

ANALISA TEGANGAN DAN REGANGAN PADA STRUKTUR *CONTAINER CRANE* KAPASITAS 40 TON MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Adji Nur Mohammad ¹⁾, Ir. Sugiyanto, DEA ²⁾

¹⁾ Mahasiswa Teknik Mesin Undip

²⁾ Staf Pengajar Teknik Mesin Undip

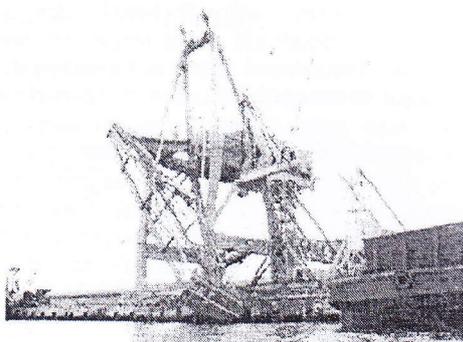
Penelitian ini membahas tentang analisa displacement, tegangan, dan regangan pada struktur container crane. Dalam menganalisa struktur container crane ini, digunakan pendekatan statis untuk menyelesaikan kasus pembebanan. Analisa dilakukan dengan metode elemen hingga menggunakan software bantu ANSYS 9.0. Teori kegagalan yang digunakan untuk mengukur keamanan struktur container crane adalah teori kegagalan von Misses.

Kata kunci: Metode Elemen Hingga, tegangan, displacement, regangan, container crane.

1. Pendahuluan

Semakin besar kapasitas perdagangan antar negara, menyebabkan sarana transportasi laut menjadi sangat ramai. Hal ini menyebabkan kebutuhan akan sarana prasarana pendukung transportasi tersebut menjadi meningkat, salah satunya adalah kebutuhan container crane, hal ini disebabkan karena penggunaan kontainer sebagai gudang berjalan dinilai paling efektif dan efisien. Oleh karena itu banyak dari perusahaan manufaktur yang berusaha untuk merancang dan membuat suatu container crane yang berkualitas dan dapat bersaing di pasaran. Dalam suatu perancangan, penentuan besarnya gaya-gaya yang bekerja pada suatu struktur merupakan hal yang penting, oleh sebab itu penulis berusaha untuk menganalisa gaya-gaya yang bekerja pada struktur tersebut dan pengaruhnya terhadap kekuatan struktur.

Dalam mendesain suatu struktur, keamanan merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan. Struktur tersebut haruslah mampu untuk menanggung beban yang timbul saat beroperasi, dan dapat memberikan keamanan bagi penggunaannya dari kegagalan kekuatan struktur. Salah satu contoh kasus kerusakan struktur container crane yang pernah terjadi di Indonesia ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Kerusakan struktur container crane [1]

2. Beban yang Terjadi Pada Container Crane

Pada saat beroperasi container crane menerima berbagai macam beban. Beban ini muncul pada saat pemindahan container. Macam-macam beban ini antara lain beban container, beban yang disebabkan oleh angin pada container, beban trolley, beban mekanisme pengangkat (spreader dan headblock), dan beban kejut yaitu beban yang berupa hentakan yang muncul pada saat pengangkatan container [2].

Perhitungan beban-beban tersebut adalah sebagai berikut:

Beban container:

$$C_w = M.C_1 .g$$

Beban angin [3]:

$$F = A.p.Cd$$

Beban trolley:

$$W_{trolley} = m_{trolley} .g$$

Beban spreader dan headblock

$$W_s = (m_{spreader} + m_{headblock}) .g$$

Beban kejut

$$F_{impact} = T + (m_{trolley})(g)$$

Berdasarkan rumusan tersebut didapatkan nilai-nilai beban yang terjadi pada struktur container crane, seperti tercantum pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Nilai beban yang terjadi pada container crane

Beban Container	431,64 kN
Beban Angin	11,83 kN
Beban Trolley	255,06 kN
Beban Spreader dan Headblock	127,53 kN
Beban Kejut	986,89 kN

Dari nilai-nilai di atas dapat diketahui bahwa beban yang paling besar adalah waktu *container* tepat saat diangkat yaitu beban kejut yang sebesar 986,89 kN, sehingga beban tersebut digunakan dalam analisa struktur *container crane*. Dengan menggunakan gaya yang paling besar maka dapat diketahui kekuatan struktur tersebut saat menanggung beban maksimum.

