



# Perhitungan dan Analisis Konstruksi Rangka *Steam Unit* pada Perancangan Mesin Pengering dan Pelipat Linen Rumah Sakit

Andi Prasetyo<sup>1\*</sup>, Gion Josi Prasetya<sup>2</sup>, Maria Sekar<sup>3</sup>, Marselinus Dwian<sup>4</sup>

**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, rangka 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 Mesin Pengering dan Pelipat Linen Rumah Sakit yaitu Steam Unit, dimana digunakan rangka berupa Square Pipe dengan dimensi 30 x 30 x 1,4 mm dengan menggunakan sambungan las, yang digunakan sebagai rangka penyangga / penopang konstruksi dari Toasting Unit. Berdasarkan acuan tersebut, maka digunakan rangka Square Pipe sebagai komponen utama dalam analisis statis pada pembebanan rangka dengan menggunakan simulasi software grafis yaitu Solidwork.*

**Kata Kunci** : Perhitungan dan Analisis, Konstruksi Rangka, Pipa Kotak, Analisis Statis

## I. PENDAHULUAN

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 Mesin Pengering dan Pelipat Linen Rumah Sakit yaitu *Steam Unit*, dimana digunakan rangka berupa *Square Pipe* dengan dimensi 30 x 30 x 1,4 mm dengan menggunakan sambungan las, yang digunakan sebagai rangka penyangga / penopang konstruksi dari *Steam Unit*.

Berdasarkan acuan tersebut, maka dibutuhkan perhitungan dan analisis terhadap konstruksi rangka *Steam Unit* pada Perancangan Mesin Pengering dan Pelipat Linen Rumah Sakit, dengan membandingkan hasil perhitungan secara teori dengan hasil analisis 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	$\sigma_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )
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. A factor of safety less than 1.0 at a location indicates that the material at that location has failed.*

*b. A factor of safety of 1.0 at a location indicates that the material at that location has just started to fail.*

### Perhitungan dan analisis rangka *Steam Unit* pada Perancangan Mesin Pengering dan Pelipat Linen Rumah Sakit

c. *A factor of safety larger than 1.0 at a location 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](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.

Torsi beban berupa tindakan memutar yang disebabkan oleh sepasang beban eksternal yang diterapkan sama dan 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 *toasting unit* dilakukan selama tahap perancangan konsep sistem pada pembuatan perancangan mesin pembuat *pancake* durian. Perencanaan pada rangka *toasting unit* meliputi :

##### a. Rangka

Rangka yang digunakan adalah pipa kotak (square pipe) dengan dimensi rangka 30 x 30 x 1,4 mm, dengan dimensi konstruksi *Steam unit* yaitu 600 x 436 x 436 mm.

##### b. Las

Parameter yang digunakan dalam sambungan las pada rangka *toasting unit* 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

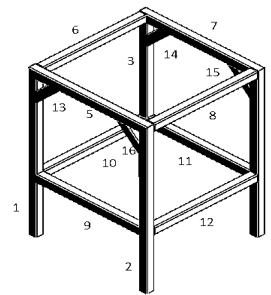
diberikan sebesar 240 Kg atau sekitar 2.354,4 N. Tumpuan diberikan pada kaki kaki rangka.

#### 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 *Steam Unit*

Pemodelan dilakukan menggunakan *structural member* yang ada dalam *feature weldment*. Rangka dibuat menggunakan *square pipe* dengan ukuran 30 x 30 x 1,4 mm yang disambung menggunakan sambungan las sudut dengan tebal 2 mm. Dimensi untuk setiap rangka dibuat sesuai dengan gambar kerja pada Perancangan Mesin Pengering dan Pelipat Linen Rumah Sakit, 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 240 Kg dengan arah vertikal kebawah.

