

Analisis Kekuatan Struktur Konstruksi Tower untuk Catwalk dan Chain Conveyor pada Silo (Studi Kasus di PT. Srikaya Putra Mas)

Nur Azizah^{1*}, Muhamad Ari², Ruddianto³

¹Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

^{2,3}Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

Email : nurazizah.dm@gmail.com

Abstrak

Tower dengan struktur rangka batang yang digunakan pada silo transport harus diketahui kekuatannya karena memiliki tinggi yang besar yaitu setinggi 33 m dan menerima gaya yang tidak hanya dari berat struktur itu sendiri. Selain dari catwalk, tower juga menerima beban dari angin. Analisis ini sangat penting agar dapat mengantisipasi kerusakan dan dapat memberikan referensi desain tower selanjutnya. Penelitian ini menganalisis kekuatan dari tower untuk catwalk dan chain conveyor pada silo dengan software yang berbasis metode elemen hingga, SolidWorks. Pemodelan didasarkan pada desain gambar kerja yang telah dibuat. Pembebanan diberikan berdasarkan berat dari catwalk dan chain conveyor yang ditumpu. Dari hasil simulasi dan analisis dapat diketahui bahwa besar tegangan maksimal yang bekerja pada konstruksi Tower oleh pembebanan yang diterima adalah 169.121 MPa. Besar defleksi maksimal yang terjadi pada konstruksi Tower oleh pembebanan yang diterima adalah 30.233 mm. Konstruksi Tower sudah memenuhi standar yang ditentukan karena nilai safety factor mendekati standar. Safety factor konstruksi minimal 1.5, sedangkan hasil simulasi safety factor terkecil adalah 1.48 dan terbesar 1.89.

Kata kunci : Tegangan, Defleksi, Metode Elemen Hingga, SolidWorks, Safety Factor.

1. PENDAHULUAN

PT. Srikaya Putra Mas merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang *Mechanical* dan *Electrical Engineering*. Perusahaan ini beralamat di Jalan *By Pass* Krian KM 26.6. Saat ini, PT. Srikaya Putra Mas mendapatkan permintaan proyek dari *client*, PT. Japfa Comfeed Indonesia – Sidoarjo, yaitu pembuatan Tower pada Catwalk dan Chain Conveyor dengan tinggi 33 m untuk Silo Transport. Tower ini tergolong memiliki ukuran yang sangat tinggi, sehingga ketinggiannya akan berpengaruh terhadap beban dan gaya – gaya yang diterimanya. Struktur tower yang digunakan yaitu struktur rangka batang atau *truss*. Perancangan tower ini tidak didasarkan pada perhitungan struktur atau analisis kekuatannya, akan tetapi berdasarkan pengalaman atau struktur yang pernah dibuat oleh perusahaan. Analisis ini sangat penting karena berhubungan dengan keamanan dari pekerja saat melakukan *maintenance*. Selain itu juga dapat mempengaruhi kebutuhan material dalam produksinya. Jika struktur yang dirancang tidak cukup kuat menahan beban yang diterima, risiko kerusakan pun akan semakin besar. Tetapi jika terlalu kuat, maka akan berpengaruh pada cost karena material yang tidak efisien. Oleh karena itu, dalam penelitian untuk tugas akhir ini akan dianalisa kekuatan dari Tower pada Catwalk dan Chain Conveyor dengan tinggi 33 m tersebut. Salah satu metode untuk analisis struktur adalah metode elemen hingga. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software* metode elemen hingga, Solidworks.

Dari latar belakang diatas maka didapat tiga rumusan masalah yaitu berapa besar tegangan maksimal yang terjadi pada konstruksi Tower, berapa besar defleksi maksimal yang terjadi pada konstruksi Tower, dan apakah konstruksi Tower sudah memenuhi standar yang ditentukan.

2. METODOLOGI

2.1. Studi Literatur

Referensi sangat dibutuhkan untuk mengerjakan penelitian dalam tugas akhir ini. Teori – teori pendukung yang berkaitan dengan penelitian didapatkan dari berbagai referensi. Referensi bisa berupa buku, jurnal, modul, dan sebagainya. Dalam tahap studi literatur ini, dilakukan pengumpulan teori dan informasi pendukung yang berguna untuk pelaksanaan tugas akhir.

