

PERHITUNGAN KONSTRUKSI DAN ANALISA PRODUKSI PADA ALAT PRESS KOPI ESPRESSO MENGGUNAKAN SISTEM PNEUMATIK

*Construction Calculation And Production Analysis Of Espresso Coffee Press Using
Pneumatic System*

Suwarto¹, Markus Tato Mangando², Arif Wahyudianto³
Rofi Jamil⁴, Harpan Sainuddin⁵, Nuril Fahreza⁶, Andri Wisnu Pradistya⁷

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Prodi.Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Samarinda

³Jurusan Teknik Mesin, Prodi. Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Negeri Samarinda

^{4,5,6,7}Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Samarinda

Jl.Dr.Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan, Samarinda Seberang, Kota Samarinda

e-mail: ¹suwarto@polnes.ac.id, ²markustatomangando@polnes.ac.id, ³arif.wahyudianto@polnes.ac.id

⁴rofijamilopi@gmail.com, ⁵harpan0303@gmail.com, ⁶nurilfahreza04@gmail.com

⁷andriwisnu2302@gmail.com,

Info Artikel

Riwayat Artikel: *(diisi editor)*

Diterima: 25/05/2025

Diterima dalam bentuk revisi:

29/05/2025

Diteima/publis: 30/05/2025

Kata Kunci

Mesin Espresso, Sistem

Pneumatik, Kopi Espresso

Abstrak

Mesin espresso adalah mesin yang digunakan untuk mengolah biji kopi menjadi minuman kopi espresso. Jenis minuman ini biasanya terdiri dari tiga bahan yang sama: espresso, susu panas (disebut susu mendidih), dan busa susu (disebut susu cair). Cara kerja mesin ini adalah dengan mengekstrak bubuk kopi dengan menyemburkan air panas dibawah tekanan yang tinggi, hasil dari pengestrakan menggunakan mesin espresso menghasilkan cairan kopi yang berbau tajam dan kental. Namun, mesin yang baik juga diperlukan untuk hasil yang baik. Mesin espresso mahal, jadi banyak kedai kopi rumahan memilih yang manual. Tujuan penelitian ini adalah membuat sistem pneumatik untuk mesin espresso dan menguji kinerjanya. Analisis kebutuhan, penelitian literatur, desain mesin espresso, pembuatan, proses perakitan, pengujian, dan kesimpulan adalah metode penelitian yang digunakan. Hasil peneliti adalah terwujudnya mesin kopi Espresso sistem pneumatik yang dapat digunakan untuk kedai kedai kopi skala kecil. Alat press kopi ini menggunakan media kompresor angin, dan penggeraknya adalah aktuator pneumatik dengan ukuran sc 100 x 125 hasil dari pengujian yang terbaik menggunakan tekanan angin 3 bar, bubuk kopi seberat 9g, dan air panas sebanyak 35ml.

Abstract

An espresso machine brews espresso by forcing hot water through coffee grounds under high pressure, producing a thick, aromatic coffee. Typically, espresso-based drinks consist of espresso, steamed milk, and milk foam. However, high-quality espresso machines are expensive, leading many small coffee shops to use manual alternatives. This research aims to design a pneumatic espresso machine system and test its performance. The study includes needs analysis, literature review, design, manufacturing, assembly, and testing. The outcome is a functional pneumatic espresso machine suitable for small-scale coffee shops. It operates using a compressed air system with an SC 100 x 125 pneumatic actuator. Based on testing, the best performance was achieved with 3 bar air pressure, 9 grams of coffee powder, and 35 ml of hot water.

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu minuman yang paling banyak dikonsumsi di seluruh dunia, dengan popularitas yang terus meningkat [1]. Proses penyajian kopi, khususnya espresso, memerlukan alat dan teknik yang tepat untuk menghasilkan cita rasa yang berkualitas tinggi [2]. Espresso adalah metode ekstraksi kopi yang menggunakan tekanan air yang cukup tinggi untuk mengeluarkan rasa, aroma, dan minyak dari biji kopi [3]. Meskipun mesin espresso memberikan hasil yang superior, harga yang relatif mahal sering menjadi kendala bagi banyak kedai kopi kecil [4], sehingga mereka cenderung terjebak menggunakan metode manual yang kurang efisien [5].

