

PERANCANGAN *CRANE* UNTUK MENGANGKAT *ENGINE* MOBIL DENGAN PERTIMBANGAN ILMU ERGONOMI

Rahmat Hidayat¹, Dodi Sofyan Arief², Mustafa Akbar³

Laboratory of Production Technology, Department of Mechanical *Engineering*, Faculty of *Engineering*,
University of Riau Campus Bina Widya Km.12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293.

¹rahmathidayat2304@gmail.com,²dodidarul@yahoo.com,³akbarmst@gmail.com

Abstract

Crane lifting equipment widely has been used in the world of industry and automotive. In the automotive industries, the crane is used to lift car engines and other similar proposed. In the design of this is required an ergonomics study of knowledge and the relationship between humans and machines, the interface between them. The purpose of this research is to produce a crane design to lift the car engine which structural analysis using the simulation on Autodesk Inventor software and produce a crane design with consideration of ergonomics. In the design restricted crane design using software Autodesk Inventor and engine period used maximum 300 kg, on crane design with consideration of ergonomics science only discussing of the force of the crank, the position of attraction and the position of thrust. The frame design process starts from choosing the frame form, followed by simulation on Autodesk Inventor. While the process for consideration of science carried out manual calculations. Based on crane frame simulation results was obtained minimum safety factor value of 2.72. In the position of push and pull handlebar which safe consideration was in obtained the same value that was at 68 cm slopes. It is concluded the framework still safe and the force gained for cranking that is not too heavy, in the process of pushing and pulling the instrument easily moved.

Keywords : *crane, ergonomics, simulation inventor and safety factor*

1. Pendahuluan

Peralatan pengangkat (*Crane*) juga banyak digunakan di dunia industri maupun dunia otomotif. Alat ini biasa digunakan untuk mengangkat material yang berat. Pada dunia otomotif, *crane* biasa digunakan untuk mengangkat *engine* mobil dan sejenis lainnya. Selain di industri *crane* juga bisa kita temukan di sorum mobil atau bengkel kecil. *Crane* juga memiliki beberapa tipe ada yang menggunakan hidrolik, motor derek, dan derek manual. Semua alat pengangkat ini memerlukan ilmu ergonomi sebagai alat mempermudah pekerjaan manusia.

Ergonomi adalah suatu cabang ilmu bersifat *multi-disipliner* yang lahirnya setelah perang dunia II. Ergonomi berasal dari kata: *ergon* dan *nomos*. *Ergon* berarti kerja, *nomos* berarti aturan atau hukum. Dengan demikian ergonomi diartikan sebagai aturan dalam bekerja. Implikasinya dalam kehidupan ialah bahwa di dalam melaksanakan pekerjaan itu hendaknya manusia selalu menyadari bahwa ada aturan kerja yang harus dituruti [1].

Untuk mengatasi permasalahan penggunaan *crane* untuk angkat *engine* mobil, maka dilakukan perancangan *crane* untuk mengangkat *engine* mobil dengan pertimbangan kekuatan struktur dan ilmu ergonomi. Alat ini menggunakan sumber tenaga manusia yang berhubungan dengan *crane* dan dibantu oleh dua buah katrol sebagai jalur *sling*, sehingga *crane* digunakan untuk mengangkat *engine* dari bodi mobil dan perlahan-lahan mesin

terangkat. Perancangan ini menggunakan pertimbangan ilmu ergonomi. Untuk posisi *crane* supaya pemakaiannya nyaman digunakan operator (manusia).

1.1 Perancangan

Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian proses pembuatan produk. Pada tahap perancangan tersebut dibuat keputusan-keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain yang menyusulnya. Sebelum sebuah produk dibuat, terlebih dahulu dilakukan proses perancangan yang nantinya menghasilkan sebuah gambar sketsa atau gambar sederhana dari produk tersebut. Gambar sketsa yang telah dibuat kemudian digambar kembali dengan aturan gambar sehingga dapat dimengerti oleh semua orang yang ikut terlibat dalam proses pembuatan produk tersebut. Gambar hasil perancangan adalah hasil akhir dari proses perancangan. Dan sebuah produk dibuat setelah gambar-gambar rancangannya dibuat dalam bentuk gambar kerja [2].

