

ANALISIS STRUKTUR PADA GIRDER OVERHEAD CRANE SWL 30 TON

Jefriansyah¹, Ma'ruf²

¹Alumni Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Unlam

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Unlam

Email : jefriansyah.hiqua@gmail.com

ABSTRACT

Overhead crane is a device used to move goods. Overhead cranes are very important during the production period, if there is a problem in the overhead crane, it can disrupt the production process. Therefore, load testing was conducted to determine the results of the girder deflection, whether large deflection is still within the limits that are allowed or not. This study to calculate the girder overhead crane occur in the loading variations, and adjust the properties of the material used. The amount of deflection is calculated using the equation Castigliano theorem. research on the loading of 28.7 tons, 30 tons, and 37.5 tons with theoretical calculations obtained deflection value calculation results is 6,060mm, 6,335mm, and 7.918 for the imposition of the middle girder (1/2span). 5,191mm, 5,410mm and 6,763mm for the loading side (1/3span). The simulation results are 5,649mm, 5,834mm, and 6.898 for the imposition of the middle girder (1/2span) and 4,986mm, 5,101mm and 6,032mm for the loading side (1/3span). The results obtained have great value below allowable deflection value is 23.75 mm.

Keywords: Girder Overhead crane, load variation, deflection.

1. PENDAHULUAN

Overhead crane merupakan salah satu fasilitas sebagai sarana pemindahan barang yang sangat penting untuk berbagai kegiatan produksi. Mengingat besarnya fungsi dan nilai resiko, maka selama periode produksi, *crane* harus diperiksa dan dirawat dengan baik. Dengan adanya pemeriksaan maka temuan-temuan dini terhadap kerusakan atau kemunduran kekuatan sebuah *overhead crane* dapat ditemukan, dan akhirnya untuk dapat direkomendasi atau diganti. *Overhead crane* dapat dikatakan layak kerja setelah dilakukannya pengujian beban, pengujian lapangan dan pemeriksaan visual. Pengujian beban dilakukan untuk mengetahui hasil defleksi pada *girder*, apakah besar defleksi tersebut masih dalam batas yang di iijinkan atau tidak.

Pengujian beban dilakukan untuk mengetahui hasil defleksi pada *girder*, apakah besar defleksi tersebut masih dalam batas yang di ijinakan atau tidak. Pengujian uji beban statis dilakukan dengan besar beban 0 s/d SWL maximum, sedangkan pengujian beban dinamis dilakukan pada beban 100% - 125% X SWL maksimum. Teknik yang di terapkan pada penelitian ini menggunakan perhitungan teoritis dengan metode castigliano dan simulasi menggunakan autodesk inventor 2014, bagaimana hasil perhitungan pada *girder overhead crane* sebagai bagian dari analisa struktur dengan variasi pembebanan, dan menyesuaikan dengan sifat material yang digunakan.

2. KAJIAN PUSTAKA

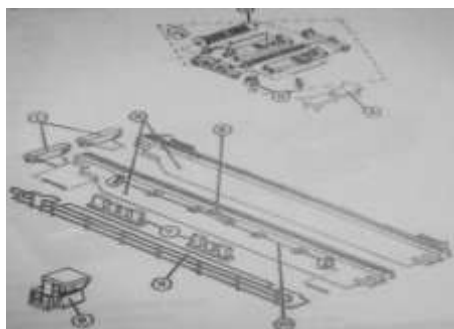
Pesawat angkat adalah seperangkat alat yang digunakan untuk mengangkat, memindahkan serta menurunkan suatu benda ke tempat lain dengan jangkauan operasi terbatas. *Crane* termasuk salah satu dari jenis pesawat angkat, *Crane* adalah gabungan mekanisme pengangkat secara terpisah untuk mengangkat atau sekaligus memindahkan muatan yang dapat digantung bebas atau dikaitkan pada *crane*. *Overhead crane* sendiri adalah salah satu jenis dari *crane*.

