

RANCANG BANGUN ANALISA KERANGKA MESIN DAN SAMBUNGAN LAS PENGADUK ADONAN KUE

Teknologi Manufaktur, Fakultas Vokasi
Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya, Indonesia
Email : Hendry.Ronaldo@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam penelitian ini mendesain rangka pengaduk adonan, menghitung kekuatan rangka, dan menganalisa kekuatan rangka, banyak cara untuk melakukan metode analisa pengetesan kekuatan rangka salah satunya kita bisa menggunakan *Software Autodesk Inventor Profesional 2019* karena software ini mudah digunakan karena merupakan sebuah program CAD (*Computer Aided Design*) dengan kemampuan pemodelan tiga dimensi solid untuk proses pembuatan objek prototipe 3D secara visual, simulasi dan drafting beserta dokumentasi data-datanya. *Autodesk Inventor Premium 2019*, yang dikembangkan oleh perusahaan perangkat lunak yang berbasis di AS *Autodesk* adalah merupakan perangkat lunak CAD mekanik desain 3D untuk membuat prototipe digital 3D yang digunakan dalam desain, visualisasi dan simulasi produk. Tegangan dapat diketahui dengan melakukan pengujian, dan besarnya kekuatan sangat tergantung pada jenis material yang diuji.

Dari hasil simulasi rangka diatas didapatkan hasil analisis equivalent stress Tegangan ekuivalen maksimum terjadi di bagian las rangka bagian depan sebesar 53,07 MPa, kemudian tegangan ekuivalen minimum sebesar 1.24 MPa, Hasil simulasi menunjukkan bahwa total deformation terbesar ada pada rangka samping sebesar 0,0093 mm, dan untuk hasil simulasi menunjukkan bahwa total Safety Factor ada pada rangka Pengaduk Adonan sebesar 15 ul atau dinyatakan aman. Kalau untuk hasil perhitungan las menggunakan metode las *Butt Joint* didapatkan kampuh las (s) yaitu 0,11 mm.

Kata kunci : *Autodesk Inventor, Rangka Mesin, dan Sambungan Las*

1. PENDAHULUAN

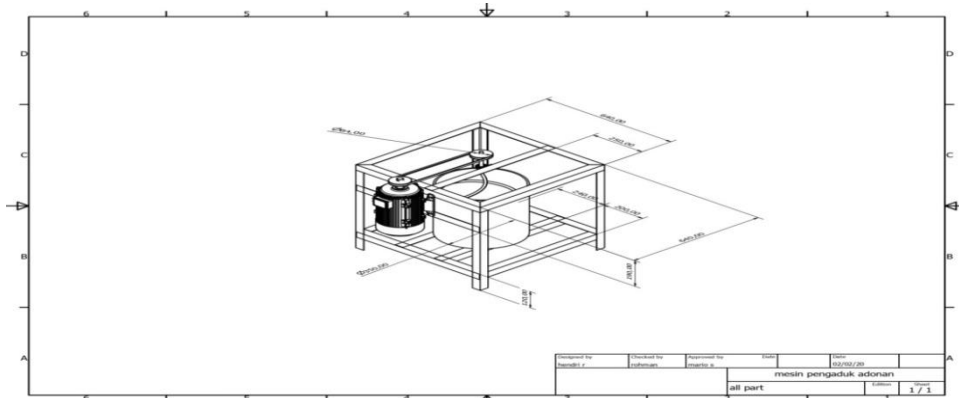
Pada Proyek Akhir ini saya ingin membuat sebuah mesin pengaduk adonan kue yang sederhana, harga terjangkau, dan kualitasnya tidak kalah dengan produk lain mesin ini diperuntukan untuk industri kecil atau skala rumahan, pada saat ini banyak sekali mesin mesin yang serupa tapi kebanyakan mesin itu pemakaiannya tidak lama atau pemakaiannya sebentar salah satu permasalahannya di bagian rangka, Rangkanya memakai besi yang tipis atau sebagainya untuk kerusakan umunya paling banyak yang tidak kuat menahan beban atau biasanya getaran terlalu kuat saat mesin dijalankan sehingga rangka tidak kokoh salah satu contoh penyebabnya agar kerangka kokoh, sebelum kita membuat rangka sebaiknya dilakukan atau dilaksanakan test kekuatan rangka agar kita bisa mengetahui seberapa kuat rangka mesin kita dan kapasitas maksimal mesin itu berapa kg yang bisa ditahan beban rangka tersebut.

