ISSN J-MEEG 1 (2) (2022) 99 – 107

JURNAL TEKNIK MESIN
JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING (J-MEEG)
http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/j-meeg

RANCANG BANGUN RANGKA MESIN *ROASTING* KOPI OTOMATIS KAPASITAS 5 KG

(DESIGN AND CONSTRUCTION OF AUTOMATIC COFFEE ROASTING MACHINE CAPACITY 5 KG)

Arda Arya Pratama[(1)], Ahmad Dzulfikri[(2)] , Setyo Rozikin[(3)]
[(1,2,3)]Program Studi D3 Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang di Kota Kediri
Kampus 1 : Jl. Mayor Bismo No.27 Kota Kediri
Kampus 2 : Jl. Lingkar Maskumambang Kota Kediri

Email*:* *ardaarya@gmail.com*

ABSTRAK

Teknologi proses *roasting* untuk pengolahan kopi masih terbatas, dimana proses pengolahan menggunakan metode *roasting* konvensional. Hal tersebut membutuhkan waktu yang lama dan temperatur yang tidak dapat dikontrol sesuai dengan kebutuhan. Sehingga, inovasi mesin *roasting* diperlukan untuk menciptakan mesin *roasting* kopi yang otomatis dengan kapasitas 5 kg. Inovasi mesin *roasting* dirancang dengan mempertimbangkan kualitas rangka mesin. Kajian yang disusun dalam laporan ini adalah melakukan tahapan proses perencanaan, perhitungan, dan pengujian sistem rangka mesin *roasting* kopi otomatis kapasitas 5 kg. Perencanaan, perhitungan, dan penganalisaan sistem rangka mengkaji tentang perhitungan pada material, perhitungan pembebanan, kesetimbanga gaya yang bekerja, analisa *stress, dispacement, safety of factor* pada rangka ruang pemanas, rangka cover atas, rangka motor stepper, Perhitungan sambungan pengelasan. Berdasarkan hasil dan pembahasan, material kerangka menggunakan *ASTM A36 Steel* dengan profil material *square hollow* berukuran (30×30×1,2) mm. Pengelasan dilakukan dengan sambungan las *Butt Joint, T-Joint*, dan *Corner Joint*. Nilai tegangan ijin material adalah 176,72 N/mm^2. Pembebanan pada ruang pemanas bernilai 3.920 N/mm^2, *Cover* rangka atas bernilai 1.263 N/mm^2, dan Motor *stepper* bernilai 4.947 N/mm^2. Nilai *stress* untuk rangka adalah 47 N/mm^2 (Mpa) , nilai *Displacement* adalah 0,41 mm, nilai *Safety of Factor* adalah 8.

Kata Kunci: *Roasting*, Kerangka, Material, Pengujian

ABSTRACT

Coffee processing roasting process technology is still limited, with processing using traditional roasting methods. This takes a long time and the temperature cannot be regulated as required. Therefore, roasting machine innovation is required to create a 5 kg capacity automatic coffee roasting machine. The innovative roasting machine was designed with the quality of the engine frame in mind. The study prepared in this report aims to complete the steps of the process of designing, calculating and testing the framework of a 5 kg capacity coffee roaster. The design, calculation and analysis of the frame system examines the calculation of the material, calculation of the load, balance of labor, stress analysis, displacement, safety of the factors on the heating chamber frame, the top cover frame, the stepping motor frame, the calculation of welded joints. Based on the results and discussion, the frame material uses ASTM A36 steel with a square hollow stock profile measuring (30 × 30 × 1.2) mm. Welding is done by welding the butt joint, T joint and corner joint. The permissible stress value of the material is 176.72 N/mm2. The load on the heating chamber is 3,920 N/mm2, on the upper frame cover 1,263 N/mm2 and on the stepper motor 4,947 N/mm2. The stress value for the frame is 47N/mm2 (Mpa), the displacement value is 0.41mm, the safety factor value is 8

.

