

Analisis Tegangan Struktur *Bridge Crane* Kapasitas 2 Ton Dengan Bantuan *Software Ansys*

Ivanov Brian Sartua¹ Adi Pamungkas² M. Munir Fahmi³

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : ivanov.brian.tpkn18@polban.ac.id, fahmimunir@polban.ac.id

ABSTRAK

Dalam lingkungan industri seringkali terdapat kebutuhan untuk memindahkan benda atau objek yang berat dan dimensinya melebihi kapasitas manusia, oleh sebab itu diperlukan alat bantu untuk memindahkan objek besar dan berat tersebut, salah satunya adalah *Overhead travelling crane*. *Crane* jenis ini memiliki gabungan mekanisme pengangkat yang terpisah dengan rangka. Tipe *overhead travelling crane* yang dianalisis kekuatannya adalah tipe *single girder*. Metode penelitian yang dilakukan dimulai dari menentukan komponen standar seperti kait dan tali baja, kemudian membuat model dari struktur *crane* yang umum di pasaran, kemudian membuat optimalisasi dari model struktur yang sudah ada dan kemudian dianalisis kekuatannya dengan *software Ansys*. Hasil dari penelitian ini adalah perbandingan kekuatan berupa tegangan *bending* dan deformasi. Tegangan *bending* dan deformasi pada *girder* model yang lama didapat sebesar 60,809 MPa dan 3,365 milimeter, sementara tegangan *bending* dan deformasi pada model yang dioptimalisasi sebesar 41,318 MPa dan 3,363 milimeter. Tegangan *bending* dan deformasi pada *end carriage* model lama sebesar 28,354 MPa dan 0,144 milimeter, sementara tegangan *bending* dan deformasi pada model *end carriage* yang dioptimalisasi sebesar 27,949 MPa dan 0,141 milimeter. Dari hasil penelitian yang dilakukan telah dihasilkan struktur *overhead travelling crane* yang lebih kuat dari model sebelumnya.

Kata Kunci

Bridge crane, single overhead crane, Ansys, stress

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, seringkali didapat kebutuhan untuk memindahkan benda atau material yang memiliki dimensi yang besar dan beban berat yang melebihi kapasitas kemampuan manusia, oleh sebab itu dibutuhkan alat bantu untuk memindahkan benda atau material tersebut yang bernama pesawat pengangkat. Pesawat pengangkat memiliki bentuk dan jenis yang beragam tergantung dari jenis muatan, beban muatan dan lokasi di lapangan dari benda yang akan diangkut. Salah satu jenis dari pesawat pengangkat adalah *crane*. *Crane* sendiri memiliki beberapa jenis seperti *gantry crane, bridge crane, tower crane* dan lain-lain (1).

Pertumbuhan pasar *crane* di Indonesia diprediksi tumbuh pesat selama tahun 2018-2022. Di Indonesia rata-rata pertumbuhan tahunan pasar *crane* mencapai 6,2%, dan akan menyentuh US\$ 574 juta pada tahun 2022 dibandingkan dengan tahun 2017 sebesar US\$ 425 juta. Hal ini ini menyebabkan *crane*

menjadi alat bantu yang dinilai penting untuk kemajuan sektor industri di Indonesia (2).

Pada perancangan *crane*, salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah kekuatan *crane* dalam mengangkat beban maksimum. Kegagalan dalam perancangan *crane* dapat menyebabkan masalah fatal salah satunya kecelakaan kerja, oleh sebab itu diperlukan perancangan yang tepat guna mendapatkan rancangan *crane* yang aman dalam mengangkat beban maksimumnya (3). Dalam perancangan ini akan dirancang *crane* jenis *bridge crane* tipe *single overhead travelling crane*. Pembuatan model dan analisis kekuatan akan dibantu menggunakan bantuan *software*. Komponen utama yang akan dianalisis adalah struktur *girder*, kait, tali baja dan juga *end carriage*.

2. METODE PENELITIAN

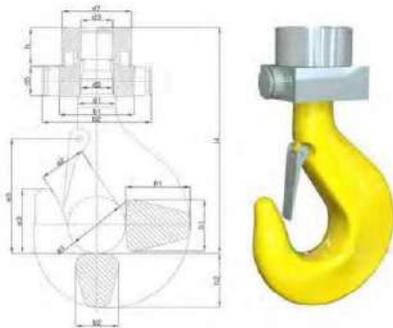
Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menentukan komponen standar berdasarkan kriteria yang ditentukan, kemudian melakukan pemodelan struktur

crane yang umum di pasaran dan melakukan pemodelan struktur yang dioptimalisasi. Setelah itu model-model tersebut dianalisis kekuatannya berdasarkan tegangan *bending* dan deformasi yang terjadi akibat pembebanan pada *crane* kemudian akan ditinjau perbandingan tegangan *bending* dan deformasinya dari kedua jenis model yang dibuat.

