

## 5 Perancangan Ulang Konstruksi Girder Overhead Crane Kapasitas 10 ton Bentangan 14 meter

Luklu'ul Fitriyah Susanti<sup>1</sup>, I Putu Sindhu Asmara<sup>2</sup>, Fais Hamzah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Email: elvivifs@gmail.com

**Abstract** - PT.BOSO makes overhead crane for vacant land that will be used as workshops. The manufacturing of new cranes uses the size of existing crane data with a capacity of 5 tons. Size of plate that will be uses is same and length of the span that was originally 16 m will be made into 14 m. Construction of the girder has been made, but the construction has not been realized into a crane that can operate because there is no calculation to analyze the strenght of the structure. This research shows that the load that can be applied to the cnstruction of the girder is 20 tons and 18 tons for the end carriage. Due to this finding, the researcher gave 10 tons of SWL on the overhead crane construction. Exiting data of girder made a SS400 for material and the allowable stress is 117,5 N/mm<sup>2</sup> and the value of the stress is 59,50 N/mm<sup>2</sup> in FEM calculation with the value of the deflection 10,69 mm. The result of redesign uses ST52-3 material with the administration of SWL 10 ton and the allowable stress is 177,5 N/mm<sup>2</sup> as well as FEM calculation result with the value of the stress is 78,30 N/mm<sup>2</sup> and the deflection is 13,42 mm. For the result of the girder optimazion uses SS400 material with the administration of SWL 10 ton and the allowable stress is 117,5 N/mm<sup>2</sup> as well as FEM calculation result with the value of the stress is 76,55 N/mm<sup>2</sup> and the deflection is 16.22 mm.

**Keyword** : Overhead Crane, Design, Stress and Deflection

### Nomenclature

$\sigma$	tegangan
$\sigma_v$	equivalent stress von mises
$\delta$	defleksi
W	berat
E	Modulus Elastisitas
I	Momen Inersia

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini semakin pesat dan semakin tinggi persaingan antara industri-industri manufaktur. Proses produksi yang cepat merupakan salah satu alasan bagi industri untuk dapat bersaing dengan industri lain. Di dalam proses fabrikasi terdapat aktifitas pengangkatan barang dari satu tempat ke tempat lain. Hal tersebut merupakan salah satu aktifitas yang dapat mempengaruhi waktu proses produksi. Khususnya industri manufaktur bidang konstruksi, di mana barang yang diproduksi merupakan barang dengan ukuran yang besar dengan material logam yang otomatis barang tersebut sangat berat dan tidak mampu diangkat dengan tenaga manusia. Untuk itu diperlukan suatu teknologi untuk menunjang berjalannya aktifitas pemindahan barang. Tekologi tersebut bertujuan untuk menghasilkan profit atau keuntungan, baik dari segi finansial ataupun dalam segi waktu serta mempermudah kerja dan aktifitas manusia. Teknologi yang dapat mengatasi permasalahan tersebut adalah jenis teknologi dalam bidang alat bantu angkat.

PT. Bromo Steel Indonesia (BOSTO) merupakan salah satu industri manufaktur dalam

bidang kontruksi dimana industri ini memanfaatkan teknologi pesawat angkat dan angkut dalam proses fabrikasinya, misalnya crane dan trolley. Untuk memindahkan barang dapat menggunakan trolley, karena bentuknya yang minimalis dan mudah dibawa ke mana saja maka pemindahan barang dapat dipindah ke tempat yang lebih sempit dan terutama dapat dipindah ke luar ruangan. Namun, karena prinsip kerja trolley yang hanya mampu memindahkan barang, maka tetap membutuhkan alat bantu untuk mengangkat barang apabila barang tersebut memiliki beban yang berat, alat tersebut adaah crane.

Semua proses fabrikasi pada PT. BOSTO dikerjakan di workshop, di mana tempatnya di ruang terbuka namun tetap ada atap sebagai pelindung dari sinar matahari dan hujan. Maka dari itu, crane yang ada pada perusahaan yaitu overhead crane. Overhead crane merupakan alat bantu angkat pemindah barang yang letaknya didalam ruangan, lebih tepatnya overhead crane dipasang diatas suatu ruang dengan ketinggian tertentu. Perpindahan overhead crane terbatas hanya dapat berpindah sesuai panjang rel yang ada pada ruang tersebut, namun untuk pergerakan kanan-kiri dan maju-mundur sangat efektif.

