

Perancangan Mesin Pengering Biji Kopi Semi Otomatis Kapasitas 25 kg

Zian Nur Fauzi¹, Heri Widiatoro²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : zian.nur.tpkml7@polban.ac.id

²E-mail : heri.widiatoro@polban.ac.id

ABSTRAK

Produktivitas pertanian kopi di Indonesia terus meningkat sebesar 5,31% setiap tahunnya sehingga menuntut inovasi agar dapat mengimbangi permintaan dunia. Hambatan proses pengeringan biji kopi adalah faktor cuaca dan lamanya proses sekitar 10-14 hari, sehingga dirancang mesin pengering biji kopi agar petani kopi dapat melakukan produksi secara konsisten dan meningkatkan keuntungan. Metode yang dilakukan mulai dari perencanaan, perancangan konsep, perancangan detail sampai dokumentasi. Luaran yang dihasilkan berupa gambar kerja, *bill of material*, mekanisme kerja mesin dan model 3D. Pemilihan material yang digunakan mempertimbangkan fungsi serta nilai tegangan pada titik kritis. Perhitungan matematis tegangan dibandingkan dengan analisis *finite element method*. Tegangan lentur yang terjadi pada titik kritis kedudukan tabung, *screw mixer* dan plat kedudukan motor masing-masing sebesar 22,12 Mpa, 35,8 Mpa dan 36,4 Mpa serta tegangan geser yang terjadi sebesar 0,84 Mpa, 0,35 Mpa dan 0,15 Mpa. Tegangan di titik kritis tidak melebihi tegangan izin material sehingga tidak berpengaruh besar pada fungsi mesin. Proses memutar biji kopi memerlukan daya sebesar 210,5 Watt sehingga digunakan motor dengan daya 0.5 HP (sekitar 373 Watt) supaya spesifikasi motor tersebut mudah didapat di pasaran. Kelebihan dari rancangan ini diantaranya dapat menggunakan energi listrik maupun biomassa, konstruksi sederhana, mudah dipindahkan dan mengeluarkan biji kopi dari dalam tabung.

Kata Kunci

Biji kopi, tegangan, energi dan mesin pengering

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara ke-empat penghasil kopi terbesar di dunia dengan menghasilkan sebanyak 760.963 ton kopi pada tahun 2019. Sejak tahun 2016, diperkirakan angka tersebut meningkat tiap tahunnya sebesar 5,31% [1]. Dusun Cipariuk yang berlokasi di Kabupaten Sumedang memiliki UMKM yang bergerak di bidang pertanian biji kopi sekaligus sebagai mitra dalam kegiatan ini dengan nama Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH) Hurip Raharja. Mitra tersebut dapat menghasilkan setidaknya 50 ton biji kopi / tahun. Hal tersebut menggambarkan betapa potensialnya pertanian biji kopi di Indonesia serta menggambarkan penyebaran kebun kopi yang sangat luas.

Biji kopi masih mengalami proses yang cukup panjang untuk menghasilkan kopi bubuk siap konsumsi. Proses tersebut mulai dari pengupasan, pengeringan, penyangraian dan penggilingan yang kebanyakan masih menggunakan metode konvensional. Upaya dan inovasi terus dilakukan tidak hanya terbatas pada meningkatkan jumlah produksi namun mengubah proses produksinya agar bisa lebih efisien.

Pengeringan pada biji kopi bertujuan untuk mencegah mikroorganisme maupun senyawa kimia yang dapat merusaknya [2]. Biji kopi harus dikeringkan sampai memiliki kadar air 12,5% sehingga dinyatakan layak oleh Standar Nasional Indonesia [3]. Proses