3. Pemodelan Struktur Container Crane Pada Software ANSYS 9.0

Pada penelitian kali ini, software yang digunakan untuk memodelkan dan menganalisa struktur *container crane* adalah ANSYS 9.0. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk memodelkan struktur container crane antara lain adalah pendeskripsian material, pemilihan elemen, penetapan constraint, serta skenario pembebanan [4].

Material yang digunakan pada struktur *container crane* secara keseluruhan selain bagian *boom* dan *girder* adalah SS400, sedangkan khusus pada bagian *boom* dan *girder* digunakan material jenis SM490. Sifat-sifat mekanik untuk jenis material tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

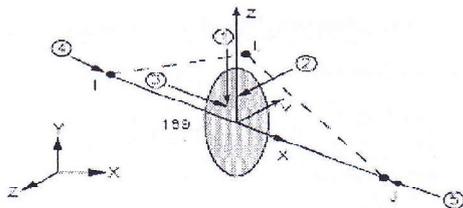
Tabel 2 Sifat-sifat mekanik material SS400

Kekuatan Luluh	245 MPa
Modulus Elastisitas	204,08 GPa
Poisson's Ratio	0,3

Tabel 3 Sifat – sifat mekanik material SM490

Kekuatan Luluh	322,5 MPa
Modulus Elastisitas	210 GPa
Poisson's Ratio	0,3

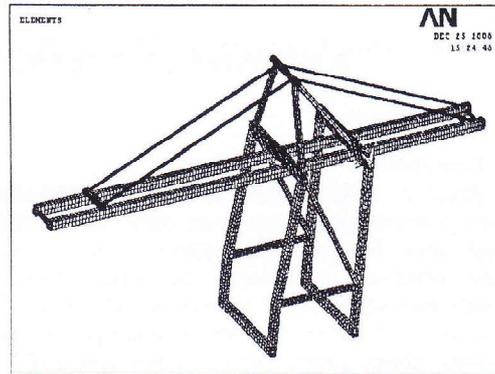
Pemodelan struktur *container crane* ini menggunakan jenis elemen BEAM189. Elemen BEAM189 adalah elemen yang digunakan untuk menganalisa batang struktur. Elemen jenis ini memiliki enam hingga tujuh derajat kebebasan pada tiap nodalnya, yaitu translasi pada arah x, y, z, rotasi pada sumbu x, y, z sedangkan derajat kebebasan ketujuh berupa sudut tekuk. Elemen ini cocok untuk kasus yang linier, sudut rotasi yang besar, atau untuk regangan yang non linier. Bentuk dari elemen BEAM189 dapat dilihat pada gambar di bawah ini [5].



Gambar 2 Elemen BEAM189

Jenis elemen ini mendukung pembuatan profil penampang batang seperti profil I, Z, L, T, H, dan berbagai jenis profil penampang lainnya. Dimensi profil-profil ini dapat ditentukan dengan mudah dengan menggunakan elemen jenis ini. Untuk profil yang tidak terdapat dalam *library* dapat juga ditambahkan secara manual.

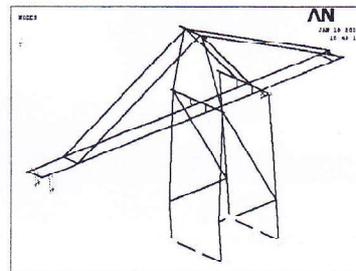
Setelah dilakukan pembuatan struktur model, pemilihan material, elemen dan meshing maka dihasilkan model *container crane* seperti Gambar 3 di bawah ini.



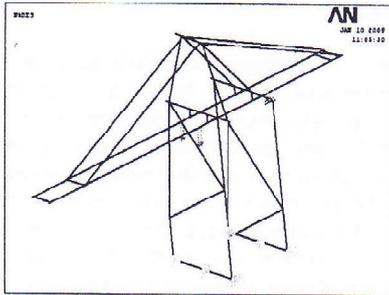
Gambar 3 Model container crane

Constraint yang dipakai untuk analisa struktur *container crane* adalah keempat sisi penyangga dari kaki *container crane* yaitu pada *gantry* dibuat *FIX* dengan *displacement* 0 dari semua sumbu x, y, dan z, untuk semua pembebanan. Adapun pembebanan yang dianalisa adalah pembebanan arah vertikal yang dilakukan tiga kali yaitu pada *boom*, tengah, dan *girder*. Dimana pembebanan dikondisikan sama dengan *container crane* yang sedang beroperasi dengan panjang lintasan 64 meter.