Banyak cara untuk melakukan metode analisa pengetesan kekuatan rangka salah satunya kita bisa menggunakan *Software Autodesk Inventor Profesional 2019* karena software ini mudah digunakan karena merupakan sebuah program CAD (*Computer Aided Design*) dengan kemampuan pemodelan tiga dimensi solid untuk proses pembuatan objek prototipe 3D secara visual, simulasi dan drafting beserta dokumentasi data-datanya. Dalam *Inventor*, seorang desainer bisa membuat sketsa 2D produk, memodelkannya menjadi 3D untuk dilanjutkan dengan proses pembuatan prototipe visual atau bahkan yang lebih kompleks lagi, yaitu simulasi. *Autodesk Inventor Premium 2019*, yang dikembangkan oleh perusahaan perangkat lunak yang berbasis di AS *Autodesk* adalah merupakan perangkat lunak CAD mekanik desain 3D untuk membuat prototipe digital 3D yang digunakan dalam desain, visualisasi dan simulasi produk. Tegangan dapat diketahui dengan melakukan pengujian, dan besarnya kekuatan sangat tergantung pada jenis material yang diuji. Adapun tujuan yang ingin diperoleh penulis dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut menghitung kekuatan kerangka sambungan las pada mesin dan mengetahui hasil uji simulasi rangka pada mesin pengaduk adonan kue.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan

Tahapan perancangan adalah merupakan tahapan - tahapan dalam melakukan agar mendapatkan desain produk yang sesuai keinginan dan kegunaannya proses perancangan ini menggunakan metode *Software Autodesk Inventor*



Gambar 2.1 Perancangan Desain Rangka

2.2 Analisa Statika Rangka Batang dengan Perhitungan Manual

Statika rangka batang adalah suatu konstruksi yg tersusun atas batang-batang yang dihubungkan satu dengan lainnya untuk menahan gaya luar secara bersama-sama. Jika setiap batang atau setiap segitiga penyusunannya mempunyai kedudukan yang setingkat, atau konstruksi terdiri dari atas satu kesatuan yang sama (setara).

Analisa Untuk menganalisis struktur rangka batang, dilakukan 2 langkah :

1. Memeriksa kekakuan rangka, untuk statis tertentu harus memenuhi :
 $2S - B - R = 0$.
2. Menghitung keseimbangan gaya dalam.
 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M = 0$

2.3 Analisis kekuatan rangka sambungan las mesin pengaduk adonan

Rangka mesin merupakan bagian terpenting dalam suatu mesin yang berfungsi untuk menahan beban yang terjadi selama mesin berkerja maupun tidak berkerja. Oleh karena itu, perhitungan rangka sambungan las agar mendapatkan nilai aman sangat penting. Kekuatan sambungan las dihitung berdasarkan tegangan boleh dengan anggapan bahwa hubungan antara tegangan dengan regangan mengikuti hukum Hooke dengan syarat bahwa tegangan terbesar yang terjadi tidak melebihi tegangan boleh yang telah ditentukan. Sebagian besar bahan mengalami perubahan sifat dari elastis menjadi plastis yang berlangsung sedikit demi sedikit, dan dimana deformasi plastis mulai terjadi dan sukar ditentukan secara teliti. Tegangan luluh, biasanya didefinisikan sebagai tegangan luluh offset, adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan.

Ketentuan-ketentuan umum untuk menghitung/merencanakan kekuatan sambungan las:

1. Beban dianggap terbagi merata pada seluruh kampuh.
2. Tegangan yang timbul dianggap juga merata pada penampang kampuh, yang paling bahaya yakni pada penampang yang terkecil.
3. Pada umumnya las listrik yang dipergunakan untuk menerima/memindahkan beban, juga untuk sambungan yang harus kuat dan rapat air. Sambungan las otogin kurang meyakinkan sebab suhu yang sukar dikontrol hingga penetrasi pada logam induk kurang merata dan juga struktur kampuh lasnya kurang homogen.
4. Selalu diusahakan agar bahan untuk logam pengisi mempunyai kekuatan yang seimbang/sama dengan kekuatan logam induknya/bendanya.
5. Dihindarkan berkumpulnya rigi-rigi las.
6. Dihindarkan adanya perubahan mendadak dari potongan.

7. Pengelasan dalam kedudukan yang sulit agar dihindarkan.
8. Mengambil ukuran dari bagian-bagian yang hendak disambungkan sebesar mungkin, agar pengelasan menjadi sekecil mungkin.

