

Stress Analysis Of Rotary Crane Modification With Maximum Loads 35 Tons

Kasda, Deny Poniman Kosasih

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Subang

kasdakasdoels@gmail.com denyponiman@gmail.com

Abstract. Modification of the rotary crane arm at one of the paper companies in the western industrial area of Subang Regency was carried out to meet the production requirements related to the increase in the length of the paper roll which had to be lifted and moved to another place for further processing. In accordance with its work function, loading on the rotary crane is placed equally at both ends of its arms, so the bending moment increases. To find out the maximum stress that occurs due to a maximum load, the finite element method simulation uses Ansys Workbench Student Version with AUTOCAD Mechanical 3D modeling. From the simulation results, the maximum von mises stress value is 143.82 MPa with a safety factor of 1.74, indicating that the rotary crane operating conditions are not safe. Then the simulation is done by adding a reinforcement plate at the top of the rotary crane arm with a thickness variation of 5 mm and 10 mm. The simulation results, show the maximum von mises stress that occurs respectively 118.47 MPa and 111.96 MPa with safety factors of 2.1 and 2.3, respectively. Thus the modification of the rotary crane arm with a maximum load of 35 tons can be declared safe after additional reinforcing plates with 5-10 mm thickness.

Abstrak. Modifikasi lengan *rotary crane* pada salah satu perusahaan kertas di kawasan industri bagian Barat Kabupaten Subang, dilakukan untuk memenuhi kebutuhan produksi terkait dengan adanya pertambahan panjang gulungan kertas yang harus diangkat dan dipindahkan ke tempat lain untuk proses lanjutan. Sesuai dengan fungsi kerjanya, pembebanan pada *rotary crane* diletakkan sama besar pada kedua ujung lengannya, sehingga momen bending bertambah besar. Untuk mengetahui besar tegangan maksimum yang terjadi akibat beban maksimum, maka simulasi metode elemen hingga menggunakan *Ansys Workbench Versi Student* dengan pemodelan *AUTOCAD Mechanical 3D*. Dari hasil simulasi didapat angka tegangan *von mises* maksimum sebesar 143,82 MPa dengan safety factor sebesar 1,74, menunjukkan bahwa *rotary crane* kondisi operasinya tidak aman. Selanjutnya simulasi dilakukan dengan menambahkan pelat penguat (*reinforcement*) pada bagian atas lengan *rotary crane* dengan variasi ketebalan sebesar 5 mm dan 10 mm. Hasil simulasi, memperlihatkan tegangan *von mises* maksimum yang terjadi masing-masing sebesar 118,47 MPa dan 111,96 MPa dengan *safety factor* masing-masing sebesar 2,1 dan 2,3. Dengan demikian modifikasi perpanjangan lengan *rotary crane* dengan beban maksimum 35 ton dapat dinyatakan aman setelah diberikan tambahan pelat penguat pada bagian atas lengannya dengan ketebalan sebesar 5-10 mm.

Kata kunci: Lengan *Rotary Crane*, Tegangan *Von mises*, Pelat Penguat

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Crane adalah suatu alat berat yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan beban yang besar. Pada umumnya *Crane* beroperasi dengan rangkaian tali baja, katrol, dan motor listrik sebagai penggeraknya.

Crane memiliki peranan penting dalam mendukung proses produksi. Sesuai dengan operasinya, *crane* dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu *crawler crane*, *mobile crane*, *tower crane*, dan *hoist crane* sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1.

Hoist crane atau *rotary crane* adalah jenis *crane* yang didesain khusus agar dapat berputar 360° pada sebuah industri penghasil kertas karton yang berfungsi sebagai pelengkap dari *overhead crane* untuk mengangkat dan mengangkut hasil produksi berupa gulungan kertas karton yang biasa disebut *jumbo roll* dengan bobot maksimum 35 ton.

