



Analisis Statis Konstruksi Rangka Unit Silo pada Perancangan Tata Letak Pabrik Teh Dengan Sistem Silo, Konveyor, dan Palletizer

Y.M. Astomo D.S.^{1*}, Galih Candra Mahardhika², Albert Wibowo³, Mustofa Nadim Muhammad⁴

Abstrak— Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, khususnya yang berkaitan dengan material / bahan, berbagai macam pemanfaatan material khususnya besi atau baja banyak ditemui dalam kehidupan sehari-hari seperti teralis, pagar rumah, sepeda, dan lain-lain. Pada bidang manufaktur, besi dan baja yang sering digunakan diantaranya adalah pipa kotak, yang sering diaplikasikan sebagai rangka penyangga dari sebuah mesin otomasi, salah satunya pada Perancangan Tata Letak Pabrik Teh Dengan Sistem Silo, Konveyor, dan Palletizer yaitu Unit Silo, dimana digunakan rangka berupa kombinasi Square Pipe St.37 dengan dimensi 100 x 50 x 4,5 mm dan 100 x 100 x 5 mm dengan menggunakan sambungan las, yang digunakan sebagai rangka penyangga / penopang konstruksi dari Unit Silo. Berdasarkan acuan tersebut, maka digunakan rangka Square Pipe sebagai komponen utama dalam analisis statis pada pembebanan rangka dengan menggunakan simulasi software grafis yaitu Solidworks.

Kata Kunci : Analisis Statis, Konstruksi Rangka, Pipa Kotak

I. PENDAHULUAN

Konstruksi rangka adalah salah satu hal yang harus dipikirkan dalam mendesain suatu mesin. Perancangan Tata Letak Pabrik Teh Dengan Sistem Silo, Konveyor, dan Palletizer yaitu Unit Silo adalah salah satu perancangan mesin yang menggunakan konstruksi rangka, dimana digunakan rangka berupa kombinasi *Square Pipe* bermaterial St.37 dengan dimensi 100 x 50 x 4,5 mm dan 100 x 100 x 5 mm dengan menggunakan sambungan las, yang digunakan sebagai rangka penyangga / penopang konstruksi dari Unit Silo. Konstruksi rangka yang baik diperlukan untuk memastikan bahwa mesin dapat berjalan dengan aman dan sesuai dengan fungsi yang diharapkan.

Berdasarkan acuan tersebut, maka dibutuhkan perhitungan dan analisis terhadap konstruksi rangka Unit Silo pada Perancangan Tata Letak Pabrik Teh Dengan Sistem Silo, Konveyor, dan Palletizer, dengan membandingkan hasil analisis dan hasil perhitungan secara teori untuk mendapatkan hasil pendekatan guna menentukan aman atau tidaknya sebuah konstruksi dibuat.

II. DASAR TEORI

A. Struktur Baja

Baja adalah paduan logam yang tersusun dari besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai unsur penguat. Unsur karbon banyak berperan sebagai peningkatan kekerasan. Perlakuan panas dapat merubah sifat baja dari lunak menjadi keras.

Besarnya tegangan leleh (f_y) dan tegangan ultimit (f_u) berbagai jenis baja sesuai dengan SNI 2002, dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 1. Kuat Tarik Batas dan Tegangan Leleh (Sumber : SNI 2002)

Macam Baja	σ_y (kg/cm ²)	σ_u (kg/cm ²)
St 34	2100	3400
St 37	2400	3700
St 41	2500	4100
St 44	2800	4400
St 50	2900	5000
St 52	3600	5200
St 55	4100	5500

B. Sifat Mekanis

Sifat-sifat bahan teknik perlu diketahui secara baik, karena bahan tersebut diperlukan untuk berbagai macam keperluan dalam berbagai keadaan.

Sifat mekanis logam adalah kemampuan logam untuk menahan beban yang dikenakan padanya, baik pembebanan statis maupun dinamis. Pembebanan statis adalah pembebanan yang besar dan arahnya tetap setiap saat. Pembebanan dinamis adalah pembebanan yang besar meskipun arahnya berubah setiap saat.