Karena perusahaan bergerak di bidang konstruksi, maka material yang digunakan ialah seperti: besi, alumunium, stainless steel, hard dock, dll. Material seperti itu tergolong material yang memiliki beban yang berat, oleh karena itu setiap hari crane selalu bekerja di setiap workshop. Crane memiliki peranan penting

dalam proses fabrikasi, apabila tidak ada crane bisa saja proses fabrikasi terhenti.

Di PT. BOSTO memiliki lahan yang masih kosong untuk dapat digunakan sebagai tempat proses produksi, namun masih belum ada crane yang terpasang dan dapat digunakan. Karena perusahaan bergerak dibidang kontruksi di mana perusahaan tersebut merancang dan membuat produk maka dari itu perusahaan membuat crane sendiri untuk diletakan pada lahan yang masih kosong tersebut. Girder dan end carriage crane telah dibuat oleh perusahaan dengan menggunakan ukuran data crane yang sudah ada berkapasitas 5 ton. Ukuran data yang digunakan yaitu pada tebal platnya dibuat sama dan pengurangan ukuran pada panjang span-nya. Crane berkapasitas 5 ton memiliki panjang span 16 meter dan pada pembuatan crane baru dibuat sepanjang 14 meter. Namun belum dilakukan analisa kekuatan untuk pembebanan pada crane yang baru dibuat tersebut.

Oleh sebab uraian yang telah dipaparkan maka peneliti akan menganalisa kekuatan crane untuk mengetahui beban maksimal yang dapat ditumpu oleh konstruksi tersebut, dan melakukan analisa kekuatan bila diberi beban 10 ton. Analisa dikerjakan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga yang akan menghasilkan nilai tegangan dan defleksi. Setelah hasil analisa dari konstruksi utama dikerjakan, peneliti menghitung sistem perlengkapannya serta membuat redesign dengan pembebanan sama dengan ukuran profil yang berbeda namun memiliki nilai safety factor yang sama.

## 2. METODOLOGI .

### 2.1 Berat

Di dalam fisika, berat adalah gaya yang disebabkan oleh gravitasi bumi berkaitan dengan massa benda tersebut. Massa benda di mana-mana tetap, namun berat sebuah benda berubah-ubah sesuai dengan besarnya percepatan gravitasi di tempat tersebut.

### 2.2 Momen Inersia

Menurut Handayani dan Damari dalam buku berjudul “Fisika” untuk kelas XI, Inersia berarti mempertahankan diri sedangkan momen inersia berarti besaran yang nilainya tetap pada suatu gerak rotasi. Besaran ini analog dan dengan massa pada gerak translasi atau lurus.

### 2.3 Beban Maksimum

Beban maksimum adalah beban tertinggi yang mampu diangkat oleh pesawat angkat beserta komponen-komponennya dan dalam kondisi yang aman. Perhitungan untuk mencari beban maksimal didapatkan dengan melihat tegangan dan syarat defleksi yang diijinkan.

$$P = \frac{\left(\frac{\sigma_y x l x}{\bar{y}} - \frac{w x L^2}{8}\right) x 4}{L} \quad (1)$$

$$\delta_{syarat} = \frac{P x L^3}{48 x E x l x} + \frac{5 x g x L^4}{384 x E x l x} \quad (2)$$

## 2.4 Tegangan

Tegangan adalah suatu ukuran insensitas pembebanan yang dinyatkan oleh gaya dibagi oleh luas di tempat gaya tersebut bekerja. Komponen tegangan pada sudut yang tegak lurus pada bidang di tempat bekerjanya gaya tersebut disebut tegangan langsung, dan merupakan tegangan tarik atau tensile (positif), atau tegangan tekan atau compressive (negatif). Satuan untuk tegangan tersebut adalah N/mm<sup>2</sup> atau Megapascal (MPa).

