



Perancangan dan Analisis Pengering Kopi Mesin Fermentasi dengan Sistem Drum Berputar

Mochamad Saleh*, Asman
Universitas Sunan Giri Surabaya, Indonesia
Email: moch.sholeh70@gmail.com*

Abstrak

Keywords:

coffee machine; fermentation;
dryer; rotating drum; machine
design

The post-harvest coffee process, particularly the drying of fermentation machines, significantly impacts the final quality of the coffee beans. In practice, this process is still largely done manually, requiring long periods of time, requiring frequent sun-drying and producing inconsistent quality. This study aims to design and analyze a fermentation machine with a rotating drum-type coffee drying system. The analysis will include calculations of workload, drum rotation, motor power requirements, drum wall thickness, and the design of a transmission system consisting of a V-belt and gears. The design method used is a design based on engineering mechanics calculations and machine elements. The design results indicate that the machine is capable of operating at its planned capacity, has a safe structural strength, and a transmission system capable of transmitting power effectively. This machine is expected to increase the efficiency of the fermentation process in the coffee drying system and produce a more uniform and faster product quality.

Abstrak

Kata Kunci:

mesin kopi; fermentasi;
pengering; drum berputar;
perancangan mesin

Proses pascapanen kopi khususnya pengering mesin fermentasi sangat berpengaruh terhadap mutu akhir biji kopi. Pada praktiknya, proses tersebut masih banyak dilakukan secara manual sehingga membutuhkan waktu lama dengan jalan menjemur pada panas matahari dan menghasilkan kualitas yang tidak seragam. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis mesin fermentasi dengan system pengering kopi tipe drum berputar, Analisa akan, meliputi perhitungan beban kerja, putaran drum, kebutuhan daya motor, ketebalan dinding drum, serta perancangan sistem transmisi berupa sabuk-V dan roda gigi. Metode yang digunakan adalah perancangan berbasis perhitungan mekanika teknik dan elemen mesin. Hasil perancangan menunjukkan bahwa mesin mampu bekerja sesuai kapasitas yang direncanakan, memiliki kekuatan struktur yang aman, serta sistem transmisi yang mampu mentransmisikan daya secara efektif. Mesin ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses fermentasi pada sistem pengeringan kopi serta menghasilkan kualitas produk yang lebih seragam dan lebih cepat.

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara penghasil kopi terbesar di dunia, yang dikenal dengan kualitas kopi yang beragam dan memiliki cita rasa unik. Proses pascapanen kopi sangat mempengaruhi kualitas biji kopi, terutama tahap fermentasi dan pengeringan (Jansen, 2019). Fermentasi bertujuan untuk menghilangkan lendir atau mucilage yang menempel pada biji kopi, sementara pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air pada biji kopi hingga mencapai kadar yang aman untuk penyimpanan (B. G. Y. et al., 2021). Proses ini sangat krusial, karena kualitas biji kopi yang dihasilkan akan berpengaruh langsung pada rasa kopi yang dihasilkan. Namun, banyak petani kopi yang masih mengandalkan metode manual dalam

fermentasi dan pengeringan kopi, yang memerlukan waktu lama dan dapat menghasilkan kualitas yang tidak konsisten (Boucher, 2019).

Penelitian terkait dengan pengolahan kopi, terutama yang berkaitan dengan pengeringan, telah banyak dilakukan (Klein, 2018). Beberapa studi telah membahas tentang teknologi pengering kopi menggunakan alat pengering berbasis udara panas, namun kebanyakan penelitian ini memisahkan proses fermentasi dan pengeringan, sehingga mengurangi efisiensi proses. Studi oleh (Widyotomo, 2015) membahas tentang teknologi pascapanen kopi, namun belum mencakup desain mesin yang mengintegrasikan kedua proses tersebut. Demikian juga penelitian oleh (Muller, 2017) yang berfokus pada desain pengering drum putar, tetapi tidak menyentuh aspek integrasi fermentasi dalam sistem pengeringan tersebut. Kesenjangan ini menunjukkan bahwa penelitian tentang mesin fermentasi dan pengeringan yang terintegrasi dalam satu sistem drum berputar masih sangat terbatas (V. L. G. et al., 2020).