Dalam merancang suatu struktur, ditetapkan prosedur pemilihan suatu material yang sesuai dengan kondisi aplikasinya. Prosedur pemilihan material nantinya mempertimbangkan sifat mekanik material tersebut, antara lain adalah :

1. Kekuatan (*strength*) adalah kemampuan bahan untuk menahan tegangan tanpa terjadi kerusakan.
2. Elastisitas (*elasticity*) adalah kemampuan bahan untuk kembali ke ukuran dan bentuk asalnya,

setelah gaya luar dilepas. Sifat ini sangat penting pada semua struktur yang mengalami beban berubah-ubah.

3. Kekakuan (*stiffness*) adalah sifat yang didasarkan pada sejauh mana bahan mampu menahan perubahan bentuk.

4. Keuletan (*ductility*) adalah sifat dari bahan yang memungkinkan bisa dibentuk secara permanen melalui perubahan bentuk yang besar tanpa terjadi kerusakan. Sifat ulet sangat diperlukan untuk bahan yang mengalami beban secara tiba-tiba.

1.2 Crane (derek)

Peralatan pengangkat dewasa ini sangat beragam baik bentuk model alatnya maupun fungsinya. Proses pemindahan barang kesuatu tempat yang relatif sempit masih langsung di angkat dengan manusia, sehingga hanya akan memperlambat proses produksi dan bisa menimbulkan rawan kecelakaan.

Crane merupakan alat bantu mekanis untuk memindahkan benda dari suatu titik ke titik lainnya. *Crane* bekerja dengan menggunakan tali sebagai pemindah benda, oleh sebab itu, kemungkinan terjadi ayunan pada benda yang diangkat oleh *crane* sangat besar. Disamping itu operator sangat berperan dalam pengendalian sebuah *crane* agar dapat memindahkan benda dari suatu titik ke titik lain dalam waktu relatif singkat dan mencapai tujuan tanpa berayun.

Jenis jenis *Crane*, *Crane* biasanya terdiri atas beberapa jenis *crane* diantaranya ialah :

1. *Crawler Crane*
2. *Tower Crane*
3. *Mobile Crane*
4. *Hidraulik Crane*
5. *Hoist Crane*
6. *Jib Crane*

1.3 Antropometri

Antropometri berasal dari bahasa Yunani yaitu *anthrospos* yang berarti manusia dan *metricos* yang berarti pengukuran. Antropometri merupakan pengetahuan yang menyangkut pengukuran tubuh manusia khususnya dimensi tubuh. Antropometri merupakan salah satu bagian yang menunjang ergonomi, khususnya dalam perancangan suatu peralatan berdasarkan prinsip-prinsip ergonomi.

Antropometri dapat dibagi menjadi dua, berdasarkan posisi tubuh pada saat pengukuran yaitu:

1. Antropometri Statis

Antropometri statis adalah pengukuran tubuh manusia pada posisi diam. Contohnya pengukuran tinggi duduk tegak, tinggi pinggang dan lain-lain.

2. Antropometri Dinamis

Antropometri dinamis adalah pengukuran yang dilakukan terhadap posisi tubuh pada saat melakukan gerakan-gerakan yang berkaitan dengan

pekerjaan yang dilakukan. Tujuannya adalah mendapatkan ukuran tubuh yang nantinya berkaitan erat dengan gerakan-gerakan nyata dalam melakukan sesuatu pekerjaan.