C. Faktor keamanan (*Factor of Safety*)

Faktor keamanan (n) adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi keamanan dari suatu elemen mesin. Analisis faktor keamanan banyak digunakan pada proses membandingkan antara tegangan dengan kekuatan untuk memperkirakan angka keamanannya.

Faktor keamanan dipilih untuk memastikan tegangan yang diijinkan tidak melebihi ukuran batas tegangan untuk material, tetapi pertimbangan secara umum dapat mempengaruhi nilai faktor keamanan tersebut. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi nilai faktor keamanan yaitu : sifat dari material dan spesifikasi yang dimiliki, sifat pembebanan, kemungkinan dampak dari proses permesinan, dan akibat kegagalan material pada proses pembentukan.

“Large factors of safety in a region indicate that you can save material from that region. Many codes require a minimum factor of safety between 1.5 and 3.0.

- A factor of safety less than 1.0 at a location indicates that the material at that location has failed.*
- A factor of safety of 1.0 at a location indicates that the material at that location has just started to fail.*
- A factor of safety larger than 1.0 at a location*

Analisis statis konstruksi rangka Unit Silo pada Perancangan Tata Letak Pabrik Teh Dengan Sistem Silo, Konveyor, dan Palletizer

indicates that the material at that location is safe.

The material at a location will start to fail if you apply new loads equal to the current loads multiplied by the resulting factor of safety, and assuming that the stresses/strains remain in the linear range."

(http://help.solidworks.com/2017/english/solidworks/cworks/c_factor_of_safety_check.htm).

D. Jenis Pembebanan

Pembebanan melintang merupakan gaya yang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal dari benda. Pembebanan transversal menyebabkan benda untuk membengkok dan membelokkan dari posisi semula, dengan tegangan tarik internal dan tegangan tekan menyertai perubahan kelengkungan dari benda. Pembebanan melintang juga menginduksi gaya geser yang menyebabkan deformasi geser material dan meningkatkan defleksi melintang dari benda tersebut.

Beban aksial berupa gaya collinear dengan sumbu longitudinal dari benda tersebut. Pasukan menyebabkan benda untuk baik peregangan atau memperpendek.

Torsi beban berupa tindakan memutar yang disebabkan oleh sepasang eksternal diterapkan sama dan diarahkan kekuatan pasangan yang bekerja pada bidang sejajar atau oleh beberapa eksternal tunggal diterapkan pada benda yang memiliki satu ujung tetap terhadap rotasi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jadwal Dan Perencanaan

Perhitungan dan analisis rangka unit silo dilakukan selama tahap perancangan konsep sistem pada pembuatan perancangan tata letak pabrik teh dengan sistem silo, konveyor, dan *palletizer*. Perencanaan pada rangka unit silo meliputi :

a. Rangka

Rangka yang digunakan adalah pipa kotak (*square pipe*) dengan dimensi 100 x 50 x 4,5 mm dan 100 x 100 x 5 mm, dengan dimensi konstruksi unit silo yaitu 2200 x 2200 x 337 mm.

b. Las

Parameter yang digunakan dalam sambungan las pada rangka toast adalah las busur listrik arus AC. Jenis kampuh las adalah kampuh dengan bentuk V, dengan tebal las 2 mm. Jenis logam yang digunakan adalah St. 37, karena merupakan baja karbon rendah.

c. Analisis Statis

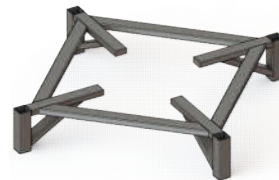
Jenis pembebanan yang digunakan adalah pembebanan merata dengan arah vertikal kebawah. Gaya luar yang diberikan sebesar 1.085 Kg atau sekitar 10.643,85 N. Gaya luar berasal dari berat teh maksimal yang dapat ditampung dan berat silo itu sendiri. Tumpuan diberikan pada kaki kaki rangka.

B. Simulasi

Simulasi merupakan kegiatan untuk memodelkan suatu sistem dengan suatu kondisi yang telah ditentukan dengan menggunakan bantuan komputer. Simulasi dilakukan menggunakan *3D modelling software*, yaitu *SolidWorks 2015*, dengan menggunakan *feature solidworks simulation*.

a. Proses Pre-Processing

Proses ini merupakan proses yang dilakukan sebelum pengujian (*Solidworks simulation*). Proses ini meliputi pemodelan dan penentuan material yang akan digunakan. Pemodelan merupakan proses penggambaran bentuk rangka secara tiga dimensi.



