

ANALISIS KAPASITAS ANGKAT DAN GAYA-GAYA YANG BEKERJA PADA LENGAN TOWER CRANE JASO TIPE J240

Dodi Abrar¹, Syafri²

Laboratorium, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Riau kampus Bina Widya Km.12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

¹dodiabrar46@gmail.com, ²prie_00m022@yahoo.com

Abstract

Tower Crane is a material transfer tool that is widely used in the construction of high rise buildings. The purpose of using this tower crane is to facilitate the transfer of building materials from one place to the desired place, and using tower cranes will also speed up the process of building a multi-storey building. The large number of building buildings in the midst of a crowd threatens the lives of people who are around the construction area. This is because the arm range of the tower crane that is installed reaches out of the construction area, which is certainly no safety limit. To determine the level of security of the tower crane when working on a predetermined load, analysis of tower crane components is carried out from the load capacity and manual loading analysis and using inventory software on the arm of the tower crane. Based on the result of manual loading analysis, the minimum safety factor value is 6.54 and using software inventory is 6.28.

Keywords : Specifications, loading analysis, maximum voltage, yield stress, safety factor.

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang sedang berkembang, dimana pada saat sekarang ini sedang menggalakkan pembangunan di segala bidang untuk meningkatkan taraf hidup bangsa Indonesia. Pembangunan sarana dan prasarana umum meliputi pembangunan industri, perhubungan, pusat perbelanjaan (mall), perkantoran, hotel, dan apartemen [1].

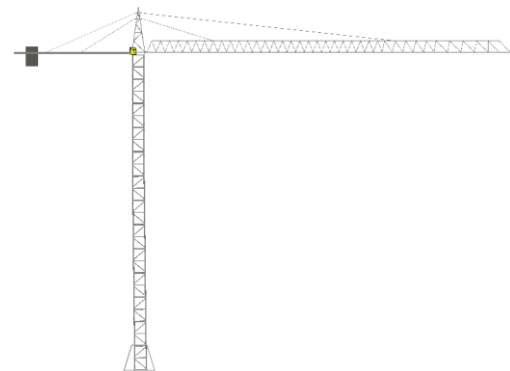
Untuk membangun konstruksi bangunan tinggi seperti : gedung bertingkat, maka dibutuhkan tenaga kerja yang terampil, para ahli di bidang konstruksi, yang lebih penting adalah mesin-mesin yang berguna untuk membantu dan meringankan kerja manusia itu sendiri. Sehubungan dengan itu maka dibutuhkan suatu pesawat pengangkat yang dapat mengangkat dan memindahkan material dan struktur bangunan yang akan dipasang pada bangunan yang sedang dikerjakan dengan gerak atau mobilitas yang aman, dan tidak membahayakan lingkungan sekitarnya [2].

Seperti yang dilansir [3] bahwa Dinas Tenaga Kerja Kota Pekanbaru bersama Satlantas Polresta, sepakat agar tower crane milik manajemen PT Living Word dan kontraktor pelaksana PT Total Persada, pengembang dan pembangunan mal dan apartemen di simpang SKA Pekanbaru, segera dipindahkan. Sebab, keberadaannya sangat membahayakan pengendara yang melintas di jalur tersebut. Hal ini sesuai dengan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia No : Per.05/Men/1985 Tentang Pesawat Angkat Dan Angkut

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan analisis statik secara manual dan analisis statik menggunakan *autodesk inventor*.

Tower crane yang akan di analisis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tower Crane

2.1 Perhitungan Tali Baja

Kerusakan tali baja disebabkan oleh kelelahan bahan dan mengalami jumlah lengkungan tertentu. Faktor yang bergantung pada jumlah lengkungan berulang selama periode keausannya sampai tali tersebut rusak (m) yang dihitung dengan persamaan 1 [4] :

$$A = \frac{D}{d} = m \cdot \sigma \cdot C \cdot C_1 \cdot C_2 \quad (1)$$

$$m = \frac{A}{\sigma \cdot C \cdot C_1 \cdot C_2}$$

$$m = \frac{38}{19,46 \times 0,93 \times 0,97 \times 1,37} = 1,58$$

Untuk $m = 1,58$ dengan perhitungan secara interpolasi diperoleh nilai z_1 yaitu :

$$\frac{1,58 - 1,50}{1,62 - 1,50} = \frac{z - 230.000}{255.000 - 230.000}$$

$$z = 246.666,67$$

Jadi, jumlah lengkungan yang diizinkan $z = 246.666,67$ yang menyebabkan kerusakan pada tali baja. Untuk umur tali baja (N) dapat dicari dengan persamaan 2 :