Dalam sambungan las ini perhitungannya menggunakan metode tumpu (*Butt Joint*), tegangan tarik yang terjadi pada kampuh las

$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{F}{l \times t} = \frac{F}{l \times S}$$

2.4 Analisa kekuatan rangka menggunakan metode *Software Autodesk Inventor*

Dalam analisis ini pengujian rangka rangka dibuat 3 perbandingan beban yaitu 15 kg, 20 kg, dan 30 kg agar bias mengetahui kapasitas beban maksimal berapa yang mampu dibebani rangka dan untuk mengetahui kapasitas berapa yang baik untuk rangka ini yang dari desain gambar pengaduk adonan kue maka didapat hasil-hasil dari simulasi tersebut. Terdapat beberapa hasil yaitu berupa Von Misses Stress, 1st Principal Stress, 3rd Principal Stress, Displacemment, dan Safety Factor. Pemodelan rancangan dalam bentuk 3 dimensi dan analisa kekuatan konstruksi dilakukan menggunakan software *Autodesk Inventor Professional 2019*. Analisa kekuatan konstruksi dilakukan untuk mengetahui dan mempelajari tegangan, regangan, dan pergeseran yang terjadi pada komponen yang dirancang.

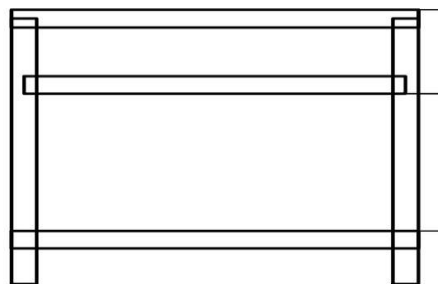
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Kerangka Bagian Samping

Perhitungan gaya yang bekerja pada rangka bagian samping (dudukan motor listrik) adalah sebagai berikut, Data-data yang diketahui yaitu :

- Massa 1 buah motor listrik = 10 Kg
- Massa 1 buah pully = 0,3 Kg
- Massa total = massa motor listrik + massa pully = 10,3 Kg (karena pembebanan terjadi di 2 bidang besi maka massa total dibagi 2).

$$\begin{aligned} \text{Beban (F)} &= \frac{\text{massa total}}{2} \\ &= \frac{10,3 \text{ Kg}}{2} \\ &= 5,15 \text{ Kg} \cdot 10\text{m/s}^2 \\ &= 51,5 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar Perancangan Rangka Bagian Samping

1. Analisa pada batang I – K

- $\sum F_y = 0$
- $\sum F_x = 0$

$$R_{IY} + R_{KY} \cdot 51,5 \text{ N} = 0$$

$$R_{IY} + R_{KY} = 51,5 \text{ N}$$

- $\sum M_F = 0$

$$-51,5 \text{ N} \cdot 280 \text{ mm} + R_{KY} \cdot 640 \text{ mm} = 0$$

$$R_{KY} \cdot 640 \text{ mm} = 51,5 \text{ N} \cdot 280 \text{ mm}$$

$$R_{KY} = \frac{14420 \text{ Nmm}}{640 \text{ mm}}$$

$$R_{KY} = 34,33 \text{ N}$$

- $R_{IY} + R_{KY} = 51,5 \text{ N}$

$$R_{IY} + 34,33 \text{ N} = 51,5 \text{ N}$$

$$R_{IY} = 51,5 \text{ N} - 34,33 \text{ N}$$

$$R_{IY} = 17,17 \text{ N}$$

- $\sum I = 0$

- $\sum M_J = R_{IY} \cdot 280 \text{ mm}$

$$= 17,17 \text{ N} \cdot 280 \text{ mm}$$

$$= 4807,6 \text{ Nmm}$$

- $\sum M_K = R_{IY} \cdot 640 \text{ mm} - 51,5 \text{ N} \cdot 280 \text{ mm}$

$$= 17,17 \text{ N} \cdot 640 \text{ mm} - 51,5 \text{ N} \cdot 280 \text{ mm}$$

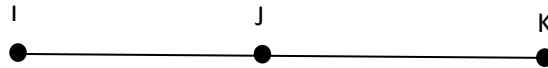
$$= 10988,8 \text{ Nmm} - 14420 \text{ Nmm}$$

$$= 3421,2 \text{ Nmm}$$

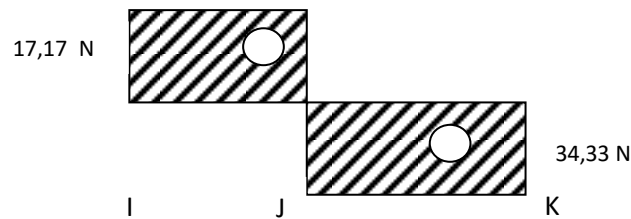
- Diagram :