2.1 Pemilihan Kait

Kait merupakan alat bantu yang digunakan untuk menangani muatan dengan cara menggantung beban tersebut. Kait (*hook*) secara umum terbagi menjadi 2 jenis yaitu kait tunggal (*single hook*) dan kait ganda (*double hook*) atau biasa disebut dengan *ranshom hook* (4).

Pertama-tama dilakukan pemilihan komponen kait menurut standar kait DIN 15401, untuk kapasitas maksimal 2 Ton dapat menggunakan kait jenis *single forged hook* nomor 2,5



Gambar 1. Kait standar (5)

Setelah kait dipilih, nantinya kait tersebut akan dihitung kekuatannya dengan meninjau tegangan yang terjadi pada kait kemudian dibandingkan dengan tegangan yang diijinkan.

2.2 Pemilihan Tali Baja

Tali baja merupakan tali yang dibuat dari kumpulan serat-serat baja (*steel wire*) dan dibuat dengan menggunakan mesin dan perlakuan khusus. Pada proses pembuatannya serat-serat baja diberi perlakuan panas tertentu dan digaug dengan penarikan dingin sehingga serat baja menghasilkan sifat mekanis yang tinggi (6).

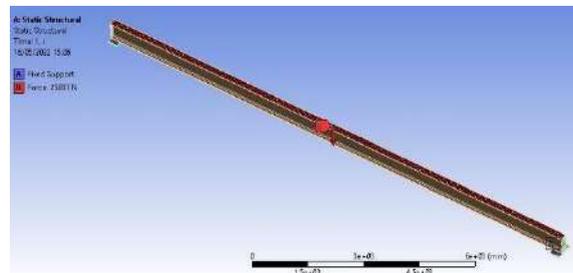
Pemilihan tali didasari pada kekuatan tali dalam mengangkat beban maksimumnya. Pertama-tama tali dipilih terlebih dahulu dengan mengacu pada standar United Rope

Works Rotterdam Holland dengan jenis $6 \times 37 + 1$ *fibre core* (7). Setelah tali dipilih kemudian dihitung kekuatannya.

2.3 Pemodelan struktur menggunakan software

2.3.1 Model Rangka (*Girder*)

Girder menggunakan baja IWF ukuran $500 \times 200 \times 10 \times 16$ dengan panjang 15 meter. Material yang digunakan yaitu material standar baja wf yaitu ST-37 atau biasa disebut *Mild Steel* karena baja tersebut mengandung karbon yang rendah (8), kemudian dibuat model 3D menggunakan bantuan *software*. Gambar dari model *girder* dapat dilihat sebagai berikut.

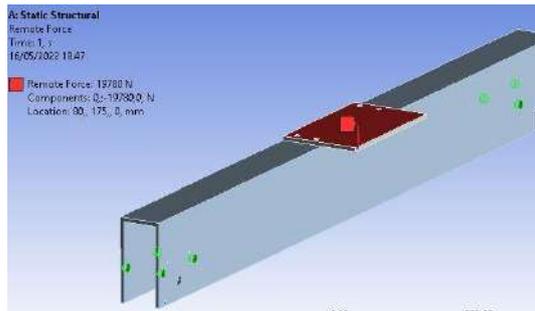


Gambar 2. Model 3D rangka *Girder*

Analisis kekuatan *girder* dibantu dengan *software*, analisis kekuatan pada model struktur *girder* dilakukan menggunakan fitur *equivalent stress* untuk meninjau tegangan maksimum yang terjadi pada *girder*. Simulasi *stress* dilakukan dengan asumsi beban statis dengan menggunakan *remote force* senilai 25,832 kN, kemudian *support* dibuat *fixed* di kaki *girder*.

2.3.2 Model Rangka *End Carriage*

End carriage berfungsi untuk menyangga *girder*, sehingga *girder* dapat bergerak maju mundur searah dengan jalur rel *end carriage*. *End carriage* yang dirancang menggunakan material *structural steel*. Berikut gambar dari model 3D *end carriage*.



