

PROSES MANUFAKTUR MESIN OVEN KOPI TIPE *TRAY ROTARY* DENGAN BAHAN BAKAR LPG

Ahmad Bagus Prastyo

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: ahmadbagusprastyo77@gmail.com

Masruki Kabib

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: masruki.kabib68@gmail.com

Akhmad Zidni Hudaya

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: Akhmad.zidni@umk.ac.id

ABSTRAK

Mesin oven kopi adalah mesin tepat guna, dimana mesin ini berfungsi untuk mengeringkan kopi yang baru dipetik. Mesin oven ini banyak ditemukan di pasaran, akan tetapi masih banyak dari mesin yang berskala besar dan belum mengutamakan kualitas produk kopi tersebut. Tujuan penelitian ini adalah proses manufaktur mesin oven kopi tipe *tray rotary* berkapasitas 25 kg dengan metode pengeringan menggunakan bahan bakar gas LPG. Metode eksperimen digunakan pada penelitian ini dengan proses manufaktur mesin oven kopi tipe *tray rotary* melalui tahapan melakukan kajian pustaka, membuat gambar kerja, perancangan manufaktur, proses manufaktur, dan kemudian dilakukan uji fungsional untuk menguji kapasitas mesin dan lama waktu yang dibutuhkan dalam proses pengovenan. Hasil penelitian ini telah di buat mesin oven kopi dengan kemampuan pada proses 5 jam pada temperature 45 °C dengan massa kopi 10 kg terjadi penguapan/pengurangan kadar air dan massa kopi sebesar 3,76 kg, pada kapasitas 15 kg waktu proses 5 jam temperatur 50 °C terjadi pengurangan massa kopi sebesar 5,58 kg dan pada kapasitas 25 kg waktu proses 5 jam temperatur 55 °C terjadi pengurangan massa kopi sebesar 10.6 kg.

Kata kunci : Oven kopi, *Tray Rotary*, gas LPG

ABSTRACT

The coffee oven machine is an appropriate machine, where this machine functions to dry freshly picked coffee. There are many oven machines on the market, but there are still many machines that are large in scale and do not prioritize the quality of the coffee product. The purpose of this research is the manufacturing process of a rotary tray type coffee oven with a capacity of 25 kg with a drying method using LPG gas as fuel. The experimental method used in this research is the manufacturing process of a rotary tray type coffee oven through the stages of conducting a literature review, making working drawings, manufacturing design, manufacturing processes, and then carrying out a functional test to test the capacity of the machine and the length of time needed in the oven process. The results of research was made a coffee oven machine with the ability to process 5 hours at a temperature of 45 C with a coffee mass of 10 kg, evaporation/reduction of water content and mass of coffee is 3.76 kg, at a capacity of 15 kg, processing time of 5 hours at a

temperature of 50 C. there was a reduction in coffee mass of 5.58 kg and at a capacity of 25 kg, processing time of 5 hours at a temperature of 55 C there was a reduction in coffee mass of 10.6 kg.

Keywords: Coffee Oven, Try Rotary , LPG gas

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri Indonesia, apalagi Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kopi terbesar di Asia maka industri kopi sendiri memiliki banyak pengusaha. Salah satu kendala yang dihadapi adalah jumlah konsumen dan lamanya proses pengolahan kopi (yaitu proses penjemuran). Proses penjemuran kopi alami ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya tergantung keadaan cuaca, sulit dikendalikan waktunya, membutuhkan jumlah yang banyak. daerah pengeringan berbeda kondisinya, dan mudah terpengaruh pencemaran dan membutuhkan waktu lama untuk menghasilkan kekeringan yang maksimal dan berkualitas tinggi [1].