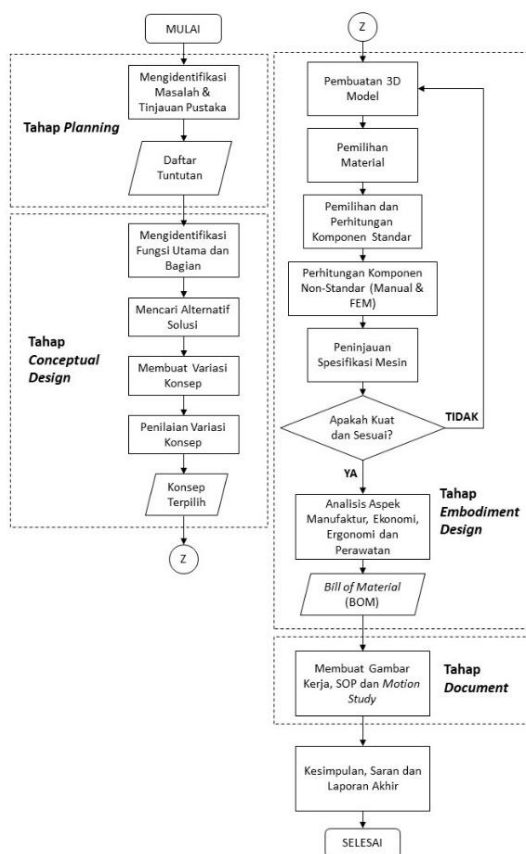
pengeringan dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara yang disarankan antara 1,5 sampai 2 m/s; suhu pengeringan yang disarankan antara 50 - 55°C; dan kelembaban relatif [4].

Proses pengeringan konvensional dilakukan dengan menjemur biji kopi dibawah sinar matahari dengan durasi 10-14 hari [2] dan bergantung pada kondisi cuaca. Hal tersebut menjadi alasan pentingnya membuat mesin yang dapat membantu proses pengeringan. Penggunaan mesin pengering dapat mempercepat waktu pengeringan serta membuat petani tidak lagi menggantungkan proses pengolahan biji kopi terhadap kondisi cuaca sehingga meningkatkan produktivitas dan efisiensi pengeringan biji kopi. Hal yang dikembangkan pada mesin dalam rancangan ini diantaranya pemanfaatan energi paling hemat; penyederhanaan konstruksi; mempermudah mekanisme pengeluaran biji kopi; dan mempermudah mesin untuk dipindahkan.

Hal yang akan dibahas pada tulisan ini adalah proses perancangan mulai dari penentuan daftar tuntutan; pemilihan mekanisme kerja mesin; pemilihan komponen dan material pada mesin; dokumentasi mesin berupa penunjukan komponen pada model 3D; serta perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk membuat satu unit mesin pengering biji kopi.

2. METODOLOGI

Metode penelitian dilakukan berdasarkan tahapan yang terdapat pada buku *Engineering Design Third Edition* karya Pahl & Beitz [5] mulai dari perencanaan, perancangan konsep, perancangan detail sampai ke pembuatan dokumentasi dengan *flowchart* pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* metodologi

Tahap *planning* berisi pencarian referensi yang berkaitan dengan permasalahan, identifikasi fungsi umum, uraian pengoperasian mesin, kajian kebutuhan dan kajian produk di pasaran. Kajian kebutuhan dilakukan dengan survey langsung ke mitra. Luaran dari tahap *planning* ini adalah daftar tuntutan (*requirement list*) dari mesin.

Tahap *conceptual design* dimulai dengan menentukan fungsi utama dan fungsi bagian menggunakan *blackbox*. Fungsi bagian dijabarkan kembali dalam alternatif solusi bagian dan morfologi. Beberapa variasi konsep selanjutnya dibuat berdasarkan perpaduan solusi bagian. Luaran dari tahap ini adalah konsep terbaik yang dipilih berdasarkan *user* dan *manufacture criteria*.

Tahap *embodiment design* berisi pemilihan dan perhitungan komponen. Perhitungan dilakukan beriringan dengan pembuatan model 3D dari mesin sehingga dimensi dapat disesuaikan dengan baik. Analisis *Finite Elemen Method* dilakukan dengan

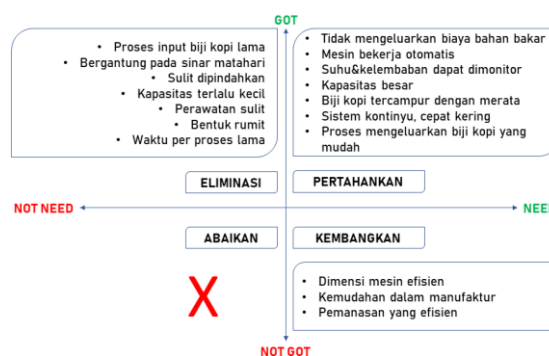
aplikasi ANSYS pada beberapa komponen. Komponen yang telah dianalisis dan disimpulkan aman, selanjutnya akan ditinjau aspek manufaktur, ekonomi, ergonomi, dan aspek perawatannya. Hasil analisis yang dinyatakan tidak aman menyebabkan proses pemilihan material kembali ke tahap perhitungan. Luaran dari tahap *embodiment design* adalah *bill of material* (BOM) dan spesifikasi dari mesin pengering biji kopi.