##### c. Pembuatan Mesh.

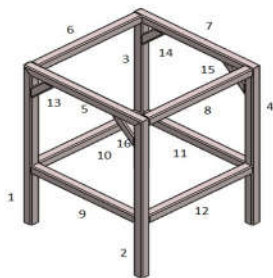
Dalam pembuatan *mesh* sangat diperhatikan ukuran *mesh* dan jenis *mesh* yang digunakan, semakin kecil ukuran *mesh* yang digunakan pada model, maka hasil yang didapat akan semakin teliti, tetapi membutuhkan daya dan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan *mesh* yang memiliki ukuran lebih besar.

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. *Perhitungan Konstruksi Rangka Toasting Unit*



Gambar 2. Rancangan rangka *toasting unit*

Data Konstruksi **Rangka 1,2,3 Dan 4**

Square Pipe 30 x 30 x 1,4	
Faktor Keamanan Lengkung (v)	= 2
Modus Elastisitas (E)	= 210000 N/mm <sup>2</sup>
Panjang rangka (L)	= 598 mm
Massa beban (m)	= 65 kg
Faktor Kelenturan (f <sub>max</sub> )	= 2

a. *Momen Inersia Sumbu Y (I<sub>y</sub>)*

$$I_y = [(b_1 \times h_1^3) - (b_2 \times h_2^3)] / 12$$

$$= [(30 \times 30^3) - (26 \times 26^3)] / 12$$

$$= 29418,67 \text{ mm}^4$$

$$= 2,94 \text{ cm}^4$$

b. *Gaya Yang Ditopang (F')*

$$F' = m \times g \times v$$

$$= 65 \times 9,81 \times 2$$

$$= 1275,3 \text{ N}$$

c. *Gaya Per Sisi (F)*

$$F = F' / 4$$

$$= 1275,3 / 4$$

$$= 318,825 \text{ N}$$

d. *Momen Inersia Sumbu Y Perhitungan (I<sub>y</sub>)*

$$f_{\max} = \frac{F \times L^3}{48 \times E \times I_y}$$

$$2 = \frac{318,825 \times 598^3}{48 \times 210000 \times I_y}$$

$$I_y = \frac{318,825 \times 598^3}{48 \times 210000 \times 2}$$

$$= 3381,9361 \text{ mm}^4$$

$$f_{\max} = \frac{F \times L^3}{48 \times E \times I_x}$$

Momen inersia pipa kotak 30x30x2 sebesar 29418,67 mm<sup>4</sup> dan momen inersia dari minimal perhitungan sebesar 3381,9361 mm<sup>4</sup>, jadi konstruksi Rangka *Steam Unit* aman.

Data Konstruksi **Rangka 5,6,7, Dan 8**

Square Pipe 40 x 40 x 1,2	
Faktor Keamanan Lengkung (v)	= 2
Modus Elastisitas (E)	= 210000 N/mm <sup>2</sup>
Panjang rangka (L)	= 436 mm
Massa beban (m)	= 55 kg
Faktor Kelenturan (f <sub>max</sub> )	= 2

e. *Momen Inersia Sumbu X (I<sub>x</sub>)*

$$I_x = [(b_1 \times h_1^3) - (b_2 \times h_2^3)] / 12$$

$$= [(30 \times 30^3) - (26 \times 26^3)] / 12$$

$$= 29418,67 \text{ mm}^4$$

$$= 2,94 \text{ cm}^4$$

f. *Gaya Yang Ditopang (F')*

$$F' = m \times g \times v$$

$$= 55 \times 9,81 \times 2$$

$$= 1079,1 \text{ N}$$

g. *Gaya Per Sisi (F)*

$$F = F' / 2$$

$$= 1079,1 / 2$$

$$= 539,55 \text{ N}$$

h. *Momen Inersia Sumbu Y (I<sub>x</sub>)*

$$f_{\max} = \frac{F \times L^3}{48 \times E \times I_x}$$

$$2 = \frac{539,55 \times 436^3}{48 \times 210000 \times I_x}$$

$$I_x = \frac{539,55 \times 436^3}{48 \times 210000 \times 2}$$

$$= 2656,3429 \text{ mm}^4$$

$$f_{\max} = \frac{F \times L^3}{48 \times E \times I_y}$$

Momen inersia pipa kotak 30x30x1,4 sebesar 29418,67 mm<sup>4</sup> dan momen inersia dari minimal perhitungan sebesar 2656,3429 mm<sup>4</sup>, jadi konstruksi rangka *Steam Unit* aman.