Karena ada perubahan ukuran panjang kertas karton yang diproduksi, sehingga *jumbo roll* bertambah Panjang. Dengan demikian hal ini untuk memenuhi fungsi *rotary crane* dengan baik, maka harus diikuti oleh pertambahan panjang lengan *rotary crane* dari 3.000 mm, menjadi 7.000 mm,

agar dapat mengangkat dan memindahkan *jumbo roll* ke lokasi proses *rewinding*. Perpanjangan lengan *rotary crane* dilakukan dengan menambahkan profil I beam dengan ukuran penampang yang sama sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Macam-macam *crane* [3]



Gambar 2. Modifikasi lengan *rotary crane*

Tujuan

Dengan adanya penambahan panjang lengan *rotary crane* serta posisi pembebatan yang diletakan pada kedua ujung lengan *crane*, tentu saja akan meningkatkan nilai momen lentur maksimum pada lengan *crane* yang berdampak pada kemungkinan terjadinya peningkatan distribusi tegangan pada daerah lengan *crane*. Untuk itu perlu dilakukan simulasi menggunakan metode elemen hingga yang bertujuan untuk mengetahui distribusi tegangan yang terjadi pada lengan *rotary crane* sehingga kondisi operasi *rotary crane* dapat dinyatakan aman atau tidak aman dan selanjutnya dapat memberikan saran untuk meningkatkan faktor kemanan operasi dari *rotary crane*.

Metodologi

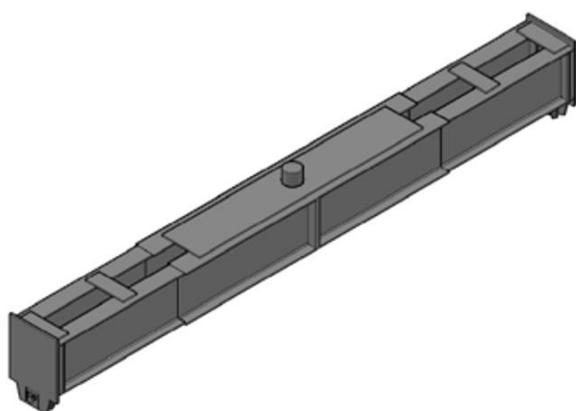
Sesuai dengan fungsi operasinya, dimana peletakan beban berada pada kedua ujung lengan *crane*, maka dengan adanya penambahan panjang lengan *crane* akan meningkatkan nilai momen lentur maksimum sehingga distribusi tegangan yang terjadi pada lengan *crane* akan meningkat.

Pengumpulan data dilakukan dengan melihat informasi gambar teknik serta melakukan pengukuran langsung pada objek *rotary crane* sebagai dasar untuk pembuatan model *crane* untuk keperluan proses analisis elemen hingga.

Simulasi elemen hingga akan memperlihatkan hasil distribusi tegangan pada lengan dan daerah sekitar sambungan *crane* akibat beban operasi yang ditempatkan pada kedua ujung lengan *crane* hasil modifikasi (diperpanjang). Dari hasil simulasi elemen hingga dapat diketahui apakah operasi *crane* pada kondisi aman atau tidak aman.

Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur *rotary crane* berdasarkan data dari gambar teknik dan sesuai dengan kondisi aktualnya. Pemodelan dibuat dengan Autodesk Autocad 2011 Mechanical. Pemodelan dibuat sedetil dan semirip mungkin agar mendekati kondisi sebenarnya sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 3**. Pemodelan dalam Autocad berbasis 3D yang selanjutnya diekspor menjadi file extension ".sat" (Standard ACIS Text). Ekspor file ini dilakukan agar dapat dibaca dalam software ANSYS WORK BENCH VERSI. 14.5