Dokumentasi yang dilakukan pada kegiatan ini adalah membuat prinsip kerja mesin dan membuat gambar kerja. Dokumen ini merupakan kelengkapan yang sangat penting agar rancangan mesin dapat direalisasikan serta menunjukkan bahwa mesin sudah layak dibuat dan dirakit.

3. PROSES DAN HASIL

Identifikasi Masalah

Daftar tuntutan pada tahap perencanaan dihasilkan dari identifikasi masalah. Identifikasi dilakukan pada penelitian sejenis, produk yang berada di pasaran serta hasil wawancara dengan LMDH Hurip Raharja. Hasil identifikasi tersebut berupa permasalahan yang disajikan dalam matriks *Customer Window* yang ditampilkan pada Gambar 2. Matriks ini berfungsi sebagai *tools* untuk memahami ekspektasi pelanggan dan kebutuhan pasar. *Customer Window* tersebut digunakan sebagai gambaran yang perlu dieliminasi, diabaikan, dipertahankan maupun dikembangkan dari *existing product* dan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.



Gambar 2. Matriks *customer window*

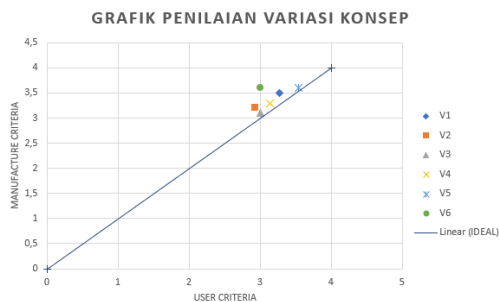
Berdasarkan identifikasi awal yang telah dilakukan, didapatkan beberapa daftar tuntutan dari mesin pengering biji kopi semi otomatis diantaranya: kapasitas mesin pengering biji kopi 25 Kg untuk satu kali proses; komponen yang bersentuhan dengan biji kopi memiliki material dengan kualitas *foodgrade*; dapat mencapai suhu pemanasan 50-55°C; memiliki putaran 6-20 RPM; daya untuk menjalankan mesin tidak lebih dari 900 Watt; *safety*; hemat biaya penggunaan energi; mudah dipindahkan; serta dapat memonitor kadar air biji kopi.

Perancangan Konsep

Perancangan konsep diawali dengan memetakan fungsi pada *blackbox* sehingga menghasilkan fungsi utama dan bagian. Fungsi bagian dideskripsikan dan dikelompokkan pada tabel morfologi sehingga menghasilkan 6 buah variasi konsep berupa sketsa. Sketsa tersebut selanjutnya diseleksi berdasarkan *user* dan *manufacture criteria* untuk menghasilkan satu konsep terbaik. *User criteria* berisi penilaian terhadap kemudahan pengoperasian dan perawatan; harga jual; hasil produk biji kopi; keamanan; dan kehandalan. *Manufacture criteria* berisi ketersediaan bahan; waktu pengerjaan; kemudahan pembuatan dan pemasangan; serta biaya pembuatan.

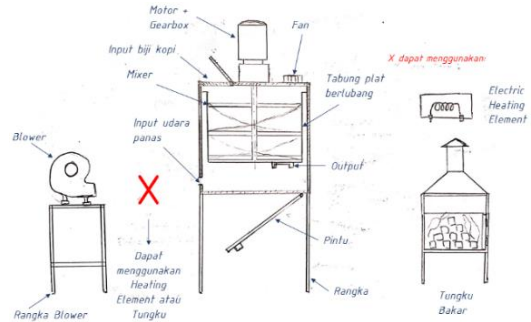
Variasi konsep 1 berbentuk tabung kerucut vertikal dengan pengaduk konikal dan pemanas *burner*. Variasi konsep 2 merupakan tabung horizontal dengan pengaduk jenis sirip dan pemanas *burner*. Bentuk tabung variasi konsep 3 adalah horizontal tanpa dilengkapi dengan pengaduk namun bercampur akibat tabungnya yang berputar serta menggunakan *electric heating element*. Variasi 4 dan 5 memiliki tabung horizontal dengan pengaduk sirip pada variasi 4 dan pengaduk *screw* pada variasi 5. Perbedaan lainnya adalah variasi 5 memiliki alternatif sumber energi pemanas yaitu listrik maupun biomassa. Variasi 6 berbentuk kabinet dengan sistem tumpuk dan pemanas menggunakan *electric heating element*.