Tegangan normal adala tegangan yang terjadi ketika gaya yang diterapkan tegak lurus terhadap luas penampang material, sehingga principal stress adalah nilai ekstrim dari tegangan normal yang terjadi pada material. Von Mises Stress adalah resultan dari semua tegangan yang terjadi diturunkan dari principal axis dan berhubungan dengan principal stress (

$$\sigma = M \frac{y}{I}$$

$$\sigma_v = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_f)^2 + 3\tau^2}$$

## 2.5 Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertical yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi.

$$\delta = \frac{P x L^3}{48 x E x l x} + \frac{5 x g x L^4}{384 x E x l x}$$

## 2.6 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah metode numeric yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan matematis dari suatu gejala phisis. Tipe masalah teknis dan matematis phisis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok analisa struktur dan kelompok masalah non-struktur.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Panjang span dari konstruksi overhead crane yaitu 14 meter dan material yang digunakan yaitu SS400 dengan data sebagai berikut :

Tensile	: 400 N/mm <sup>2</sup>
Yield	: 235 N/mm <sup>2</sup>

Elastisitas Modulus : 210.000 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>ijin</sub> : 117,5 N/mm<sup>2</sup>

### Perhitungan Beban Maksimal Konstruksi Overhead crane

Perhitungan beban maksimal bertujuan untuk mengetahui beban maksimal yang mampu ditumpu oleh konstruksi *overhead crane*. hasil perhitungan yang didapat untuk memenuhi parameter dari persamaan beban maksimal adalah sebagai berikut :

*Girder* :

Momen Inersia : 3.228.114.559,61 mm<sup>4</sup>  
 Berat struktur : 2,23 N/mm  
 Jarak NA : 419,78 mm  
 Mmax : 430.242.454,5 Nmm

*End Carriage* :

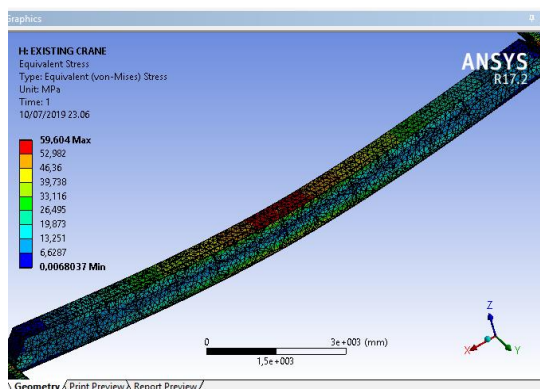
Momen Inersia : 275.583.378,7 mm<sup>4</sup>  
 Berat struktur : 1,3 N/mm  
 Jarak NA : 175 mm  
 Mmax : 72.419.299,87 Nmm

Dari persamaan 1 didapatkan beban maksimal sebesar 20,5 ton untuk *girder* dan 18,5 ton untuk *end carriage*.

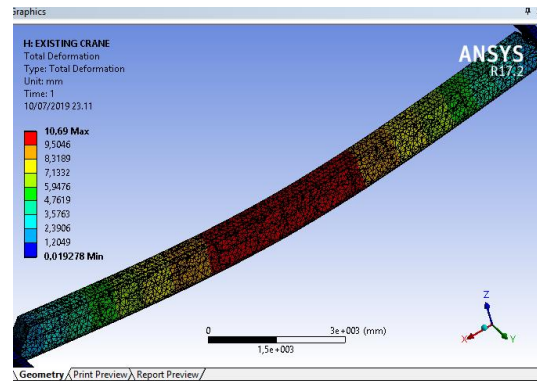
### Perhitungan Tegangan dan Defleksi

Dengan menggunakan persamaan 3 didapatkan hasil tegangan *girder* sebesar 56,26 N/mm<sup>2</sup> dan tegangan *von mises* sebesar 59,64 N/mm<sup>2</sup>. Untuk hasil tegangan *end carriage* sebesar 45,98 N/mm<sup>2</sup> dan tegangan *von mises* sebesar 50,33 N/mm<sup>2</sup>

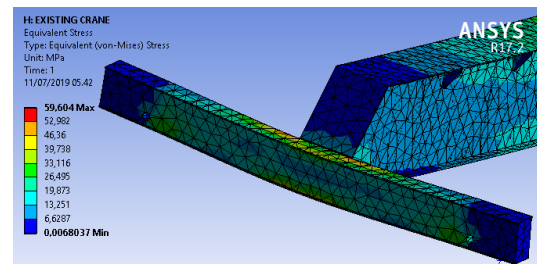
Dengan menggunakan persamaan 5 didapatkan nilai defleksi untuk *girder* sebesar 10,75 mm dan untuk *end carriage* sebesar 1,68 mm.