Overhead crane adalah pesawat atau alat yang digunakan untuk memindahkan, mengangkat muatan baik bahan atau barang atau orang secara vertikal dan atau horizontal dalam jarak yang ditentukan atau dapat juga didefinisikan sebagai suatu alat yang dikonstruksi atau dibuat secara khusus untuk mengangkat naik dan menurunkan barang. Salah satu komponen overhead crane yaitu girder, *girder* adalah satu konstruksi dimana *trolley* menggantung dan bergerak.



Gambar 1. Overhead Crane

Komponen- komponen dasar *overhead crane* terdiri dari beberapa bagian seperti ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2. Bagian *overhead crane*

Penjelasan :

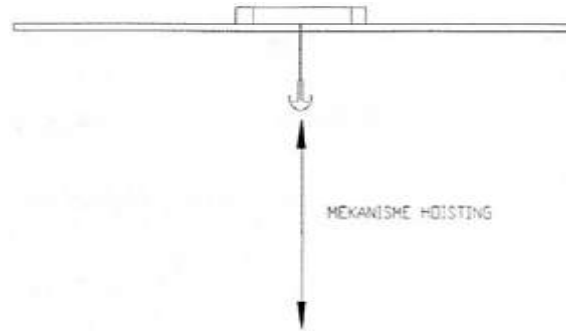
1. *wheel*/roda adalah landasan atau penggantung untuk gerakan *transversal*
2. *girder* adalah satu konstruksi dimana *trolley* menggantung dan bergerak
3. *trolley* adalah gabungan *hoist drum* dan *hook*, terletak pada *girder*
4. *girder joint/bogie* adalah ujung ujung *girder* termasuk roda
5. *hook block* adalah *hook*, *block*, dan *wire rope*
6. *railing* adalah tempat operator dan *crane* berjalan/ bergerak.
7. *Electric control* adalah tempat kendali dan pendistribusian arus listrik
8. *Electric motor* adalah sumber tenaga penggerak peralatan crane
9. *Cabin operator* adalah tempat operator mengontrol operasi crane
10. *Wheel drive shaft* adalah poros penghubung putaran dari motor kesistem

Mekanisme gerakan pesawat angkat diperoleh dengan memanfaatkan kerja mekanik melalui beberapa komponen transmisi yang telah direncanakannya.

Ada beberapa macam mekanisme gerakan yang dimiliki oleh pesawat angkat jenis *overhead crane*, adalah :

a. *Hoisting mechanism*

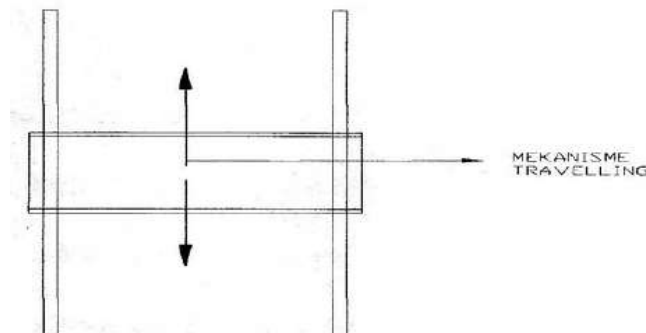
Peralatan ini berfungsi untuk melakukan gerakan tegak lurus, menaikkan, menggantung sementara dan menurunkan beban, pada umumnya terdiri dari motor listrik atau dapat juga *pocket*, rem pengaman, tali baja atau dapat juga rantai mata dan alat bantu pengangkat beban. *Hoisting mechanism* ditampilkan pada gambar 3



Gambar 3. *Hoisting mechanism*

b. *Travelling mechanism*

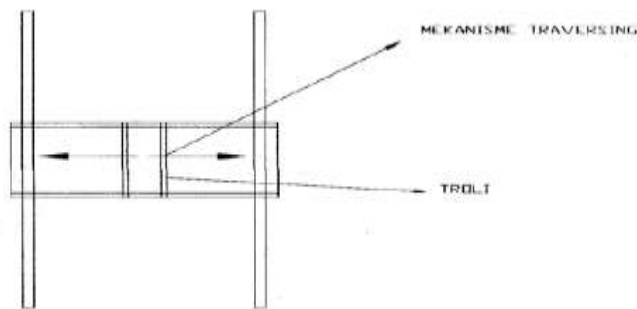
Peralatan ini berfungsi untuk melakukan gerakan lurus datar sepanjang lintasan *rails* (*rail travelling mechanism*) atau permukaan tanah (*trackless travelling mechanism*), pada umumnya terdiri dari motor listrik atau dapat juga secara manual, komponen transmisi, roda, rem pengaman, *sprocket* dan rantai mata. *Travelling mechanism* ditampilkan pada gambar 4