$$z_1 = a. z_2. N. \beta. \varphi \quad (2)$$

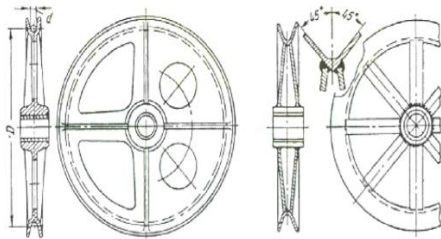
$$N = \frac{z_1}{a. z_2. \beta. \varphi}$$

$$N = \frac{246.666,67}{3400 \times 5 \times 0,3 \times 2,5}$$

$$N = 19 \text{ Bulan}$$

2.2 Perhitungan Puli

Adapun perhitungan pada bagian puli yang akan dilakukan adalah sebagai berikut. Bentuk dari puli dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Puli

Puli (kerek atau katrol) yaitu cakram (disc) yang dilengkapi tali, merupakan kepingan bundar, terbuat dari logam ataupun nonlogam. Diameter drum atau puli minimum untuk pemakaian tali baja yang diizinkan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3 [5] :

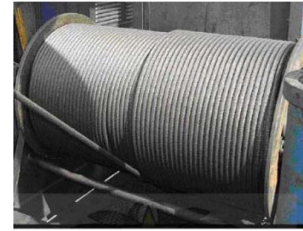
$$D \geq e_1 \cdot e_2 \cdot d \quad (3)$$

$$D \geq 25 \times 0,9 \times 18$$

$$D \geq 418,5 \text{ mm}$$

2.3 Perhitungan Drum

Untuk menganalisa drum kita harus mengetahui diameter minimum drum yang diizinkan. Diameter minimum drum harus memenuhi sebagai berikut. Bentuk drum dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Drum

$$D > 25 \cdot d$$

$$D > 25 \times 18$$

$$D > 450 \text{ mm}$$

$$D = 500 \text{ mm}$$

2.4 Perhitungan Kait

Untuk beban angkat 6 ton dengan perhitungan secara interpolasi diperoleh dimensi kait :

$$d_1 = \text{Diameter dalam ulir kait} = 59,5 \text{ mm}$$

$$d_o = \text{Diameter luar ulir kait} = 70 \text{ mm}$$

$$t = \text{Kisar ulir} = 10 \text{ mm}$$

Tangkai kait diperiksa tegangan tariknya pada bagian yang berulir dengan menggunakan persamaan 4 [6].

$$\sigma_t = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_1^2} < 500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad (4)$$

$$\sigma_t = \frac{4 \times 7600}{3,14 \times 5,95^2}$$

$$\sigma_t = 273,33 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik yang terjadi pada bagian yang berulir dari tangkai kait : $273,33 \text{ kg/cm}^2 < 500 \text{ kg/cm}^2$. Masih dalam batas yang diizinkan sehingga kait aman digunakan.

2.5 Perhitungan Motor

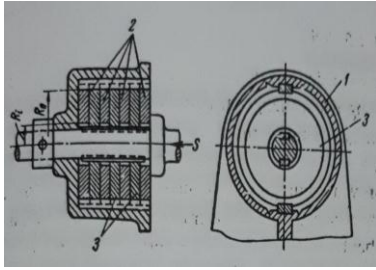
Dalam analisis ini, tenaga penggerak yang digunakan untuk mengangkat berasal dari daya motor listrik dengan memakai sebuah elektro motor. Pada kecepatan angkat yang konstan ($V = \text{const}$, gerakan yang seragam), besarnya daya (N) yang dihasilkan oleh elektromotor dapat dihitung dengan persamaan 5.

$$N = \frac{Q \cdot V}{75 \eta} \quad (5)$$

$$N = \frac{7600 \times 0,30}{75 \times 0,8} = 38 \text{ HP}$$

2.6 Perhitungan Rem

Pada pesawat pengangkat ini, rem tidak hanya dipergunakan untuk menghentikan beban tetapi juga untuk menahan beban pada waktu diam dan mengatur kecepatan pada saat menurunkannya. Jenis rem yang digunakan adalah jenis rem cakram (disc brake) seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Rem Cakram