Pengeringan adalah proses pengurangan kadar air suatu bahan untuk mencapai kadar air tertentu, sehingga menghambat laju kerusakan bahan akibat aktivitas biologi dan kimiawi. Dalam proses pengeringan, dikenal beberapa metode antara lain: pengeringan alami dengan menggunakan panas matahari, dikombinasikan dengan penggunaan bahan bakar dan pengeringan untuk pengeringan. Saat ini pencemaran udara sangat tinggi terutama di kota-kota besar dan kawasan industri, sehingga perusahaan pangan tidak dapat menggunakan cara alami (menggunakan sinar matahari langsung) untuk mengeringkan pangan karena kebersihan merupakan faktor utama dalam keberhasilan produksi pangan. Begitu pula bagi perusahaan makanan, lamanya waktu pengeringan dengan cara alami juga menjadi pertimbangan bagi perusahaan makanan untuk menggunakan mesin untuk mengeringkan bahan atau produknya, karena perusahaan makanan biasanya mengincar hasil yang tinggi. Penggunaan mesin di pengering pasti akan meningkatkan biaya produksi perusahaan makanan tersebut [2].

Untuk mengatasi masalah tersebut, sejumlah inovasi teknologi yang dapat digunakan di berbagai bidang kopi, lada dan biji-bijian lainnya telah digunakan untuk pembuatan mesin dan alat panen yang ramah lingkungan dan higienis untuk mempersingkat waktu pengerjaan. Inovasi ini dikembangkan melalui pemanfaatan berbagai sumber energi, seperti energi otomotif, energi angin dan matahari. Beberapa peneliti menggunakan kayu, sisa beras atau energi panas dari energi fosil, untuk membuat mesin pengolahan hasil panen. Pengering jadi bisa dalam bentuk layar getar, *solar dryer* dan pengering, energinya bersumber dari energi angin dan energi dari sisa panen, seperti cangkang sawit, kelapa [3].

Menurut jenis bahan yang akan dikeringkan, pengering dibedakan menjadi dua jenis yaitu pengering padat dan pasta, seperti pengering rak, pengering konveyor, pengering putar, pengering flash, pengering beku, dan pengering aliran. Pengering bed terfluidisasi; pengering cair, seperti pengering semprot dan pengering drum. Banyak jenis alat pengering memerlukan pengetahuan yang cukup untuk menentukan tujuan dan prosedur alat pengering sesuai dengan jenis bahan. Oleh karena itu perlu dikembangkan alat pengering untuk pengeringan yang tidak mengandalkan sinar matahari [4].

Ada beberapa cara untuk membuat kopi menjadi kering dan panas. Mulai dari penggunaan kayu bakar atau bahan bakar lainnya. Ada beberapa jenis mesin yang saat ini sedang dikembangkan antara lain *rotary dryer*, *tray dryer*, *solar traps*, jenis konveksi [5]. Selain pengeringan pada pengolahan biji kopi juga dilakukan proses sortir untuk menjaga kualitas biji kopi [6].

