai alat bantu proses penumpukan kanal C.

Tabel 1: Daftar Kebutuhan

Aspek	Daftar Kebutuhan		
	S/H	Komponen	Penanggung Jawab
Fungsi	S	Mampu meneruskan kanal C dari <i>forming</i>	Tim desain
	S	Mampu menumpuk kanal C	Tim desain dan manufaktur
	S	Mampu menahan beban 900kg	Tim desain dan manufaktur
	S	Dapat digunakan untuk kanal C panjang 6 m	Tim desain
Manufaktur	H	Dapat difabrikasi	Tim manufaktur
Perakitan	H	Mudah dipindahkan	Tim desain
	H		Tim desain

		Tidak memerlukan banyak alat saat perakitan	
Perawatan	H	Mudah dibongkar dan dipasang <i>Part</i> mudah diperbaiki atau digantu	Tim desain dan manufaktur Tim desain dan manufaktur
	H		

3.2 Pemilihan Konsep Desain

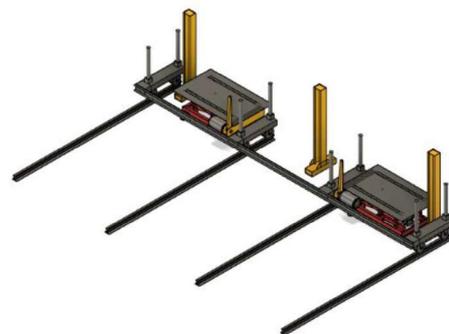
Dari 3 konsep desain yang sudah dibuat akan dilakukan pemilihan satu konsep desain yang terbaik. Kemudian nanti akan di jadikan suatu produk jadi yang diharapkan dapat berguna bagi pgunanya nanti. Pemilihan konsep desain berdasarkan 5 pemilihan kriteria penilaian, tiap kriteria penilaian terdapat beban penilaian yang besarnya berbeda. Tiap konsep akan dinilai sesuai kriteria yang dibutuhkan. Maka dari itu dibuat sebuah tabel penilaian konsep yang bertujuan untuk mempermudah dalam proses pemilihan konsep desain yang terbaik. Kriteria seleksi pemilihan konsep desain antara lain dari segi : operasional, perawatan, harga, manufaktur, dan dimensi.

Tabel 2: Pemilihan Konsep

Kriteria Seleksi	Bobot	Matrik Penilaian Konsep							
		Konsep Desain							
		Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Referensi	
Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Skor	Skor Bobot		
Dimensi	20%	4	0.8	4	0.8	5	1	3	0.6
Manufaktur	40%	3	1.2	3	1.2	4	1.6	3	1.2
Perawatan	40%	4	1.6	3	1.2	4	1.6	3	1.2
Bobot Total	100%								
Nilai Absolut		11	3.6	10	3.2	13	4.2	9	3
Nilai Relatif(%)		25.6%	25.7%	23.3%	22.9%	30.2%	30.0%	20.9%	21.4%



Gambar 7. Konsep mesin reverse terpilih



Gambar 8. Konsep lifting terpilih

3.3 Perhitungan Elemen Mesin

a. Mencari Torsi

- Poros mesin *reverse*

$$T = F \times r \quad (1)$$

$$= 483,34 \times 0,0125$$

$$= 6,04 \text{ Nm}$$

- Poros lengan *lifting*

$$T = F \times r \quad (2)$$

$$= 50,03 \times 0,0125$$

$$= 0,62 \text{ Nm}$$

- Poros *roller* konveyor

$$T = F \times r \quad (3)$$

$$= 9,51 \text{ N} \times 0,012 \text{ m}$$

$$= 0,11 \text{ Nm}$$

Pada perhitungan ini diketahui bahwa poros mesin *reverse* dan poros lengan *lifting* menggunakan penggerak motor *stepper* 6,08 Nm dan 1,01 Nm.