Tabel 1 Data Antropometri Indonesia [3]

Dimensi	Keterangan	5th	50th	95th	SD
D5	Tinggi pinggul	93	95,28	96,9	2,8
D3	Tinggi bahu	137	138,9	140	5,2
D25	Panjang bahu genggaman kedepan	63	64,81	66,4	5,8

1.4 Ergonomi

Ergonomi adalah suatu cabang ilmu bersifat *multi-disipliner* yang lahirnya setelah perang dunia II. Ergonomi berasal dari kata: *ergon* dan *nomos*. *Ergon* berarti kerja, *nomos* berarti aturan atau hukum. Dengan demikian ergonomi diartikan sebagai aturan dalam bekerja. Implikasinya dalam kehidupan ialah bahwa di dalam melaksanakan pekerjaan itu hendaknya manusia selalu menyadari bahwa ada aturan kerja yang harus dituruti.

Ergonomi adalah pengetahuan yang mempelajari dan mengkaji hubungan antara manusia dan mesin, mempelajari *interface* antara keduanya. Produk yang sedang dirancang dan dibuat, nanti akhirnya akan berhubungan dengan manusia yaitu manusia sebagai pengguna, sebagai operator dan sebagai pemilik. Produk tidak boleh membahayakan manusia, tidak boleh melukai dan mencederai manusia, tidak boleh menyebabkan manusia yang menggunakannya lelah, tertekan, terganggu dan lain lain. Sebaiknya perancang dapat memasukkan hal-hal yang menyenangkan dan nyaman dalam menggunakan produk [3].

1.5 Statika Struktur

Ergonomi adalah suatu cabang ilmu bersifat *multi-disipliner* yang lahirnya setelah perang dunia II. Ergonomi berasal dari kata: *ergon* dan *nomos*. *Ergon* berarti kerja, *nomos* berarti aturan atau hukum. Dengan demikian ergonomi diartikan sebagai aturan dalam bekerja. Implikasinya dalam kehidupan ialah bahwa di dalam melaksanakan pekerjaan itu hendaknya manusia selalu menyadari bahwa ada aturan kerja yang harus dituruti.

Ergonomi adalah pengetahuan yang mempelajari dan mengkaji hubungan antara manusia dan mesin, mempelajari *interface* antara keduanya. Produk yang sedang dirancang dan dibuat, nanti akhirnya akan berhubungan dengan manusia yaitu manusia sebagai pengguna, sebagai operator dan sebagai pemilik. Produk tidak boleh membahayakan manusia, tidak boleh melukai dan mencederai manusia, tidak boleh menyebabkan manusia yang menggunakannya lelah, tertekan,

terganggu dan lain lain. Sebaiknya perancang dapat memasukan hal- hal yang menyenangkan dan nyaman dalam menggunakan produk.

1.6 Faktor Keamanan

Maximum load yang dimiliki struktur atau komponen mesin diizinkan jika dilakukan dalam kondisi pemakaian normal jauh lebih kecil daripada *ultimate load*. Beban yang lebih kecil ini disebut sebagai *allowable load* dan, kadang-kadang, sebagai *working load* atau *design load*. Jadi, hanya sebagian kecil dari kapasitas *ultimate load* dari struktur yang digunakan saat beban yang diizinkan diterapkan. Bagian sisanya dari kapasitas muatan struktur disimpan agar menjamin kinerjanya yang aman.

Berikut adalah rekomendasi dalam memilih *safety factor* [4] :