Diagram NFD, SFD, dan BMD

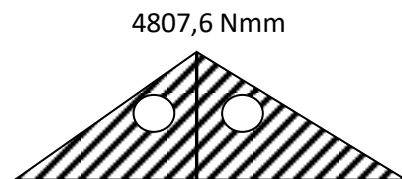
NFD



SFD



BMD



2. Tegangan pada Rangka I – K

Rangka yang digunakan adalah profil L ST 37

a. Dimensi rangka : 40mm x 40mm x 3mm

b. Momen Inersia (I) :

$$I = t \left[\frac{(b+1)^4 - 6(b)^2(1)^2}{12(1+b)} \right]$$

$$I = 3 \left[\frac{(37+40)^4 - 6(37)^2(40)^2}{12(40+37)} \right]$$

$$I = 3 \left[\frac{35153041 - 6(1369)(1600)}{924} \right]$$

$$I = 3 \left[\frac{22010641}{924} \right]$$

$$I = 3 \times 23821,04$$

$$I = 71463,12 \text{ mm}^4$$

c. Jarak titik berat

$$Y = \frac{b^2}{2(b+1)} = \frac{37^2}{2(37+40)} = \frac{1369}{154} = 8,88 \text{ mm}$$

d. Beban Maksimum (M_{MAX}) = 53846,1 Nmm

e. Faktor keamanan (S_f) = 3

f. Tegangan yield pada ST 37

$$(\sigma_y) = 240 \text{ N/mm}^2 \text{ (karena } S_f = 3)$$

$$\text{Maka Tegangan tarik ijin } (\sigma_{ijin}) = \frac{240}{3} = 80 \text{ Nmm}^2$$

g. Tegangan tarik rangka

$$\begin{aligned} (\sigma) &= \frac{M_{max} \cdot Y}{I} \\ &= \frac{53846,1 \text{ Nmm} \cdot 8,88 \text{ mm}}{71463,12 \text{ mm}} \\ &= 6,69 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi karena $\sigma_{ijin} > \sigma$ maka pemilihan rangka dengan beban besi profil L ST 37 dengan dimensi 40mm x 40mm x 3mm aman untuk menahan beban.

3.2 Analisa kekuatan rangka sambungan las pengaduk adonan

Diketahui :

$$P = 51,5 \text{ N}$$

$$e = 400 \text{ mm}$$

$$I = 40 \text{ mm}$$

$$b = 37 \text{ mm}$$

$$\text{Tegangan tarik maksimal } (\sigma_U) = 370 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tegangan geser maksimal } (T_{max}) = 0,18 \times \sigma_U = 66,6 \text{ N/mm}^2$$

a. Mencari Throat Area

$$A = t \times I$$

$$= 0,707 \text{ s} \times 40$$

$$= 28,28 \text{ s/mm}^2$$

b. Tegangan Geser

$$\tau = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{51,5}{28,28} = \frac{1,82}{s} \text{ N/mm}^2$$

c. Momen Bending

$$M = P \times e$$

$$= 51,5 \times 210 = 10815 \text{ N/mm}$$

d. Mencari Section Modulus

$$Z = t \left[\frac{41b+b^2}{6} \right]$$

$$= 0,707 s \left[\frac{4(40)(37)+37^2}{6} \right] = 858,88 s/\text{mm}^2$$

e. Momen Bending

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{10815}{858,88} = \frac{12,59}{s} \text{ N/mm}^2$$

f. $\tau_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_b)^2 + 4\tau^2}$

$$66,6 = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{12,59}{s}\right)^2 + 4 \frac{1,82^2}{s}}$$

$$66,6 = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{158,50}{s^2}\right) + 4 \frac{13,24}{s^2}}$$