b. Mencari RPM

- Poros mesin *reverse*

$$\text{rpm} = (60 \cdot \text{linier velocity}) / 2\pi r \quad (4)$$

$$= (60 \cdot 0,25) / (2 \cdot 3,14 \cdot 0,0125)$$

$$= 15 / 0,0785$$

$$= 191,08 \text{ rpm} \approx 191 \text{ rpm}$$

- Poros *roller* konveyor

$$v = (\pi \cdot D \cdot n) / 60 \quad (5)$$

$$n = (60 \cdot v) / (\pi \cdot D) \quad (6)$$

$$= (60 \cdot 0,75 \text{ m/s}) / (3,14 \cdot 0,05 \text{ m})$$

$$= 286,6 \text{ rpm} \approx 287 \text{ rpm}$$

c. Mencari Diameter Poros Minimum

Pada mesin *reverse* digunakan 1 poros yang berputar dan berfungsi untuk menjadi tumpuan *pinion*. Diameter poros menggunakan material JIS S45C

$$ds = \left[\frac{5,1}{\tau_a} Kt Cb T \right]^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

$$ds = \left[\frac{5,1}{4,83} 1,5 \times 2 \times 917,9 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$ds = 14,25 \text{ mm} \approx 14 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka minimal poros yang digunakan berdiameter 14mm.

d. Perhitungan Pasak

Untuk lebar pasak sebaiknya antara 25 -35 (%) dari diameter poros maka:

$$b/d = 8/25 = 0,32$$

sehingga, $0,25 < 0,32 < 0,35$ (baik)

untuk panjang pasak sebaiknya antara 0,75 – 1,5 dari diameter poros maka:

$$l/d = 20/25 = 0,8$$

$0,75 < 0,8 < 1,5$ (baik)

Maka berdasarkan hasil dari persamaan diatas ukuran pasak dengan penampang 8 mm x 10 mm dan panjang 20 mm telah memenuhi kriteria.

e. Perhitungan Bantalan

$$L = \left[\frac{C}{W} \right]^b \times \frac{10^6}{60n} \quad (8)$$

$$= \left[\frac{14000}{1372,57} \right]^3 \times \frac{10^6}{60 \times 191}$$

$$= 925959,49$$

Jika dalam 1 hari alat dipakai 8 jam

maka :

$$H = \frac{925959,49}{8} \quad (9)$$

$$= 115745 \text{ hari}$$

$$= 3858 \text{ bulan}$$

f. Perhitungan Konveyor

$$P = T \times \frac{n \times 2\pi}{6000} \quad (10)$$

$$P = 2,2 \text{ Nm} \times \frac{287 \text{ rpm} \times 2(3,14)}{6000}$$

$$P = 0,66 \text{ kW} \approx 0,75 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui besarnya daya minimal yang dibutuhkan untuk *roller conveyor* adalah sebesar 0,66 kW namun dibulatkan menjadi 0,75 kW.

g. Perhitungan Piston

- Perencanaan piston horizontal

$$F_g = \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times P \right) \quad (11)$$

$$27,93 = \frac{3,14 \times D^2 \times 600000}{4}$$

$$D = 7,7 \text{ mm}$$

- Perencanaan piston vertikal

$$F_g = \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times P \right) \quad (12)$$

$$49 = \frac{3,14 \times D^2 \times 600000}{4}$$

$$D = 10,2 \text{ mm}$$

Jadi, diameter silinder minimal yang digunakan untuk penggerak horizontal adalah 7,7 mm dan untuk penggerak vertikal adalah 10,2 mm. Namun, yang dipilih dan direalisasikan yaitu memiliki diameter 20 mm silinder *double acting* karena memiliki gerak maju mundur.