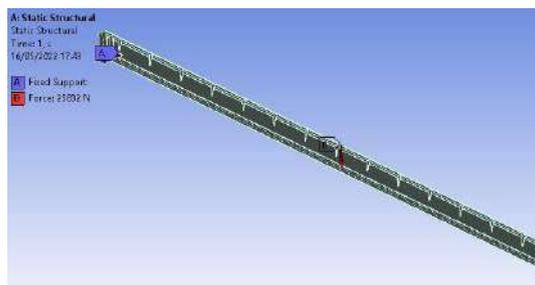
Gambar 3. Model 3D rangka *end carriage*

Analisis kekuatan *end carriage* dibantu dengan *software*, analisis kekuatan pada model *end carriage* dilakukan menggunakan fitur *equivalent stress* untuk meninjau tegangan maksimum yang terjadi pada *end carriage*. Simulasi stress dilakukan dengan asumsi beban statis menggunakan remote force sebesar 19,780 kN, kemudian menggunakan *fixed support* pada lubang penyangga roda seperti pada Gambar 3.

2.4 Optimalisasi struktur dari model sebelumnya

2.4.1 Optimalisasi Struktur Girder

Optimalisasi pada *girder* dibuat dengan tujuan agar *girder* yang dirancang memiliki kelebihan dibandingkan desain *girder* sebelumnya. Desain *girder* sebelumnya merupakan desain yang umum digunakan di pasaran. Optimalisasi desain dilakukan dengan menambahkan struktur tambahan pada bentangan *girder* dapat dilihat pada gambar berikut ini.

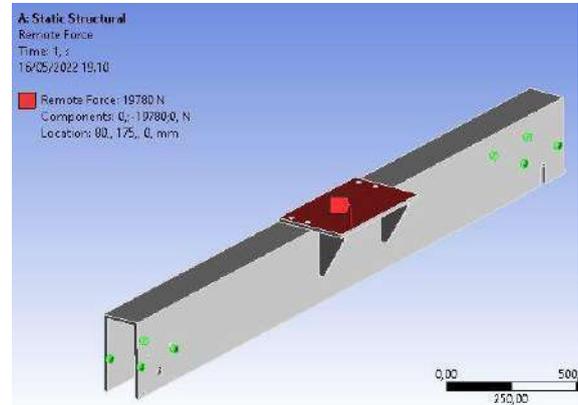


Gambar 4 Optimalisasi model *girder*

2.4.2 Optimalisasi *End carriage*

Optimalisasi pada *end carriage* dibuat dengan tujuan agar komponen yang dirancang memiliki kelebihan dibandingkan desain komponen sebelumnya. Desain *end carriage* sebelumnya merupakan desain yang umum

digunakan di pasaran. Optimalisasi desain dilakukan dengan menambahkan struktur tambahan pada bagian dalam *end carriage* dan di bagian sisinya, dapat dilihat pada gambar berikut:

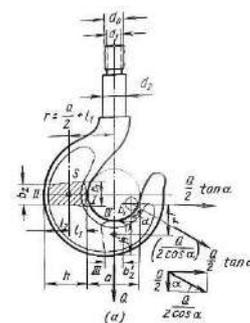


Gambar 5 Optimalisasi model rangka *end carriage*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil perhitungan kait

Setelah kait dipilih selanjutnya dilakukan perhitungan pada 4 bagian kritis pada penampang kait untuk mengetahui kekuatannya. Keempat penampang kritis kait dapat dilihat seperti berikut.

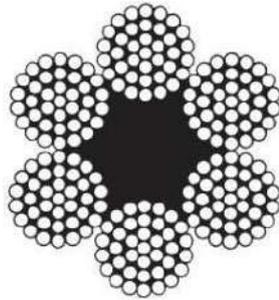


Gambar 6 Gaya-gaya pada kait (9)

Setelah dilakukan perhitungan pada keempat penampang kritis kait, didapat keempat tegangan pada empat penampang kritis tersebut yaitu sebesar; $(\sigma_I) = 82,896$ MPa, $(\sigma_{II}) = 32,558$ MPa, $(\sigma_{III}) = 94,451$ MPa dan $(\sigma_{IV}) = 38,834$ MPa. Keempat tegangan tersebut masih jauh dibawah batas tegangan yang diijinkan ($\sigma < 150$ MPa) sehingga dapat disimpulkan kait yang dipilih aman untuk digunakan mengangkat beban maksimum sebesar 2 ton.

3.2 Hasil perhitungan tali baja

Tali baja yang akan digunakan yaitu tipe 6 x 37 + 1 *fibre core* dengan diameter 16,4 mm dan mengacu pada standar *United Rope Works Rotterdam Holland*.