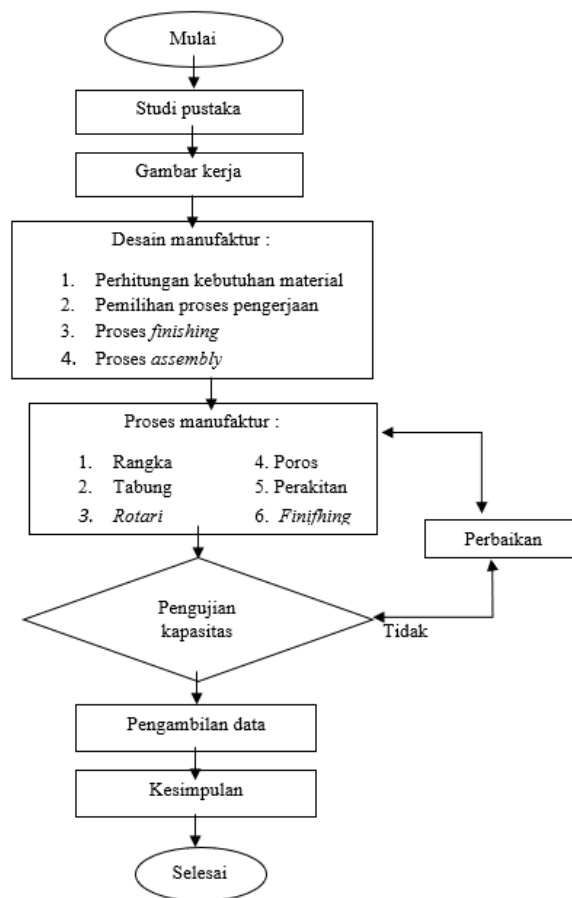
Proses pembuatan mesin harus memperhatikan aspek manufaktur. Proses pengerjaan rangka dilakukan dengan presisi untuk menopang komponen mesin sehingga dapat bekerja dengan baik. Pengerjaan poros mesin mixer telah dilakukan dengan presisi untuk menghasilkan sistem transmisi yang baik. Mesin oven ini dirancang dan dikonstruksikan dalam penelitian ini mempunyai beberapa bagian utama yang mendukung operasional kerjanya, yaitu motor penggerak, sistem rangka (frame), gear, rantai, tabung, dan poros. Ukuran mesin yang dibuat 1000 mm x 1000 mm x 1000mm (panjang

x lebar x tinggi). Analisa pengeringan kopi telah dilakukan dengan membandingkan pengeringan menggunakan microwave dan pengering konvensional, proses pengeringan dilakukan pada temperatur 50°C [7].

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan proses manufaktur mesin oven kopi tipe *tray rotary* berbahan bakar gas LPG yang mampu mengeringkan biji kopi dengan kapasitas 25 kg/proses. Temperatur pengeringan dapat diatur pada 45°C – 55°C.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses Manufaktur mesin oven kopi tipe *tray rotary* dilakukan melalui beberapa tahapan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Secara garis besar tahapan dimulai dengan studi literatur, pemahaman gambar kerja, perancangan manufaktur, proses pembuatan, proses perakitan, proses finishing dan pengujian.



Gambar 1. Diagram alir Proses Manufaktur Mesin Oven Kopi Tipe Tray Rotary.

Langkah-langkah proses manufaktur sebagai berikut :

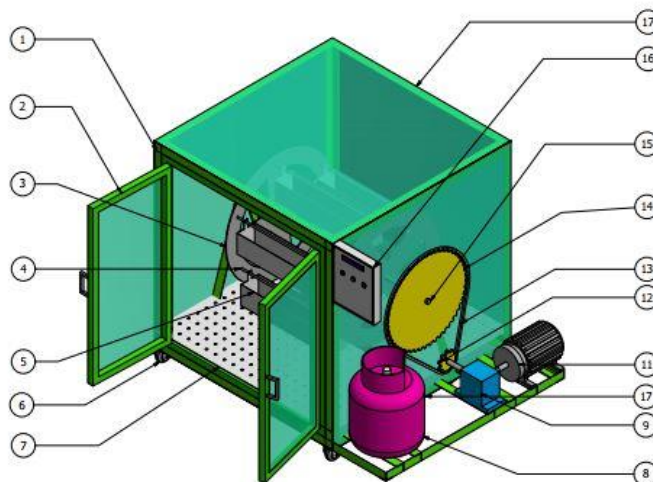
1. Gambar hasil dengan berupa gambar kerja disusun secara detail dengan rencana pengerjaan..
2. Mempersiapkan alat dan bahan untuk proses pembuatan mesin..
3. Melaksanakan pembuatan yang meliputi :
 - a. Pengerjaan rangka mesin.

