

Rekayasa Ulang Mesin Sangrai Kopi Kapasitas 10 Kg Menggunakan Mekanisme Konveksi

Prasetyo^{a)}, Tantan Sholahuddin, Devi Eka Septiani, Ilham Azmy, Musyafak

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 40559, Indonesia

E-mail: ^{a)}prasetyo@polban.ac.id

Received: 10 Oktober 2022 Revision: 24 November 2022 Accepted: 7 Januari 2023

Abstrak: Proses sangrai kopi adalah proses yang sangat penting sebelum proses *grinder*. Proses sangrai menciptakan rasa, aroma, kadar air, kadar kafein dan keasaman dalam biji kopi. Petani kopi Lembaga Masyarakat Desa Kopi (LMDH) menggunakan mesin sangrai kopi tipe rotari dalam proses penyangraian kopi secara konduksi. Namun, mesin sangrai yang digunakan memiliki beberapa kekurangan yang berdampak pada kualitas hasil sangrai yang tidak merata (warna *medium* /coklat tua 10% dan *dark* 90%). Sehingga dilakukan proses rekayasa ulang dalam rangka menghasilkan hasil sangrai yang diinginkan. Rekayasa ulang ini akan dirancang mesin sangrai dengan menggunakan metode pemanasan konveksi. Berdasarkan buku Pahl & Beitz proses perancangan terbagi dalam tiga tahapan yaitu: kajian produk eksisting, langkah perancangan konsep alat dan tahap *embodiment design*. Langkah kajian produk eksisting berupa identifikasi masalah terhadap mesin yang sudah ada di lapangan. Tahap perencanaan konsep, *brainstorming* untuk mendapatkan konsep rancangan yang optimal. Tahap perencanaan detail, perhitungan bagian kritis dalam desain. Luaran dari penelitian ini berupa konsep rancangan rekayasa ulang, implementasi hasil rancangan serta pengujian lapangan terhadap mesin sangrai kopi. Rancangan mesin sangrai menggunakan 1 buah silinder yang dipanaskan secara konduksi serta 1 buah silinder berlubang tempat penyimpanan biji kopi dengan jarak 5 mm antar kedua silinder. Kopi diputar di dalam silinder menggunakan tabung berlubang yang diputar sehingga kopi dapat tersangrai sempurna. Konsep rancangan terpilih menggunakan motor dengan daya 0.3 Kw, gearbox dengan ratio 1:20, luaran putaran 70 rpm, diameter poros 30 mm dan bantalan yang kuat bertahan sampai 5 tahun. Hasil pengujian menunjukkan sangrai biji kopi dengan rasio warna *medium* (coklat tua) sebesar 70% *medium* (coklat tua) dan 30% *light* (coklat muda), dengan temperatur ruang 200 °C serta waktu pemanasan sebesar 21 menit untuk berat kopi seberat 10kg. Komsumsi energi yang digunakan selama proses penyangraian sebesar 0,105 kWh.

Kata Kunci: Rekayasa Ulang; Sangrai; Pahl & Beitz.

Abstract: The coffee roasting process is a very important process before the grinder process. The roasting process creates the taste, aroma, water content, caffeine content and acidity in the coffee beans. Coffee farmers from the Coffee Village Community Institute (LMDH) use a rotary-type coffee roaster in the conduction coffee roasting process. However, the roasting machine used has several drawbacks which result in uneven roast quality (medium/ dark brown color 10% and dark 90%). So a reverse engineering process is carried out in order to produce the desired roasted results. This reverse engineering will design a roasting machine using the convection heating method. Based on Pahl & Beitz's book, the design process is divided into three stages: review of existing products, tool concept design steps and embodiment design stages. The existing product review step is in the form of identifying problems with existing machines in the field. Concept planning stage, brainstorming to get the optimal design concept. Detail planning stage, calculation of critical parts in the design. The outputs of this research are re-engineering design concepts, implementation of the design results and field testing of coffee roasting machines. The design of the roasting machine uses 1 cylinder which is heated by conduction and 1 hollow cylinder where the coffee beans are stored with a distance of 5 mm between the two cylinders. Coffee is rotated in a cylinder using a perforated tube which is rotated so that the coffee can be roasted perfectly. The selected design concept uses a motor with a power of 0.3 Kw, a gearbox with a ratio of 1:20, an output rotation of 40 rpm, a shaft diameter of 30 mm and strong bearings that last up to 5 years. The results show roasted coffee beans with a medium (dark brown) color ratio of 70% medium (dark brown) and 30% light with a room temperature of 200 °C and a heating time of 21 minutes for 3kg of coffee weight. Energy consumption used in roasting process is 0,105 kWh.