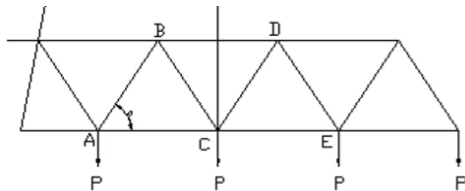
Karena dipasang pada poros motor maka daya pengereman static (N_{br}) dapat dicari dengan persamaan 6 :

$$N_{br} = \frac{Q \cdot V \cdot \eta}{75} \quad (6)$$

$$N_{br} = \frac{7600 \times 0,30 \times 0,8}{75} = 24,32 \text{ HP}$$

2.7 Analisis Statik Lengan Crane Secara Manual

Analisis yang dilakukan adalah pada pembebanan yang paling besar, yaitu pada pembebanan 9000 kg. adapun analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut. Gambar diagram bentang dari lengan crane untuk pemeriksaan kekuatan konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 DBB Lengan Crane

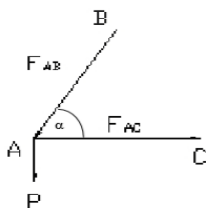
Besarnya gaya tiap sambungan adalah [7] :

$$P = \frac{F_y}{s} \quad (7)$$

$$P = \frac{90000 + 98000}{116} = 1620,7 \text{ N}$$

Besarnya gaya tiap batang adalah :

Kesetimbangan titik A



$$\Sigma F_x = 0$$

$$-F_{AB} \cos \left[\frac{1,7}{2,1} \right] - F_{AC} = 0$$

$$-F_{AB} \cos 0,8 - F_{AC} = 0$$

$$-0,99 F_{AB} = F_{AC}$$

$$-F_{AB} = \frac{F_{AC}}{0,99}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

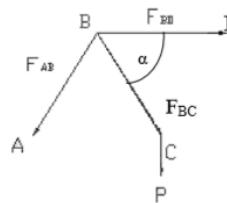
$$-F_{AB} \sin \left[\frac{2}{2,1} \right] - P = 0$$

$$0,016 F_{AB} = 1620,7 \text{ N}$$

$$F_{AB} = \frac{1620,7}{0,016} = 101293,7 \text{ N}$$

$$F_{AC} = 101293,7 \times 0,99 = 100280,7 \text{ N}$$

Kesetimbangan titik B



$$\Sigma F_x = 0$$

$$-F_{AB} \cos \alpha + F_{BD} = 0$$

$$101293,7 (0,99) + F_{BD} = 0$$

$$F_{BD} = 100280,7 \text{ N}$$

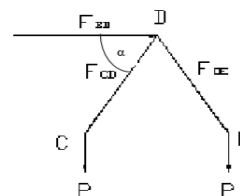
$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{BC} \sin \alpha - P = 0$$

$$0,016 F_{BC} = 1620,7 \text{ N}$$

$$F_{BC} = 101293,7 \text{ N}$$

Kesetimbangan titik D



$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{DE} \cos \alpha + F_{BD} = 0$$

$$0,99 F_{DE} + 100280,7 = 0$$

$$F_{DE} = 101293,7 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{DC} \sin \alpha - P = 0$$

$$0,016F_{DC} = 1620,7 \text{ N}$$

$$F_{DC} = 101293,7 \text{ N}$$

Kesetimbangan titik E

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-F_{DE} \cos \alpha - F_{EC} = 0$$

$$101293,7 (0,99) = F_{EC}$$

$$F_{EC} = 100280,7 \text{ N}$$

Tegangan pada batang AB adalah :

$$\sigma_{AB} = \frac{101293,7 \text{ N}}{0,0028 \text{ m}^2} = 36,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{AC} = \frac{100280,7 \text{ N}}{0,0019 \text{ m}^2} = 52,77 \text{ MPa}$$

$$F.S = \frac{345 \text{ MPa}}{52,77 \text{ MPa}} = 6,54$$

2.8 Analisis Menggunakan Software Inventor

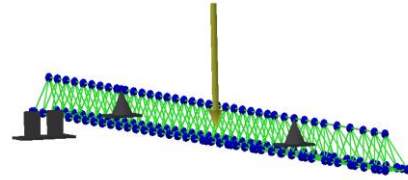
Analisis statik pada *autodesk inventor* dapat dilakukan menggunakan fitur *frame analysis* yang terdapat pada tabulasi *environmet*. Dalam melakukan analisis statik rangka dengan *software autodesk inventor* perlu dilakukan beberapa tahap yaitu pemilihan material, menentukan posisi tumpuan dan beban pada lengan *crane*. Tujuan simulasi ini adalah untuk mengetahui tegangan normal yang bekerja serta defleksi yang terjadi pada lengan *crane* itu sendiri.