Gambar 1. Model rangka Unit Silo

Rangka dibuat menggunakan *square pipe* dengan ukuran 100 x 50 x 4,5 mm dan 100 x 100 x 5 mm. Parameter jenis sambungan yang digunakan adalah *bonded* untuk semua koneksi. Dimensi untuk setiap rangka dibuat sesuai dengan gambar kerja pada Perancangan Tata Letak Pabrik Teh Dengan Sistem Silo, Konveyor, dan *Palletizer*, dengan bentuk / model yang sudah ditentukan selama tahap perancangan konsep sistem. Material yang digunakan adalah St. 37.

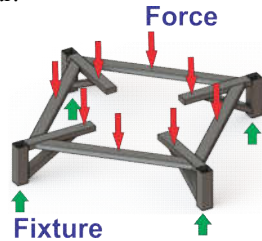
b. Menentukan Studi Analisis Pembebanan

Sebelum melakukan analisis pembebanan statis dalam simulasi, ditentukan tumpuan pada rangka sebagai acuan utama. Tumpuan diberikan pada kaki kaki rangka agar dapat menahan beban searah sumbu X, Y, dan Z. Pemberian gaya luar dengan pembebanan merata sebesar 1085 Kg dengan arah vertikal kebawah.

c. Pembuatan Mesh.

Dalam pembuatan *mesh* sangat diperhatikan ukuran *mesh* dan jenis *mesh* yang digunakan, semakin kecil ukuran *mesh* yang digunakan pada model, maka hasil yang didapat akan semakin teliti, tetapi membutuhkan daya dan waktu

yang lebih lama dibandingkan dengan *mesh* yang memiliki ukuran lebih besar.



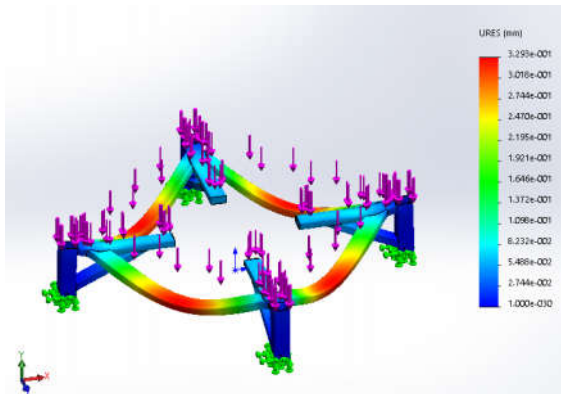
Gambar 2. Posisi gaya dan *fixture* pada simulasi

d. *Proses Post-Processing*

Proses lebih lanjut, menampilkan hasil analisis yaitu tegangan dan momen, defleksi, dan faktor keamanan (FOS). Hasil *display* setiap analisis diatur dengan menggunakan satuan standar internasional (SI).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

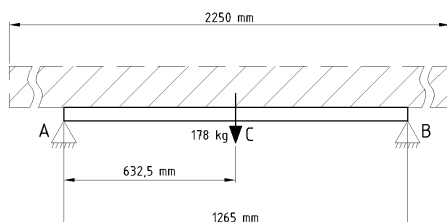
A. *Simulasi*



Gambar 3. Indikator *displacement* hasil analisis

Hasil analisis berupa indikator *displacement* menunjukkan posisi kritis dari konstruksi rangka unit silo. Posisi kritis berada pada rangka memanjang horizontal. Bagian kritis yang mengalami *displacement* paling besar adalah bagian yang mengalami tegangan tekuk paling tinggi. Bagian kritis dihitung secara teoritis untuk mendapatkan pendekatan yang lebih akurat.