- b. Pengerjaan Rotari.
- c. Pengerjaan poros dan rak penampung.
4. Melakukan perakitan bahan yang meliputi :
 - a. Rangka.
 - b. Perakitan rotari dan rak penampung.
 - c. Perakitan pulli, *bearing*, poros, motor listrik dan rantai.
5. Setelah semua komponen mesin selesai dirakit, kemudian dilanjutkan dengan proses *finishing* dengan cara penggerindaan dan pengecatan.
6. Pengujian dilakukan dengan cara menguji kapasitas bahan baku yang dapat diproduksi dan menguji waktu dan massa kopi yang diperoleh per proses produksi.
7. Setelah dilakukan pengujian akan didapatkan hasil dan kesimpulannya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Mesin

Mesin Oven kopi ini menggunakan prinsip *rotary*, dimana kopi basah akan dipanaskan di dalam tabung box, dengan sumber panas melalui pembakaran gas LPG 3 kg hingga mencapai titik panas $50^0 - 55^0C$. setelah kekeringan tercapai, kopi basah ini kulitnya akan menjadi berwarna kehitam-hitaman dan kopi siap untuk digiling, desain mesin oven kopi di tunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Desain Mesin oven kopi tipe *tray rotary*

3.2 Urutan Proses Manufaktur

Pada proses pembuatan mesin oven kopi tipe *tray rotary* ini dilakukan guna menentukan proses pengerjaan untuk menentukan hasil mesin yang sesuai. Didalam pemilihan proses pemilihan proses pembuatan mesin oven kopi tipe *tray rotary* juga perlu perencanaan *layout workshop* sehingga dapat meminimalkan biaya dan mempercepat proses pengerjaan serta meningkatkan efisiensi waktu dalam pengerjaan. Adapun urutan proses manufaktur sebagai berikut:

a. Pematangan

Kecepatan putar gerinda dapat dicari dengan menggunakan persamaan 1.

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d} \text{ rpm} \quad (1)$$

Dimana n adalah kecepatan putar, Vc adalah kecepatan potong, d adalah diameter batu gerinda, waktu pematangan dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \quad (2)$$

Dimana t_c adalah waktu pemotongan, l_t adalah langkah pengawalan, V_f adalah kecepatan makan.

b. Pengeboran

Langkah pengawalan dapat dicari dengan menggunakan persamaan 3.

$$l_v = \tan 30^\circ \cdot \frac{1}{2}d \quad (3)$$

Dimana l_v adalah langkah pengawalan, d adalah diameter mata bor, Langkah pengakhiran dapat dihitung menggunakan persamaan 4.

$$l_n = \tan 30^\circ \cdot \frac{1}{2}d \quad (4)$$

Dimana l_n adalah langkah pengakhiran, d adalah diameter mata bor, Kecepatan pengeboran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 5.

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} \quad (5)$$

Dimana n adalah kecepatan pengeboran, v adalah kecepatan potong, d adalah diameter mata bor, Laju pemakanan pengeboran dapat dihitung menggunakan persamaan 6.

$$f = 0,084 \cdot \sqrt[3]{d} \quad (6)$$

Dimana f adalah laju, d adalah diameter mata bor. Kecepatan makan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 7.

$$v_f = f \cdot n \quad (7)$$

Dimana V_f adalah kecepatan makan, f adalah laju, n adalah Kecepatan pengeboran, panjang pengeboran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 8 [6].

$$(l_t) = (l_v) + (l_w) + (l_n) \quad (8)$$

Dimana l_t adalah panjang pengeboran, l_v adalah langkah pengawalan, l_w adalah panjang pemotongan benda kerja, l_n adalah langkah pengakhiran.

Waktu pengeboran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 9.