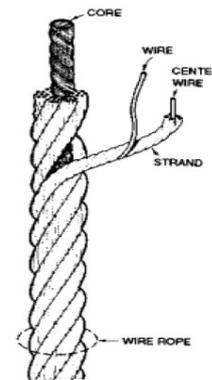
1. $FS = 1,25 - 1,5$ untuk material yang sangat dapat diandalkan yang digunakan dalam kondisi terkendali dan dikenai beban dan tekanan yang dapat ditentukan dengan pasti. Beban yang kecil juga merupakan pertimbangan yang penting.
2. $FS = 1,5 - 2$ untuk material yang diketahui dengan baik, dalam kondisi lingkungan yang cukup konstan, dikenai beban dan tekanan yang dapat ditentukan dengan mudah.
3. $FS = 2 - 2,5$ untuk material umum yang dioperasikan di lingkungan biasa dan dikenakan beban dan tekanan yang dapat ditentukan.
4. $FS = 2,5 - 3$ untuk material yang kurang teruji atau untuk material yang brittle pada kondisi lingkungan, beban, tegangan yang umum.
5. $FS = 3 - 4$ untuk material yang tidak teruji untuk digunakan dalam kondisi lingkungan, beban, dan stres yang umum.
6. $FS = 3 - 4$ juga harus digunakan dengan material yang diketahui yang akan digunakan di lingkungan yang tidak pasti atau dikenai tegangan yang tidak pasti.
7. Beban berulang: poin-poin nomor 1 sampai 6 dapat diterima tetapi harus diterapkan pada batas yield strength material.
8. Beban dampak: poin-poin nomor 3 sampai 6 dapat diterima, namun faktor dampak harus disertakan.
9. Material brittle: Dimana ultimate strength digunakan sebagai maksimum teoritis, namun poin 1 sampai 6 harus dikali dua.
10. Jika menginginkan faktor yang lebih tinggi, analisis masalah yang lebih menyeluruh harus dilakukan sebelum menggunakan rekomendasi *safety factor*.

1.7 Wire Rope

Wire rope adalah elemen penting dalam menahan gaya tarik dalam mengangkat dan

memindahkan beban. Asumsi *wire rope* sebagai mesin dapat diterima karena *wire rope* memiliki beberapa bagian bergerak yang menahan beban dan secara dinamis mendistribusikannya untuk dapat melakukan pekerjaan.

Salah satu kelebihan *wire rope* adalah mampu menahan beban yang berat dan di saat yang sama tetap fleksibel. *Chain* yang digunakan sebagai alat bantu angkat menggunakan rangkaian seri dari setiap bagiannya. Apabila satu bagian dari rangkaian tersebut putus, maka seluruh rangkaian alat bantu angkat tersebut akan jatuh. Adapun bentuk dari Elemen *Wire Rope* dapat kita lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Elemen *Wire Rope* [5]

Pada dasarnya *wire rope* terdiri dari 3 komponen yaitu inti tali (*core*), kumpulan pilinan kawat-kawat (*strand*), dan kawat-kawat (*wires*) sebagaimana terlihat pada Gambar 2. Inti tali merupakan pusat seutas tali baja dan letaknya di bagian dalam kumpulan-kumpulan pilinan kawat.

Tali baja (*steel wire rope*) adalah tali yg di kontruksi dari kumpulan jalinan serat-serat baja. Mula-mula beberapa serat (*steel wire*) di pintal hingga jadi satu jalinan (*strand*), kemudian beberapa *strand* di jalin pula pada suatu inti [5].

Apabila kita bandingkan antara tali baja dengan rantai maka ada beberapa kelebihan tali baja, antara lain sebagai berikut:

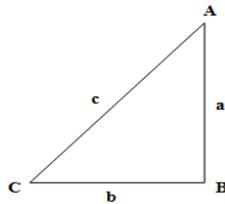
- a) Ringan
- b) Lebih baik terhadap beban terbagi rata
- c) Lebih fleksibel
- d) Kuat terhadap fatigu
- e) Tak cenderung berbelit

1.8 Bidang Miring

Bidang miring merupakan salah satu pesawat sederhana yang sering dimanfaatkan manusia dalam menjalankan aktivitasnya. Dengan memanfaatkan konsep bidang miring akan mempermudah manusia dalam melakukan usaha atau kerja. Salah satu pemanfaatan konsep bidang miring digunakan saat menaikkan barang ke mobil angkut atau truk. Konsep ini umumnya dimanfaatkan untuk

meringankan beban atau pekerjaan supaya tidak membutuhkan gaya yang begitu besar [6].

Adapun rumus dalam perhitungan bidang miring yaitu dari rumus *pythagoras* untuk segitiga siku-siku dapat dilihat dari Gambar 2.