2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data – data yang dibutuhkan dalam analisa yang akan dilakukan. Data meliputi dimensi, berat, kondisi, dan variabel - variabel lainnya yang berhubungan dengan obyek yang akan dijadikan penelitian dalam tugas akhir ini. Data untuk penelitian dalam tugas akhir ini didapatkan dari perusahaan tempat mahasiswa tugas akhir melakukan on the job training, yaitu PT. Srikaya Putra Mas.

2.3. Pemodelan dari Gambar Kerja

Pemodelan merupakan proses penggambaran dari gambar kerja dua dimensi ke dalam bentuk tiga dimensi untuk selanjutnya diuji dalam simulasi pembebanan. Pemodelan dilakukan menggunakan SolidWorks.

2.4. Input Spesifikasi Material dan Simulasi

Untuk melakukan simulasi, dibutuhkan data – data material atau material properties yang digunakan. Seperti jenis material, modulus elastisitas, kekuatan luluh, kekuatan ultimate, kekerasan, modulus shear, dan sebagainya agar hasil simulasi yang dilakukan tepat dan sesuai. Simulasi dilakukan dengan pembebanan yang telah ditentukan.

2.5. Analisis Hasil Simulasi

Setelah simulasi telah selesai, maka hasil simulasi dianalisis untuk mendapatkan besar tegangan dan defleksi dari struktur tower.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tower untuk catwalk dan chain conveyor ini menggunakan sistem rangka batang atau truss. Berikut ini adalah data ukuran utama dari tower yang didesain :

Tabel 1. Ukuran Utama

<i>Quantity</i>	4
<i>Width</i>	2,000 mm
<i>Length</i>	2,000 mm
<i>Height</i>	33,000 mm
<i>Column Profile</i>	L 100 x 100
<i>Bracing Profile</i>	L 80 x 80
<i>Cremona Profile</i>	L 70 x 70
<i>Base plate</i>	(<i>thickness</i>) 16 mm

Material yang digunakan pada *Tower* ini yaitu JIS3101 SS400 dengan *material properties* sebagai berikut :

Tensile strength = 400 Mpa

Yield strength = 250 Mpa

3.1. Beban Angin

Tower akan dipasang di daerah Sidoarjo, Jawa Timur, sehingga desain harus disesuaikan dengan keadaan daerah tersebut. BMKG (2017) dalam lamannya menginformasikan bahwa, kecepatan

angin maksimum rata – rata pada daerah Sidoarjo sebesar 18 km/jam (5 m/s). Dari kecepatan angin tersebut dapat dihitung berapa besar beban yang terjadi. Berikut adalah kalkulasinya :
 Dalam menghitung beban angin, sebelumnya harus diketahui besar tekanan angin yang bertiup. Besar tekanan angin dapat dihitung dengan persamaan (2.2). Perhitungannya seperti berikut :

$$q = 0.5 \times \rho \times v^2$$

$$q = 0.5 \times 1.25 \times (5)^2$$

$$q = 15.625 \text{ N/m}^2$$

Setelah didapatkan besar tekanan angin, maka beban angin dapat dihitung. Besar area efektif yang terkena angin didapatkan dari gambar kerja, yaitu sebesar 11.05 m². Karena bagian dari *tower* yang terkena angin berbentuk plat persegi, maka koefisien bentuk dari plat persegi yaitu 1.28 . Beban dari angin yang terjadi dihitung dengan persamaan (2.1) sebagai berikut :

$$F = A \times q \times Cr$$

$$F = 11.05 \times 15.625 \times 1.28$$

$$F = 221.017 \text{ N}$$

3.2. Beban Catwalk

Tower ini akan digunakan untuk menopang *catwalk* yang berfungsi sebagai media transportasi saat mengontrol dan memperbaiki *chain conveyor* maupun silo. Penggambaran *catwalk* dibagi menjadi tiga bagian untuk memudahkan bagian produksi dalam proses manufakturnya. Sehingga, perhitungan berat *catwalk* disesuaikan dengan gambar kerja tersebut. Bagian – bagian dari *catwalk* tersebut antara lain CCL, CCM, dan CCN.