3.4. Analisa Software

Analisa *Software* dibutuhkan untuk mengetahui apakah rangka pada konsep desain mesin *reverse* sudah aman untuk digunakan atau belum, maka dilakukan perhitungan pembebanan yang akan diberikan terhadap rangka.

a. Rangka Bawah Mesin *Reverse*

Untuk menghitung besarnya pembebanan yang terjadi menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F \text{ desain} = \text{Massa beban} \times 9,81$$

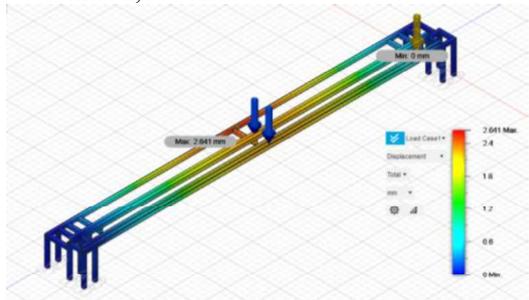
$$= 33,95 \times 9,81$$

$$= 333,05 \text{ N}$$

$$P \text{ desain} = 333,05 \times 1,1$$

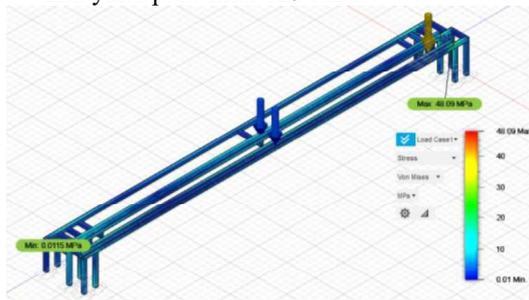
$$= 366,35 \text{ N}$$

Analisa tegangan izin, *displacement*, dan *safety factor* dilakukan dengan *software* Autodesk Fusion 360. Hasil analisa *displacement* terhadap rangka bawah menghasilkan nilai *displacement* maksimal senilai 2,641 mm.



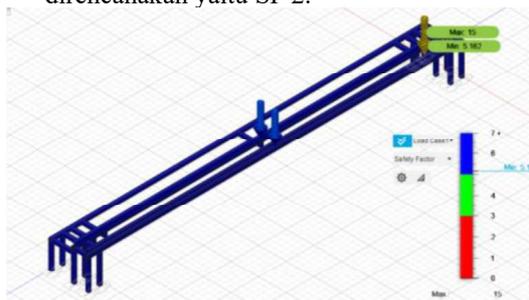
Gambar 3. Hasil Analisa Defleksi Rangka Bawah

Hasil analisa tegangan aktual pada rangka meja menunjukkan nilai maksimum 48,09 Mpa yang berada dibawah tegangan izin yaitu pada nilai 125 MPa.



Gambar 4. Hasil Analisa Tegangan Rangka Bawah

Hasil analisa *safety factor* pada rangka meja menunjukkan nilai SF minimum pada 5,152 yang berada diatas SF yang direncanakan yaitu SF 2.



Gambar 5. Hasil Analisa Safety Factor Rangka Bawah

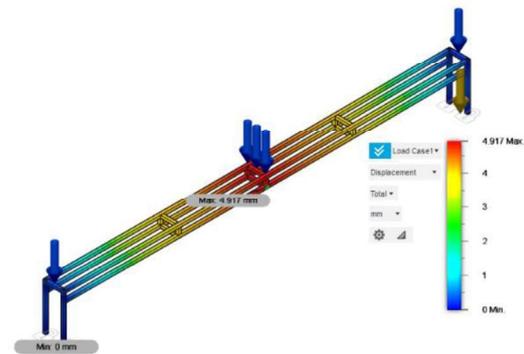
b. Rangka Atas Mesin Reverse

Untuk menghitung besarnya pembebanan yang terjadi menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F \text{ desain} &= \text{Massa beban} \times 9,81 \\ &= 50,27 \times 9,81 \\ &= 493,15 \text{ N} \\ P \text{ desain} &= 493,15 \times 1,1 \\ &= 542,46 \text{ N} \end{aligned}$$

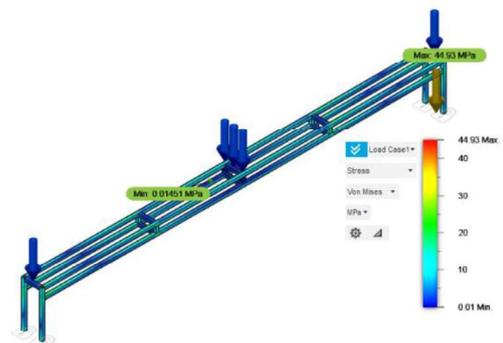
Analisa tegangan izin, *displacement*, dan *safety factor* dilakukan dengan *software*

Autodesk Fusion 360. Hasil analisa *displacement* terhadap rangka bawah menghasilkan nilai *displacement* maksimal senilai 4,917 mm.