B. *Perhitungan Teoritis*



Gambar 4. Penggambaran bagian kritis

Gaya total (F_{total}) = 1.085 kgf
 Area total (A_{total}) = 627.280 mm²
 Area terkena gaya (A) = 105.520 mm²
 Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/s²

a. *Gaya (F)*

$$F = (A / A_{total}) \times F_{total}$$

$$= (105.520 / 627.280) \times 1085$$

$$= 178 \text{ kgf}$$

b. *Reaksi Tumpuan (RA & RB)*

$$\Sigma F = 0 \quad \Sigma M = 0$$

$$RA + RB = 178$$

$$RA = RB$$

$$2RA = 178$$

$$RA = 89 \text{ kgf}$$

$$RB = 89 \text{ kgf}$$

c. *Momen Bengkok di titik A (MA)*

$$MA = (F \times L_{CA}) - (RB \times L_{BA})$$

$$= (178 \times 632,5) - (89 \times 1.265)$$

$$= 112.585 - 112.585$$

$$= 0$$

d. *Momen Bengkok di titik B (MB)*

$$MB = (F \times L_{CB}) - (RA \times L_{AB})$$

$$= (178 \times 632,5) - (89 \times 1.265)$$

$$= 112.585 - 112.585$$

$$= 0$$

e. *Momen Bengkok di titik C (MC)*

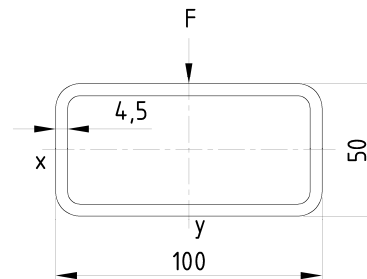
$$MC = RA \times L_{CA} \times g$$

$$= 89 \times 632,5 \times 9,81$$

$$= 552.229,43 \text{ Nmm}$$

$$\approx 552,2 \text{ Nm}$$

Momen bending maksimal berada di titik C. Tegangan yang terjadi di titik C dihitung sesuai dengan penampang yang berada pada titik C.



Gambar 5. Penampang melintang titik C

Inersia sumbu x (I_x) = 519.015,75 mm⁴

Analisis statis konstruksi rangka Unit Silo pada Perancangan Tata Letak Pabrik Teh Dengan Sistem Silo, Konveyor, dan Palletizer

Jarak sumbu x (Lx)	= 25 mm
Momen bengkok (Mb)	= 552.229,43 Nmm
Yield strength St.37	= 206,81 N/mm ²

f. Tahanan bengkok (Wb)

$$\begin{aligned}Wb &= Ix / Lx \\ &= 519.015,75 / 25 \\ &= 20.760,63 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

g. Tegangan bengkok (σ_b)

$$\begin{aligned}\sigma_b &= Mb / Wb \\ &= 552.229,43 / 20.760,63 \\ &= 26,6 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

h. Angka keamanan (v)

$$\begin{aligned}v &= \text{Yield strength} / \sigma_b \\ &= 206,81 / 26,6 \\ &= 7,77\end{aligned}$$

Angka keamanan adalah angka faktor yang digunakan untuk mengantisipasi keamanan dari suatu elemen mesin akibat ketidakpastian yang mungkin terjadi atas kekuatan suatu bahan dari elemen mesin tersebut. Angka keamanan harus lebih besar daripada 1.

Angka keamanan yang dianjurkan dengan ketentuan material sudah diketahui tanpa mengalami tes, kondisi beban dan tegangan rata-rata adalah 2,5 - 3,0.

Angka keamanan yang didapat adalah 7,77 atau lebih besar dari 3, maka dapat disimpulkan bahwa konstruksi rangka unit silo aman untuk digunakan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan pada konstruksi rangka unit silo, dapat disimpulkan bahwa konstruksi rangka yang menggunakan *square pipe* bermaterial St.37 dengan ukuran 100 x 50 x 4,5 mm, dan dibuat dengan model *frame* seperti pada unit silo ini, dapat menahan beban hingga 1085 Kg dengan aman, karena sudah melewati proses analisis dan perhitungan yang umum digunakan, dengan hasil perhitungan tegangan bengkok yang lebih kecil dari *yield strength* pipa kotak, dan dengan *factor of safety* sebesar 7,77.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Putra. 2016. Analisis Statis Struktur Rangka Mesin Pengereng Kotoran Ternak. *Jurnal*. Padang: Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
- Saito, S., & Surdia, T. 2005. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita
- Suroto, A. *Strength of Material*. Surakarta: Atmipress Solo