Gambar 2. Segitiga siku-siku

Adapun rumus dalam perhitungan bidang miring yaitu dari rumus *pythagoras* dari gambar segitiga siku-siku di atas dapat kita lihat persamaan dibawah ini :

$$c^2 = a^2 + b^2 \dots\dots\dots (1.1)$$

2 Metode Perancangan Rangka

Dalam perancangan rangka untuk *crane* ini, dimensi ukuran langsung di ambil ukuran pada mobil itu sendiri, kemudian di sesuaikan dengan alat yang akan di rancang. Salah satu mobil Toyota Yaris Sportivo dapat dilihat pada Gambar 3 untuk ukuran panjang dan lebar dibawah :



Gambar 3. Ukuran Panjang dan Lebar

Dari gambar didapatkan dimensi keseluruhan dari kendaraan, yaitu sebagai berikut:

- Panjang = 1550 mm
- Lebar = 1000 mm
- Tinggi = 2500 mm

Setelah menentukan spesifikasi keseluruhan pada kendaraan (mobil), selanjutnya adalah menentukan parameter dalam pembuatan desain rangka utama seperti dimensi serta posisi dudukan katrol dandudukan *hand winch* serta dudukan pendorong dan penarik sampai ke dudukan roda pada *crane*. Posisi tersebut ditentukan dengan mengasumsikan panjang, lebar dan tinggi yang dibutuhkan supaya nyaman untuk pemakaian.

Engine Mobil ini merupakan salah satu bahan untuk angkat oleh *crane* manual. Berdasarkan informasi dari forum internasional ‘*yaris world*’,

mobil ini sudah berhasil di swap dengan mesin 4A dan 2ZZ. Pilihan mesin: 2ZZ-GE, 4A-GE 20V Blacktop, 4A-GZE. Adapun bentuk *engine* mobil dapat dilihat pada Gambar 4.



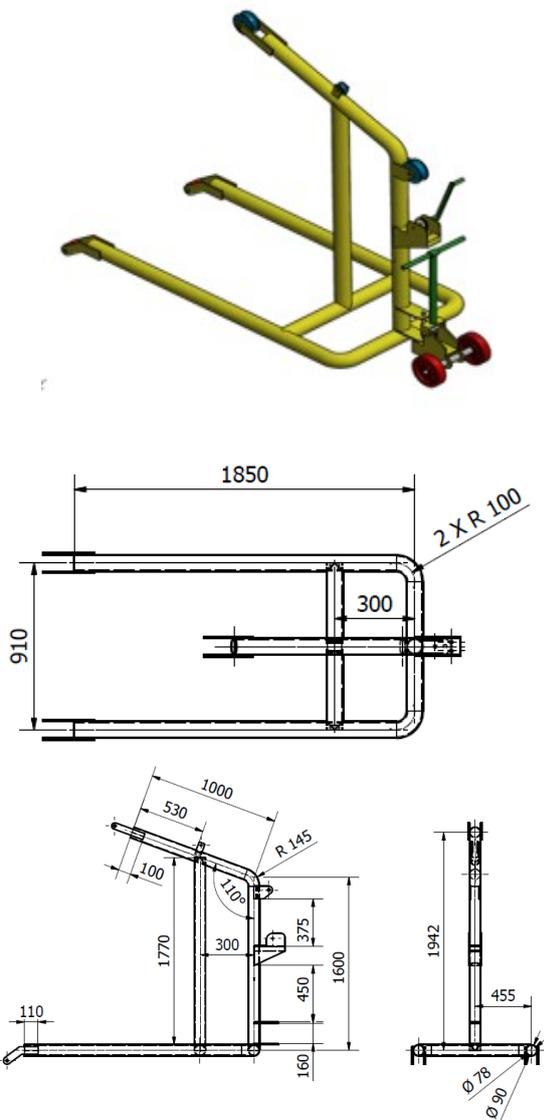
Gambar 4. *Engine* mobil

Berdasarkan spesifikasi *engine* mobil dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Engine* Mobil