Keywords: Reverse Engineering; Roasting; Pahl & Beitz.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu penghasil kopi terbesar ke-4 pada tahun 2015, dengan masing-masing Kolombia urutan ke-3 diikuti Vietnam pada urutan ke-2 serta Brazil pada urutan pertama [1], [2]. Berdasarkan data Direktorat Pertanian, Indonesia menghasilkan kopi sebesar 639.305 ton pertahun [3], serta mengekspor 1.240.000 ton setiap bulannya pada tahun 2016 [4].

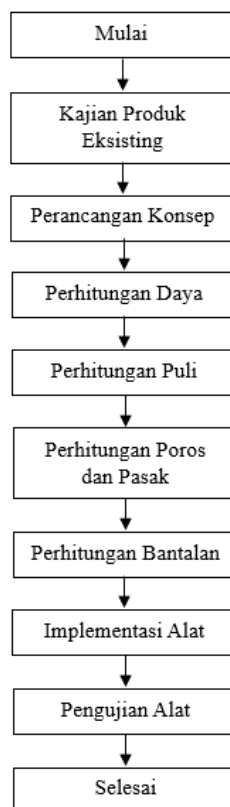
Pengolahan biji kopi menjadi bubuk kopi melalui proses penyangraian, pendinginan serta penggilingan [5]. Kualitas hasil penyangraian biji kopi dipengaruhi oleh temperatur dan waktu saat proses penyangraian.

Dusun Cipariuk Kabupaten Sumedang merupakan daerah penghasil kopi, dengan mayoritas penghasilan penduduk sekitar dengan bertani biji kopi. Eksisting alat sangrai yang ada pada petani Dusun Cipariuk saat ini masih terkendala dari segi kualitas hasil sangrai, di mana hasil kopi yang diinginkan dengan warna *medium* (coklat tua) dan aktual saat ini didapatkan biji kopi berwarna *medium* (coklat tua) 10% serta *dark* 90% dengan temperatur pemanasan 100°C (diukur pada bagian plat *stainless steel*) serta waktu 10 menit, konsumsi energi pada selama proses penyangraian sebesar 0,05 kWh. Eksisting alat sangrai menggunakan metode konduksi melalui pemanasan dengan menggunakan kompor gas sebanyak 2 buah. Biji kopi tersangrai secara langsung melalui perantara plat *stainless steel*. Proses penyangraian pada eksisting alat saat ini menggunakan mesin dengan tipe rotari. Namun, mesin sangrai yang digunakan memiliki beberapa kekurangan antara lain: plat pengaduk menggunakan plat pengaduk dua bilah, ruang antara plat pengaduk dengan silinder terlalu besar sehingga kopi tidak tercampur sempurna, silinder dibuat fix menyebabkan perawatan mesin sulit dilakukan, dan pembakaran dilakukan secara konduksi.

Menurut widodo dkk, Proses penyangraian yang baik untuk menghasilkan hasil kopi dengan warna *medium* (coklat tua) berada pada temperatur 220°C dengan cara metode pemanasan konveksi [6].

METODOLOGI

Metodologi penyelesaian masalah menggunakan metode Pahl & Beitz [7]. Metode Pahl & Beitz ini terbagi dalam beberapa tahap antara lain : pengkajian produk eksisting yang ada, tahap perencanaan konsep dan tahap *embodiment design* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tabel 1. Material Mesin Sangrai Kopi

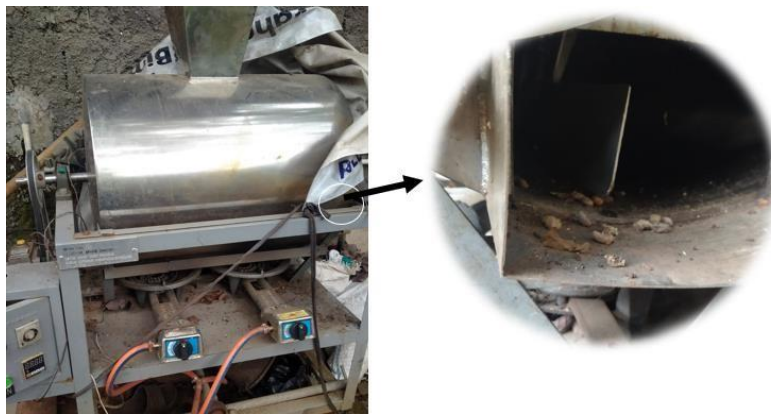
No	Material
1	Plat SS 304 1 mm
2	Cast Iron
3	AISI 1045
4	Mur dan Baut
5	Selang Gas
6	LPG 3 Kg
7	Karet Sabuk-V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian Produk Eksisting