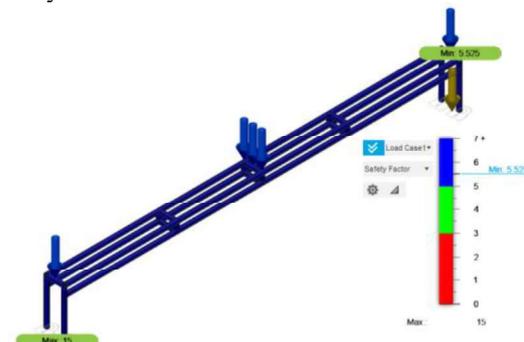
Gambar 6. Hasil Analisa Defleksi Rangka Atas

Hasil analisa tegangan aktual pada rangka meja menunjukkan nilai maksimum 44,93 Mpa yang berada dibawah tegangan izin yaitu pada nilai 125 MPa.



Gambar 7. Hasil Analisa Tegangan Rangka Atas

Hasil analisa *safety factor* pada rangka meja menunjukkan nilai SF minimum pada 5,5 yang berada diatas SF yang direncanakan yaitu SF 2.



Gambar 8. Hasil Analisa Safety Factor Rangka Atas

c. Profil Penarik

$$\begin{aligned} P \text{ profil penarik} &= (\text{Ppurlin} + \text{Pembatas})/3 \\ &= (900 \text{ kg} + 18 \text{ kg})/3 \\ &= 306 \text{ kg} \times 9,81 \\ &= 3001,86 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai defleksi izin sendiri dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

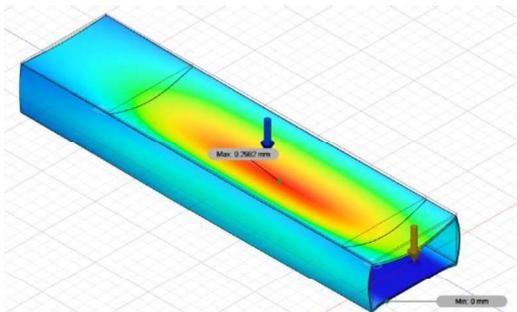
$$\delta_{izin} = \frac{1}{400} \times L$$

(13)

$$\delta_{izin} = \frac{1}{400} \times 825$$

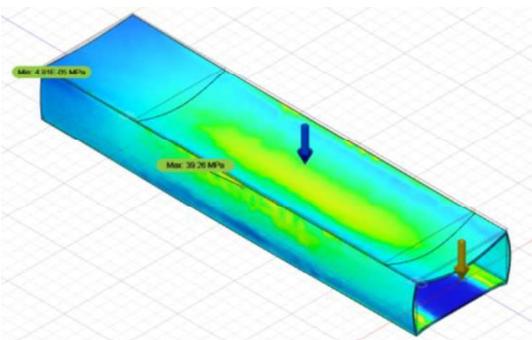
$$\delta_{izin} = 2,0625 \text{ mm}$$

Analisa tegangan izin, *displacement*, dan *safetey factor* dilakukan dengan *software* Autodesk Fusion 360. Hasil analisa *displacement* terhadap rangka bawah menghasilkan nilai *displacement* maksimal senilai 0,2982 mm.



Gambar 9. Hasil Analisa Defleksi Profil Penarik

Hasil analisa tegangan aktual pada rangka meja menunjukkan nilai maksimum 39,26 Mpa yang berada dibawah tegangan izin yaitu pada nilai 125 MPa.