Data Konstruksi **Rangka 9,10,11 Dan 12**

**Perhitungan dan analisis rangka *Steam Unit* pada Perancangan Mesin Pengering dan Pelipat Linen Rumah Sakit**

*Square Pipe* 30 x 30 x 1,4

Faktor Keamanan Lengkung ( $\nu$ ) = 2  
 Modulus Elastisitas (E) = 210000 N/mm<sup>2</sup>  
 Panjang rangka (L) = 376 mm  
 Massa beban (m) = 32 kg  
 Faktor Kelenturan ( $f_{\max}$ ) = 2

= 80 x 9,81 x 2

= 1596,6 N

c. *Gaya Per Sisi (F)*

$F = F' / 4$   
 = 1596,6 / 8  
 = 49,05 N

i. *Momen Inersia Sumbu X (Ix)*

$I_x = [ (b_1 \times h_1^3) - (b_2 \times h_2^3) ] / 12$   
 = [ (30 x 30<sup>3</sup>) - (26 x 26<sup>3</sup>) ] / 12  
 = 29418,67 mm<sup>4</sup>  
 = 2,94 cm<sup>4</sup>

d. *Momen Inersia Sumbu X (Ix)*

$f_{\max} = \frac{F \times L^3}{48 \times E \times I_x}$   
 2 =  $\frac{49,05 \times 117^3}{48 \times 210000 \times I_y}$   
 $I_y = \frac{49,05 \times 117^3}{48 \times 210000 \times 2}$   
 = 3,8968 mm<sup>4</sup>

j. *Gaya Yang Ditopang (F')*

$F' = m \times g \times \nu$   
 = 32 x 9,81 x 2  
 = 627,84 N

k. *Gaya Per Sisi (F)*

$F = F' / 2$   
 = 627,84 / 2  
 = 313,92 N

l. *Momen Inersia Sumbu X (Ix)*

$f_{\max} = \frac{F \times L^3}{48 \times E \times I_x}$   
 2 =  $\frac{313,92 \times 376^3}{48 \times 210000 \times I_x}$   
 $I_x = \frac{313,92 \times 376^3}{48 \times 210000 \times 2}$   
 = 827,7362 mm<sup>4</sup>

Momen inersia pipa kotak 30x30x1,4 sebesar 29418,67 mm<sup>4</sup> dan momen inersia dari minimal perhitungan sebesar 3,8968 mm<sup>4</sup> jadi konstruksi rangka *Steam Unit* aman.

Pada perhitungan rangka 1, 2, 3, dan 4 didapatkan hasil perhitungan inersia untuk sumbu y ( $I_y$ ) sebesar 2,94 cm<sup>4</sup>. Pada perhitungan rangka 5, 6, 7, dan 8 didapatkan hasil perhitungan inersia untuk sumbu x ( $I_x$ ) sebesar 2,6 cm<sup>4</sup>. Pada perhitungan rangka 9, 10, 11, dan 12 didapatkan hasil perhitungan inersia untuk sumbu x ( $I_x$ ) sebesar 0,82 cm<sup>4</sup>. Pada perhitungan rangka 13, 14, 15, dan 16 didapatkan hasil perhitungan inersia untuk sumbu x ( $I_x$ ) sebesar 0,38 cm<sup>4</sup>. Pada perhitungan seluruh rangka tersebut didapatkan hasil inersia minimal perhitungan yang lebih kecil dari inersia pipa kotak itu sendiri, sehingga dapat dikatakan bahwa konstruksi rangka pada toasting unit sudah aman secara perhitungan.