Keywords: Roasting, Framework, Materials, Testing

PENDAHULUAN

Seiring dengan berjalannya masa pemulihan ekonomi pasca Pandemi Covid-19, sektor perdagangan dengan komoditas kopi di Jawa Timur, baik hasil perkebunan atau produk industri kopi, masih berpeluang untuk tumbuh. Potensi tersebut didukung dengan area perkebunan kopi di Jawa Timur seluas 113.332 Ha, yang tersebar di Banyuwangi, Kab. Malang, Jember, Bondowoso, dan Kab. Blitar dengan total produksi mencapai 68.114 ton kopi. Wilayah minor seperti Jombang, Kediri, dan Blitar, memberikan hasil produksi kopi. (BPS Jatim, 2020) Sehingga, berdasarkan luas perkebunan dan hasil berupa produk kopi, Provinsi Jawa Timur merupakan wilayah produsen terbesar kopi ke-5 di Indonesia setelah Sumatera Selatan, Lampung, Sumatera Utara dan Aceh. Salah satu daerah penghasil kopi di Jawa Timur adalah Desa Carangwulung, di dataran tinggi Wonosalam – Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Perkebunan kopi Desa Carangwulung menepati lahan mencapai 30 hektar yang diolah 25 orang petani lokal. Hasil perkebunan kopi didistribusikan ke sektor UMKM untuk memenuhi permintaan pasar skala lokal Indonesia.

Semakin meningkatnya permintaan pasar lokal terhadap kopi Indonesia, banyak hal yang ditemukan menjadi hambatan dalam peningkatan produksi. Lebih dari 90 % biji kopi (yang telah dikupas) di Indonesia diproduksi oleh UMKM masih diproses dengan metode sangrai atau *roasting* konvensional. Metode sangrai konvensional bergantung pada panas yang dihasilkan oleh kayu bakar atau gas dan memiliki beberapa kelemahan, seperti segi produktivitas sangrai atau *roasting* membutuhkan waktu lama dan temperatur yang dibutuhkan untuk proses *roasting* biji kopi tidak dapat dikontrol. Selain itu, pengaruh temperatur panas pada proses sangrai atau roasting berdampak pada kualitas biji kopi yang dihasilkan. Dari segi kualitas, kadar air dari kopi kering yang dihasilkan >12,5%, sedangkan *Relative Humidity* (RH) atau kadar air menurut SNI 01-2907-2008 tentang Biji Kopi adalah 12,5%.

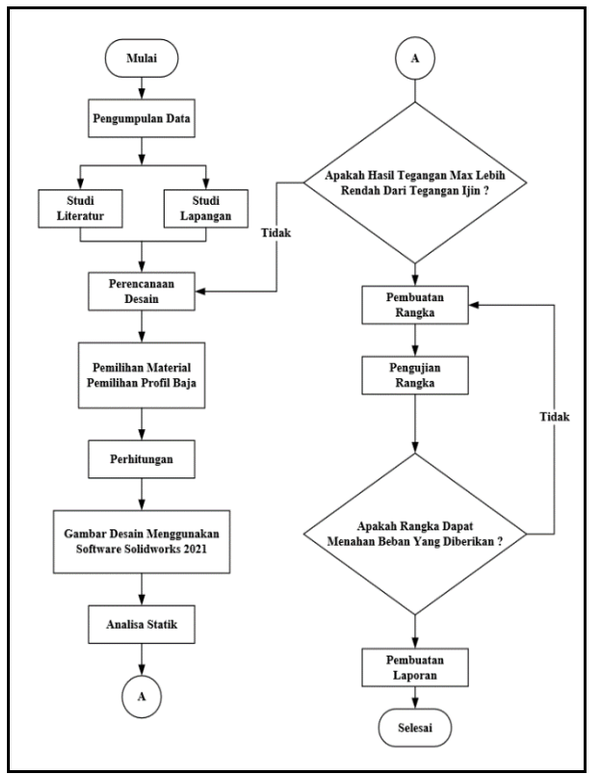
Inovasi penyangraian atau *roasting* biji kopi dengan teknologi tepat guna, memberikan keuntungan seperti waktu pengolahan lebih efektif dibanding menggunakan metode konvensional yang memanfaatkan panas yang bersumber dari kayu bakar atau gas, sehingga waktu produksi dapat efektif serta kopi yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dibanding metode tradisional. Inovasi mesin *roasting* kopi didesain dengan pemanas serta temperatur panas yang dapat dikontrol, waktu dan putaran mesin sangrai dapat disesuaikan sesuai kebutuhan.