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \quad (9)$$

Dimana t_c adalah waktu pengeboran, l_t panjang pengeboran, v_f adalah kecepatan makan.

c. Penyambungan las

Panjang luasan las dapat dihitung dengan persamaan 10.

$$A = a \cdot l \quad (10)$$

A adalah panjang luasan las, a adalah tebal plat, l adalah panjang sambungan las, Waktu pengelasan dapat dihitung dengan persamaan 11 [4].

$$t = \frac{\text{total panjang kampuh}}{\text{panjang per 1 menit}} \quad (11)$$

Panas dapat dihitung dengan persamaan 12.

$$J = \frac{60.I.E}{v} \quad (12)$$

Dimana J adalah panas pengelasan, I adalah arus listrik, E adalah tegangan busur. Dari perhitungan diatas didapatkan waktu pengeboran dan pengelasan yang tertera pada tabel 1

d. Pembubutan

Kecepatan putar mesin bubut dapat dihitung dengan persamaan 13.

$$n = \frac{v.1000}{\pi.d} \quad (13)$$

Dimana n adalah kecepatan putar mesin bubut, v adalah kecepatan pemotongan, d adalah diameter benda kerja, Kecepatan pemakan dapat dihitung dengan persamaan 14.

$$vf = f.n \quad (14)$$

Dimana vf adalah kecepatan pemakanan, f adalah kecepatan makan / putaran, n adalah kecepatan putar mesin bubut, Kedalaman potong dapat dihitung dengan persamaan 15.

$$a = \frac{do-dm}{2} \quad (15)$$

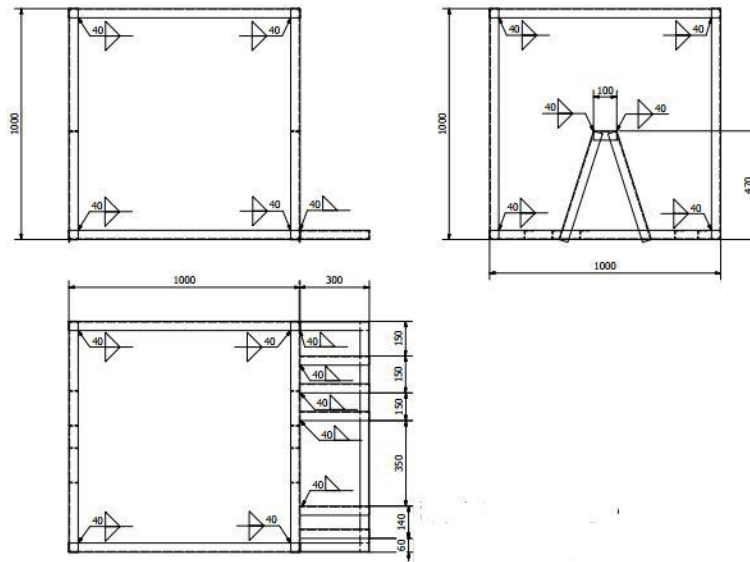
Dimana a adalah kedalaman bubut, do adalah diameter awal, dm adalah diameter akhir, Waktu pemotongan dapat dihitung dengan persamaan 16.

$$tc = \frac{lt}{vf} \quad (16)$$

Dimana tc adalah waktu pembubutan, lt adalah panjang pembubutan, vf adalah kecepatan pembubutan.

3.3 Proses Pembuatan rangka mesin

Proses pengerjaan rangka di dasarkan pada gambar kerja sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Rangka mesin oven kopi tipe tray rotary

Desain rangka ditunjukkan pada gambar 3. Proses pembuatan rangka meliputi kegiatan yang ditunjukkan pada tabel 1.