Hasil penilaian menunjukkan variasi konsep 5 sebagai konsep terpilih karena dinilai paling ideal. Perbandingan hasil penilaian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik *user vs manufacture criteria*

Konsep terpilih diperlihatkan oleh Gambar 4. Poros *screw mixer* pada konsep ini terhubung secara langsung (paralel) dengan *gearbox* motor sehingga tidak digunakan sistem transmisi lain. *Bearing* dan *adaptor sleeve* digunakan sebagai landasan putar sekaligus mencekam poros agar tidak bergeser. Konsep ini menggunakan dua alternatif sumber energi pemanas yaitu listrik dan biomassa sehingga dapat lebih menghemat biaya penggunaan energi. Komponen utama mesin ini terbagi menjadi tiga yaitu *blower*, pemanas dan tabung pengering. Ketiga komponen tersebut dapat dilepas pasang dengan mudah sehingga proses pemindahan dan penyimpanan menjadi mudah.



Gambar 4. Konsep terpilih

Perhitungan Tegangan

Perhitungan tegangan dilakukan beriringan dengan pemilihan komponen standar dan non-standar serta pembuatan model 3D menggunakan *software Solidworks*. Tujuan dari perhitungan ini adalah menentukan kuat atau tidaknya komponen dalam menahan beban kritis. Tegangan yang melebihi nilai tegangan tarik izin material akan berujung pada dua opsi tindakan yaitu mengganti penggunaan material atau *improvement* dimensi komponen yang menopang beban. Validasi hasil perhitungan secara matematis akan dibandingkan dengan analisis menggunakan *software ANSYS*.

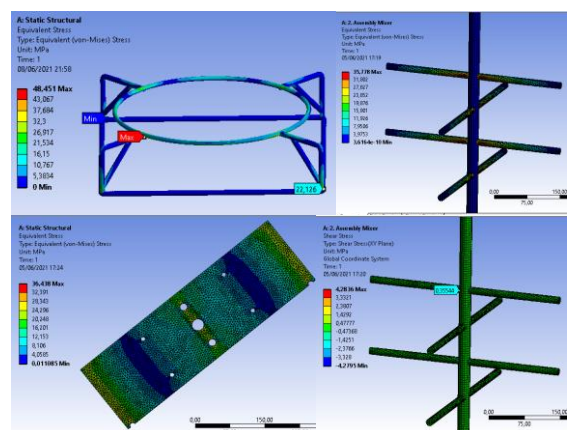
Tegangan lentur:

$$\sigma = \frac{M_{maksimal}}{W_b} = \frac{M_{maksimal}}{\frac{I_x}{y}} \quad (1)$$

Tegangan geser:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Gambar 5. menunjukkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan ANSYS. Perhitungan secara matematis dianggap valid karena perbedaan nilai yang terjadi hanya memiliki *error* sebesar 4,3% jika dibandingkan dengan hasil perhitungan ANSYS. Tegangan yang terjadi tidak melebihi tegangan izin material BJTP24 sebesar 240 Mpa [6] dan SS304 sebesar 270 Mpa [7].