Karena ketiga *catwalk* ini merupakan satu rangkaian dengan panjang total 69 meter dan ditopang oleh empat *tower* yang akan dianalisis, maka berat masing – masing bagian dijumlahkan untuk mendapatkan berat *catwalk* seutuhnya. Berikut adalah perhitungan berat total dari *catwalk* :

$$\begin{aligned} \text{Berat total dari Catwalk} &= \text{Berat CCL} + \text{Berat CCM} + \text{Berat CCN} \\ &= 2,932 \text{ kg} + 3,664 \text{ kg} + 1,739 \text{ kg} \\ &= 8,335 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban total} &= \text{Berat catwalk} + \text{Beban orang} \\ &= 8335 \text{ kg} + 160 \text{ kg} \\ &= 8495 \text{ kg} \\ &\approx 8500 \text{ kg} \end{aligned}$$

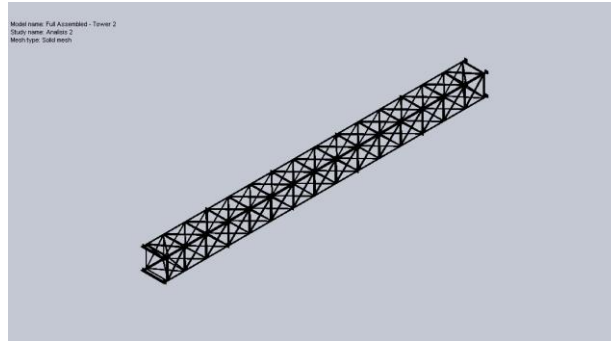
Jadi, besar beban maksimum yang diletakkan pada tower sebesar 8500 kg. Tower dianggap mengalami pembebanan yang merata, maka beban untuk tower yang telah dihitung dibagi dengan jumlah tower yang menyangga. Dapat dilihat pada perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Beban pada masing – masing tower} &= 8500 \text{ kg} / 4 \\ &= 2125 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi, tiap tower mengalami pembebanan minimum dari *catwalk* dan orang sebesar 2125 kg.

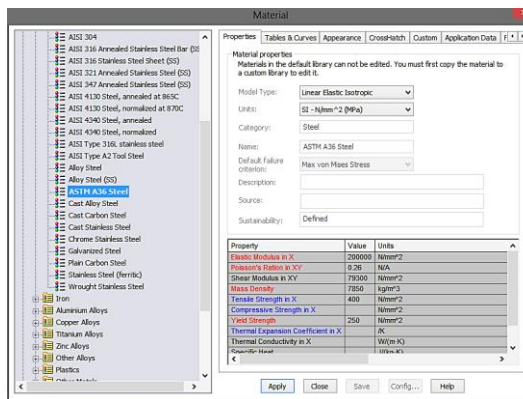
3.3. Pemodelan, *Input* Spesifikasi, dan Simulasi

Pemodelan didasarkan pada gambar kerja yang telah digambar sebelumnya. Ukuran yang digunakan merupakan ukuran sebenarnya. Keempat *tower* memiliki dimensi yang sama sehingga pemodelan dan simulasi dilakukan pada salah satu *tower*. Pemodelan digambar menggunakan *software* SolidWork. Gambar 1 berikut ini merupakan hasil pemodelan dari gambar kerja.



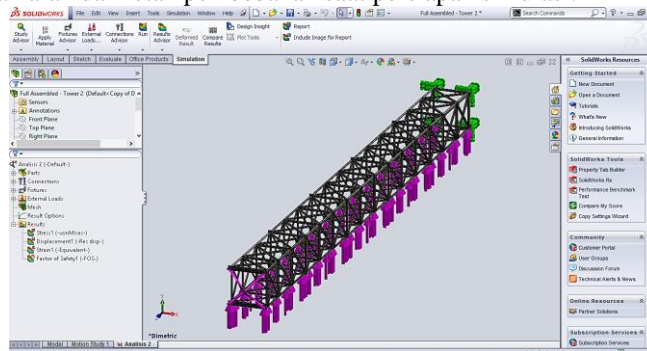
Gambar 1. Pemodelan Tower dari Gambar Kerja

Material properties dari JIS SS400 dan ASTM A36 sama. Dalam *library* SolidWorks tersedia material ASTM A36. Untuk mempermudah input jenis material maka digunakan ASTM A36. Pada gambar 2 berikut ini ditunjukkan layar yang memuat saat pemilihan material.