Mobil	Keterangan
Toyota Yaris	
Produksi	1999 – sekarang
Kapasitas	1.8 L
Tipe	DOHC I4 NA
Power	164 – 191 hp @ 7600 – 8000 rpm
Torque	125 – 236 lbft @ 4400 – 6000 rpm
Redline	7800 – 8600 rpm
Stroke	85 mm
Bore	82 mm
Compression ratio	11.5:1
Variable Performance	VVTL-i (“L” untuk Lift. Mirip-mirip VTEC nya Honda)
Berat	112 Kg
Potensi Mesin	300+ hp
Asal mesin	Toyota Celica, Lotus Elise, Lotus Exige
Swap Engine ke	All New Corolla (AE111), Toyota Yaris, Toyota Vios, Toyota Altis

Dari Data yang didapatkan dari spesifikasi umum kendaraan yang dilakukan dengan mengukur langsung serta parameter desain rangka selanjutnya akan diterjemahkan kedalam sebuah model 3D *Sketch* berbentuk rangka menggunakan *software Autodesk Inventor*. Dimana langkah pembuatan sket ini diawali dengan perintah 2D *Sketch*, lalu *finishing* menggunakan perintah 3D *Sketch*. Bentuk sket rangka ini dibuat mendekati produk asli. Adapun sketsa 2D dan 3D dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sketsa 2D dan 3D

Dalam perancangan *engine crane* ini dengan pipa ASTM A53B dan Plate ASTM A36 dengan spesifikasi sebagai berikut.

Pada pembuatan alat ini pipa yang dipakai adalah 3,2 *Inchi* dengan tebal 5,5 mm. Merek *Carbon Steel Seamless Pipe* dengan *Black Painting* standar grade ASTM A53B /A 106 BAPI5LB. Dari pipa ASTM A53 dapat di lihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pipa ASTM A53 / A106 *Steamless cold drawn steamless carbon steel pipe with black painting*

3 Hasil dan Pembahasan

Analisis statik pada *Autodesk Inventor* dapat dilakukan menggunakan fitur *stress analysis* yang terdapat pada tabulasi *environment*. Dalam melakukan analisis statik rangka dengan *software Autodesk Inventor* perlu dilakukan beberapa tahap yaitu pemilihan material, menentukan posisi tumpuan dan beban pada rangka, serta proses *meshing*. Tujuan simulasi ini adalah untuk mengetahui tegangan *von misses*, tegangan *principle*, *displacement* dan *safety factor*.

1. Pemilihan Material

Pemilihan material merupakan tahap paling awal dalam melakukan *stress analysis* pada *Autodesk Inventor*. Material setiap komponen atau batang pada rangka harus ditentukan menggunakan fitur *Assign*. Pada kotak dialog *Assign Material*, dapat dilihat komponen desain rangka beserta materialnya. Material yang akan dipakai pada simulasi ini adalah material yang dipilih pada kolom *Override Material*, dimana material yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa *Steel ASTM A 53 B*, dan untuk *Plate ASTM A 36*, dapat lihat spesifikasi material dari data simulasi *inventor* untuk pipa *steel ASTM A53 B* pada Tabel 3.

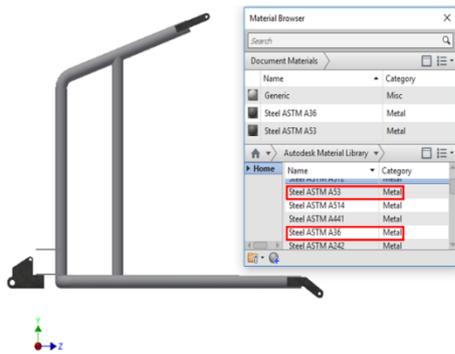
Tabel 3. Material *Steel* pipa ASTM A 53 spesifikasi dari data *software inventor*

Name	Material Steel ASTM A53(Pipa)	Keterangan
General	Mass Density	7.85 g/ cm ³
	Yield Strength	241.329 Mpa
	Ultimate Tensile Strength	413.7 Mpa
Stress	Young's Modulus	199.95 Gpa
	Poisson's Ratio	0.3 ul
	Shear Modulus	76.9073 Gpa
Part Name	Kerangka	