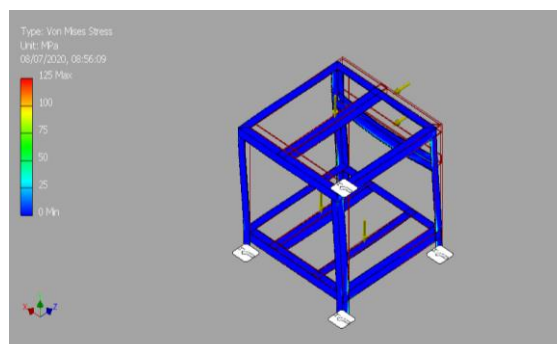
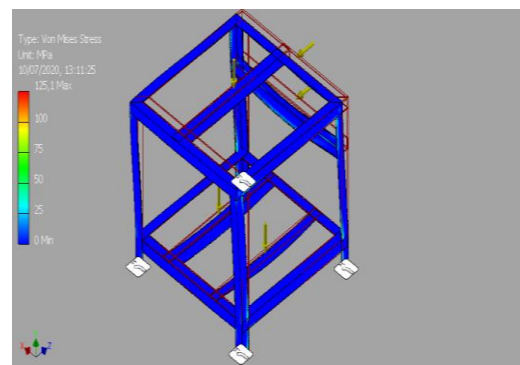
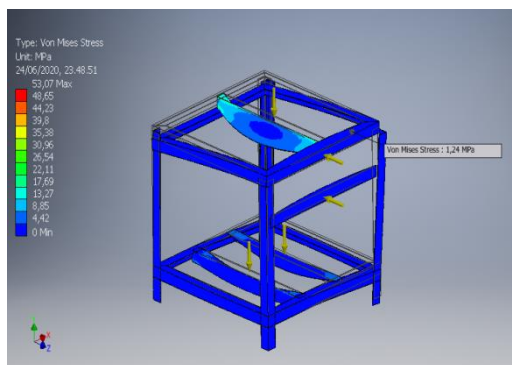
$$66,6 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{14,54}{s}}$$

$$s = \frac{7,27}{66,6} = 0,109 = 0,11 \text{ mm}$$

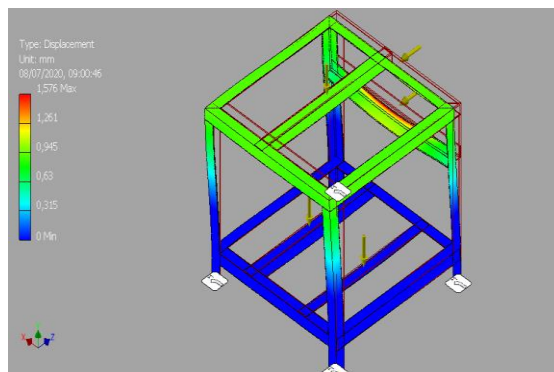
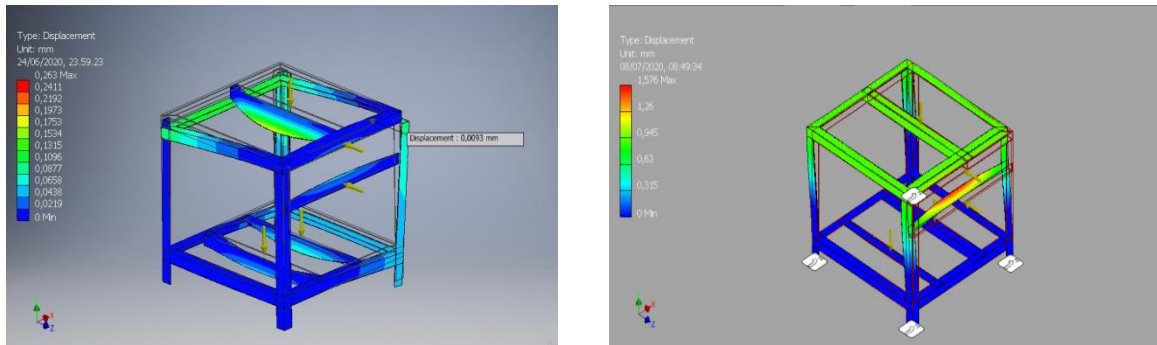
Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan kampuh las (s) yaitu 0,11 mm.