Urgensi penelitian ini muncul karena kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi proses pengeringan dan fermentasi kopi pada skala industri kecil dan menengah. Proses yang dilakukan secara manual tidak hanya memakan waktu yang lama, tetapi juga mengandalkan tenaga kerja yang besar, dan hasil yang dihasilkan pun tidak seragam (M. S. M. et al., 2021). Dengan mengembangkan mesin fermentasi dan pengering kopi yang terintegrasi dalam satu sistem, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi waktu, mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, serta menghasilkan kualitas kopi yang lebih konsisten. Penelitian ini sangat relevan untuk mendukung perkembangan industri kopi di Indonesia, khususnya pada tingkat petani dan industri kecil yang memiliki keterbatasan sumber daya (Morrison, 2017).

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada perancangan mesin fermentasi dan pengering kopi yang menggunakan sistem drum berputar yang mampu mengintegrasikan kedua proses tersebut dalam satu unit mesin (J. E. Shigley and R. G. Budynas, 2011). Pendekatan ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang memisahkan proses fermentasi dan pengeringan. Penelitian ini juga menyajikan analisis desain yang lebih komprehensif, mencakup perhitungan beban kerja, putaran drum, kebutuhan daya motor, ketebalan dinding drum, serta perancangan sistem transmisi menggunakan sabuk-V dan roda gigi (Ramírez, 2018). Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan keseragaman kualitas kopi dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan kekuatan struktur (Norton, 2014).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan menganalisis mesin fermentasi dengan sistem pengering kopi tipe drum berputar yang dapat meningkatkan efisiensi proses pascapanen kopi (H. M. M. et al., 2020). Analisis yang dilakukan meliputi perhitungan beban kerja pada drum, kebutuhan daya motor penggerak, serta perancangan sistem transmisi. Penelitian ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa mesin yang dirancang dapat beroperasi sesuai kapasitas yang direncanakan, memiliki kekuatan struktur yang aman, serta sistem transmisi yang efektif untuk menggerakkan drum.

Manfaat dari penelitian ini sangat signifikan, baik secara teoritis maupun praktis. Secara teoritis, penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi pengolahan kopi dengan sistem pengeringan yang lebih efisien dan terintegrasi (Green, 2019). (Perez, 2020) Secara praktis, penelitian ini dapat membantu para petani dan industri kopi kecil dan menengah untuk meningkatkan efisiensi waktu dalam pengolahan biji kopi, mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, serta menjaga konsistensi kualitas produk kopi. Mesin yang dirancang diharapkan dapat digunakan oleh industri kecil dan menengah sebagai solusi untuk

meningkatkan proses pengeringan dan fermentasi kopi yang lebih baik.

Dengan adanya mesin fermentasi dan pengering kopi yang terintegrasi dalam satu sistem drum berputar, diharapkan dapat meningkatkan daya saing produk kopi Indonesia di pasar global. Mesin ini akan membantu meningkatkan produktivitas dan kualitas biji kopi yang dihasilkan, serta memberikan dampak positif bagi perekonomian petani kopi. Penelitian ini menjadi langkah awal yang penting dalam inovasi teknologi pengolahan kopi yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan (Cohen, 2019).

(R. S. R. et al., 2021) Diharapkan penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan teknologi pengeringan kopi yang lebih canggih di masa depan, dengan sistem yang lebih hemat energi dan dapat diterapkan pada skala yang lebih besar. Dengan semakin berkembangnya teknologi ini, bukan hanya petani kopi yang diuntungkan, tetapi juga seluruh rantai pasok industri kopi di Indonesia (Li, 2020).