(sumber : Buku Strength of Material, oleh Ant. Suroto).

**Data Konstruksi Rangka 13,14,15 Dan 16**

*Square Pipe* 30 x 30 x 1,4

Faktor Keamanan Lengkung ( $\nu$ ) = 2  
 Modulus Elastisitas (E) = 210000 N/mm<sup>2</sup>  
 Panjang rangka (L) = 117 mm  
 Massa beban (m) = 80 kg  
 Faktor Kelenturan ( $f_{\max}$ ) = 2

a. *Momen Inersia Sumbu X (Ix)*

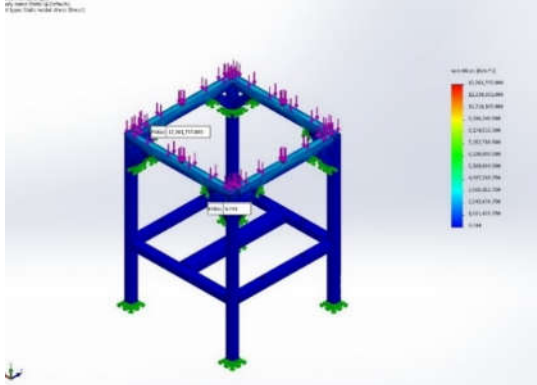
$I_x = [ (b_1 \times h_1^3) - (b_2 \times h_2^3) ] / 12$   
 = [ (30 x 30<sup>3</sup>) - (26 x 26<sup>3</sup>) ] / 12  
 = 29418,67 mm<sup>4</sup>  
 = 2,94 cm<sup>4</sup>

b. *Gaya Yang Ditopang (F')*

$F' = m \times g \times \nu$

B. Analisis Konstruksi Rangka Steam Unit

Analisis dilakukan menggunakan *feature FOS (Factor Of Safety) Analysis* dengan pemberian beban arah vertikal sebesar 240 kg, dan dengan minimum FOS acuan adalah 2.



**Gambar 3.** Analisis FOS *frame* *toasting unit*

Pada konstruksi *frame steam unit* ini, angka keamanan yang biasa digunakan adalah antara 1,5 sampai 3,0. Dari *range* angka keamanan tersebut diambil angka keamanan sebesar 2,0, yang berarti konstruksi tersebut dapat menahan beban 2 kali lebih besar dari beban sebenarnya yang diterima. Dari hasil analisis yang sudah dilakukan, didapatkan hasil FOS dimana lebih besar dari nilai minimum FOS yang diinginkan yaitu sebesar 2, sehingga dapat dikatakan bahwa konstruksi *frame* pada *steam unit* aman digunakan berdasarkan hasil analisis.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang telah dilakukan pada konstruksi rangka *steam unit*, dapat disimpulkan bahwa konstruksi rangka yang menggunakan *square pipe* dengan ukuran 30 x 30 x 1,4 mm, dan dibuat dengan model *frame* seperti pada *steam unit* ini, dapat menahan beban hingga 240 Kg dengan aman, karena sudah melewati proses perhitungan dan analisis yang umum digunakan, dengan hasil perhitungan inersia yang lebih kecil dari inersia pipa kotak.

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

Systemes, Dassault. 2015. *Meshing*. Diakses dari [http://help.solidworks.com/2015/english/SolidWorks/cworks/c\\_Background\\_on\\_Meshing.htm?id=d2bae9a61225406da6fe23d618f016f8#Pg0](http://help.solidworks.com/2015/english/SolidWorks/cworks/c_Background_on_Meshing.htm?id=d2bae9a61225406da6fe23d618f016f8#Pg0) tanggal 14 Agustus 2018

Systemes, Dassault. 2017. *Factor of Safety Check*. Diakses dari [http://help.solidworks.com/2017/english/solidworks/cworks/c\\_factor\\_of\\_safety\\_check.htm](http://help.solidworks.com/2017/english/solidworks/cworks/c_factor_of_safety_check.htm) tanggal 14 Agustus 2018