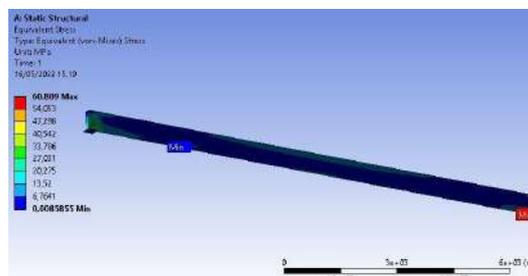


Gambar 7 Penampang tali baja yang digunakan (7)

Dari hasil perhitungan yang dilakukan didapat tegangan tarik tali sebesar $(\sigma_t) = 199,673$ MPa dan juga tarikan maksimum yang terjadi pada tali yaitu sebesar $(S_w) = 2585,89$ kg. Nilai tegangan tarik ijin tali baja didapat sebesar $(\sigma_b) = 360$ MPa dan nilai tarikan ijin pada tali baja sebesar $(S_w \text{ ijin}) = 3060$ kg. Sehingga dapat disimpulkan tali baja yang dipilih aman untuk digunakan mengangkut beban maksimum sebesar 2 Ton.

3.3 Analisis kekuatan girder dengan software

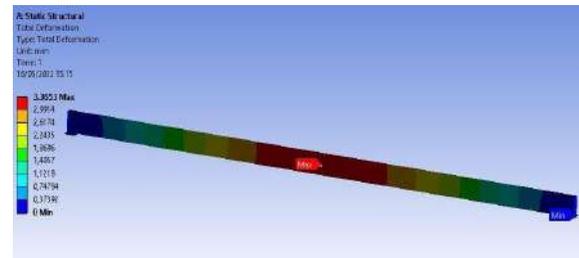
Hasil pengujian *girder* dengan bantuan *software* yaitu berupa *equivalent stress* yang merupakan tegangan total yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan pada *girder*. Didapat konsentrasi tegangan tertinggi sebesar 60,809 MPa. Hasil dari simulasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8 Konsentrasi tegangan pada rangka girder

Hasil dari simulasi total deformasi yang terjadi pada struktur *girder* didapat deformasi

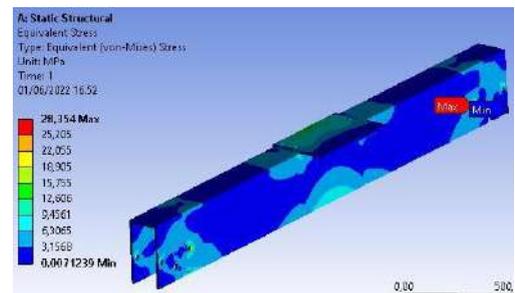
maksimum yang terjadi akibat pembebanan sebesar 3,365 mm. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9 Deformasi pada rangka girder

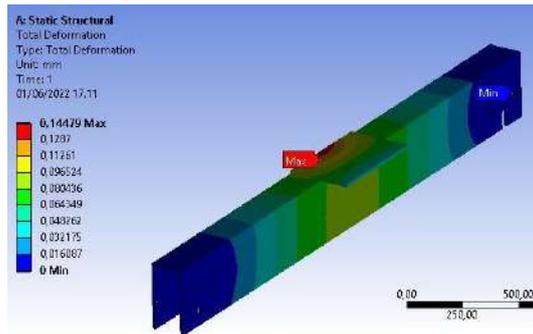
3.4 Analisis kekuatan end carriage dengan bantuan software

Hasil pengujian *end carriage* dengan bantuan *software* yaitu berupa *equivalent stress* yang merupakan tegangan total yang terjadi pada *end carriage* akibat pembebanan yang diberikan. Dari hasil simulasi didapat konsentrasi tegangan tertinggi sebesar 28,354 MPa. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 10 Konsentrasi tegangan pada end carriage

Hasil dari simulasi total deformasi yang terjadi pada struktur *end carriage* didapat deformasi maksimum yang terjadi sebesar 0,144 mm. Hasil dari simulasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 11 Deformasi pada rangka *end carriage*

3.5 Optimalisasi Struktur Rangka (*Girder*)

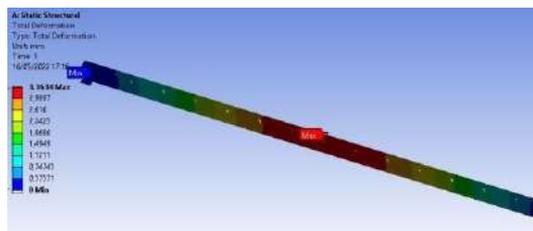
Setelah dilakukan simulasi pada tahap sebelumnya, maka selanjutnya dilakukan optimalisasi desain dari struktur *girder*. Hal ini dilakukan dengan tujuan mengurangi konsentrasi tegangan maksimum yang terjadi akibat pembebanan agar *girder* semakin aman untuk digunakan.