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan bersifat analitis dan perancangan, dengan tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur terkait proses fermentasi pada sistem pengeringan kopi serta perancangannya
2. Menentukan kapasitas mesin dan spesifikasi kerja
3. Perancangan dimensi drum pengering mesin fermentasi
4. Perhitungan beban kerja dan putaran drum
5. Perhitungan kebutuhan daya motor penggerak
6. Analisis ketebalan dan kekuatan dinding drum
7. Perancangan sistem transmisi (sabuk-V dan roda gigi)
8. Evaluasi hasil perancangan

Persamaan dan Analisis Perancangan

Torsi Drum

Torsi dihitung berdasarkan gaya tangensial akibat beban total drum dan biji kopi:

$$T = F \times r$$

Daya Motor

Daya motor dihitung dari torsi dan putaran drum:

$$P = (2\pi NT)/60$$

Tegangan Dinding Drum

Tegangan lingkaran pada drum silinder tipis:

$$\sigma = (p \times D)/(2 \times t)$$

Perancangan Sabuk-V

Perbandingan putaran:

$$N1/N2 = D2/D1$$

Perancangan Roda Gigi

Ratio gigi:

$$i = Z2/Z1$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Drum Pengering Fermentasi

Drum dirancang berbentuk silinder horizontal yang berfungsi sebagai wadah biji kopi selama proses fermentasi dan pengeringan (Klein, 2018). Material drum dipilih dari plat dengan tebal 3 mm yang diroll dan diberikan kekuatan pada bagian dalam. Pada bagian dalam diberikan laluan udara panas dengan suhu yang sudah diatur yang telah disemmburkan dari blower. udara panas diambil dari udara panas proses pembakaran waste / kayu yang Dibakar pada ruang bakar (McLaren, 2017). (Aria, 2020) Dimensi drum ditentukan berdasarkan kapasitas kopi yang direncanakan dengan volume kerja yang efektif.

Perhitungan Beban Kerja Drum

Beban total yang bekerja pada drum terdiri dari:

1. Berat biji kopi
2. Berat drum
3. Beban torsi yang didapat tambahan akibat putaran dan gesekan

Perhitungan beban ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan torsi dan daya motor penggerak serta analisis kekuatan struktur.

Perhitungan Beban Total Drum

a. Berat kopi

$$W_{kopi} = m \cdot g = 750 \times 9,81 = 7357,5 \text{ N}$$

b. Berat drum

Asumsi massa drum = 55 kg

$$W_{drum} = 55 \times 9,81 = 539,55 \text{ N}$$

c. Beban total

$$W_{total} = 7357,5 \text{ N} + 539,55 \text{ N} = 7.897,05 \text{ N}$$

Tabel 1. Rekapitulasi Beban

Komponen Berat	Berat	Keterangan
Kopi	7357,5 N	
Drum	539,55 N	
Total	7.897,05 N	

Sumber Data: Data perhitungan beban yang digunakan dalam desain mesin pengering kopi, berdasarkan asumsi dan perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini

Spesifikasi Awal Mesin (Asumsi Perancangan)

Tabel 2. Spesifikasi Parameter Drum Pengolahan Kopi

Parameter	Nilai
Kapasitas kopi basah	750 kg/proses
Panjang drum	1.000 mm
Diameter drum	1600 mm
Material drum	Plat ASTM A 36

Parameter	Nilai
Berat drum	55 kg
Massa jenis kopi	561 kg/m ³
Volume drum	1,9 m ³
Putaran drum kerja	2 rpm
Sistem transmisi	Sabuk-V + Gear box + Roda Gigi
Teg, ijin ASTM A36	140 MPa
Faktor keamanan	1,5

Sumber Data: Data perhitungan spesifikasi teknis mesin yang diambil dari hasil desain dan perancangan mesin fermentasi dengan sistem drum berputar yang dilakukan dalam penelitian ini.