Untuk melakukan simulasi yang pertama kali dilakukan adalah pemberian material terlebih dahulu terhadap struktur lengan dari *tower crane* tersebut. Material yang digunakan adalah *steel mild*, seperti terlihat pada Gambar 6.



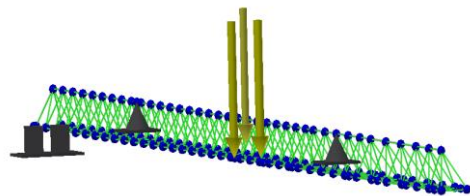
Gambar 6 Lengan Crane Material Steel Mild

Tahap selanjutnya adalah menentukan posisi tumpuan dari posisi pembebanan pada lengan *crane*. Tumpuan pada rangka lengan *crane* ini dibagi menjadi 3 bagian, yaitu tumpuan tempat menempelnya lengan *crane* pada batang dan dua tumpuan dari tali yang menyangga lengan *crane*. Adapun posisi dari tumpuan dapat dilihat pada Gambar 7.



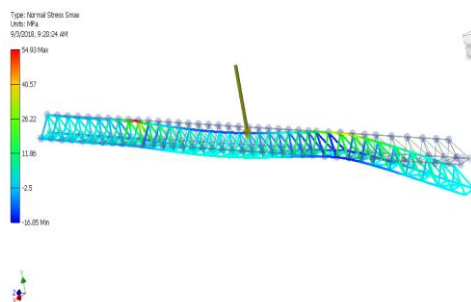
Gambar 7 Penetapan Tumpuan

Setelah ditetapkan tumpuan maka selanjutnya adalah pemberian beban. Posisi pembebanan pada simulasi menggunakan *software autodesk inventor* sama dengan posisi pembebanan pada perhitungan secara manual. Konfigurasi pembebanan lengan *crane* dapat dilihat pada Gambar 8.



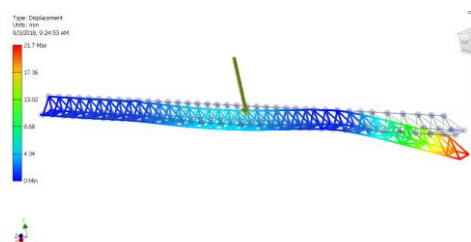
Gambar 8 Posisi Pembebanan

Selanjutnya jalankan simulasi, dan *output* dari simulasi dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9 Normal Stress Lengan Crane

Dari Gambar 9 dapat dilihat hasil analisis *normal stress* pada lengan *crane*. *Normal stress* maksimum yang terjadi pada lengan *crane* adalah sebesar 54,93 MPa. Maka *Factor of Safety* lengan *tower crane* adalah 6,28.



Gambar 10 Displacement Lengan Crane

Dari Gambar 10 menunjukkan hasil analisis *displacement* pada lengan *crane*

menggunakan *autodesk inventor*. *Displacement* maksimum terjadi pada lengan *crane* adalah sebesar 21,7 mm.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Adapun hasil dari perhitungan yang digunakan untuk menganalisis *tower crane* adalah sebagai berikut.

1) Tali Baja

Setelah dilakukan perhitungan terhadap tali baja maka didapat hasil yang dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1 Hasil perhitungan tali baja

Jenis Perhitungan	Nilai
Kekuatan putus tali	6710,66 kg
Tegangan maksimum izin	2800 kg
Tegangan bagian melengkung	28,90 kg/mm
Luas Penampang tali	0,63 cm ²
Tegangan tarik pada tali	19,46 kg/mm ²
Jumlah lengkungan yang diizinkan	246.666,67
Umur tali	19 Bulan

2) Puli

Dari perhitungan yang dilakukan pada puli maka didapat hasil diameter minimum adalah 418,5 mm. hasil dimensi puli dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil perhitungan puli

Diameter	a	B	c	E	h	L	r	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
18,6	52	38	9,4	1,4	29	14	11,3	4,8	3,6	16	9,6

3) Drum

Hasil perhitungan untuk analisa drum dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil perhitungan drum

Jenis Perhitungan	Nilai
Diameter	500 mm
Jumlah lilitan	73 lilitan
Panjang alur spiral	1,90 mm
Panjang total drum	2037 mm
Tebal dinding drum	20 mm
Tegangan tekan pada permukaan	234,64 kg/cm ²