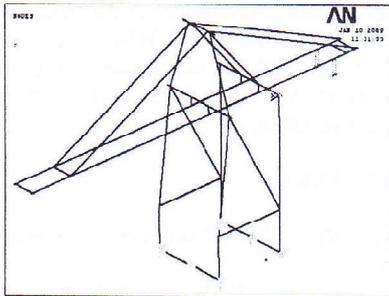
Dalam menganalisa struktur *container crane*, pembebanan yang diambil adalah beban terbesar yaitu beban pada saat beban kejut sebesar 986,89 kN. Pembebanan diambil di tiga lokasi yaitu di *boom*, di tengah, dan di *girder*. Beban ini dibagi menjadi empat titik yang mewakili titik kontak roda *trolley* dengan batang *girder/boom*, sehingga beban pada setiap titiknya adalah 986,89 kN dibagi empat atau sebesar 246722,5 N. Pembebanan di bagian *boom*, tengah, dan *girder* dapat dilihat pada Gambar 4, 5, dan 6 di bawah ini.



Gambar 4 Model container crane dengan beban pada di bagian boom



Gambar 5 Model *container crane* dengan beban pada bagian tengah



Gambar 6 Model *container crane* dengan beban pada bagian girder

4. Hasil dan Analisa

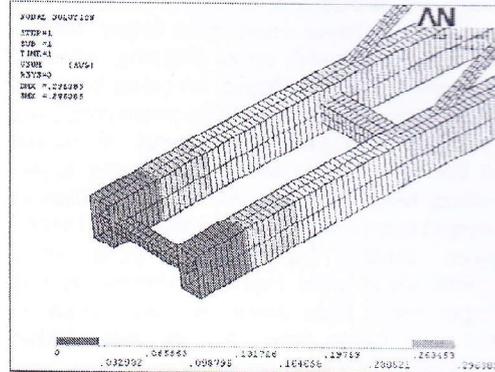
Hasil pembebanan pada bagian *boom*, tengah, dan girder struktur *container crane* menghasilkan data *displacement* seperti yang tercantum pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4 Nilai *displacement* maksimum untuk ketiga posisi pembebanan

No.	Lokasi Pembebanan	Max. Displacement (mm)
1	Di <i>boom</i>	296,01
2	Di tengah	16,424
3	Di girder	106,08

Nilai *displacement* paling besar terjadi pada saat pembebanan di *boom*. Pembebanan di lokasi ini akan menghasilkan *displacement* paling besar pada arah X yang terjadi pada bagian batang penghubung *tension bar* dan *back tension bar* sebesar 51,4 mm, sedangkan pada arah Y *displacement* maksimum terdapat pada bagian paling ujung *boom* dengan nilai 296,01 mm dan *displacement* terbesar pada arah Z berada pada daerah kaki-kaki bagian atas sebesar 10,37 mm. Dari data-data tersebut dapat diketahui bahwa *displacement* yang paling besar terjadi pada arah Y yang mencapai 296,01 mm.

Daerah yang mengalami *displacement* yang paling besar akibat pembebanan di daerah *boom* dapat dilihat pada Gambar 7.



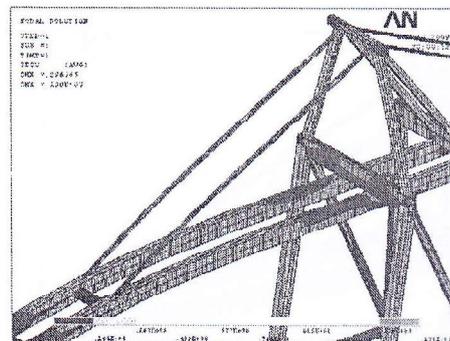
Gambar 7 Lokasi *displacement* terbesar untuk pembebanan di bagian *boom*.

Hasil pembebanan yang berupa nilai tegangan *von Mises* untuk berbagai posisi pembebanan ditampilkan pada tabel 5 di bawah ini

Tabel 5 Nilai *von Mises* maksimum untuk ketiga posisi pembebanan

No.	Lokasi Pembebanan	Tegangan <i>von Mises</i> maksimum (MPa)
1	Di <i>boom</i>	130
2	Di tengah	55,9
3	Di girder	83

Berdasarkan nilai tegangan *von Mises* di atas dapat diketahui bahwa posisi pembebanan yang menghasilkan tegangan yang paling besar adalah pada saat pembebanan di *boom*. Gambar 8 memperlihatkan deformasi dan distribusi tegangan *von Mises* pada struktur *container crane*, saat terkena beban di posisi *boom*.