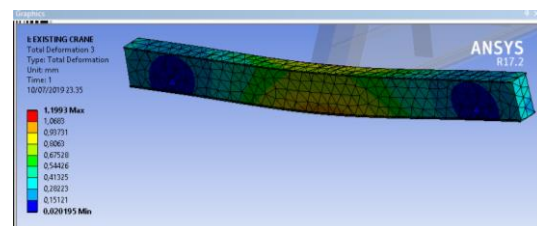
Gambar 1. Hasil tegangan konstruksi girder



Gambar 2. Hasil defleksi konstruksi girder



Gambar 3. Hasil tegangan konstruksi end carriage



Gambar 4. Hasil defleksi konstruksi end carriage

### Perhitungan Perencanaan Perlengkapan Sistem Hoist

Perencanaan *wire rope* didapatkan jenis tali *warrington* dengan diameter 22 mm perkiraan umur tali yaitu 62 bulan, perencanaan puli didapatkan 22 mm, serta perencanaan panjang drum sebesar 255,7 mm dengan tinggi angkat 4,4 m.

Perencanaan daya motor untuk *hoist* didapatkan 4,3 kw, daya motor untuk sistem *transversing* sebesar 14,46 kw, dan daya motor untuk sistem *travelling* sebesar 19,06 kw. Daya motor disesuaikan dengan daya motor yang ada pada katalog Monarch GX dimana daya motor yang dipilih harus lebih besar atau sama.

### Perhitungan Perancangan Ulang Konstruksi Girder

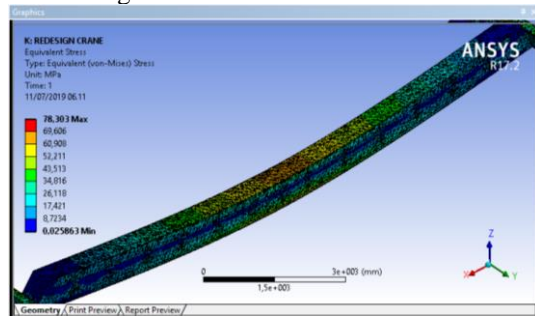
Material yang digunakan pada perancangan ulang yaitu ST52 dengan data sebagai berikut :

Tensile : 510 N/mm<sup>2</sup>  
 Yield : 335 N/mm<sup>2</sup>  
 Elastisitas Modulus : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>ijin</sub> : 177,5 N/mm<sup>2</sup>

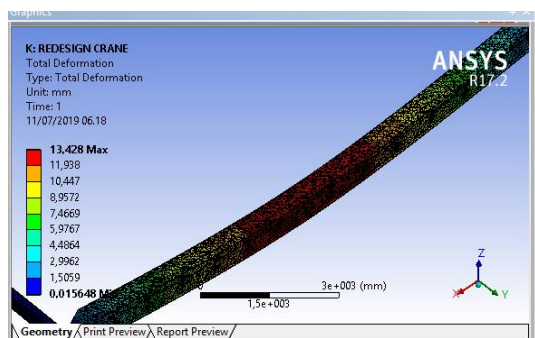
Perhitungan yang didapat untuk memenuhi parameter dari persamaan tegangan dan defleksi adalah sebagai berikut :

- Momen Inersia : 2.097.215.040,25 mm<sup>4</sup>
- Berat struktur : 1,78 N/mm
- Jarak NA : 376,13 mm
- Mmax : 421.518.427 Nmm
- Maka hasil tegangan dan defleksi sebagai berikut
- Tegangan *von mises* : 78,69 N/mm<sup>2</sup>
- Defleksi : 16,84 mm