4) Kait

Pada bagian kait setelah dilakukan perhitungan dan mendapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil perhitungan kait

Jenis Perhitungan	Nilai
Tegangan tarik tangkai kait	273,33 kg/cm ²
Tegangan tarik maksimum bagian dalam penampang	575,20 kg/cm ²
Tegangan tarik maksimum bagian luar penampang	238,55 kg/cm ²

5) Motor

Hasil Perhitungan pada motor dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil perhitungan motor

Jenis Perhitungan	Nilai
Daya motor	38 HP
Momen statik poros motor	45,12 kg.m
Tegangan punter yang diizinkan	481,25 kg/cm ²
Diameter poros	36 mm
Momen gaya dinamis ketika start	4,12 kg.m
Pemeriksaan motor terhadap beban lebih	0,92 > 2,5

6) Rem

Hasil perhitungan untuk analisis rem dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Hasil perhitungan rem

Jenis Perhitungan	Nilai
Daya pengereman statik	23,32 HP
Momen statik saat pengereman	17,42 kg.m
Momen gaya dinamik	9,49 kg.m
Momen gaya untuk pengereman	26,91 kg.m
Diameter dalam cakram	20,38 cm
Diameter luar cakram	29,02 cm

7) Analisis struktur secara manual

Pada bagian analisa struktur yang dilakukan secara manual dilakukan dengan pembebanan 9000 kg ditambah dengan berat sendiri sebesar 9800 kg dan telah didapatkan hasil tegangan yang dialami pada batang yaitu sebesar 36,7 MPa dan 52,7 MPa.

8) Analisis struktur menggunakan *autodesk inventor*

Untuk analisis yang dilakukan pada lengan crane menggunakan *software autodesk inventor* didapatkan hasil normal stress maksimum 54,93 MPa dan displacement maksimum sebesar 21,70 mm.

3.2 Pembahasan

Setelah dilakukannya perhitungan terhadap komponen dari *tower crane* yaitu tali baja, puli, drum, kait, motor penggerak, dan rem, maka telah didapatkan hasil analisis dari komponen-komponen yang menunjukkan aman digunakan sesuai dengan beban kapasitas angkat *tower crane* tersebut.

Analisa statik secara manual yang dilakukan terhadap lengan dari *tower crane* dengan pembebanan 9000 kg dan ditambah berat benda sendiri sebesar 9800 kg didapat hasil tegangan yang bekerja pada batang adalah sebesar 35,7 MPa dan 52,7 MPa serta *Factor of Safety* sebesar 6,54. Dari hasil ini dapat kita lihat bahwa lengan *tower crane* aman digunakan, terlihat dari tegangan yang bekerja masih jauh dibawah *ultimate tensile strength* materialnya yaitu sebesar 345 MPa.

Pada analisa lengan *tower crane* menggunakan *software inventor*, simulasi dilakukan dengan fitur *frame analysis* dan mendapatkan hasil defleksi maksimum terjadi pada lengan *tower crane* adalah sebesar 21,76 mm seperti yang terlihat pada gambar 10. Sedangkan tegangan normal maksimum yang dialami oleh lengan *tower crane* dapat dilihat pada gambar 9 yaitu sebesar 54,93 Mpa. Hal ini juga memperlihatkan bahwa *tower crane* aman digunakan karena tegangan maksimum yang bekerja masih jauh dibawah *ultimate tensile strength* yaitu sebesar 345 MPa. Serta memiliki *Factor of Safety* sebesar 6,28.

Setelah semua analisis dilakukan dapat disimpulkan bahwa *tower crane* aman digunakan dan sesuai Per.05/Men/1985 Tentang Pesawat Angkat Dan Angkut pasal 138 ayat 2 yang berbunyi "Untuk pengujian beban lebih, harus dilaksanakan sebesar 125% dari jumlah beban maksimum yang diujikan". Namun ada beberapa faktor yang membuat *tower crane* menjadi terlihat tidak aman digunakan atau bisa dikatakan membahayakan. Faktor yang membuat *tower crane* tersebut menjadi terlihat tidak aman digunakan antara lain adalah.

a) Posisi *tower crane*

Posisi dari pemasangan *tower crane* sangatlah penting untuk diperhatikan, karena jika pemasangan *tower crane* tidak sesuai dengan aturan yang ada maka *tower crane* tersebut akan membahayakan bagi lingkungan sekitarnya [8].

b) Kecepatan angin dan kondisi cuaca

Kecepatan angin dan kondisi cuaca sangat mempengaruhi produktivitas kerja *Tower crane*.