Gambar 4. *Travelling mechanism*

c. *Transversing mechanism*

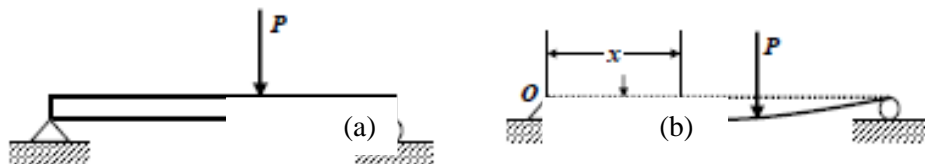
Peralatan ini berfungsi untuk melakukan gerakan merubah jarak jangkau (*oureach*) kearah horizontal dengan menggunakan *trolley* yang berjalan sepanjang lintasan rail pada girder, pada umumnya terdiri dari motor listrik atau dapat juga secara manual, komponen transmisi, drum atau dapat juga sprocket, rantai mata, rem pengaman, roda untuk berjalan rails. *Traversing mechanism* ditampilkan pada gambar 5 (*PT. Pertamina (Persero) RU V Balikpapan*)



Gambar 5. *Traversing mechanism*

Pengujian beban merupakan pengujian yang sangat penting dalam pengujian crane. Sebab, pada testing ini crane akan diuji keseluruhan fungsi alat dan unjuk kerja pengangkatan pada semua kondisi operasi dengan beban yang mendekati, sama atau bahkan melebihi kapasitas maksimumnya. Pengujian beban pada overhead crane SWL 30 Ton dilakukan dengan beban tidak lebih dari 100 % *rated load* dan diuji kesemua arah serta fungsi. Pengujian *over load* dilakukan dengan beban tidak lebih dari 125% dari *rated load*. Menurut C.alkin (2005) perhitungan desain konvensional yang diusulkan dan standar DIN dilakukan untuk memverifikasi tingkat stres dan defleksi, sebagai hasil untuk desain overhead crane dapat diusulkan.

Defleksi merupakan perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok atau batang. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Gambar 6 (a) memperlihatkan balok pada posisi awal sebelum terjadi deformasi dan gambar 6 (b) adalah balok dalam konfigurasi terdeformasi yang diasumsikan akibat pembebanan.



Gambar 6. Defleksi pada balok

Jarak perpindahan Y didefinisikan sebagai defleksi balok. Hal hal yang mempengaruhi defleksi yaitu : Kekakuan batang ,Semakin kaku suatu batang maka lendutan batang yang akan terjadi pada batang akan semakin kecil. Besar kecilnya gaya yang diberikan, Besar kecil gaya yang diberikan pada batang berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang terjadi, dengan kata lain semakin besar beban yang dialami batang maka defleksi yang terjadipun semakin besar. Jenis tumpuan yang diberikan, Jumlah reaksi dan arah pada tiap jenis tumpuan berbeda-beda, jika karena itu besarnya defleksi pada penggunaan yang berbeda-beda tidaklah sama, semakin banyak reaksi dari tumpuan yang melawan gaya dari beban maka defleksi yang terjadi pada tumpuan rol lebih besar dari tumpuan pin (pasak) dan defleksi yang terjadi pada tumpuan pin lebih besar dari tumpuan jepit. Jenis beban yang terjadi pada batang , beban terdistribusi merata dengan beban titik, keduanya memiliki kurva defleksi yang berbeda-beda. Pada beban terdistribusi merata *slope* yang terjadi pada bagian batang yang paling dekat lebih besar dari *slope* titik, ini karena sepanjang batang mengalami beban sedangkan pada beban titik hanya terjadi pada beban titik tertentu saja.