Oleh karena itu, diperlukan pengembangan serta penerapan teknologi dalam proses *roasting* biji kopi dengan inovasi teknologi otomasi. Teknologi *roasting* biji kopi dilakukan dengan rancangan desain mesin yang telah dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis dengan tujuan untuk mempermudah serta mempercepat waktu produksi biji kopi dengan efektif dan efesien sehingga menghasilkan produk

kopi yang berkualitas. Dalam perancangan mesin terbagi menjadi beberapa bagian salah satunya adalah perancangan rangka. Rangka merupakan komponen utama dari mesin *roasting* kopi yang berfungsi sebagai penopang seluruh komponen mesin. Rangka yang baik adalah rangka yang mampu menahan beban dari komponen-komponen yang bertumpu dan dibebankan pada rangka. Proses pembuatan rangka pada mesin ini terbagi dalam beberapa tahapan proses seperti pengumpulan data, melakukan desain 3D mesin, pemilihan material, pemilihan profil material, pemotongan material, pengelasan material, dan pengujian pada rangka mesin.

Untuk mendapatkan hasil yang akurat maka perancangan desain 3D rangka mesin menggunakan *Software CAD SolidWorks* 2021. Selain menggunakan perhitungan pembebanan rangka secara manual, perhitungan pembebanan serta analisa pada rangka juga menggunakan fitur *Analysis* yang terdapat pada *Software SolidWorks* 2021. Fitur *analysis* pada *software* tersebut telah dilengkapi dengan fitur *Finite Element Analysis* (FEA) sehingga dapat diketahui hasil analisa yang terjadi pada struktur rangka mesin *roasting* kopi yang telah dirangcang. Hasil analisa

MATERIAL DAN METODOLOGI



Gambar 1 *Flow Chart* Metodologi Rancangan
Sumber : Irfan Wahyudi

Mulai merupakan tahap awal munculnya gagasan untuk membuat rancang bangun mesin *roasting* kopi otomatis kapasitas 5 kg dan merupakan perencanaan awal dari perancangan mesin tersebut. Pengumpulan data merupakan langkah awal yang dilakukan sebelum membuat desain serta fabrikasi mesin *roasting* kopi otomasis kapsitas 5 kg. Pengumpulan data dapat dilakukan melalui sumber-sumber seperti, internet, jurnal, penelitian terdahulu, dan buku. Studi lapangan adalah proses pencarian informasi yang berkaitan dengan materi yang dibahas. Pada tahap ini penulis mencari informasi tentang jenis material, dan komponen-komponen yang berhubungan dengan mesin *roasting* kopi otomatis kapasitas 5 kg yang di buat. Penulis melakukan perancangan desain mengenai perencanaan rangka. Setelah tahap

perencanaan desain rangka penulis melakukan pemilihan material, profil material untuk rangka dan dilanjutkan dengan perhitungan kekuatan rangka. Setelah tahap perhitungan dilanjutkan dengan membuat desain 3D rangka mesin *roasting* kopi otomatis kapasitas 5 kg. Dari hasil analisa kekuatan rangka menggunakan *software* 3D *design Solidworks Premium* 2021 dapat diketahui besar tegangan yang terjadi pada rangka sehingga didapatkan hasil analisis kekuatan rangka. Analisa statik dapat diketahui sesuai atau tidaknya nilai pada hasil analisa tidak melebihi nilai *Yield Strenght* dan nilai *Factor of Safety* harus lebih 4 karena material terbuat dari besi *(Stell),* Untuk Pengujian rangka dapat dikatakan sesuai jika rangka mampu menerima beban yang diterima dan tidak melebihi defleksi yang dapat mempengaruhi proses kerja mesin.

Gambar 2. Desain Mesin *Roasting* Kopi Otomatis Kapasitas 5 Kg.