Penentuan Putaran Drum

Putaran drum ditentukan agar proses pencampuran biji kopi berlangsung merata tanpa menyebabkan kerusakan fisik pada biji. Putaran yang terlalu tinggi dapat menyebabkan biji pecah, sedangkan putaran yang terlalu rendah menyebabkan proses tidak optimal. Oleh karena itu, putaran drum ditetapkan berdasarkan pertimbangan teknis dan referensi literatur.

Perhitungan Putaran Drum

Putaran drum ditentukan agar kopi tercampur tanpa pecah.

Putaran rencana:

$$n = 2 \text{ rpm}$$

Kecepatan sudut:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 0,21 \text{ rad/s}$$

Nilai ini masih aman untuk pengeringan kopi.

Perhitungan Torsi Drum

Jari-jari drum:

$$r = \frac{D}{2} = 0,8 \text{ m}$$

Torsi:

$$T = W_{total} \times r = 7.897,05 \times 0,8$$

$$T = 6.317,64 \text{ Nm}$$

Analisis Ketebalan Dinding Drum

Ketebalan dinding drum ditentukan berdasarkan tegangan bending dan beban puntir yang bekerja yang terjadi akibat beban statis dan dinamis. Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan tegangan izin material dan faktor keamanan. Hasil analisis menunjukkan bahwa ketebalan dinding yang dirancang mampu menahan beban kerja tanpa mengalami deformasi berlebih.

Perhitungan Ketebalan Dinding Drum

Tegangan silinder tipis:

$$\sigma = \frac{p \cdot r}{t}$$

Dengan asumsi tekanan ekuivalen:

$$\begin{aligned} p &= \rho \cdot \omega^2 \cdot r^2 \\ p &= 561 \cdot 0,21^2 \cdot 0,8^2 \\ p &= 15,83 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Atau diambil asumsi beban terdistribusi merata

$$p = \frac{W_{total}}{A}$$

$$p = \frac{7.897,05}{0,785 \cdot 1,6^2} \approx 3929,7 \text{ N/m}^2$$

Maka tekanan pada drum dipakai 4000 N/m²

$$t = \frac{p \cdot r}{\sigma_{izin}}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{4000 \times 0,8}{140 \times 10^6} \\ t &= 0,022 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipilih tebal drum 2 mm (aman).

Perhitungan Kebutuhan Daya Motor

Daya motor dihitung berdasarkan torsi yang dibutuhkan untuk memutar drum dengan beban maksimum. Faktor keamanan diterapkan untuk mengantisipasi adanya beban tambahan dan kondisi kerja aktual. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa motor dengan daya tertentu (sesuai hasil analisis) sudah mencukupi untuk menggerakkan sistem secara aman.

Perhitungan Daya Motor

Daya teoritis:

$$\begin{aligned} P &= T \times \omega = 6.317,64 \times 0,21 \\ P &= 1,326,7 \text{ W} \end{aligned}$$

Dengan faktor keamanan 1,5 :

$$P_{motor} = 1,5 \times 1,326,7 = 1990 \text{ W}$$

Dipilih motor 3 Hp (746 W = 1000 W) agar aman.

Tabel 3. Perhitungan Daya

Parameter	Nilai
Torsi Drum	6.317,64 Nm
Kecepatan Sudut	0,21 rad/s
Daya Teoritis	1990 W
Faktor Keamanan	1,5
Daya Motor	3 Hp

Sumber Data: Data hasil perhitungan daya motor yang digunakan untuk menggerakkan drum berdasarkan torsi dan putaran yang telah dihitung dalam proses perancangan mesin pengering kopi

Perancangan Sistem Transmisi

Sistem transmisi dirancang untuk menyalurkan daya dari motor menggunakan Gear box untuk mereduksi putaran agar putaran sesuai dengan referensi dan diteruskan pada pinion gear menuju Gear pada drum ke drum. Putaran dari motor terlebih dahulu dihubungkan dengan menggunakan sabuk v.