Gambar 2. *Material Properties* ASTM A36 dari SolidWorks

Setelah material ditentukan, beban sesuai dengan yang telah dihitung dan *fixture* diatur sebelum melakukan simulasi. Setelah pengaturan tersebut, dilakukan *meshing*. *Meshing* adalah proses dimana suatu struktur dibagi menjadi elemen-elemen yang lebih kecil. Jika *meshing* berhasil, maka simulasi dilanjutkan dengan analisis tegangan, defleksi, regangan, dan faktor *safety*. Dalam gambar 3 berikut ditunjukkan arah dan letak pembebanan saat persiapan simulasi.



Gambar 3. Persiapan Simulasi

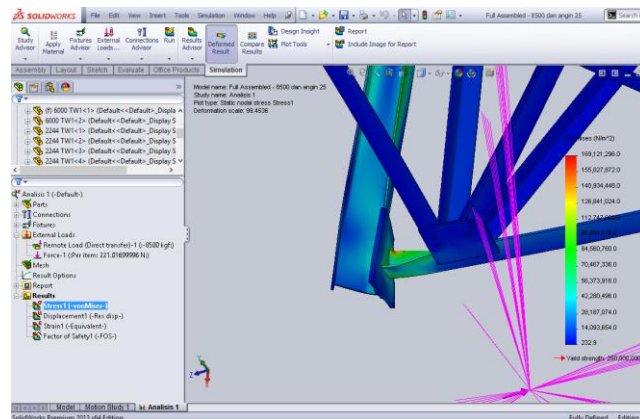
3.4. Analisis Hasil Simulasi

Tabel 2. Hasil Simulasi

	Beban 8500 kg	Beban 2125 kg
<i>Stress Max.</i>	169.121 MPa	132.081 MPa

Displacement Max.	30.233 mm	28.749 mm
Factor of Safety	1.48	1.89

Dari simulasi yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa tegangan maksimal dari tower sebesar 169.121 MPa. Masih lebih kecil dari *Yield Strength* material yang sebesar 250 MPa. *Displacement* maksimal yang terjadi akibat pembebanan yaitu sebesar 30.233 mm. *Factor of Safety* yang didapatkan dari hasil simulasi yaitu sebesar 1.48 dan 1.89. Nilai ini sudah mendekati 1.5. Menurut standar yang digunakan pada sub-bagian 2.1.3, minimal *factor of safety* struktur tinggi adalah 1.5. Hal ini menunjukkan, bahwa tower sudah cukup kuat karena nilai *safety factor* mendekati nilai standar. Tegangan maksimal yang terjadi terletak pada daerah atas tepatnya dibawah plat penyangga profil I. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Letak tegangan maksimum yang terjadi.

4. SIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besar tegangan maksimal yang terjadi pada konstruksi Tower oleh pembebanan yang diterima adalah 169.121 MPa.
2. Besar defleksi maksimal yang terjadi pada konstruksi Tower oleh pembebanan yang diterima adalah 30.233 mm.
3. Konstruksi Tower sudah memenuhi standar yang ditentukan karena nilai safety factor mendekati standar. Safety factor konstruksi minimal 1.5, sedangkan hasil simulasi safety factor terkecil adalah 1.48 dan terbesar 1.89.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Handayanu. (n.d.). *Metode Elemen Hingga*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Jurusan Teknik Kelautan.
- Health and Safety Executive. (2012). *The effect of wind loading on the jib of a luffing tower crane*. Derbyshire: Health and Safety Laboratory.
- Hibbeler, R. C. (2012). *Structural Analysis 8th Edition*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Kumar, S., & Kumar, S. (2016). *Design of Steel Structures*. Madras: Indian Institute of Technology.
- National Aeronautics and Space Administration. (2015). *Shape Effect in Drag*. Retrieved July 3, 2017, from www.grc.nasa.gov.
- Popov, E. P. (1984). *Mekanika Teknik (Mechanics of Materials) Edisi Kedua versi SI*. California: University of California.
- Techhub Solutions. (2017). *Solidworks*. Retrieved July 3, 2017, from www.techubsolutions.in.
- Telecommunications Industry Association (TIA / EIA). (1996). *Structural Standards 222-F*. United States of America : Standards and Technology Departement.
- Timoshenko, S. P., & Young, D. H. (1965). *Theory of Structures Second Edition*. McGraw-Hill, Inc.