Gambar diatas merupakan desain 3D mesin *roasting* kopi otomastis kapasitas 5 kg tampak prespektif isometrik dengan part lengkap

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tegangan Pada Rangka

Untuk mencari teganan pada rangka, digunakan gaya terbesar yang terdapat pada rangka. Gaya tersebut terdapat pada titik C motor listrik yaitu sebesar 22.475 Nmm. Maka untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada rangka dapat diselesaikan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{36.425\ N}{842{,}4\ mm^2}$$

$$\sigma = 44{,}18\ N/mm^2$$

Diketahui tegangan yang terjadi pada rangka adalah 44,18 N/mm^2.

Tabel 1. Harga *Possion Ratio* Matreial

No.	Material	V
1	*Steel*	0,25 - 0,33
2	*Cost iron*	0,23 - 0,27
3	*Copper*	0,34 - 0,34
4	*Brass*	0,32 - 0,42
5	*Aluminium*	0,32 - 0,36
6	*Concrete*	0,08 - 0,18

Dikarenakan rangka menggunakan material besi *(Steel)*, maka untuk *P0ssion Ratio* (V menggunakan nilai 0,25 – 0,33.

$$\sigma \text{ ijin} = \frac{\sigma}{V}$$

$$\sigma \text{ ijin} = \frac{44{,}18\ N/mm^2}{0{,}25}$$

$$\sigma \text{ ijin} = 176{,}72\ N/mm^2$$

Diketahui tegangan ijin yang terdapat pada rangka adalah 176,72 N/mm^2.

Diketahui σ ijin> σ (176,72 N/mm² >

44,18 N/mm²). Maka pemilihan material untuk rangka dengan profil metrial *square hollow* 30 mm × 30 mm dengan ketebalan 1,2 mm dinyatakan aman.

Untuk mengetahui besaran besaran tegangan bengkok yang terjadi pada rangka, maka digunakan nilai pembebanan kesetimbangan terbesar yang terdapat pada rangka. Diketahui nilai kesetimbangan gaya terbesar berada pada titik Q ruang pemanas dengan nilai pembebanan 1.275.625 N dan dengan panjang batng penopang 500 mm. Maka untuk mengetahui tegangan bengkok yang terjadi pada rangka dapat diselesaikan menggunakan persamaan sebagai berikut :

M = Kesetimbangan gaya terbesar (titik Q pada Ruang Pemanas)

M = 1.275.625 N

$$A = \frac{b.h^2}{6}$$

$$A = \frac{28{,}8.\,28{,}8^2}{6}$$

$$A = 114.661\ mm^2$$

$$\sigma b = \frac{M}{A}$$

$$\sigma b = \frac{1.275.625\ N}{114.661\ mm^2}$$

$$\sigma b = 11{,}125\ N/mm^2$$

Diketahui nilai tegangan bengkok yang terdapat pada rangka adalah sebesar 11,125 N/mm^2.

Diketahui σ bengkok < σ ijin (11,125 N/mm² < 109,04 N/mm²). Maka pemilihan material untuk rangka dengan profil metrial *square hollow* 30 mm × 30 mm dengan ketebalan 1,2 mm dinyatakan aman dikarenakan tegangan bengkok yang terjadi pada rangka tidak melebihi tegangan ijin.

Perhitungan Tegangan Sambungan Pengelasan

Perhitungan kekuatan las ditinjau dari bagian pada rangka yang paling kritis menerima beban. Dalam pembuatan rangka menggunakan sambungan las dengan jenis sambungan las titik dan sambungan las tipe 3 titik menggunakan jenis elektroda las RD–460 Ø2.0 mm × 300 mm.

Tabel 2. Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, fu (MPa)	Tegangan leleh minimum, fy (MPa)	Pereganganminimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Pada sambungan las terdapat 4 sisi pada profil material besi *hollow*, maka untuk mengetahui luas profil material dapat ditentukan menggunakan persamaan :

A = 1.414.h (p+l)

Dikarenakan pada sambungan las terdapat pada keempat sisi profil material, maka diasumsikan dimensi las sama dengan dimensi material *hollow*. Dimana B merupakan panjang dari material besi *hollow*, h merupakan lebar dari metrial besi *hollow*. Lihat Data Pengelasan :

B = 30 mm h = 28,8 mm P = 36.425 N

σx = 370 N/mm^2

(Berdasarkan Tabel 3.7).