Pada kasus girder overhead crane (misalnya) yang ditumpu kedua ujungnya (posisi horizontal), jika diberikan beban pada girder maka girder tersebut akan mengalami defleksi. Besar defleksi yang terjadi dapat ditentukan dengan menggunakan metode metode yang ada.

Teorema Castigliano dapat digunakan untuk mencari defleksi :

Teorema Castigliano dapat digunakan untuk mencari defleksi

$$\Delta_1 = \frac{dW}{dP} \quad (1)$$

Metode ini sering disebut sebagai metode penurunan parsial (Partial Derivative). Usaha-usaha luar W yang bekerja pada balok adalah sama dengan usaha dalam yang tersimpan dalam balok $\frac{1}{2} \Sigma Sdl$ atau :

$$W = \frac{1}{2} \Sigma Sdl \quad (2)$$

Substitusikan $S = \frac{My}{I} dA$ dan $dL = \frac{My}{I} \frac{1}{E} dx$ ke dalam persamaan diatas,

$$\text{sehingga: } W = \frac{1}{2} \Sigma \left(\frac{My}{I} dA \right) \left(\frac{My}{I} \frac{1}{E} dx \right)$$

$$W = \frac{1}{2} \int_0^L \int_0^A y^2 dA \frac{M^2}{EI^2} dx$$

$$W = \frac{1}{2} \int_0^L \frac{M^2}{EI} dx \quad (3)$$

Substitusikan persamaan (3) ke dalam persamaan (1), diperoleh :

$$\Delta_1 = \frac{dW}{dP} = \frac{d \frac{1}{2} \int_0^L \frac{M^2}{EI} dx}{dP} = \int_0^L \frac{M}{EI} \frac{dM}{dP} dx$$

$$\text{Persamaan defleksi: } \Delta_1 = \int_0^L \frac{M}{EI} \frac{dM}{dP} dx \quad (4)$$

Dimana : M adalah Momen (Nm)

E adalah Modulus Elastis (N/mm²)

I adalah momen Inersia (mm⁴)

Program autodesk inventor 2014, Program komputer ini dapat digunakan untuk menganalisa masalah struktur khususnya defleksi pada girder overhead crane. Urutan Kerjanya adalah sebagai berikut:

1. Membuat sebuah model/part yang akan dianalisa.
2. Memilih material untuk model/part
3. Mengatur kekerasan/kehalusan mesh
4. Membebi beban (load), beban dapat berupa:
 - i) gaya (Force)
 - ii) moment
 - iii) bearing load pada permukaan silindris.
 - iv) bearng load pada permukaan silindris.
 - v) beban karna gravitasi (Body Load)
5. memberi tumpuan (constraint), dapat berupa:
 - i) fixed constraint
 - ii) pin constrain
 - iii) frictionless constraint
6. menjalankan analisa tegangan
7. memvisualisasikan hasil dan simulasi
8. membuat laporan dalam bentuk file doc

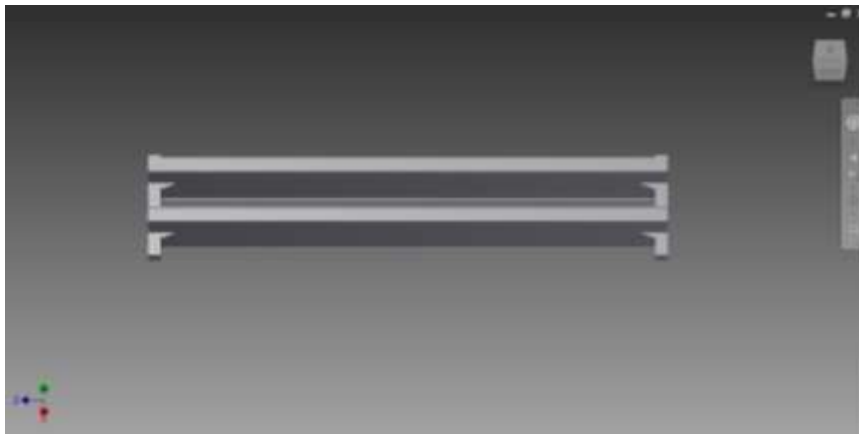
3. METODE PENELITIAN

Pada penulisan penelitian ini metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan menggunakan penelusuran literatur, wawancara dan dokumentasi. Metode literatur menggunakan cara mengumpulkan data tertulis yang berkaitan dengan masalah penulisan dan juga jurnal dari penelitian sebelumnya dalam hal analisa stuktur pada girder overhead crane. Interview dengan cara melakukan tanya jawab dengan *Engineer* untuk memperoleh informasi yang berhubungan analisa struktur. Dokumentasi dilakukan untuk mengumpulkan gambar girder overhead crane.