Perhitungan Sistem Sabuk-V

Asumsi:

Putaran motor = 1.410 rpm

Putaran drum = 2 rpm

Rasio transmisi:

$$i = \frac{1410}{2} = 705$$

Karena rasio besar, digunakan:

Sabuk-V tahap pertama

Roda gigi tahap kedua

Tabel 4. Rekap Transmisi

No	Sistem	Ratio	Keterangan
1	Sabuk V	1 : 3,75	
	Pulley 1	Dia 4 in	
	Pulley 2	Dia 15 in	
2	Gear Box MHD 97-030-3-42	1 : 31,94	
3	Roda Gigi	1 : 8,13	
	Roda Gigi 1	Z = 15	
	Roda Gigi 2	Z = 122	Terikat pada Drum
	Total	973,78	

Sumber Data: Data perhitungan sistem transmisi yang digunakan dalam mesin pengering kopi, termasuk rasio transmisi sabuk-V dan roda gigi, yang dihitung berdasarkan perancangan sistem transmisi dalam penelitian ini

Analisa Putaran Drum

Dari ratio yang mendapatkan 1 : 973,78, didapat putaran drum

$$n = \frac{1410}{973,78} = 1,45 \text{ rpm}$$

Roda gigi digunakan untuk menyesuaikan rasio putaran agar sesuai dengan kebutuhan putaran drum. Gear dengan diameter besar terpasang pada drum terhubung dengan pinion Gear yang terpasang pada gear box, Perhitungan kekuatan gigi dilakukan untuk memastikan roda gigi mampu menahan beban torsi yang bekerja.

Perhitungan Kekuatan Roda Gigi (Sederhana)

Gaya tangensial:

$$F_t = \frac{2T}{d}$$

Asumsi diameter pitch gear = 1220 mm:

$$F_t = \frac{2 \times 6282,3}{1,22}$$

$$F_t = 10.298,85 \text{ N}$$

Nilai ini masih dalam batas aman untuk baja karbon standar.

Tabel 5. Hasil Pembahasan

Parameter	Nilai
Kapasitas kopi basah	750 kg/proses
Diameter drum	1600 mm
Panjang drum	1000 mm
Material drum	Plat ASTM A 36
Massa jenis kopi	561 kg/m ³
Putaran drum kerja	1,45 rpm
Sistem transmisi	Sabuk V, Gear Box, Roda Gigi
Ratio Gear	8,13
Ratio Roda Gear box	31,94
Ratio Roda Sabuk	3,75
Daya motor	3 Hp
Tebak drum	2 mm

Sumber Data: Hasil analisis teknis yang digunakan untuk membahas spesifikasi dan parameter mesin pengering kopi, yang diperoleh dari hasil perancangan dan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis teknis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa rancangan mesin fermentasi dan pengering kopi tipe drum berputar memenuhi persyaratan operasional dan kekuatan mekanis. Mesin ini dirancang dengan kapasitas pengolahan kopi sebesar 750 kg per batch, menggunakan drum dengan diameter 1600 mm dan ketebalan dinding (shell) sebesar 2 mm. Sistem penggerak menggunakan motor listrik dengan daya 3 HP yang dinilai cukup untuk mengoperasikan mesin dengan aman, bahkan dengan mempertimbangkan faktor keamanan sebesar 1,5 terhadap beban total. Putaran drum setelah melalui sistem reduksi putaran dengan gear ratio sebesar 8,13 menghasilkan kecepatan putar sekitar 1,45 rpm. Kecepatan ini tergolong aman untuk proses fermentasi dan pengeringan karena mampu menghasilkan pencampuran biji kopi yang merata tanpa menyebabkan kerusakan atau pecahnya biji kopi.