σy = 240 N/mm^2

(Berdasarkan Tabel 3.7).

Factor 0f Safety (FOS) = 4 (Dikarenakan material rangka menggunakan besi (ST)).

a. Tegangan Ijin Las

Tegangan ijin las didapatkan dari hasil pembagian antara σy dan *Factor of Safety (FOS).*

$$\sigma \text{ ijin} = \frac{\sigma y}{FOS} = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{4} = 60 \text{ N/m}$$

m^2

b. Tegangan Geser Ijin Sambungan Las

Tegangan geser ijin las dapat diperoleh dari hasil pembagian σ ijin sambungan las dibagi 2.

$$\tau = \frac{\sigma \text{ ijin}}{2} = \frac{60 \text{ N}}{2} = 30 \text{ N/mm}^2$$

c. Momen Inersia

Momen inersia dapat diketahi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I = \frac{t\,(b+l)^4 - 6.b^2.l^2}{12(l+b)}$$

$$I = 0{,}707\,\frac{(30+28{,}8)^4 - 6.30^2.28{,}8^2}{12(28{,}8+30)}$$

$$I = 0{,}707\,\frac{688.000{,}71 - 149.300}{375{,}6}$$

$$I = 0{,}707\,.1.434{,}24$$

$$I = 1.014 \text{ N/mm}^2$$

d. *Throat Area*

$$A = t\,(l+b)$$

$$A = 0{,}070\,(28{,}8+30)$$

$$A = 0{,}707\,.58{,}8$$

$$A = 41{,}57 \text{ mm}$$

e. Tegangan Geser Sambungan Las

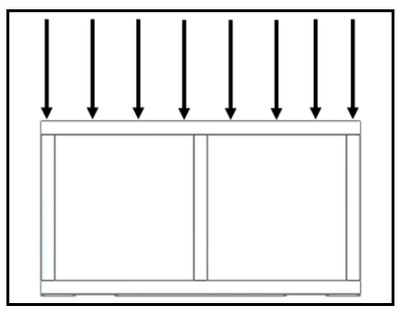
$$\tau = \frac{T \times \frac{1}{2}}{t \times l^3} = \frac{36.425 \text{ N} \times \frac{1}{2}}{2 \times 30^3} = \frac{16.212 \text{ N}}{1.800 \text{ mm}} = 9 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan Geser Maksimum

$$\tau \text{ max} = \frac{T}{s \times l^2} = \frac{36.425 \text{ N}}{2 \times 30^3} = 20{,}23 \text{ N/mm}^2$$

Diketahui tegangan geser pada sambungan las sebesar 9 N/mm^2 dan tegangan geser maksimum sebesar 20,23 N/mm^2. Maka rangka dinyatakan aman karena tegangan geser lebih kecil dari tegangan geser maksimum dan tegangan geser yang diijinkan yaitu 30 N/mm^2.

Perhitungan Pembebanan Sebagian Merata Pada Ruang Pemanas

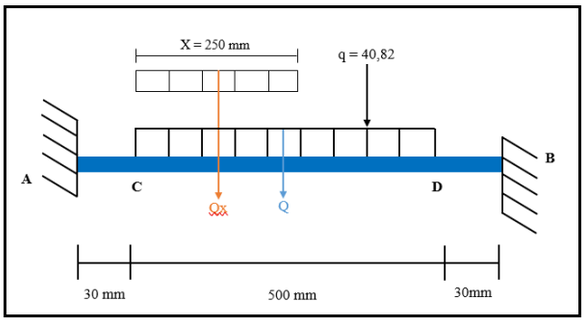


Gambar 3. Letak Pembebanan Merata Pada Sistem atau Ruang Pemanas

Berat bersih ruang pemanas adalah 45 kg ditambah berat biji kopi sebesar 5 kg. Maka berat total sistem pemanas adalah 50 kg dan didistribusikan merata sebagian di atas bagian rangka yang memiliki 6 titik penyangga, dimana beban tersebut memiliki nilai massa (m) = 50 kg dengan menggunakan nilai gravitasi sebesar 9,8 $^m/_s$. Nilai beban ruang pemanas (F) yang diperoleh adalah 490 N.