Tabel 4. Material *Steel* Plat ASTM A 36 Spesifikasi dari kata *Software inventor*

Name	Material Steel ASTM A36 (Plat)	Keterangan
General	Mass Density	7.85 g/ cm ³
	Yield Strength	245.222 Mpa
	Ultimate Tensile Strength	399.9 Mpa
Stress	Young's Modulus	199.95 Gpa
	Poisson's Ratio	0.3 ul
	Shear Modulus	76.9073 Gpa
Part Name	Dudukan Untuk Katrol Depan	

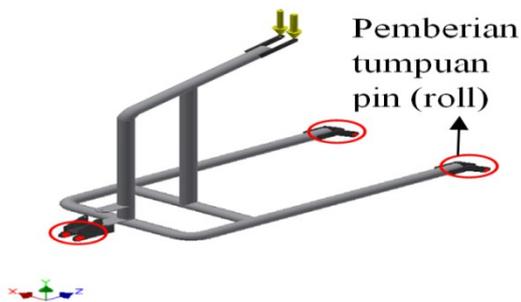
Dapat dilihat cara pemilihan materialnya pada *inventor* seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemilihan Material

2 Tumpuan

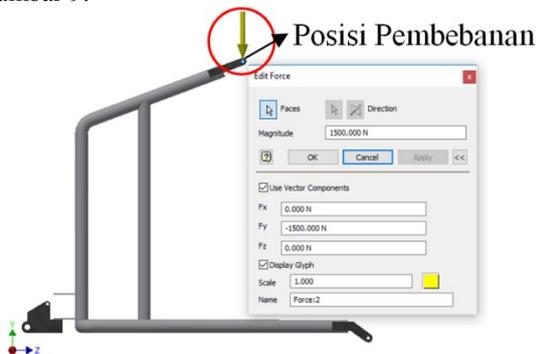
Setelah menentukan material rangka, selanjutnya adalah menentukan posisi tumpuan dari pembebanan pada rangka. Tumpuan pada rangka ini terdapat tumpuan pin yang mana tumpuan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Posisi Tumpuan

3 Pembebanan

Posisi pembebanan pada simulasi menggunakan *Autodesk Inventor* dengan posisi pembebanan pada batang 3000 N dimana beban tersebut diberi masing-masing untuk kedudukan katrol. Konfigurasi pembebanan rangka dapat dilihat pada Gambar 9.

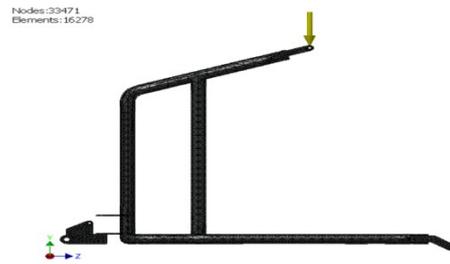


Gambar 9. Posisi Pembebanan

4 Mesh

Proses *meshing* adalah proses membagi objek yang dianalisa menjadi beberapa elemen dengan geometri dasar atau bentuk yang umum. Proses *meshing* merupakan proses yang sangat penting

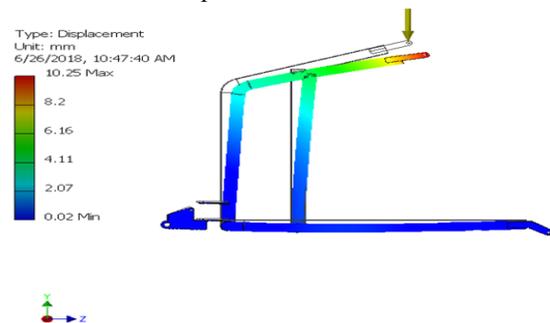
pada proses analisis ini. Semakin baik proses *meshing* semakin tinggi ketepatan hasil yang didapatkan. Pada simulasi ini, rangka dijadikan 16278 *elements* dan 33471 nodes, dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Mesh