Hasil dari optimalisasi struktur *girder* adalah didapat konsentrasi tegangan maksimum yang terjadi mengalami penurunan yaitu menjadi sebesar 41,318 MPa. Hasil simulasi tegangan pada model *girder* yang baru dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 12 Tegangan pada *girder* model baru

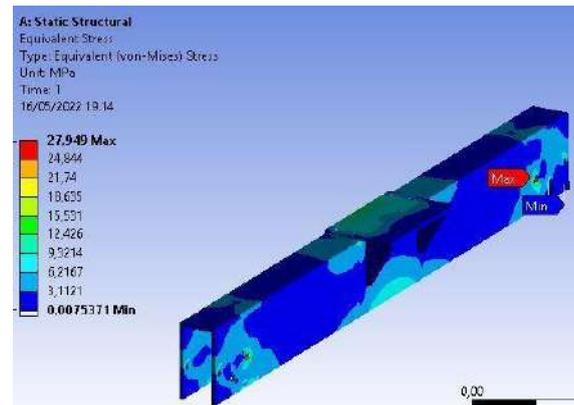
Untuk hasil deformasi total yang terjadi pada *girder*, didapat deformasi maksimum sebesar 3,363 mm. Simulasi deformasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 13 Deformasi pada *girder* model baru

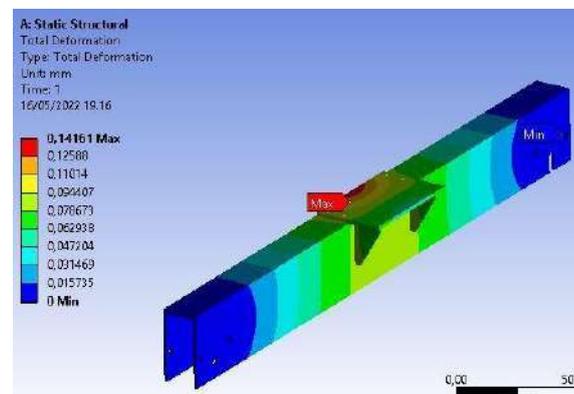
3.6 Optimalisasi struktur *end carriage*

Hasil simulasi dari struktur *end carriage* yang telah dioptimalisasi berupa *equivalent stress* yang merupakan tegangan yang terjadi akibat pembebanan pada *end carriage*. Dari simulasi yang dilakukan didapat tegangan maksimum sebesar 27,949 MPa. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 14 Tegangan pada *end carriage* model baru

Untuk deformasi total yang terjadi pada *end carriage*, didapat hasil dari simulasi deformasi terbesar yaitu 0,141 mm. Hasil dari simulasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 15 Deformasi pada *end carriage* model baru

3.7 Pembahasan

Setelah dilakukan simulasi menggunakan bantuan *software*, didapat hasil berupa tegangan *bending* yang terjadi pada struktur komponen dan juga besar deformasi yang terjadi akibat dari pembebanan pada komponen-komponen tersebut. Kemudian dilakukan optimalisasi dari model komponen

yang sudah ada agar mengurangi deformasi dan konsentrasi tegangan yang didapat pada model sebelumnya. Berikut tabel perbandingan hasil simulasi dari model awal dan model hasil optimalisasi.

Tabel 1 Perbandingan hasil optimalisasi
girder

| Model awal | | Hasil optimalisasi | |
|----------------|----------------|--------------------|----------------|
| Tegangan (MPa) | Deformasi (mm) | Tegangan (MPa) | Deformasi (mm) |
| 60,809 | 3,365 | 41,318 | 3,363 |

Tabel 2 Perbandingan hasil optimalisasi *end carriage*

| Model awal | | Hasil optimalisasi | |
|----------------|----------------|--------------------|----------------|
| Tegangan (MPa) | Deformasi (mm) | Tegangan (MPa) | Deformasi (mm) |
| 28,354 | 0,144 | 27,949 | 0,141 |

Untuk tegangan yang diijinkan dari kedua komponen tersebut yang menggunakan material *structural steel* adalah sebesar $(\sigma_{ijin} = \frac{460}{4} = 115 \text{ MPa})$. Sehingga dapat dinyatakan bahwa model yang dibuat aman untuk menahan beban maksimum sebesar 2 Ton.