Setelah melakukan pengumpulan data, dilakukan perhitungan defleksi dengan menggunakan teori castigliano dan simulasi menggunakan autodesk inventor 2014, kemudian membandingkan hasil perhitungan teoritis dan simulasi dengan nilai defleksi yang di ijinakan yaitu 23,75 cm. Variabel dalam penelitian terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah Pengaruh pembebanan 28,7 ton, 30 ton dan 37,5 ton pada girder overhead crane. Variabel terikat adalah besar nilai defleksi pada girder overhead crane.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Overhead crane mengalami pembebanan pada bagian tengah girder, nilai pembebanan yang diberikan adalah sebesar 281260 N, 294000 N, dan 367500 N. Pada gambar 7 merupakan gambar komponen Girder Overhead Crane yang akan dianalisa dengan menggunakan software Autodesk Inventor 2014, analisa yang akan dilakukan adalah berupa uji pembebanan pada Girder.

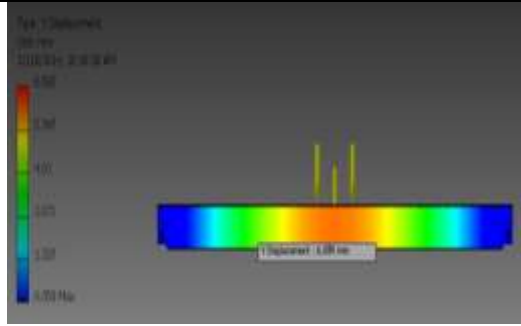
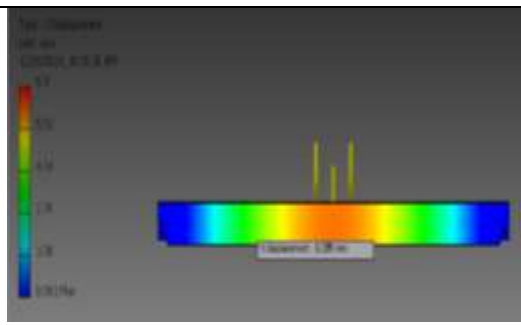


Gambar 7. komponen Girder Overhead Crane

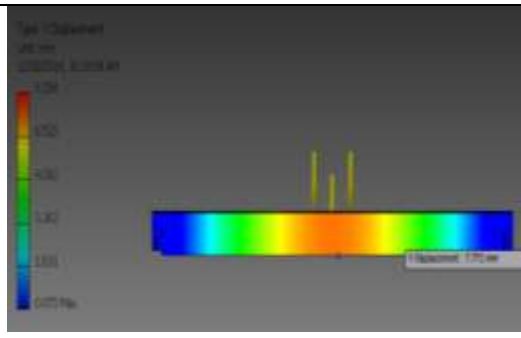
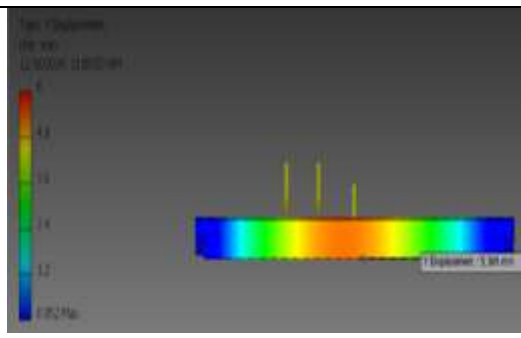
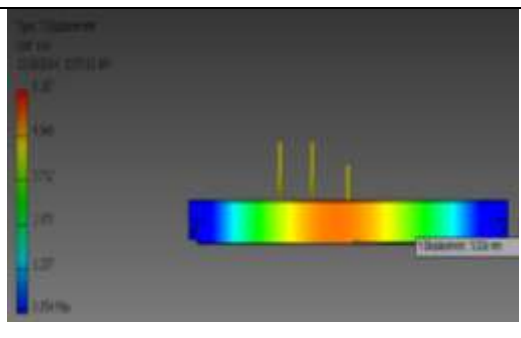
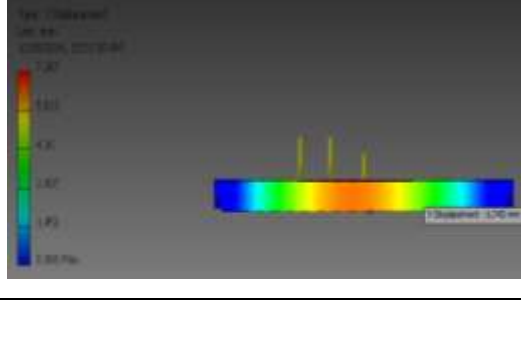
Tabel 1. Hasil Perhitungan Defleksi