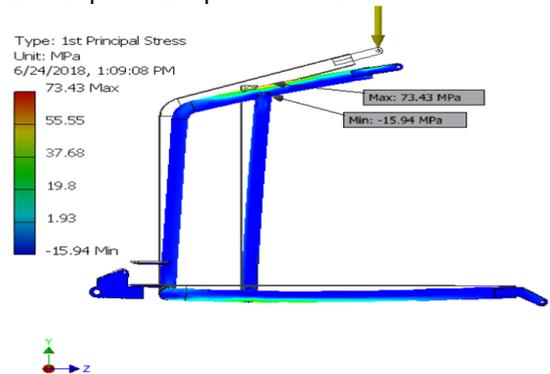
5 Running Simulation

Hasil simulasi yang dianalisis adalah *displacement*, *principle stress* dan *safety factor*. Dibawah ini hasil *displacement* rangka pada crane menunjukkan hasil analisis *Displacement* maksimum terjadi pada batang crane, yaitu sebesar 10.25 mm pada Gambar 11.



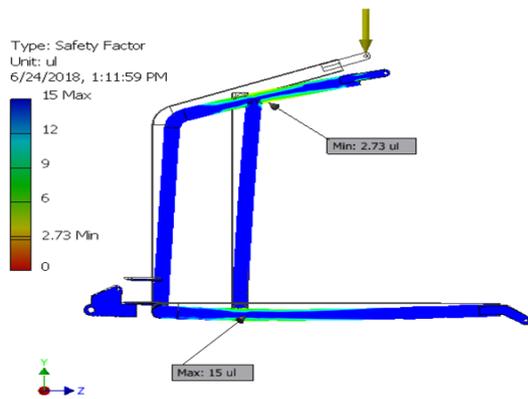
Gambar 11. Displacement Rangka pada Crane

Principle stress maksimum terjadi pada batang miring dukungan crane, yaitu sebesar 73,43 MPa. Dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Principle Stress Rangka Crane

Hasil analisis *safety factor* pada rangka. Disini terlihat bahwa terdapat beberapa spot yang mengalami kondisi kritis, dengan *safety factor* sebesar 2,72 dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. *Safety Factor* Rangka Crane

4 Simpulan

Dari hasil perancangan rangka crane didapat kan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis statik rangka dengan simulasi menggunakan *software Autodesk Inventor*, didapatkan kesimpulan bahwa rangka masih dalam batas aman, dengan *safety factor* sebesar 2,73.
2. Dari hasil analisa ergonomi perhitungan pada proses penarikan dan pendorongan dengan rumus *pythagoras* untuk mencari kemiringan pada segitiga siku-siku dipilih panjang kemiringan sebesar 86 cm. Setelah di lakukan percobaan dinyatakan posisi tersebut, posisi yang nyaman untuk menarik dan mendorong

5 Daftar Pustaka

- [1] Ekoanindiyo, F., A. 2010. Analisa Perancangan Kursi Kuliah yang Egonomi. Vol. IV, No. 1 Januari 2010 Hal 64–76. Semarang: Universitas.
- [2] Harsokoesoemo, Darmawan. 2004. Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk). Edisi II. Bandung: ITB.
- [3] Candra, H. 2017. Perancangan Mesin Pengupas Sabut Kelapa Berbasiskan Metode *Quality Function Deployment* (QFD). Kripsi Fakultas Teknik Mesin Universitas Riau, pekanbaru.
- [4] Vidosic, Joseph P., *Machine Design Projects*, Ronald Press, New York, 1957.
- [5] Kholis, I. 2014. Kerusakan *Crane Wire Rope* dan Metode Pemeriksaanya. *Forum Teknologi*, Vol. 04 No. 2.
- [6] Astuti, I, A, D. 2016. Pengembangan Alat Eksperimen Penentuan Percepatan Gravitasi Bumi Berdasarkan Teori Bidang Miring Berbasis *Microcomputer Based Laboratoy* (MBL), ISSN : 1979-276.