Lendutan ijin struktur *crane* mengacu pada standar ASME B30.2 bahwa kekuatan struktur *crane* harus mengacu pada standar CMAA-74 tentang lendutan ijin yaitu sebesar $\delta = \frac{1}{888}l$ [10]. Sehingga berdasarkan ketentuan tersebut lendutan yang diijinkan untuk *girder* adalah $\delta = \frac{1}{888}15000 = 16,89 \text{ mm}$. Sementara lendutan ijin untuk *end carriage* adalah sebesar $\delta = \frac{1}{888}2780 = 3,13 \text{ mm}$.

4. KESIMPULAN

1. Tali baja yang digunakan aman digunakan karena tegangan dan tarikan yang terjadi pada tali yaitu sebesar $(\sigma_t=199,673 \text{ MPa})$ dan $(S_w= 2585,89 \text{ kg})$ masih dibawah batas ijin yaitu

sebesar $(\sigma_b)= 360 \text{ MPa}$ dan $(S_w \text{ ijin})= 3060 \text{ kg}$

2. Kait yang dipilih aman untuk digunakan dikarenakan tegangan yang terjadi pada penampang yang kritis yaitu sebesar $(\sigma_I)= 82,896 \text{ MPa}$, $(\sigma_{II})= 32,558 \text{ MPa}$, $(\sigma_{III})= 94,451 \text{ MPa}$ dan $(\sigma_{IV})= 38,834 \text{ MPa}$ masih dibawah batas tegangan ijin $(\sigma < 150 \text{ MPa})$.
3. Dari optimalisasi yang telah dilakukan pada *girder*, didapat tegangan dan deformasi yang terjadi setelah dilakukan optimalisasi didapat tegangan sebesar 41,318 MPa dan deformasi *girder* sebesar 3,363 mm yang mana lebih kecil dari model yang sebelumnya.
4. Hasil optimalisasi yang dilakukan pada *end carriage* didapat nilai konsentrasi tegangan sebesar 27,949 MPa dan deformasi total sebesar 0,141 mm yang lebih kecil dibandingkan dengan model awalnya.

5. SARAN

Pengembangan yang dapat dilakukan untuk penelitian ini adalah dapat membuat struktur *girder* dan *end carriage* yang lebih ringan yang mana bisa mengurangi biaya produksi namun tetap kuat untuk menahan beban maksimum *crane*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung dan rekan kelas 4-TPKM yang telah membantu jalannya penelitian ini sampai selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siregar, Fendi W. Lubis, Hasrin dan Usman, Ramli. Rancang Bangun Crane dengan Kapasitas Angkat Maksimal 1 Ton. Lhokseumawe : Politeknik Negeri Lhokseumawe, 2018, Vol. 2. e-ISSN 2597-9140.
- [2] <https://industri.kontan.co.id/news/pasar-sewa-crane-bisa-tumbuh-pesat-hingga-2022>, "Pasar sewa crane bisa tumbuh pesat hingga 2022" diakses pada tanggal 23 Mei 2022.
- [3] Endi, Susanto. dan Soeharsono. Perancangan Gantry Crane Kapasitas 10 Ton dengan Bantuan Software. 80-86, Jakarta : Universitas Trisakti, 2014, Vol. 12. 1.

Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar
Bandung, 13-14 Juli 2022

- [4] Pamungkas, Herwin Huda. Perancangan Overhead Crane Single Girder Kapasitas Angkat 10 Ton. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang, 2017
- [5] Forga, Irizar. Lifting & Mooring Product Guide.
- [6] Khoeriyah, Zhahrotul. Perancangan Overhead Crane Single Girder Berkapasitas Angkat Maksimal 10 Ton. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang, 2021.
- [7] Muin, Syamsir A. Pesawat Pesawat Pengangkat. Jakarta : Rajawali Pers, 1990.
- [8] SNI-03-1729-2002: Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung”. Departemen Pekerjaan Umum, 2002.
- [9] Rudenko, N. Mesin Pemindah Bahan. Jakarta : Penerbit erlangga, 1992.
- [10] Specification for Top Running & Under Running Single Girder Electric Travelling Cranes Utilizing Under Running Trolley Hoist”. Crane Manufacturers Association of America, 2010.