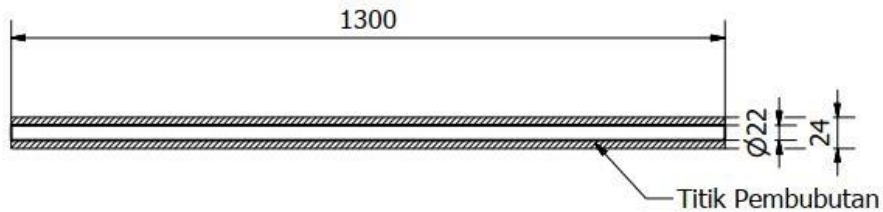
Tabel 1. Proses pembuatan rangka

<i>Jenis Permesinan</i>	<i>Bagian</i>	<i>Waktu Proses</i>
Pemotongan	<ul style="list-style-type: none"> - Baja profil L 40 x 40 x 1000 mm (13 Batang). - Baja profil L 40 x 40 x 300 mm (6 Batang) - Baja profil L 40 x 40 x 470 mm (4 Batang) 	33 menit
Pengeboran	Pengeboran dengan $\phi 16$ mm sebanyak 8 lubang.	1,32 menit
Pengelasan	Pengelasan dengan panjang 40 mm sebanyak 23 kali pengelasan	14 menit

Dari proses pemotongan baja siku 40 x 40 x 3 mm terdapat hasil sebagai berikut : Diameter batu gerinda 101 mm, kecepatan potong sebesar 60 m/detik, kecepatan putaran gerinda 189 Rpm, langkah pengawalan 40 mm. Proses pengeboran terdapat hasil sebagai berikut : Langkah pengawalan sebesar 2,85 mm, langkah pengakhiran sebesar 2,85 mm, kecepatan pengeboran 605 rpm, laju 0,108 mm/putaran, kecepatan makan 109 mm/menit. Proses pengelasan dengan panjang 40 mm untuk pengelasan sebanyak 23 kali didapatkan hasil sebagai berikut : panjang lasan 2760 mm², menggunakan 14 batang elektroda, panas yang dihasilkan 88 Kj/mm

3.4 Pembuatan Poros Rotary

Proses pengerjaan poros rotary di dasarkan pada gambar 4.



Gambar 4 desain poros rotary

Proses pembuatan poros transmisi meliputi kegiatan yang ditunjukkan pada tabel 2.

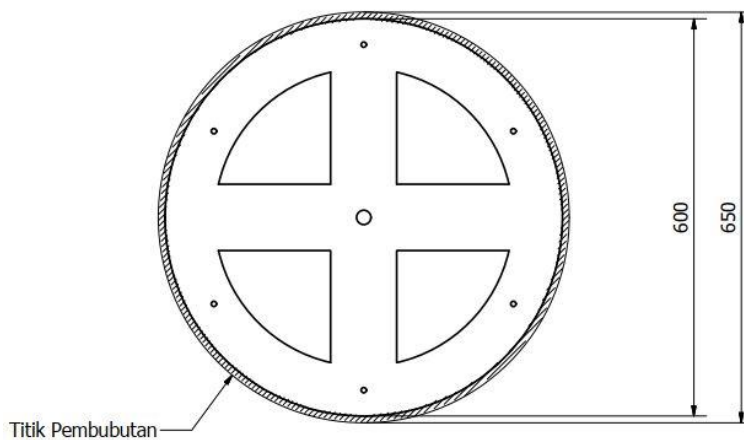
Tabel 2. Proses pembuatan poros

<i>Jenis Permesinan</i>	<i>Bagian</i>	<i>Waktu Proses</i>
Pemotongan	Pemotongan Baja st 37 dengan Ø24 mm sebanyak 1 kali potong	3 menit
Pembubutan	Pembubutan poros dari diameter Ø24 mm sampai diameter Ø22mm	16 menit

Dari proses pemotongan baja ST 37 untuk poros transmisi diperoleh hasil sebagai berikut : Diameter batu gerinda 101 mm, kecepatan potong sebesar 60 m/detik, kecepatan putar gerinda sebesar 189 rpm, langkah pengawalan 24 mm. Proses pembubutan didapatkan hasil sebagai berikut : kecepatan putar bubut sebesar 345 rpm, kecepatan pemakanan sebesar 172 mm/ menit, waktu pemakanan 0,55 menit, kedalaman potong sebesar 2 mm.