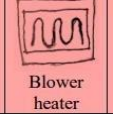
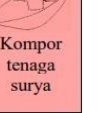
Rangka produk eksisting menggunakan profil L dan kuat menahan beban. Sumber panas yang digunakan berasal dari kompor yang disalurkan dari tabung gas LPG. Proses penyangraian terjadi pada silinder horisontal dengan diameter 500 mm dan panjang 700 mm. Plat di dalam silinder yang ditumpu oleh poros berfungsi sebagai pengaduk kopi. Pemanasan dilakukan secara konduksi, dengan kata lain kopi di dalam silinder langsung terkena panas dari api melalui plat *stainless steel*.





Material yang digunakan sebagian besar adalah *stainless steel*. Kelebihan dari material tersebut adalah tahan karat sehingga aman digunakan ketika material bersentuhan dengan kopi. Proses pembuatan alat antara lain *cutting, welding, turning, dan drilling*. Error! Reference source not found. merupakan mesin sangrai eksisting.

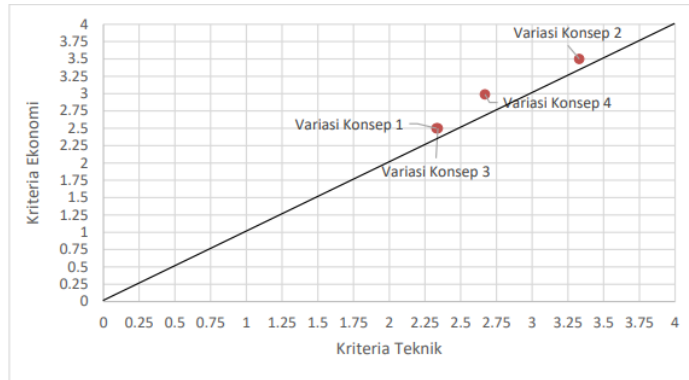
**Gambar 2.** Produk Eksisting

Perancangan Konsep

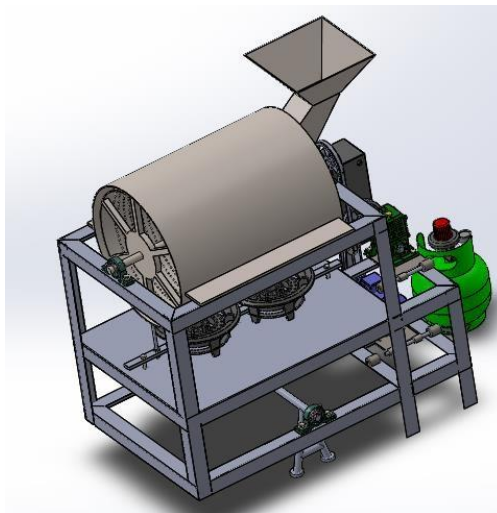
Rancangan konsep dibuat berdasarkan metode perancangan dalam buku *Engineering Design* karya Pahl & Beitz [7]. Pertama membuat diagram fungsi berdasarkan interaksi komponen utama yang meliputi aliran material, energi, dan sinyal. Diagram fungsi mesin sangrai kopi dapat dikelompokkan menjadi fungsi pengaduk, pemanas dan penampung. Selanjutnya mengembangkan masing-masing sub-fungsi yang sudah ditentukan dalam diagram fungsi. Berdasarkan kombinasi seperti ditunjukkan Tabel 2 Tabel morfologi serta Gambar 3 Penilaian Variasi Konsep maka didapatkan konsep terpilih yang dinilai melalui kriteria ekonomi dan kriteria teknik. Konsep terpilih ditunjukkan pada Gambar 4 Rancangan Variasi Konsep 2.