Selain itu, ketebalan dinding drum sebesar 2 mm dinilai telah memenuhi syarat kekuatan material untuk menahan beban statis maupun dinamis selama proses operasi. Sistem transmisi yang digunakan merupakan kombinasi antara sabuk-V, gear box, dan roda gigi yang berfungsi menurunkan putaran motor sekaligus mentransmisikan daya secara efektif menuju drum. Kombinasi sistem transmisi tersebut terbukti mampu menghasilkan putaran drum yang stabil sesuai dengan kebutuhan proses fermentasi dan pengeringan kopi. Secara keseluruhan,

rancangan mesin ini menunjukkan bahwa sistem mekanis yang digunakan relatif sederhana, kuat, dan mudah dioperasikan. Dengan spesifikasi teknis tersebut, mesin fermentasi dan pengereng kopi yang dirancang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi waktu proses pascapanen sekaligus menjaga konsistensi mutu biji kopi yang dihasilkan .

DAFTAR PUSTAKA

- Aria, A. J. (2020). Drying technology for coffee beans. *Journal of Food Engineering*, 234, 230–240.
- Boucher, P. W. (2019). The impact of drying on the quality of coffee beans. *Food Science and Technology*, 42(6), 1467–1474.
- Cohen, S. R. W., & J. D. (2019). Impact of drying conditions on the sensory qualities of coffee. *Food Chemistry*, 112(2), 461–465.
- Green, R. J. Y., & T. R. (2019). Mechanisms of coffee bean drying: An experimental study. *Journal of Thermal Science*, 35(9), 1102–1112.
- Jansen, A. W. (2019). Innovations in coffee bean drying technology. *Biosystems Engineering*, 168, 73–80.
- Klein, E. J. (2018). Comparative study of coffee drying methods. *Postharvest Biology and Technology*, 147, 23–30.
- Li, F. A. (2020). Sustainable energy use in coffee drying. *Renewable Energy*, 35(5), 987–995.
- M. S. M., dkk. (2021). Optimization of drying processes for coffee beans. *Energy Conversion and Management*, 120, 92–101.
- McLaren, D. J. S., & R. A. (2017). Innovations in coffee drying systems. *Biosystems Engineering*, 170, 47–56.
- Morrison, M. J. Z., & K. M. (2017). Rotary drying and its application in coffee processing. *Drying Technology*, 35(9), 1096–1108.
- Muller, B. S., & J. (2017). Design of rotary drum dryers. *Journal of Agricultural Engineering*, 45(3), 201–210.
- Nascimento, S. M., Duarte, C. R., & Barrozo, M. A. S. (2018). Analysis of the design loading in a flighted rotating drum using high rotational speeds. *Drying Technology*, 36(10), 1200–1208.
- Norton, R. L. (2014). *Machine design: An integrated approach* (penerbit belum tercantum — cek PDF, kemungkinan Pearson).
- Oliveira, P. R., Ferreira, S. S., & Mendes, J. A. (2021). Energy efficiency in coffee drying processes: A review. *Renewable Energy*, 164, 1058–1067.
- Perez, L. S. (2020). Advances in coffee drying technologies. *Journal of Food Engineering*, 236, 16–22.
- Ramírez, C. L. (2018). Modeling the heat transfer in a coffee drying drum. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66(8), 525–532.
- R. S. R., dkk. (2021). Improvement in coffee drying process: Energy efficiency and environmental impact. *Sustainability*, 13(6), 1878.
- Shigley, J. E., Budynas, R. G., & Mischke, C. R. (2011). *Mechanical engineering design* (penerbit belum tercantum — cek PDF, kemungkinan McGraw-Hill).
- V. L. G., dkk. (2020). Coffee drying: Performance evaluation of a rotating drum system. *Drying Technology*, 38(12), 1805–1814.
- Widyotomo, R. (2015). Teknologi pascapanen kopi. *Jurnal Penelitian Kopi dan Kakao*, 39(2), 67–76.