Gambar 10. Hasil Analisa Tegangan Profil Penarik

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

- Hasil perhitungan elemen mesin yang didapat dari penelitian kali ini adalah sebagai berikut :
 - Motor yang digunakan adalah motor listrik dengan daya 0,75 kW untuk penggerak konveyor. Sedangkan untuk poros *rack gear* menggunakan 3 *phase stepper motor* - 6.78 Nm.
 - Hasil perhitungan torsi dari poros yang terdapat di rangka atas adalah 6,04 Nm, sedangkan torsi pada poros lengan *lifting* adalah 0,62 Nm dan untuk torsi *roller conveyor* adalah 0,11 Nm.

- Bantalan yang digunakan pada perancangan ini adalah *Pillow-Type Ball Bearing Unit* UCP 207 dengan *shaft* diameter 25 mm, Co = 14000 N, dan Cr = 7800 N.
 - Pasak yang digunakan adalah pasak ukuran 8 x 10 dengan panjang pasak aktif 20 mm dan bahan pasak yang digunakan adalah S45C.
- Hasil analisa yang didapat dari penelitian kali ini adalah sebagai berikut :
 - Rangka atau *frame* mesin *reverse* menggunakan bahan ASTM A36 dengan nilai *yield strength* ASTM A36 yakni 250 MPa dan σ ijin (tegangan ijin) yakni 125 Mpa.
 - Pada rangkaian mesin *reverse* terdapat dua rangka yaitu rangka atas sebagai tempat poros yang meneruskan gaya menuju *rack gear* dan rangka bawah sebagai tempat *roller conveyor* dan piston pembalik.
 - Pada rangka atas pembebanan yang diberikan adalah 542,46 N. Defleksi pada rangka ini sebesar 4,917 mm dan tegangan yang terjadi adalah 44,93 MPa sehingga dapat dikatakan aman.
 - Pada rangka bawah pembebanan yang diberikan adalah 366,35 N. Defleksi pada rangka ini sebesar 2,641 mm dan tegangan yang terjadi adalah 48,09 MPa sehingga dapat dikatakan aman.
 - Perancangan mesin *auto stacking* sebagai alat bantu proses *stacking* (menumpuk) pada material kanal C menggunakan *software* Fusion 360. Metode yang digunakan adalah metode Ulrich dengan membuat tiga konsep desain yang berbeda dengan mempertimbangkan tiga kriteria yaitu dimensi, manufaktur dan perawatan.
 - Pembuatan kotruksi mesin *auto stacking* membutuhkan biaya dengan total estimasi sebesar Rp 104,672,000.00.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada orang tua penulis ayah Slamet Pujiono dan Ibu Mutamimah, dan adik Alfiatul Lailia Rahma dan keluarga besar yang senantiasa memberi dukungan, doa, saran, dan nasehat kepada penulis. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal. Bapak Pranowo Sidi, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Desain dan Manufaktur. Bapak Moh. Miftachul Munir, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing I. Bapak Rizal Indrawan, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang

membagikan ilmu dan saran dalam proses pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini. Bapak Farizi Rachman, S.Si, M.Si. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur. Seluruh rekan-rekan Teknik Desain dan Manufaktur angkatan 2017 serta seluruh pihak yang memberikan bantuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

6. PUSTAKA

- [1] Rahmadsyah. (2019). Perencanaan Pesawat Angkat Dipergunakan Dalam Proses Angkat Beban Kapasitas Angkat 8000 Kg. Jurnal Laminar, Vol. 1 No. 1 (Desember 2019) 8 - 15.
- [2] Ulrich, Karl T. & Steven D. Eppinger (2001) Perancangan & Pengembangan Produk. Salemba Teknika, Jakarta.
- [3] Akin, J. E. (2009). Finite Element Analysis Concepts: Via Solidworks. Rice University, USA.
- [4] Sularso, S. K. (1997). Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, cetakan Kesebelas, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [5] Friedel Hartmann (2007). Structural Analysis with Finite Elements. Springer, New York.
- [6] Matweb (2021). Tensile Property Testing of ASTM A36. URL: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=d1844977c5c8440cb9a3a967f8909c3a>.