Fungsi Bagian	Prinsip Kerja			
	1	2	3	4
A Mengarahkan	 Hopper	 Concave	-	-
B Menampung	 Silinder horizontal	 Kubus	 Silinder vertikal	-
C Memutar	 Poros pengaduk	 Silinder putar	-	-
D Memanaskan	 Kompor	 Heater	 Blower heater	 Kompor tenaga surya

- Variasi Konsep 1 : 
- Variasi Konsep 2 : 
- Variasi Konsep 3 : 
- Variasi Konsep 4 : 



Gambar 3. Penilaian Variasi Konsep



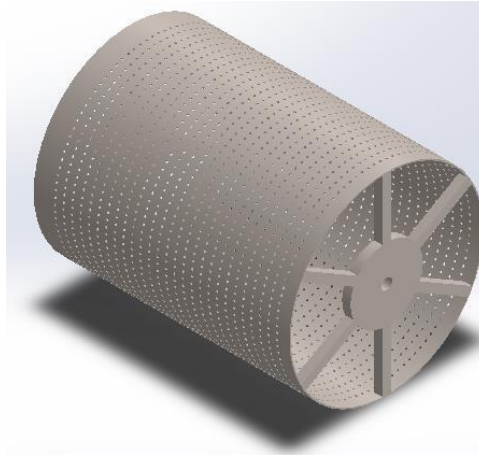
Gambar 4. Rancangan Variasi Konsep 2

Perancangan Detail

Perancangan detail berisi tentang komponen hasil rekayasa ulang dalam penelitian ini disesuaikan dengan penggunaan persamaan-persamaan sesuai perhitungan.

Perhitungan Daya

Pengaduk kopi yang dipilih adalah silinder berlubang yang berputar. Silinder tersebut berfungsi sebagai penampung sekaligus penyangrai kopi. silinder menerima beban 10 Kg dari massa kopi. Silinder berlubang dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Silinder Berlubang

Daya pengaduk dapat diperoleh menggunakan persamaan (1) berdasarkan jurnal yang ditulis oleh Muhammad Naufal Al Ghani [8].

$$P = \frac{r \times 2\pi \times n}{60} = \frac{22.36 \times 2\pi \times 70}{60} = 163.82 \text{ Watt}$$

Keterangan:

- P : Daya (Watt)
- r : Torsi (Nm)
- n : Putaran (rpm)

Berdasarkan persamaan (1) maka dipilih motor AC dengan daya *output* sebesar 0.3 Kw, *gearbox* dengan ratio 1:20 dan putaran luaran hasil reduksi *gearbox* sebesar 70 rpm.

Perhitungan Transmisi

Transmisi digunakan untuk mereduksi putaran motor terhadap poros karena putaran yang diinginkan adalah 70 rpm [9], [10]. Transmisi yang digunakan adalah transmisi puli dengan sabuk-V. Keunggulan dari puli dengan sabuk-V ini adalah harga yang relatif murah dan kecil kemungkinan terjadinya slip. Perhitungan sabuk-v berdasarkan buku Elemen Mesin karya Sularso [11]. Dari referensi tersebut didapat diameter puli kecil yang dianjurkan adalah 145 mm. Untuk menentukan diameter puli besar dapat menggunakan persamaan (2).

$$D_p = dp \times i = 145 \times 1.75 = 253.75 \text{ mm}$$

Keterangan:

- D_p : Diameter Puli Besar (mm)
- dp : Diameter puli Kecil (mm)
- i : Pembagian putaran motor dengan putaran yang diinginkan

Perhitungan Poros dan Pasak

Stainless steel 304 digunakan sebagai material poros dan pasak. Untuk menentukan diameter minimum poros dapat menggunakan persamaan (3).

$$d = \left[\frac{5,1}{r_a} \sqrt{(C_b \cdot m)^2 + (K_t \cdot T)^2} \right]^{1/3}$$

Keterangan:

- d : Diameter Poros (mm)
 r_a : Tegangan Geser (kg/mm²)
 C_b : Faktor Lenturan
 m : Momen (Kgmm)
 K_t : Faktor Koreksi Tumbukan
 T : Momen Puntir (kgmm)

Berdasarkan persamaan (3) didapat diameter minimum poros adalah Ø30 mm. Pasak dipilih dari diameter poros berdasarkan buku yang ditulis Sularso dengan spesifikasi lebar pasak 7 mm, tebal pasak 7 mm dan kedalaman pasak ke poros sebesar 4 mm.

Perhitungan Bantalan

Perhitungan bantalan dilakukan berdasarkan diameter poros dan kapasitas nominal dinamis spesifik [12]. Untuk menghitung kapasitas nominal dinamis spesifik dapat menggunakan persamaan (4).

$$C = \frac{F_h}{F_n} \times P_r$$

Keterangan:

- C : Kapasitas Nominal Dinamis Spesifik (Kg)
 F_h : Faktor Kecepatan
 F_n : Faktor Umur Bantalan (Jam)
 P_r : Beban Equivalen Dinamis (Kg)

Berdasarkan diameter poros dan persamaan (4) maka didapat nomor bantalan yang digunakan adalah 6006 dengan C sebesar 1030 Kg dan bantalan dapat bertahan selama 5 tahun.