3.5 Pembuatan Rotary

Desain rotary ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. desain rotary

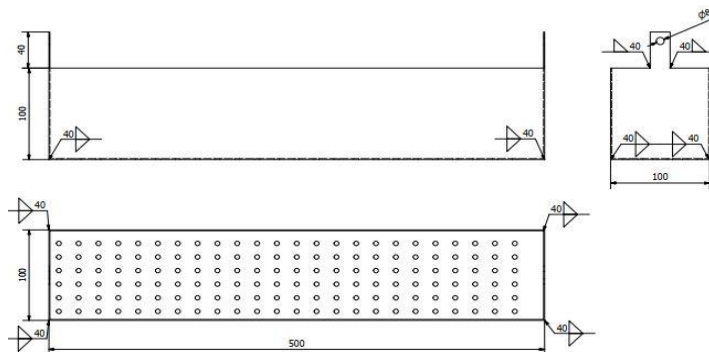
Proses pembuatan *rotary* meliputi kegiatan yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Proses pembuatan *rotary*

Jenis Permesinan	Bagian	Waktu Proses
Pemotongan	Plat besi 140 x 80 x 4 mm	33 menit
Pembubutan	Pembubutan poros dari diameter Ø24 mm sampai diameter Ø22mm	14 menit

Dari proses pemotongan baja siku 40 x 40 x 3 mm terdapat hasil sebagai berikut : Diameter batu gerinda 101 mm, kecepatan potong sebesar 60 m/detik, kecepatan putaran gerinda 189 rpm, langkah pengawalan 40 mm. Proses pengeboran terdapat hasil sebagai berikut : Langkah pengawalan sebesar 2,85 mm, langkah pengakhiran sebesar 2,85 mm, kecepatan pengeboran 605 rpm, laju 0,108 mm/putaran, kecepatan makan 109 mm/menit. Proses pembubutan didapatkan hasil sebagai berikut : kecepatan putar bubut sebesar 104 rpm, kecepatan pemakanan sebesar 5,15 mm/menit, waktu pemakanan 200 menit, kedalaman potong sebesar 4 mm.

3.6 Pembuatan Rak Penampung



Gambar 6 desain rak penampung

Desain rak penampung ditunjukkan pada gambar 6. Proses pembuatan rak penampung meliputi kegiatan yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Proses pembuatan rak penampung

Jenis Permesinan	Bagian	Waktu Proses
Pemotongan	- Besi L 40 x 40 x 500 mm (12 batang) - Besi L 40 x 40 x 100 mm (12 batang)	33 menit
Pengelasan	Pengelasan dengan panjang 40 mm sebanyak 12 kali pengelasan	14 menit

Dari proses pemotongan baja siku 40 x 40 x 3 mm terdapat hasil sebagai berikut : Diameter batu gerinda 101 mm, kecepatan potong sebesar 60 m/detik, kecepatan putaran gerinda 189 rpm, langkah pengawalan 40 mm. Proses pengelasan dengan panjang 40 mm untuk pengelasan sebanyak 12 kali didapatkan hasil sebagai berikut : panjang lasan 480 mm , menggunakan 7 batang elektroda, panas yang dihasilkan 88 Kj/mm

3.7 Proses perakitan komponen

Proses perakitan komponen merupakan kegiatan yang bertujuan untuk membentuk mesin yang masih terpisah pisah antar bagiannya, untuk disatukan menjadi kesatuan yang akan bekerja sesuai fungsinya. Adapun langkah-langkahnya meliputi mempersiapkan semua peralatan serta komponen mesin, mempersiapkan rangka mesin yang sudah dilas, kemudian memasang poros *rotary* pada *rotary*, memasang

poros yang sudah dirakit dengan *rotary* ke rangka, kemudian memasang bantalan pada poros *rotary*, memasang rak pada *rotary*, memasang gear pada poros *rotary* memasang gear pada motor, memasang rantai, memasang kompor di bawah rotary, kemudian mengencangkan baut.