No	Letak pembebanan	Beban (Ton)	Defleksi yang di ijinkan (mm)	Defleksi (Teori castigliano) (mm)
1	Bagian tengah girder (1/2span)	28,7	23,75	6,060
2		30		6,335
3		37,5		7,918
4	Bagian samping girder (1/3span)	28,7		5,191
5		30		5,410
6		37,5		6,763

Tabel 2. Hasil Simulasi Defleksi

No	Letak pembebanan	Beban (Ton)	Hasil simulasi	Defleksi yang di ijinkan (mm)	Defleksi (Simulasi) (mm)
1	Bagian tengah girder (1/2span)	28,7		23,75	6,059
2		30			6,318

Tabel 2 (Lanjutan). Hasil Simulasi Defleksi

No	Letak pembebanan	Beban (Ton)	Hasil simulasi	Defleksi yang di ijinakan (mm)	Defleksi (Simulasi) (mm)
3		37,5	 The image shows a cross-section of a beam under a 37.5 Ton load. A color scale on the left indicates deflection values from 0.00 mm (blue) to 1.20 mm (red). The beam shows a significant downward deflection in the center, with a maximum value of approximately 1.20 mm.		7,773
4	Bagian samping girder (1/3span)	28,7	 The image shows a cross-section of a beam under a 28.7 Ton load. A color scale on the left indicates deflection values from 0.00 mm (blue) to 0.40 mm (red). The beam shows a downward deflection in the center, with a maximum value of approximately 0.40 mm.		5,369
5		30	 The image shows a cross-section of a beam under a 30 Ton load. A color scale on the left indicates deflection values from 0.00 mm (blue) to 0.60 mm (red). The beam shows a downward deflection in the center, with a maximum value of approximately 0.60 mm.		5,526
6		37,5	 The image shows a cross-section of a beam under a 37.5 Ton load. A color scale on the left indicates deflection values from 0.00 mm (blue) to 0.80 mm (red). The beam shows a downward deflection in the center, with a maximum value of approximately 0.80 mm.		6,745

Dari hasil perhitungan perhitungan teoritis dan simulasi menggunakan *autodesk inventor 2014* didapat nilai defleksi yang terjadi pada komponen *girder*.

Pada saat *girder* dipengaruhi gaya dengan variasi pembebanan didapatkan nilai :

- Pembebanan pada bagian tengah *girder* dengan beban 28,7 Ton, 30 Ton dan 37,5 Ton, masing-masing nilai defleksinya yaitu :

Δ (teoritis) : 6,060 mm, 6,335 mm dan 7,918 mm

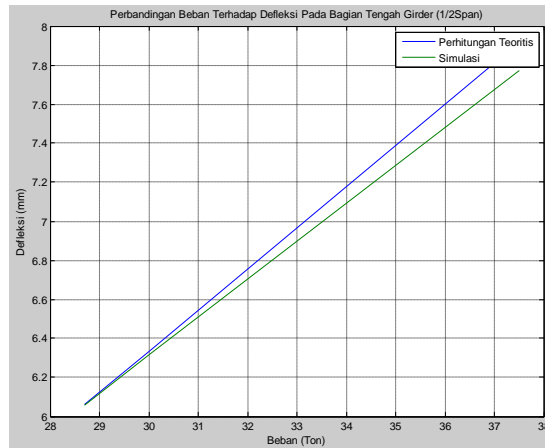
Defleksi simulasi : 6,059 mm, 6,318 mm dan 7,773 mm