Gambar 5. Hasil analisis ANSYS

Perhitungan tegangan tersebut memberi kesimpulan bahwa material dan dimensi yang dipilih pada mesin sudah cukup dan sesuai. Ringkasan data perhitungan tegangan yang terjadi diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan tegangan

No	Komponen (material)	Tegangan Lentur (Mpa)		Tegangan Geser (Mpa)		Tegangan Tarik Izin (Mpa)
		Matematis	ANSYS	Matematis	ANSYS	
1	Dudukan Tabung (BJTP24)	21,27	22,12	0,83	0,84	240
2	Screw Mixer (SS304)	36,4	35,8	0,36	0,35	270
3	Plat Dudukan Motor (SS304)	35,35	36,4	0,13	0,15	270

Motor, Gearbox dan Energi Pengeringan

Kapasitas mesin dapat menampung 25 kg biji kopi dengan asumsi beban terbagi rata pada 8 poros pengaduk. Jarak titik tumpu ke titik gaya adalah 201 mm sehingga dengan data tersebut, torsi yang dibutuhkan untuk memutar sistem sebesar 100,5 Nm.

Daya yang dibutuhkan untuk mengaduk adalah:

$$P = \frac{T \times 2\pi \times n}{60} = \frac{100,5 \times 2\pi \times 20}{60} = 210,5 \text{ Watt} \quad (3)$$

Keterangan:

P : Daya (Watt)

T : Torsi (Nm)

n : Putaran pengaduk (RPM)

Berdasarkan perhitungan tersebut, dipilihlah daya motor 0,5 HP atau sebesar 373 Watt. Hal itu bertujuan supaya daya cukup untuk menggerakkan mesin dan agar motor mudah didapat di pasaran.

Gearbox yang digunakan adalah jenis *parallel shaft helical gear reductor* tipe FAF27 yang memiliki *maximum output torque* 130 Nm sehingga dapat memenuhi torsi minimum yang diputihkan untuk memutar biji kopi serta memiliki diameter lubang $\varnothing 25^{H7}$. *Input speed* dari motor adalah 1400 RPM dan direduksi oleh gearbox dengan rasio 63,86 [8] sehingga memiliki putaran poros sebesar 19,7 RPM.

Putaran dari gearbox ke poros akan diteruskan dengan memanfaatkan pasak benam berbahan SNC21 berukuran 24 mm × 8 mm × 7 mm. Rangkaian bantalan yang akan digunakan adalah *pillowblock* UKFL 206 dan *adaptor sleeve* tipe H2306 untuk shaft dengan $\varnothing 25$ mm.

Gambar 6. menunjukkan *assembly* dari *pillowblock* dan *adaptor sleeve*.



Gambar 6. *Assembly* UKFL 206 & H2306 [9]

Total energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan sebanyak 25 kg biji kopi didapat dari kalkulasi energi untuk pemanasan kopi (Q_t), energi untuk pemanasan air kopi (Q_w), energi penguapan air kopi (Q_l) dan kehilangan energi melalui dinding ruang pengering (Q_{lw}). Perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan total energi pengeringan biji kopi sebagai berikut:

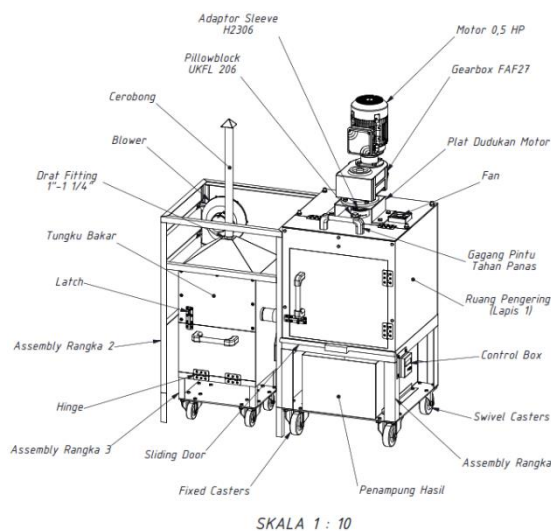
$$Q_{total} = Q_t + Q_w + Q_l + Q_{lw} \quad (4)$$