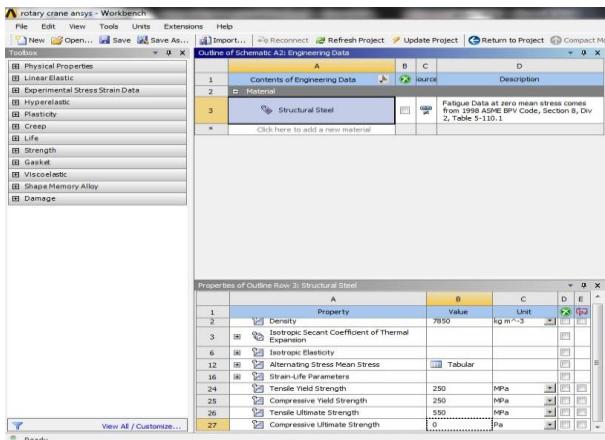


Gambar 3. Pemodelan *rotary crane*

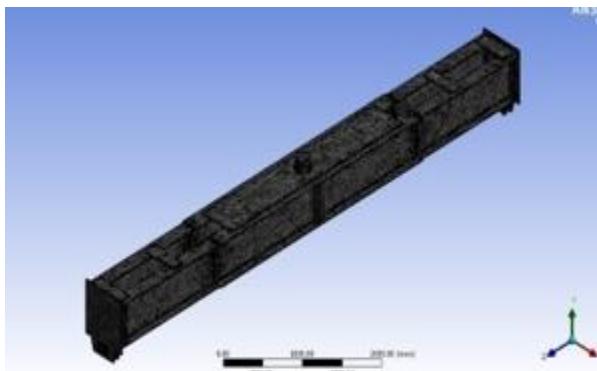
Input Engineering Data Material

Setelah model di *import* ke ANSYS WORKBENCH selanjutnya *input material engineering data*. Berdasarkan informasi gambar teknik, material lengan *crane* yang dipakai adalah *Mild Steel* dengan kekuatan maksimum σ_u sebesar 550 MPa, dan kekuatan luluh σ_y sebesar 250 MPa

dan modulus elastisitas sebesar 200 GPa^[2]. Menu *engineering data* dan masukan sifat mekanik material dan selanjutnya proses *input model* dan proses *meshing* seperti terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Input sifat mekanik material

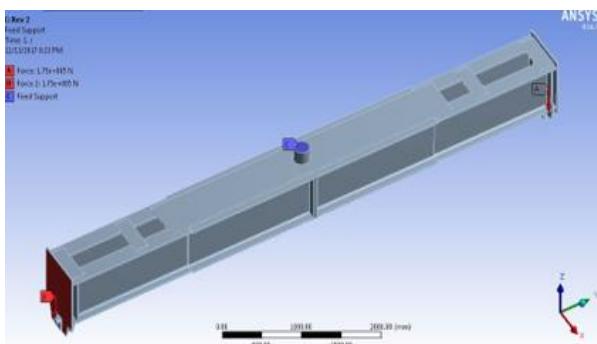


Gambar 5. Proses Meshing

Pembebaan dan Kondisi batas

Sesuai dengan fungsi operasinya, pembebaan diletakan pada kedua bagian ujung lengan *crane* seperti kondisi aktualnya

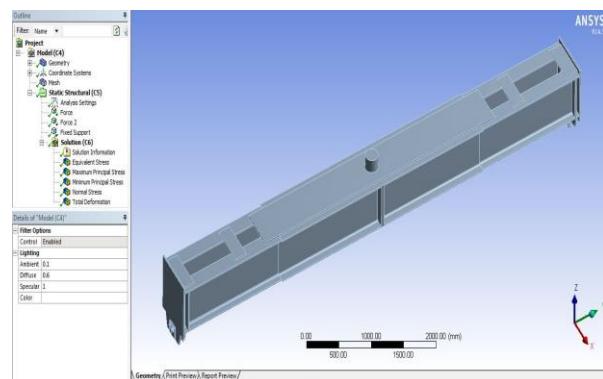
Beban maksimum sebesar 35 ton yang dibagi menjadi dua dan diletakan pada lengan titik A dan titik B seperti terlihat pada Gambar 6 yang masing-masing lengan menerima beban sebesar 17.5 ton atau sekitar 175.000 N.



Gambar 6. Penempatan beban dan kondisi batas

Kondisi batas dibuat semirip mungkin dengan kondisi aktualnya dimana penempatan *support* atau tumpuan dipilih *fixed support* pada posisi poros pengait tengah agar tidak bergerak pada arah sumbu X, Y dan Z. Adapun pemberian beban dan kondisi batas seperti dapat dilihat pada Gambar 6.