3.3 Analisa kekuatan rangka menggunakan metode *Software Autodesk Inventor*

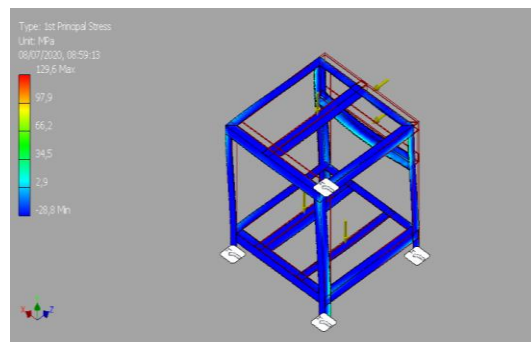
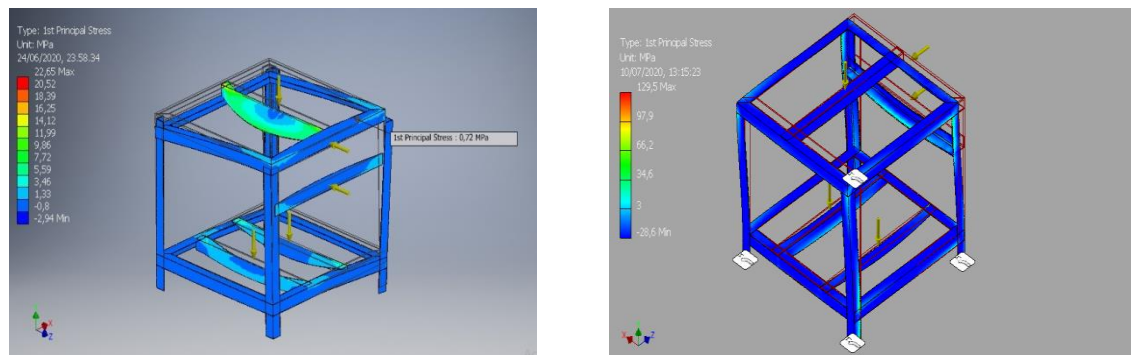
Dalam analisis ini pengujian rangka rangka dibuat 3 perbandingan beban yaitu 15 kg, 20 kg, dan 30 kg agar bias mengetahui kapasitas beban maksimal berapa yang mampu dibebani rangka dan untuk mengetahui kapasitas berapa yang baik untuk rangka ini yang dari desain gambar pengaduk adonan kue maka didapat hasil-hasil dari simulasi tersebut. Terdapat beberapa hasil yaitu berupa Von Misses Stress, 1st Principal Stress, 3rd Principal Stress, Displacement, dan Safety Factor.



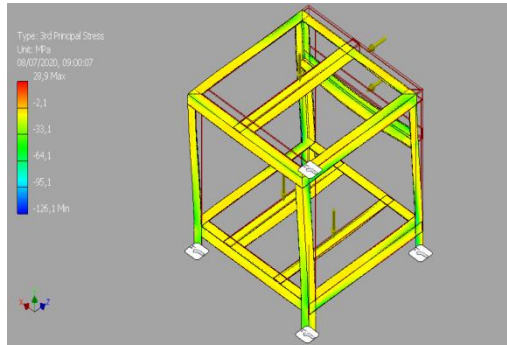
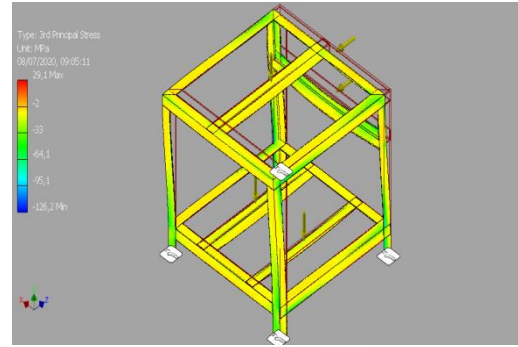
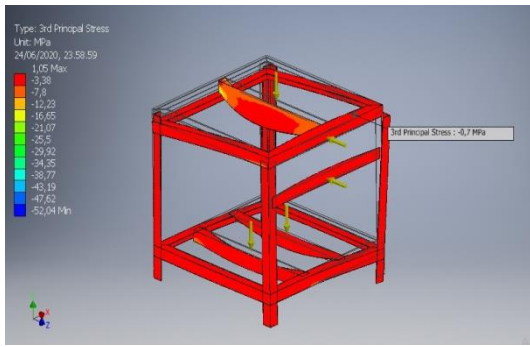
Gambar Tampilan Simulasi Von Misses Stress Isi Beban 15, 20, 30 kg
(Software Autodesk Inventor Profesional 2019)