Hasil Pengujian

Pengujian lapangan dilakukan pada temperatur 200 °C yang terukur pada plat silinder pertama dengan durasi waktu penyangraian selama 21 menit. Berat biji kopi proses pengujian sebesar 10 kg. Hasil pengujian menghasilkan hasil biji kopi berwarna *medium* (coklat tua) sebesar 70% dan 30% berwarna *light* (coklat muda). Komsumsi energi yang digunakan selama proses penyangraian berlangsung sebesar 0,105 kWh.

KESIMPULAN

Hasil rekayasa ulang dihasilkan konsep rancangan terpilih menggunakan motor dengan daya 0.3 Kw, gearbox dengan ratio 1:20, luaran putaran 70 rpm, diameter poros 30 mm dan bantalan dengan kode 6006 yang kuat bertahan sampai 5 tahun. Hasil pengujian didapatkan hasil biji kopi berwarna *medium* (coklat tua) sebesar 70% dan 30% berwarna *light* (coklat muda). Komsumsi energi yang digunakan selama proses penyangraian berlangsung sebesar 0,105 kWh. Terjadi peningkatan komsumsi energi sebesar 210% dari yang sebelumnya sebesar 0,05 kWh selama proses penyangraian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. L. Baso and R. Anindita, "Analisis Daya Saing Kopi Indonesia," *JEPA (Jurnal Ekon. Pertan. dan Agribisnis)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2018, doi: <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2018.002.01.1>.
- [2] A. Thoriq, R. M. Sampurno, and L. H. Imaduddin, "Analisis Kelayakan Usaha Produksi Biji Kopi Sangrai dan Jasa Penyangraian: Studi Kasus pada Java Sumedang Coffee," *J. Tanam. Ind. dan Penyegar*, vol. 7, no. 2, pp. 109–118, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v7n2.2020.p109-118>.
- [3] "Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2019-2021.," *Kementerian Pertanian*, 2020. www.ditjenbun.pertanian.go.id.
- [4] H. Setiawan, "Analisis Siklus Hidup Produksi Kopi Untuk Meningkatkan Economic Sustainability Masyarakat Desa Tening, Kab. Temanggung," Universitas Muhammadiyah Magelang, 2018.
- [5] I. Rusnadi, "Prototif Alat Penyangrai Kopi Tipe Rotari Dilengkapi Pre-Heater," *Kinet. J. Has. Penelit. dan Ulas. Ilm.*,

- vol. 1, no. 2018, pp. 20–25, 9AD.
- [6] W. E. Widodo, G. Atmaji, H. Yohanes, and Astuti, “Kinerja Alsin Sangrai Kopi Fluidisasi dan Uji Kualitas Kopi Sangrai,” *J. Teknol. Pertan.*, vol. 16, no. 2, pp. 117–126, 2015.
 - [7] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, and K.-H. Grote, *Engineering Design: A Systematic Approach: 3rd Edition*. London: Springer, 2007.
 - [8] M. N. Al Ghani and A. Suryadi, “Perancangan Mesin Pembuat Serundeng Kapasitas 10 Kg Menggunakan Metode Pahl & Beitz,” in *Prosiding 12th Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS)*, 2012, pp. 278–282, doi: <https://doi.org/10.35313/irwns.v12i0.2705>.
 - [9] F. J. Daywin, L. Gozali, L. Widodo, C. O. Doaly, and M. W. H. Ross, “Community Service Report: Designing The Ergonomic Roasting Machine For Coffee Seed With Additional Electrical Motor At Seduh Kopi Coffee Shop,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 852, no. 1, p. 012091, 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012091>.
 - [10] D. D. Hidayat, A. Sudaryanto, Y. R. Kurniawan, A. Indriati, and D. Sagita, “Development and Evaluation of Drum Coffee Roasting Machine for Small-Scale Enterprises,” *INMATEH - Agric. Eng.*, vol. 60, no. 1, pp. 79–88, 2020, doi: <https://doi.org/10.35633/inmateh-60-09>.
 - [11] Sularso and K. Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2012.
 - [12] C. Anam, “Perencanaan Daya dan Perhitungan Bantalan/Bearing Pada Mesin Pengupas Kulit Kacang Hijau,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2016.