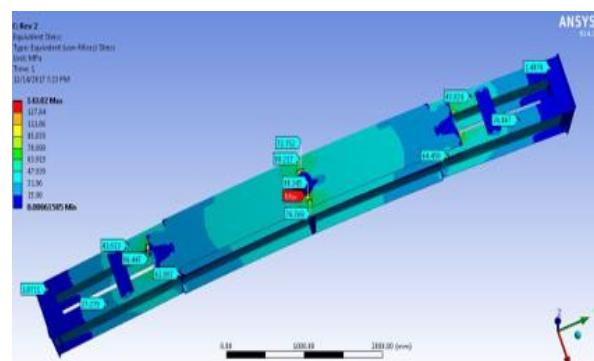
Setelah melakukan pemodelan dan memasukan data-data, maka langkah selanjutnya proses *running analysis* seperti dapat dilihat pada Gambar 7. Dari hasil *running analysis* dapat diamati hasil simulasi berupa distribusi tegangan *equivalent stress (Von mises)*, *normal stress*, dan *total deformation*.



Gambar 7. Proses running analysis

Hasil dan Pembahasan

Dari hasil simulasi elemen hingga, tegangan yang terjadi pada struktur *rotary crane*, dapat diketahui bahwa tegangan yang terbesar berada pada posisi tengah lengan seperti dapat lihat pada Gambar 8



Gambar 8. Distribusi tegangan Von mises pada rotary crane

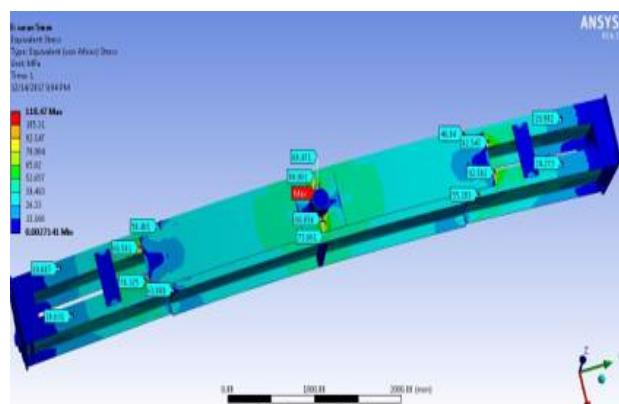
Tegangan yang terjadi pada sambungan lengan *crane* relatif kecil yaitu sebesar 63 MPa dibandingkan dengan tegangan yang terjadi pada tengah lengan *crane* dengan tegangan maksimum sebesar 143,82 MPa. Dengan demikian faktor keamanannya (*safety factor*) sebesar 1,74 dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Sf = \frac{yield\ strength}{tegangan\ terjadi} = \frac{250}{143.82} = 1.74^{[1]}$$

Dengan demikian modifikasi lengan *rotary crane* yang dilakukan dapat dinyatakan tidak aman karena angka keamanannya kurang dari 2.

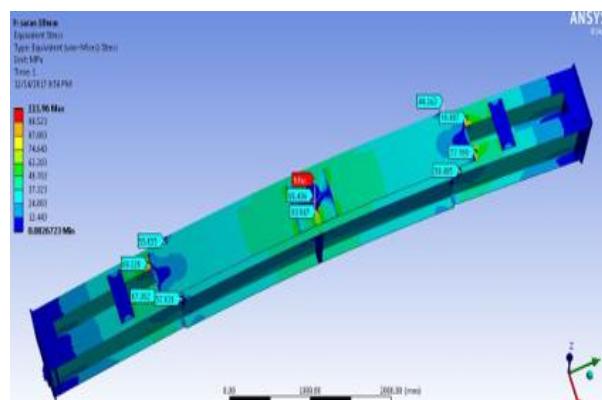
Untuk menurunkan tegangan maksimum yang terjadi maka disarankan untuk menambah pelat penguat (*reinforcement*) pada bagian atas tengah lengan *rotary crane*.

Dengan penambahan pelat ketebalan 5 mm dan 10 mm, simulasi dilakukan kembali mulai dengan urutan pemodelan dan tahapan yang sama seperti sebelumnya, maka berikut di bawah ini adalah hasil simulasi dan pembahasannya:



Gambar 9. Distribusi tegangan *Von mises* pada *rotary crane* dengan penambahan pelat penguat tebal 5 mm

Pada Gambar 9, setelah ditambahkan plat penguat dengan ketebalan 5 mm di tengah lengan *crane*, maka tegangan maksimum *von mises* yang terjadi turun menjadi 118.47 MPa, sehingga faktor keamannya meningkat menjadi 2,1 .