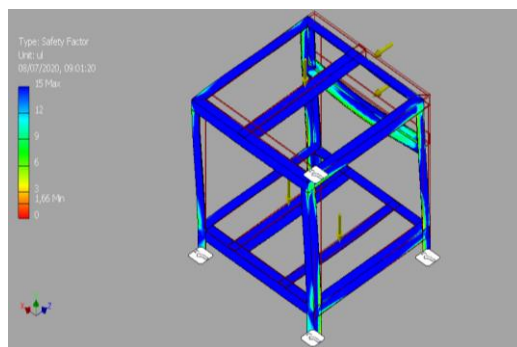
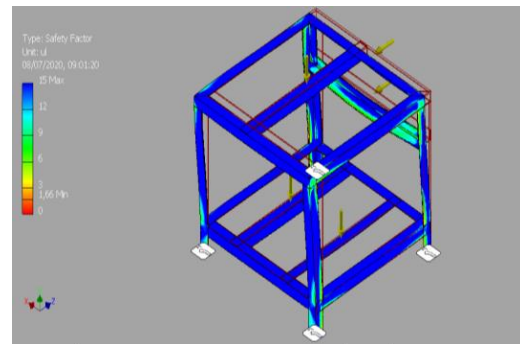
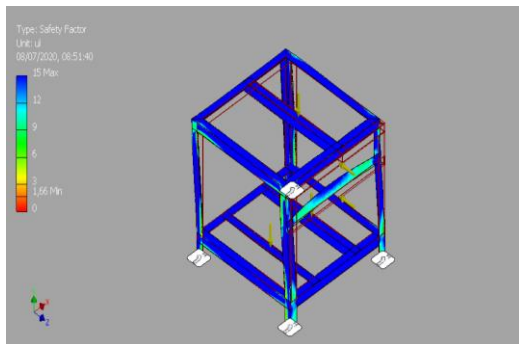
Gambar Tampilan Simulasi Displacement Isi Beban 15, 20, 30 kg
(Software Autodesk Inventor Profesional 2019)



Gambar Tampilan Simulasi 1st Principal Stress Isi Beban 15, 20, 30 kg
(Software Autodesk Inventor Profesional 2019)



Gambar Tampilan Simulasi 3rd Principal Stress 15, 20, 30kg
(Software Autodesk Inventor Profesional 2019)



Gambar Tampilan Simulasi Safety Factor Isi Beban 15, 20, 30kg
(Software Autodesk Inventor Profesional 2019)

Tabel 3.3 Hasil Simulasi

Hasil Simulasi		Berat Kapasitas		
		15 kg	20 kg	30 kg
<i>Von misses</i>	<i>Maksimum</i>	53.07 Mpa	125,1 Mpa	125 Mpa
	<i>Minimum</i>	0 Mpa	0 Mpa	0 Mpa
<i>Displacement</i>	<i>Maksimum</i>	0.263 mm	1.576 mm	1.576 mm
	<i>Minimum</i>	0 mm	0 mm	0 mm
<i>1 st Principal Stress</i>	<i>Maksimum</i>	22.65 Mpa	129.5 Mpa	129.6 Mpa
	<i>Minimum</i>	-2.94 Mpa	-28.8 Mpa	-28.8 Mpa
<i>3 rd Principal Stress</i>	<i>Maksimum</i>	1.05 Mpa	29.9 Mpa	28.9 Mpa
	<i>Minimum</i>	-52.04 Mpa	-126.9 Mpa	-126.1 Mpa
<i>Safety Factor</i>	<i>Maksimum</i>	15 ul	15 ul	15 ul
	<i>Minimum</i>	5.93 ul	1.66 ul	1.66 ul

Hasil simulasi menggunakan Autodesk Inventor menggunakan analisis statik linier. Analisis statik adalah disiplin teknik yang menentukan tegangan pada material dan struktur yang mengalami gaya atau beban statis maupun dinamis. Analisis statik menggunakan metode elemen hingga dan bertujuan untuk menentukan struktur atau komponen, dapat dengan aman menahan kekuatan dan beban yang telah ditentukan. Kondisi ini dapat tercapai saat tegangan yang ditentukan dari gaya yang diaplikasikan kurang dari kekuatan luluh material dalam menahan beban. Hubungan tegangan ini sering disebut sebagai faktor keamanan (safety factor) dan digunakan dalam banyak analisis sebagai indikator keberhasilan atau kegagalan dalam sebuah analisis.