Hasil perhitungan tegangan dan defleksi pada FEM sebagai berikut



Gambar 5. Hasil tegangan konstruksi redesign girder

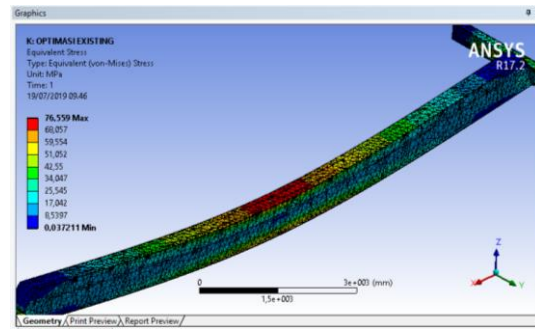


Gambar 6. Hasil defleksi konstruksi redesign girder

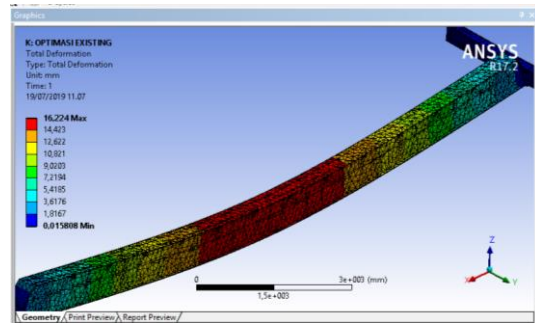
Optimasi girder dilakukan untuk mengoptimalkan material yang dibutuhkan untuk menanggung beban berkapaistas 10 ton dengan mempertimbangkan batas tegangan dan defleksi. Didapatkan ukuran profil dan hasil perhitungan sebagai berikut :

- Ukuran profil optimasi :
- Top plate* : 12 mm x 400 mm
- Web plate* : 8 mm x 718 mm
- Bottom plate* : 20 mm x 300 mm
- Tinggi beam : 750 mm
- Momen Inersia : 1.945.098.675,5 mm<sup>4</sup>
- Berat struktur : 1,78 N/mm
- Jarak NA : 352,64 mm
- Mmax : 425.373.076 Nmm

- Maka hasil tegangan dan defleksi sebagai berikut
- Tegangan *von mises* : 79,32 N/mm<sup>2</sup>
- Defleksi : 17,48 mm



Gambar 7. Hasil tegangan konstruksi optimasi girder



Gambar 8. Hasil defleksi konstruksi optimasi girder

Tabel 1: Perbandingan Hasil Analisis Data Existing dan Redesign

	Existing Girder	Redesign Girder	Optimasi Girder
Tinggi Konstruksi	24.38	1.23	57.24
Material	25.12	2.33	47.57
Yield Tensile			
Hasil FEM Tegangan	36.21	1.79	54.12
Defleksi			
Safety Factor	26.32	2.36	32.03
Wact	7.689.873.4 mm <sup>3</sup>	6.615.804,6 mm <sup>3</sup>	5.515.796,6 mm <sup>3</sup>
Wreg	3.682.617,5 mm <sup>3</sup>	3.637.515,5 mm <sup>3</sup>	3.620.196,3 mm <sup>3</sup>
Wrasio	2,1	1,8	1,5
Weight	3.177,52 kg	2.897,3 kg	2.778,76 kg

#### 4. KESIMPULAN

1. Didapatkan nilai beban maksimal yang mampu ditumpu oleh konstruksi girder overhead crane sebesar 20 ton dengan menggunakan acuan formula dari rumus defleksi dan nilai beban maksimal yang mampu ditumpu oleh konstruksi end carriage overhead crane sebesar 18 ton dengan menggunakan acuan formula dari rumus tegangan.