$$Q_{total} = 3037,8 + 1588,0 + 15721,2 + 21450$$

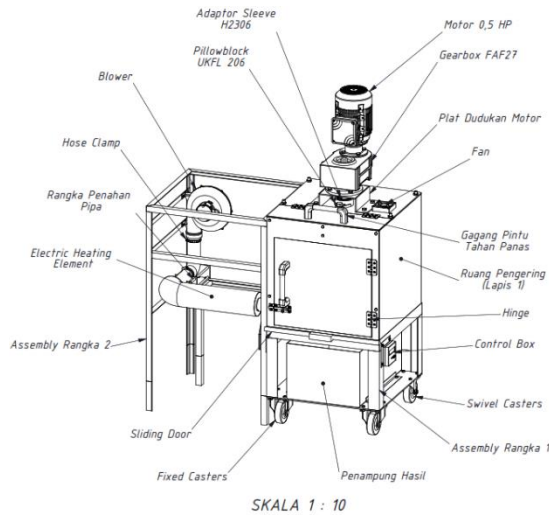
$$Q_{total} = 41797 \text{ kJ}$$

Konstruksi dan Spesifikasi Mesin

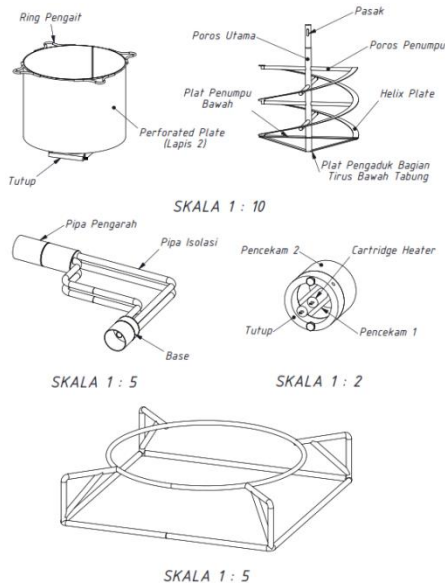
Konstruksi mesin pengering biji kopi diperlihatkan oleh model 3D pada Gambar 7 dan 8. Gambar tersebut menunjukkan pandangan *dimetric* gambar kerja disertai penamaan komponen-komponen yang penting pada mesin pengering biji kopi. Komponen penting lainnya yang tidak terlihat di Gambar 7 dan 8 terdapat pada Gambar 9.



Gambar 7. Penamaan komponen pada ruang pengering dengan tungku bakar



Gambar 8. Penamaan komponen pada ruang pengering dengan *electric heating element*



Gambar 9. Komponen lainnya

Rangkaian proses perancangan yang telah dilakukan menghasilkan spesifikasi mesin yang dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi mesin

No.	Keterangan	Spesifikasi Komponen
1	Fungsi	: Mengeringkan biji kopi
2	Kapasitas Produksi	: ± 25 kg biji kopi/proses
3	Motor Listrik	: 0,5 HP ; 1400 RPM
4	Gearbox	: 1 : 63,86
5	Putaran Pengaduk	: ± 19,7 RPM
6	Dimensi Total	: 1443 × 1075 × 518 mm
7	Berat total	: ± 123,5 (<i>assembly 1</i>) & ± 107,6 kg (<i>assembly 2</i>)
8	Daya Total Mesin	: 825 Watt (tidak > 900 Watt)
9	Harga Produksi	: Rp10.465.823,-
10	Fitur Tambahan	: Casters (roda)

Analisis Harga Produksi Mesin

Harga mesin dihitung berdasarkan beberapa jenis pengeluaran. Biaya bahan baku merupakan rincian material yang digunakan namun masih harus melalui proses manufaktur terlebih dahulu. Komponen standar dapat langsung dibeli di pasaran dan digunakan pada mesin. Beban mesin adalah biaya untuk membeli mesin produksi maupun menyewa sarana. Beban pekerja merupakan biaya yang harus dibayarkan untuk jasa pembuatan. Beban listrik merupakan penggunaan daya listrik selama proses manufaktur. Beban biaya lain adalah biaya tambahan maupun tidak terduga selama proses produksi. Tabel 3. merupakan rincian biaya yang dibutuhkan untuk membuat satu unit mesin pengering biji kopi.

Tabel 3. Rincian biaya produksi

Jenis Pengeluaran	Harga (Rp)
Bahan Baku (Part Non Standar)	2.014.374
Komponen Standar	5.159.917
Beban Mesin	1.512.761
Beban Pekerja	1.380.368
Beban Listrik	91.654
Beban biaya lain	306.748
TOTAL	10.465.823

Prinsip Kerja

Udara panas dihasilkan oleh tungku bakar dan *electric heating element* lalu dihembuskan ke ruang pengering oleh *blower*. Ruang pengering terdiri dari dua lapis plat yaitu untuk isolasi udara panas dalam ruang dan penampung biji kopi. Lapis pertama merupakan plat berbahan SS304 sedangkan penampung biji kopi merupakan plat SS304 berlubang dengan Ø4 mm (*perforated plate*) berbentuk tabung dan tirus di bagian bawahnya.