Gambar table diatas menunjukkan hasil simulasi tegangan von Mises rangka tempat sampah terhadap variasi beban. Tegangan von Mises maksimal untuk beban 15 kg, 20 kg, dan 30 kg berturut-turut sebesar 53.07 MPa, 125.1 MPa dan 125 MPa. Nilai deformasi maksimal rangka pengaduk adonan terhadap beban 15 kg, 20 kg, dan 30 kg berturut-turut sebesar 0.263 mm, 1,576 mm, dan 1,556 mm. Nilai deformasi ini relatif kecil. Nilai faktor keamanan (safety factor) minimum beban 15 kg, 20 kg, dan 30 kg berturut-turut sebesar 5.93, 1.66, 1.66. Nilai faktor keamanan (safety factor) pada saat beban 30 kg berada di bawah standar yang dipersyaratkan untuk suatu komponen mampu menahan beban dinamis. Beban dinamis adalah beban yang dapat terjadi atau bekerja secara tiba-tiba pada sebuah struktur. Beban dinamis umumnya kecil tetapi berubah-ubah terhadap waktu. Beban dinamis dapat berupa beban angin, beban seismik, beban fatigue, dan frekuensi natural. Beban dinamis perlu diantisipasi karena rangka tempat sampah kerap mengalami beban fluktuatif dari beban sampah. Nilai safety factor yang dipersyaratkan untuk komponen mampu menahan beban dinamis yaitu 1-3 Hasil simulasi rangka tempat sampah secara lengkap dapat dilihat pada Tabel diatas, Hasil simulasi menunjukkan rancangan rangka pengaduk adonan masih cukup aman untuk menahan beban hingga 30 kg. Hal ini karena nilai safety factor sebesar 5.93 ul.

3. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Sambungan las ini perhitungannya menggunakan metode tumpu (*Butt Joint*), Sistem sambungan las ini termasuk jenis sambungan tetap dimana pada konstruksi dan alat permesinan, sambungan las ini sangat banyak digunakan. Untuk menghitung kekuatan sambungan las ini, disesuaikan dengan cara pengelasannya serta jenis pembebanan yang bekerja pada penampang yang dilas tersebut. Dari data hasil perhitungan diatas diambil beban terberat untuk dilakukan perhitungan yaitu 51,5 N dan didapatkan untuk hasil

perhitungan las menggunakan metode las *Butt Joint* didapatkan kampuh las (s) yaitu 0,11 mm.

2. Dari hasil simulasi kerangka pengaduk adonan menggunakan *Software Autodesk Inventor Profesional 2019* dinyatakan aman
3. Dari hasil simulasi rangka diatas didapatkan hasil desain terbaik analisis equivalent stress Tegangan ekivalen maksimum terjadi di bagian las rangka bagian depan dengan beban 15 kg sebesar 53,07 MPa, kemudian tegangan ekivalen minimum sebesar 1.24 MPa, Hasil simulasi menunjukkan bahwa total *Deformation* terbesar ada pada rangka sebesar 0.263 MPa maksimumnya sedangkan minimumnya 0 MPa, *1st Principal Stress* pada rangka sebesar 22.65 MPa maksimumnya sedangkan minimumnya -2.94 MPa, *3rd Principal Stress* pada rangka sebesar 1.05 MPa maksimumnya sedangkan minimumnya -52.04 MPa, dan untuk hasil simulasi menunjukkan bahwa total Safety Factor ada pada rangka Pengaduk Adonan dengan beban sebesar 15 ul atau dinyatakan aman.

Saran

Saran yang diberikan berdasarkan penelitian dari proyek akhir yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Diharapkan mesin pengaduk adonan kue ini dapat menjadi acuan untuk pengembangan mesin berikutnya.
2. Diharapkan pada penelitian berikutnya dapat dilakukan penambahan komponen dengan bahan baku yang lebih baik dan berkualitas.

4. DAFTAR PUSTAKA

- Deutschman, Aaron D. 1975. *Machine Design : Theory and Practice*. New York: Macmillan Publishing Co, Inc.
- Dobrovolsky, V. 1978. *Machine Elements 2nd Edition*. Moscow : Peace.
- George E. Dieter, Jr. 1961. *Mechanical Metallurgy*, McGrawHill Book Company. New York.
- Kalpakjian, Schmid, 2009. *Manufacturing Engineering And Technology*, Sixth Edition, Addison Wesley.
- R. C. Hibbeler, 2001. *Engineering Mechanics Statics*, second edition, Prentice Hall.
- Robert L. Mott, 2009. *Elemen-Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis*, edisi pertama, University Of Dayton.
- Sato, G. Takeshi, N. Sugiarto H. 2000. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.