#### 2. Kekuatan Struktur

Untuk kekuatan struktur hasil dari pembebanan 10 ton pada konstruksi ada dua proses yang pertama yakni proses perhitungan secara manual lalu dibandingkan dengan Simulasi analisa struktur. Hasilnya ditunjukkan sebagai berikut :

- a. Kekuatan struktur konstruksi girder



Hasil tegangan perhitungan manual adalah 59,64 N/mm<sup>2</sup> dan untuk nilai defleksi didapatkan sebesar 10,75 mm. Hasil tegangan perhitungan FEM didapatkan sebesar 59,60 N/mm<sup>2</sup> dan untuk nilai defleksi didapatkan 10,69 mm

b. Kekuatan struktur konstruksi *End Carriage*

Hasil tegangan perhitungan manual adalah 50,33 N/mm<sup>2</sup> dan untuk nilai defleksi didapatkan sebesar 1,68 mm. Hasil tegangan perhitungan FEM didapatkan sebesar 52,98 N/mm<sup>2</sup> dan untuk nilai defleksi didapatkan 1,19 mm

3. Perhitungan Perlengkapan Lifting untuk *Existing Overhead Crane* 10 ton  
Perlengkapan lifting meliputi diameter wire rope sebesar 22 mm lalu untuk diameter pulley sebesar 374 mm. Data dari diameter wire rope dan pulley akan digunakan mencari diameter drum sehingga didapat sebesar 440 mm. Daya motor pada *hoist* (sistem *lifting*) didapatkan sebesar 4,3 kW, pada *trolley* (sistem *transversing*) sebesar 14,46 kW, dan daya motor untuk *end carriage* (sistem *travelling*) sebesar 19,06 kW.
4. Pada perancangan ulang konstruksi *girder overhead crane* menggunakan material ST52 didapatkan tinggi *beam* sebesar 800 mm dengan kekuatan struktur tegangan sebesar 78,30 N/mm<sup>2</sup>. Untuk hasil optimasi perancangan *Girder* menggunakan material SS400 didapatkan hasil tegangan sebesar 76,55 N/mm<sup>2</sup>.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

1. Orang tua penulis (Bapak Edi Susanto dan Ibu Luluk Sunariyah), dan seluruh keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, perhatian, nasihat, saran, serta mencukupi semua kebutuhan penulis.
2. Bapak Dr. Eng. I. Putu Sindhu Asmara, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang berkenan memberikan bimbingan, saran, dan pengetahuan baru pada penulis.
3. Bapak Fais Hamzah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang berkenan memberikan bimbingan, saran, dan pengetahuan baru.
4. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., MRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Ibu Anda Iviana Juniani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur.
6. Bapak Farizi Rachman, S.Si., M.Si. selaku ketua koordinator Tugas Akhir Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah bijaksana membantu,

mengontrol, serta memberi izin penulis untuk mengikuti sidang akhir.

7. Seluruh Dosen dan Staff Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang memberikan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir.
8. Seluruh teman-teman TDM angkatan 2015 yang bersama-sama berjuang selama 4 tahun.
9. Seluruh keluarga besar Teknik Desain dan Manufaktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

## 7. PUSTAKA

- [1] Aryanto, Rendy Bagus. (2015). Analisa Perhitungan dan Simulasi Tegangan pada Overhead Crane single Girder dengan *Safety Working Load* 5 ton di PT. Bromo Steel Indonesia menggunakan *Software* Metode Elemen Hingga. **Tugas Akhir**. Teknik Pengelasan PPNS
- [2] Fatahillah, Bagus. (2018). Perancangan Mobile Crane Kapasitas 2 ton sebagai sarana Penunjang Galangan Reparasi. Tugas Akhir Teknik Desain dan Manufaktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- [3] Gere, J. dan Timoshenko, S. (1972). Mekanika Bahan Jilid 1 dan 2 Edisi Keempat. Erlangga, Jakarta.
- [4] Handayani, Sri dan Ari Damari. (2009). **Fisika untuk SMA dan MA Kelas XI**. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional
- [5] Prayoga, Raka. (2016). Analisis Kekuatan Struktur dan Estimasi Usia Fatigue Life pada Overhead Crane Tipe Double Girder Berkapasitas 10 ton. Tugas Akhir Teknik Desain dan Manufaktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [6] Rudenko, N.(1922). Mesin Pengangkat. Erlangga, Jakarta.
- [7] T, Gunawan. (1993). Diklat Teori, Soal dan Penyelesaian Konstruksi Baja II, jilid 1 : Delta Teknik Group.
- [8] Oberg, Erik dkk. (2000). Machinery Handbook 26th Edition. New York: Industrial Press Inc.