Biji kopi diaduk oleh *screw mixer* akibat meneruskan putaran dari *gearbox* sehingga biji kopi terus teraduk dan pengeringan terjadi secara merata. Kelembapan dalam ruang pengering dikontrol oleh *fan* yang menghisap udara lembap dari ruang pengering dan mengeluarkannya ke arah atas ruang pengering.

Arduino UNO digunakan sebagai mikrokontroler. Sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu dan kadar air dari biji kopi sehingga dapat ditampilkan pada LCD [10]. *Control Box* memiliki dua *push button* yang berfungsi menyalakan dan mematikan mesin serta mengaktifkan fungsi mati otomatis berdasarkan hasil pembacaan sensor DHT22. Fungsi mati otomatis akan terjadi apabila biji kopi telah mencapai kadar air 12,5%. Suhu akan dijaga pada rentang 50-55°C memanfaatkan hasil pembacaan sensor DHT22.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Mesin pengering biji kopi semi otomatis berfungsi untuk menurunkan kadar air yang dikandung oleh biji kopi sampai ke nilai 12,5%. Mesin ini memiliki kapasitas 25 kg biji kopi setiap prosesnya. Biaya yang dibutuhkan untuk membuat satu unit mesin ini adalah Rp10.465.823. Energi yang dapat digunakan sebagai sumber pemanas pada mesin ini adalah energi listrik maupun biomassa. Evaluasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa mesin sudah dapat memenuhi daftar tuntutan dan keinginan mitra di LMDH Hurip Raharja. Rancangan mesin ini memiliki kelebihan konstruksi sederhana, mudah mengeluarkan biji kopi dari dalam tabung serta mudah dipindahkan.

Saran terhadap pengembangan yang dapat dilakukan pada mesin ini adalah memberi alat bantu untuk proses pengangkutan biji kopi setelah dikeringkan. Proses pengeringan seharusnya dilakukan di tempat yang datar untuk menghindari roda pada mesin bergerak dengan sendirinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. P. R. Indonesia, "Produksi Kopi Menurut Provinsi di Indonesia , 2015-2019 Coffee Production by Province in Indonesia , 2015-2019," vol. 2019, p. 2019, 2019, [Online]. Available: pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61.
- [2] C. Noviansyah, "Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Ruang Pengering Biji Kopi Tipe Cabinet Dryer," Universitas Lampung, 2015.
- [3] Standar Nasional Indonesia, "Biji Kopi SNI 2907:2008," 2008, [Online]. Available: http://www.cctcid.com/wp-content/uploads/2018/08/SNI_2907-2008_Biji_Kopi-1.pdf.
- [4] E. Yani and Suryadi Fajrin, "KARAKTERISTIK PENGERINGAN BIJI KOPI BERDASARKAN VARIASI KECEPATAN ALIRAN UDARA PADA SOLAR DRYER," vol. 20, 2013.
- [5] K. PAHL, G., BEITZ, W., FELDHSUN, J. GROTE, *Engineering Design*, 3rd ed. London: Springer, 2003.
- [6] G. S. Budi, "PENGUJIAN KUAT TARIK DAN MODULUS ELASTISITAS TULANGAN BAJA (KAJIAN TERHADAP TULANGAN BAJA DENGAN SUDUT," 1983.
- [7] K. A. Santoso, "Analisa Pengaruh Laju Korosi Plat Baja ST 40 Dan Stainless Steel 304 Terhadap Larutan Asam Sulfat," *Majamecha Univ. Islam Majapahhit*, vol. 1, no. 1, pp. 24–35, 2019.
- [8] SEW EURODRIVE, *Servo Gear Units*, 4th ed. 2009.
- [9] SKF, *UKFL 206 K/H Oval flanged ball bearing units*. 2021.
- [10] D. S. Sihotang, "PERANCANGAN ALAT UKUR KADAR AIR PADA BIJI KOPI DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR YL-69 BERBASIS ARDUINO," Universitas Sumatera Utara, 2019.