Sehingga diketahui beban yang terdapat pada ruang pemanas sebesar 490 N dan ditumpu oleh 3 batang penumpu, maka beban masing-masing batang penumpu adalah sebesar 163,3 N dengan setiap batang penumpu masing-masing memiliki 4 titik sudut penyangga. Maka diapatkan nilai pada titik pembebanan

sebesar 40,82 N pada masing – masing titik penyangga dengan panjang batang penumpu 500 mm.



Gambar 4. Pembebanan Sebagian Merata Ruang Pemanas Pada Titik Q

Sumber : Dokumen Penulis, 2022

Q = q × L

= 40,82 N × 500 mm

= 20.410 N mm

Mencari besarnya gaya reaksi pada tumpuan B (R_B) dan gaya reaksi yang terjadi pada tumpuan A (R_A) dengan cara memasukkan seluruh nilai gaya yang terjadi pada batang beserta jarak dengan persamaan didapatkan:

$R_A = 10.205$ N dan

$R_B = 10.205$ N

Kekuatan Sambungan Las *Butt Joint*

Pada bagian rangka terdapat sambungan pengelasan *butt joint*. Maka untuk mengetahui kekuatan sambungan las dengan menggunakan sambungan las *butt joint (Double V-Butt Joint*), dapat ditentukan dengan menggunakan persmaan sebagai berikut :

$$Ft = (t1 + t2)\, L \times \sigma t$$

$$Ft = (1{,}2 \text{ mm} + 1{,}2 \text{ mm})\, 30 \text{ mm} \times 55 \text{ N/mm}^2$$

$$Ft = 3.960 \text{ N}$$

Pada pengelasan ini bagian yang dilakukan pengelasan adalah terhadap 2 sisi dari profil material. Maka untuk mengetahui tegangan geser yang terdapat pada titik A dengan pengelasan 2 sisi dapat diselesaikan menggunakan persamaan berikut :

$$\tau = \frac{1}{2}T + \frac{1}{2}L = 2\tau$$

$$\tau = 1 + 15 = 2\tau$$

$$\tau = \frac{16}{2} = 8 \text{ N/mm}^2$$

Untuk mengetahui luasan pengelasan pada pengelasan 2 sisi dapat diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A = \frac{1}{2}T \times h \times (b + d)$$

$$A = 1 \times 2 \times (30 \text{ mm} + 30\text{mm})$$

$$A = 2 \times 60 \text{ mm}$$

$$A = 120 \text{ mm}^2$$

Jadi luasan pengelasan adalah 120 mm^2

Kekuatan Sambungan Las *T-Joint*

Pada bagian rangka terdapat sambungan pengelasan *butt joint*). Maka untuk mengetahui kekuatan sambungan las dengan menggunakan sambungan las *T-Joint (Double Fillet*), dapat ditentukan dengan menggunakan persmaan sebagai berikut :

$$F = 2\frac{t \times L}{\sqrt{2}} \times \sigma t$$

$$F = 2\frac{2 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}}{\sqrt{2}} 35\text{N/mm}^2$$

$$F = 84{,}84 \text{ mm} \times 35\text{N/mm}^2$$

$$F = 2.269 \text{ N}$$

Pada pengelasan ini bagian yang dilakukan pengelasan adalah pada 3 sisi dari profil material. Maka untuk mengetahui tegangan geser yang terdapat pada titik B dengan pengelasan 3 sisi dapat diselesaikan menggunakan persamaan berikut :

$$\tau = \frac{1}{2}T + L = 2\tau$$

$$\tau = 1 + 30\ \text{mm} = 2\tau$$

$$= 31 = 2\tau$$

$$\tau = \frac{31}{2}$$

$$\tau = 15{,}5\ \text{N/mm}^2$$

Untuk mengetahui luasan pengelasan pada pengelasan 3 sisi dapat diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A = T \times h \times (2.b + d)$$