3.8 Proses pengujian mesin

Pengujian mesin dilakukan dengan variasi massa kopi dan temperature, waktu proses di buat konstan 5 jam. Pengukuran di lakukan terhadap pengurangan massa kopi akibat penguapan. Adapun penhujian mesin sebagaimana di tunjukkan tabel 5.

Tabel 5 Hasil pengujian mesin

No	Kapasitas Pengujian (kg)	Waktu proses (jam)	Temperatur	Pengurangan Massa kopi (Kg)
1.	10	5	45°C	3,76 kg
2.	15	5	50°C	5,58 kg
3.	25	5	55°C	10.6 kg

Dari tabel diatas bisa disimpulkan bahwa waktu proses dan temperature ruangan oven berpengaruh terhadap pengurangan kadar air terhadap kopi tersebut, didapat hasil pengujian waktu proses 5 jam pada temperature 45 °C berat kopi 10 kg terjadi penguapan/pengurangan kadar air dan berat kopi sebesar 3,76 kg, pada kapasitas 15 kg waktu proses 5 jam temperatur 50 °C terjadi pengurangan massa kopi sebesar 5,58 kg dan pada kapasitas 25 kg waktu proses 5 jam temperatur 55 °C terjadi pengurangan mssa kopi sebesar 10.6 kg.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dalam penelitian ini menghasilkan mesin oven kopi tipe *tray rotary* untuk mengoptimalkan proses pengeringan dengan temperatur kerja 50⁰ – 55⁰C, Mesin ini terdiri dari rangka mesin yang terbuat dari baja siku, poros mesin menggunakan baja ST 37 Ø 22 dan Ø 8. Hasil pengujian menunjukkan temperatur ruangan oven mempengaruhi massa kopi akibat penguapan, Dari hasil pengujian mesin oven ini menunjukkan bahwa kenaikan temperatur pada waktu konstan jumlah penguapan semakin besar, sehingga massa kopi semakin berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aenor Rofeg, M. Kabib, R. Winarso, (2018), Pembuatan Mesin Screw Conveyor Untuk Pencampuran Untuk Pencampuran Garam Dan Iodium Sesuai Sni 3556, *Jurnal Crankshaft*, Volume 1, No. 1. pp. 21–28.

- [2] Ardiani, Y. mila (2019) ‘Fakultas Teknik – Universitas Muria Kudus’, *Prosiding SNATIF ke-6 Tahun 2019*, 5(2007), pp. 96–101.
- [3] Selamet S., Kabib, M., Winarso, R. and Hudaya, A. Z. (2020) ‘Manufaktur Mesin Penggiling Dan Pengayak Garam’, *Jurnal Crankshaft*, (March). doi: 10.24176/crankshaft.v3i1.4681.
- [4] Nasikhul Umam, Masruki Kabib, H. S. (2020) ‘Manufaktur Mesin Fillet Ikan Dengan Kapasitas 30 Pcs/Menit’, *Jurnal Crankshaft*, 21(1), pp. 1–9.
- [5], S. *et al.* (2019) ‘Introduksi Alat Pengering Tipe Rak Berputar Sebagai Upaya Mempercepat Proses Pengeringan Hasil Petanian’, *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 3(1), p. 41. doi: 10.31764/jmm.v3i1.921.
- [6] Ahmad Fatih, M. Kabib, A. Zidni Hudaya, (2021), Desain Dan Simulasi Mesin Sortir Biji Kopi Kering Dengan Sistem Penggerak Engkol, *Jurnal Crankshaft*, Volume 4, No. 1, pp. 19-28.
- [7] Milton Javier Muñoz-Neira, Manuel Fernando Roa-Ardila, Carlos Rodrigo Correa-Celi, (2020), Comparative analysis of drying coffee beans using microwave and conventional oven, *Revista Facultad de Ingeniería*, No. 95, pp. 100-108.