Persen galat hasil perhitungan teoritis dengan hasil simulasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

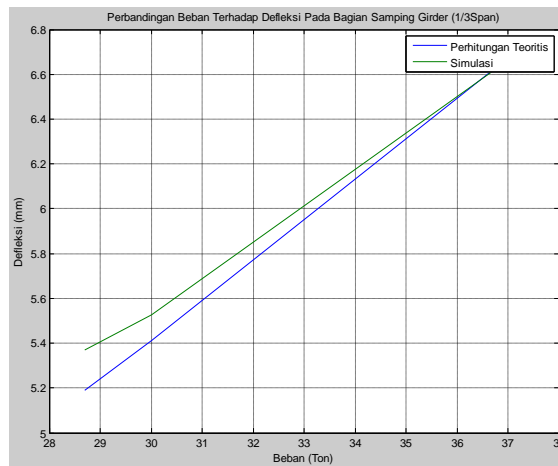
$$\% \text{ selisih} = \frac{\text{defleksi (teori)} - \text{defleksi (simulasi)}}{\text{defleksi (simulasi)}} \times 100\%$$

Tabel 3. Perbandingan Hasil Perhitungan Defleksi Menggunakan Teori Castigliano dengan hasil simulasi

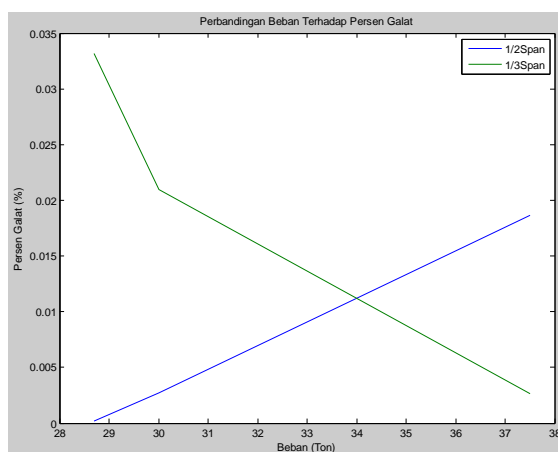
No	Letak pembebanan	Beban (Ton)	Defleksi yang di ijinakan (mm)	Defleksi (Teori castigliano) (mm)	Defleksi (simulasi) (mm)	Persen galat (%)
1	Bagian tengah girder (1/2span)	28,7	23,75	6,060	6,059	0,00016
2		30		6,335	6,318	0,00269
3		37,5		7,918	7,773	0,01865
4	Bagian samping girder (1/3span)	28,7		5,191	5,369	0,03315
5		30		5,410	5,526	0,02099
6		37,5		6,763	6,745	0,00266



Gambar 8. Grafik perbandingan defleksi terhadap pembebanan pada bagian tengah girder



Grafik 9. Grafik perbandingan defleksi terhadap pembebanan pada bagian samping girder (1/3 span)



Grafik 10. Grafik perbandingan pembebanan terhadap persen galat hasil perhitungan dan simulasi

Pada tabel 1 dan tabel 2 memperlihatkan hasil defleksi terhadap pembebanan pada bagian tengah girder (1/2 span) dan samping girder (1/3 span). Berdasarkan hasil perhitungan teoritis pada bagian tengah girder (1/2 span) dengan beban 28,7 ton, 30 ton dan 37,5 ton didapatkan besar nilai defleksi (teori) masing masing yaitu 6,060 mm, 6,335 mm dan 7,918 mm dan besar nilai defleksi (simulasi) masing masing yaitu 6,059 mm, 6,318 mm dan 7,773 mm. Dan pada bagian samping girder (1/3 span) dengan beban 28,7 ton, 30 ton dan 37,5 ton didapatkan besar nilai defleksi (teori) masing masing yaitu 5,191 mm, 5,410 mm dan 6,763 mm dan besar nilai defleksi (simulasi) masing masing yaitu 5,369 mm, 5,526 mm dan 6,745 mm. semakin besar beban yang dialami batang maka defleksi yang terjadipun semakin besar.