Pada saat kecepatan angin tinggi dan kondisi cuaca yang buruk, penggunaan *tower crane* harus dihentikan, hal ini akan berdampak buruk jika penggunaan *tower crane* tetap dilanjutkan, karena angin yang kencang dapat mengganggu kestabilan *tower crane* saat mengangkat beban dan beban bisa jatuh ketika diangkat. Ketika cuaca buruk seperti hujan dan petir penggunaan *tower crane* harus dihentikan, hal ini akan berdampak buruk jika penggunaan *tower crane* tetap dilanjutkan, karena hujan dan petir terjadi rambatan arus listrik pada *tower crane* karena sebagian komponen *tower crane* terbuat dari logam yang dapat mengalirkan arus listrik, hal ini akan mengakibatkan operator tersengat arus listrik akibat dari petir yang menyambar [9].

c) Ayunan Crane

Seorang operator harus sudah ahli dalam mengoperasikan *tower crane*, terutama dalam mengangkat dan memindahkan barang, ketika mengangkat dan memindahkan barang akan terjadi ayunan pada tali sehingga menyebabkan barang yang diangkat bergoyang dan berayun, apabila operator tidak hati-hati barang yang diangkat dapat terjatuh dan mengenai orang-orang yang ada disekitar *tower crane*.

d) Estimasi jarak aman lengan crane dengan saluran listrik

Pada saat pemasangan *tower crane* di daerah yang dekat dengan arus listrik atau tiang listrik harus diperhitungkan jarak aman antara lengan crane dengan tiang listrik sepanjang 15 feet, hal ini dilakukan supaya tidak terjadi tabrakan antara lengan crane dengan tiang listrik yang dapat menyebabkan sengatan listrik dengan *voltage* besar ketika lengan *boom crane* menyentuh tiang dan kabel listrik.

e) Jarak Belakang Crane Aman

Untuk pemasangan *tower crane* yang berukuran pendek di daerah yang dekat dengan gedung-gedung yang padat, harus diperhitungkan jarak aman antara bagian belakang crane dengan dinding gedung, hal ini dilakukan supaya tidak terjadi tabrakan antara bagian belakang crane dengan dinding gedung.

4. Simpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari analisis kapasitas angkat dan gaya-gaya yang bekerja pada lengan *tower crane* jaso tipe J240 adalah sebagai berikut.

- 1) Telah didapat spesifikasi komponen *tower crane* yang sesuai dan aman digunakan.
- 2) Analisis pembebanan yang dilakukan pada lengan *tower crane* secara manual menghasilkan tegangan yang bekerja sebesar 52,7 Mpa dan

- 54,93 Mpa Pada analisis pembebanan menggunakan *software inventor*.
- 3) Analisis tingkat keamanan yang dilakukan pada lengan *tower crane* menghasilkan *factor of safety* sebesar 6,54 pada perhitungan secara manual dan 6,28 menggunakan *software inventor*.

Daftar Pustaka

- [1] <https://mahadarmaworld.wordpress.com/>, Diakses 19 Juni 2018)
- [2] Nuh, M. 2012. Perancangan dan Analisa Perhitungan Beban Angkat Maksimum Pada Variasi Jarak Lengan *Tower Crane* Kapasitas Angkat 3,2 Ton Tinggi Angkat 40 Meter Dan Radius Lengan 70 Meter. *Tugas Akhir*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [3] Tribun Pekanbaru Dinas Tenaga Kerja Kota Pekanbaru, 2018
- [4] Rudenko, N, *Mesin Pengangkat*, Erlangga, Jakarta, 1966.
- [5] Sularso dan Suga, Kyokatsu. (1997). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [6] Muin Syamsir, A. *Pesawat Pengangkat*, P.T. Raya Grafindo Persada, Jakarta, 1995.
- [7] Beer. Ferdinand, P. Johnston, *Mekanika Untuk Insinyur*, Erlangga, Jakarta, 1976.
- [8] Imam Zainul, Amiadji, Irfan, A. S. 2014. Analisis Struktur Overhead Crane Kapasitas 35 Ton. *Jurnal Teknik POMITS* Vol. 3, No. 1, ISSN: 2337-3539
- [9] Handayanu, R. T. Hakim, Murtedjo M. 2012. Analisis Kekuatan Konstruksi Crane Pedestal Pada Mooring Storage Tanker Niria. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 1, ISSN: 2301-9271