Gambar 8 Lokasi tegangan *von Mises* terbesar untuk pembebanan di bagian *boom*

Gambar di atas memperlihatkan daerah yang mengalami tegangan *von Mises* maksimum adalah bagian *tension bar*. Bagian ini mengalami tegangan yang paling besar dibandingkan bagian yang lain hal ini disebabkan karena bagian ini merupakan bagian yang menopang struktur *boom*. Oleh karena itu, jika terdapat beban di daerah *boom* maka bagian *tension bar* akan terkena pengaruh secara langsung, sehingga tegangan yang terjadi pada bagian ini paling besar. Di samping itu *tension bar* memiliki luas penampang yang kecil sehingga tegangan yang muncul di daerah tersebut cukup besar. Namun tegangan yang terjadi masih dalam batas yang aman karena masih dibawah *yield strength* material tersebut yang sebesar 245 MPa.

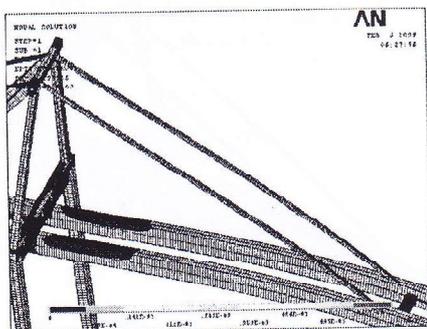
Bagian struktur lainnya yang perlu untuk diperhatikan adalah pada bagian sambungan *tension bar* dengan *boom*. Pada daerah ini juga mengalami tegangan yang cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa daerah sambungan merupakan bagian yang rawan akan terjadinya kegagalan.

Tabel 6 menunjukkan nilai regangan yang timbul akibat pembebanan di daerah *boom*, bagian tengah, dan *girder*.

Tabel 6 Nilai regangan maksimum untuk ketiga posisi pembebanan

No.	Lokasi Pembebanan	Regangan Maksimum
1	Di <i>boom</i>	0,000636
2	Di tengah	0,000279
3	Di <i>girder</i>	0,000407

Regangan paling besar dihasilkan pada saat pembebanan di *boom*. Pembebanan di bagian *boom* akan menghasilkan regangan di daerah *tension bar*, sambungan antara *tension bar* dengan *boom*, dan pada bagian *back stay*. Regangan paling besar untuk pembebanan di daerah *boom* terjadi pada daerah sekitar *tension bar*, dengan nilai 0,000636. Plot distribusi regangan yang terjadi yaitu pada Gambar 9 mirip dengan plot distribusi tegangan. Regangan maksimum terjadi pada daerah yang mengalami tegangan maksimum.



Gambar 9 Lokasi regangan terbesar untuk pembebanan di bagian *boom*

5. Kesimpulan

Penelitian ini menganalisa kekuatan struktur *container crane* saat dikenai beban di posisi *boom*, tengah, dan *girder*, menggunakan metode elemen hingga. Hasil dari pembebanan yang dilakukan menunjukkan bahwa nilai *displacement*, tegangan, dan regangan terbesar terjadi pada saat pembebanan di daerah *boom*. Pada pembebanan di posisi tersebut nilai *displacement* maksimum sebesar 296,01 mm, tegangan *von Mises* maksimum sebesar 130 MPa, sedangkan untuk regangan maksimum yang terjadi nilainya adalah 0,00636.

Berdasarkan teori kegagalan *von Mises* dapat diketahui bahwa struktur *container crane* masih dalam kondisi yang aman saat dikenai beban kejut, karena nilai tegangan *von Mises* maksimum yang terjadi masih di bawah kekuatan luluh (*yield strength*) material yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Portek, 2004, "Port Equipment Engineering", Singapura.
- [2] Alfred dan Nobel, 2003, "Noell Crane System", Wurzburg.
- [3] www.wikipedia.com, "Wind load" (18 April 2008, 16.00 WIB).
- [4] Stolarski, T, Nakasone, Y, dan Yoshimoto, S, 2006, *Engineering Analysis With ANSYS Software*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Tokyo.
- [5] ANSYS, Inc, 2004, "ANSYS Release 9.0 Documentation".