Hasil pembebanan ini memiliki persentase selisih antaran nilai defleksi hasil perhitungan dengan hasil simulasi yang sangat kecil mendekati angka nol, maka dapat diartikan tidak ada galat antara perhitungan dengan simulasi. Untuk pembebanan bagian tengah girder (1/2 span) didapatkan nilai persen galat pada beban 28,7 ton, 30 ton dan 37,5 ton masing masing yaitu 0,00016% , 0,00269% dan 0,01865%. Dan pada bagian samping girder (1/3 span) didapatkan nilai persen galat pada beban 28,7 ton, 30 ton dan 37,5 ton masing masing yaitu 0,03315% , 0,02099% dan 0,00266%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan teoritis menggunakan teori castigliano dan simulasi dengan autodesk inventor 2014 yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan akibat pembebanan yang diberikan adalah sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan teoritis dengan menggunakan teori castigliano sebagai berikut :
 - a. pembebanan pada bagian tengah girder dengan beban 28,7 ton, 30 ton, dan 37,5 ton besar nilai defleksi masing masing yaitu 6,060 mm, 6,335 mm dan 7,918 mm.
 - b. pembebanan pada bagian samping girder dengan beban 28,7 ton, 30 ton, dan 37,5 ton besar nilai defleksi masing masing yaitu 5,191 mm, 5,410 mm dan 6,763 mm.

2. Hasil simulasi dengan menggunakan Autodesk Inventor 2014 sebagai berikut :
 - a. pembebanan pada bagian tengah girder dengan beban 28,7 ton, 30 ton, dan 37,5 ton besar nilai defleksi masing masing yaitu 6,059 mm, 6,318 mm dan 7,773 mm.
 - b. pembebanan pada bagian samping girder dengan beban 28,7 ton, 30 ton, dan 37,5 ton besar nilai defleksi masing masing yaitu 5,369 mm, 5,526 mm dan 6,745 mm.
3. Perbandingan hasil perhitungan teoritis dengan hasil simulasi menggunakan *Software Autodesk Inventor 2014* sebagai berikut :
 - a. pembebanan pada bagian tengah girder dengan beban 28,7 ton, 30 ton, dan 37,5 ton besar persen galat hasil perhitungan teoritis dengan hasil simulasi masing masing yaitu 0,00016%, 0,00269% dan 0,01865%.
 - b. pembebanan pada bagian samping girder dengan beban 28,7 ton, 30 ton, dan 37,5 ton besar persen galat hasil perhitungan teoritis dengan hasil simulasi masing masing yaitu 0,03315%, 0,02099% dan 0,00266%.
 - c. Defleksi yang diizinkan pada overhead crane t-32-01 SWL 30 Ton adalah 23,75 mm. Pada hasil perhitungan teoritis dan simulasi didapatkan nilai defleksi yang lebih kecil dibandingkan defleksi yang di izinkan, sehingga girder masih aman untuk mengangkat beban baik pada kurang dari 100%SWL, 100% SWL dan 125% SWL.

DAFTAR PUSTAKA

- API RP 2D, 2003. *Operation and Maintenance of Offshore 5th Edition*, American Petroleum Institute
- ASME B30.2-2005, 2010. *Overhead Crane and Gantry Crane*. New York: The American Society of Mechanical Engineers .
- C. Alkin, C. E. Imrak, H. Kocabas. Solid Modeling and Finite Element Analysis of an Overhead Crane Bridge. *Journal Czech Technical University in Prague*.
- Erik Oberg, Franklin D Jones, Holbrook L. Horton, and Henry H ryffel. 2000. *Machinery's Handbook*. New York : Industrial Press Inc
- Herbert Morris. 1982. *Operation, Manual & Maintenance Book*. Loughborough, UK.
- Pinem, Daud. 2010. *Mekanika Kekuatan Lanjut*. Rekayasa Sains, Bandung.