Gambar 10. Distribusi tegangan *Von mises* pada *rotary crane* dengan penambahan pelat penguat tebal 10 mm

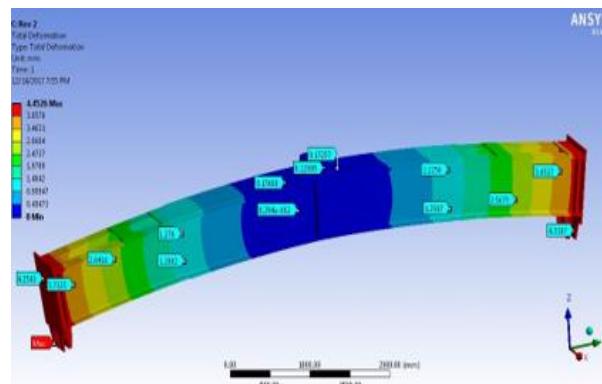
Begitu juga pada Gambar 10 setelah ditambahkan pelat penguat dengan ketebalan 10 mm, distribusi tegangan maksimum *von mises*

yang terjadi turun menjadi 111.96 MPa dengan faktor keamanan sebesar 2,23.

Dari hasil simulasi di atas terbukti bahwa penambahan pelat dengan ketebalan tertentu di bagian tengah struktur *rotary crane* dapat menurunkan tegangan maksimum dan meningkatkan *safety factor* sehingga modifikasi *rotary crane* menjadi lebih aman karena angka *safety factor* yang didapatkan pada penambahan plat 5 mm dan 10 mm masing-masing mencapai 2,1 dan 2,23

Deformasi

Hasil analisis berikutnya adalah *deformasi* yang terjadi pada struktur *rotary crane*. seperti yang terlihat pada Gambar 11 terdeformasi maksimum pada kedua ujungnya sebesar 4.45 mm.



Gambar 11. Deformasi pada struktur *rotary crane*

Tabel 1. Tabel perbandingan tegangan *von mises* hasil simulasi elemen hingga antara kondisi desain awal dengan penambahan pelat (*reinforcement*)

DATA HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN			
	Desain Awal	Menambah plat 5mm	Menambah plat 10mm
Tegangan (Mpa)	143.82	118.47	111.96
Deformasi (mm)	4.4	4.4	4.4
Safety Factor	1.74	2.11	2.23

Kesimpulan dan saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan:

1. Tegangan maksimum *von mises* terletak pada lengan bagian tengah *rotary crane* sebesar 143,82 MPa.

2. *Safety factor* sebesar 1,74 termasuk dalam kurang kurang aman.
3. *Deformasi maksimum* terjadi pada kedua ujung lengan *rotary crane* sebesar 4,45 mm.
4. Untuk menurunkan tegangan maksimum *von mises*, maka disarankan ada penambahan pelat penguat (*reinforcement*) dengan ketebalan 5 mm atau 10 mm yang diletakan pada bagian atas lengan *rotary crane*.
5. Berdasarkan hasil simulasi elemen hingga, pengaruh adanya penambahan pelat dengan ketebalan 5 mm dan 10 mm dapat menurunkan tegangan maksimum *von mises* dari 143,82 MPa, masing masing menjadi 118,47 MPa dan 111,96 MPa, dengan faktor keamanan menjadi masing-masing 2,1 dan 2,23 sehingga *rotary crane* dinyatakan dapat beroperasi aman.

Referensi

- [1] E. P. Popov, Zainul Astamar, 1996. **MEKANIKA TEKNIK**, Edisi Baru, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- [2] Ferdinand P. Beer / E. Russel Johnston, Jr. / John T. DeWolf / David F. Mazurek *MECHANICS OF MATERIALS fifth edition*.
- [3] Informasi dari <https://www.synergysolusi.com/berita/berita-k3/jenis-crane-dan-fungsinya> (diakses pada 12 Agustus 2019)
- [4] Rachman S, et. Al. 2014 Analisis Tegangan Tangki Penyimpan Berkapasitas 3000 kL dengan Cacat Geometri Ketidakbulatan. Prosiding SNTTM XIII, 126-131