$$A = 2 \times 3 \times (2.30\ \text{mm} + 30\ \text{mm})$$

$$A = 6\ \text{mm} \times 120\ \text{mm}$$

$$A = 720\ \text{mm}^2$$

Jadi luasan pengelasan adalah 720 mm^2

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Desain 3D dan analisis struktur material rangka mesin *roasting* kopi otomatis kapasitas 5 kg menggunakan *software CAD Solidworks Premium 2021*.
2. Material yang digunakan pada rangka mesin adalah besi baja *ASTM A36 Steel* dengan profil material *square hollow* 30×30×1,2 mm. Luas penampang profil material adalah 824,4 mm^2, Moment Inersia pada material adalah 122.030 N/mm^2, Nilai faktor keamanan minimum material besi *(ST)* adalah 4, Tegangan ijin pada material adalah 176,72 N/mm^2, Tegangan bengkok pada material adalah 11,125 N/mm^2. Mesin *roasting* kopi otomatis kapasitas 5 kg ini memiliki dimensi panjang 1300 mm, lebar 560 mm, dan tinggi 1044 mm. Pengelasan pada rangka dilakukan dengan menggunakan jenis pengelasan SMAW dan menggunakan jenis sambungan *Butt Joint*, *T-Joint*, dan *Corner Joint. Elektroda yang digunakan pada pengelasan material adalah* RD–460 Ø2.0 mm × 300 mm.

Hasil perhitungan tegangan sambungan las didapatkan nilai tegangan ijin las adalah 60 N/mm^2, tegangan geser adalah 30 N/mm^2, momen inersia adalah 1.014N/mm^2, throat area 41,57 N/mm^2, tegangan geser maksimum las adalah 20,33N/mm^2. Kekuatan sambungan las dengan pengelasan *butt joint* 2 titik *(Double V Butt Joint)* adalah 3.960 N, tegangan geser adalah 8 N/mm^2, luasan las adalah 120 mm^2. Kekuatan sambungan las dengan pengelasan T-Joint 3 titik (*Double Fillet*) adalah 2.296 N, tegangan geser adalah 15,5 N/mm^2, luasan las adalah 720 mm^2. Gaya reaksi yang bekerja pada rangka ruang pemanas adalah 20.410 N, pada rangka *cover* atas adalah 24.525 N, pada rangka motor *stepper* 618,31 N. Hasil analisis *stress* pada rangka mesin *roasting* kopi otomatis kapasitas 5 kg adalah 47 N/mm^2 (MPa), Analisa *Displacement* pada rangka mesin *roasting* kopi otomatis kapasitas 5 kg adalah 0,41 mm^2, *SOF (Safety of Factor) analysis* pada rangka mesin *roasting* kopi otomatis kapasitas 5 kg adalah 8

DAFTAR PUSTAKA

[1] Amiq, Bahrul. (2015). Rancang Bangun Mesin Penyangrai Kopi Semi Otomatis Dengan Kapasitas 5 Kg. *Jurnal Rancang Mesin*. 02(03), 40-46.

[2] Daryanto. (2013). *Teknik Las.* Bandung: Alfabeta.

[3] Maulana, Iqbal. (2012). Perancangan Alat Sangria Kopi Menggunakan Drum Tradisional. 03(04), 1-12.

[4] Purna, Irawan, Agustinus. (2009). *Diktat Elemen Mesin.* Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.

[5] Purna, Irawan, Agustinus. (2007). *Mekanika Teknik (Statika Struktur)* Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.

[6] Prabowo, Dian. (2020). Rancang Bangun *Coffe Roaster Machine* Kapasitas 1 Kg dengan Menggunakan Pengatur Suhu dan Waktu Thermostat Rex-C 100. *Jurnal Teknik Mesin.* 01(01), 1-6.

[7] Shah, Erwin, Muhammad. (2016). Proses Produksi Pada Pembuatan Mesin Penyangrai Kopi dengan Kapasitas 5 Kg. *Jurnal Teknik Mesin.* 02(01), 1-50.

[8] Sofi'i, Imam. (2014). Rancang Bangun Mesin Penyangrai Kopi Dengan Pengaduk Berputar. *Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian*. 06(01), 1-70.

[9] Sukaini. (2013). *Teknik Las SMAW*. Malang : PPPPTK BOE Malang.