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang dan membangun alat press kopi espresso yang memanfaatkan sistem pneumatik untuk meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi biaya operasional di kedai kopi kecil [6].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji alat press kopi espresso berbasis sistem pneumatik [7]. Hasil yang diharapkan adalah terciptanya alat yang tidak hanya terjangkau tetapi juga dapat meningkatkan kualitas dan konsistensi kopi yang dihasilkan [8].

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai kontribusi untuk pengembangan inovasi dalam teknologi mesin, sebagai referensi dalam studi teknik dan desain alat, dalam hal peningkatan akses terhadap alat press kopi berkualitas yang mampu meningkatkan produktivitas kedai kopi lokal.

TINJAUAN PUSTAKA

Kopi merupakan salah satu minuman yang paling populer di seluruh dunia, dengan proses penanaman, pengolahan, dan penyajiannya yang sangat beragam [9]. Sumber utama kopi adalah biji kopi, yang diperoleh dari tanaman kopi dengan dua varietas utama, yaitu *Coffea*

arabica dan *Coffea canephora*, yang masing-masing menawarkan karakteristik rasa dan aroma yang berbeda [10].

Ada banyak jenis biji kopi, di mana Arabica dikenal memiliki rasa yang lebih halus dan manis, sementara Robusta memiliki rasa yang lebih kuat dan mengandung lebih banyak kafein [11]. Berbagai metode pengolahan juga memengaruhi kualitas akhir biji kopi dan cita rasa yang dihasilkan [12].

Espresso adalah salah satu jenis penyajian kopi yang paling dikenal, di mana kopi disiapkan dengan mengekstrak bubuk kopi halus menggunakan air panas bertekanan tinggi. [13] mengemukakan bahwa espresso tidak hanya merupakan metode penyajian, tetapi juga dasar untuk berbagai minuman kopi lainnya, seperti cappuccino dan latte.

Espresso berasal dari Italia dan berarti "cepat" dalam bahasa Italia, menggambarkan metode ekstraksi yang cepat dan efisien [14]. Untuk memenuhi standar espresso, kopi harus diekstrak dalam rentang waktu tertentu dengan parameter tekanan dan suhu yang tepat, yaitu menggunakan 7-9 gram kopi dan air panas pada suhu 90-96 derajat Celsius selama 25-35 detik (SCAA, 2020).

Proses pembuatan kopi espresso yang memenuhi standar internasional melibatkan tekanan ekstraksi antara 9-10 atm, yang tidak hanya memastikan pengeluaran rasa maksimal tetapi juga hasil crema yang diinginkan [3]. Crema adalah lapisan busa keemasan yang terbentuk di atas espresso, memberikan indikasi akan kualitas penyajian.

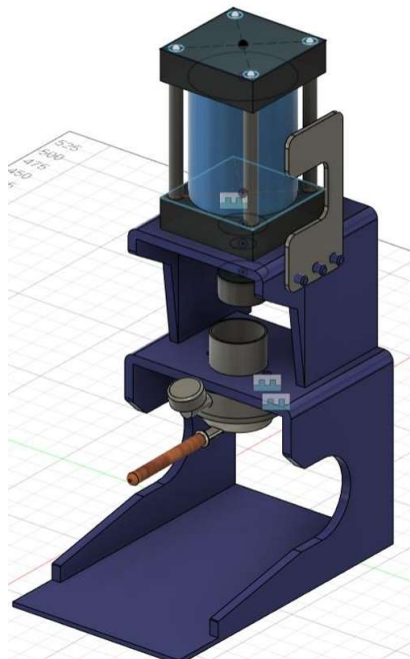
Mesin espresso manual sering digunakan oleh barista untuk mengontrol dengan lebih baik proses pembuatan kopi. Menurut [2], meskipun mesin manual lebih terjangkau, mereka memerlukan keterampilan yang lebih tinggi dari pengguna untuk mengoptimalkan hasilnya dibandingkan dengan mesin otomatis.

Sistem pneumatik merupakan metode yang efisien dalam banyak aplikasi, termasuk dalam pembuatan espresso. Pneumatik menggunakan tekanan udara

untuk menggerakkan komponen, yang sangat berguna dalam alat press kopi untuk menjaga konsistensi dalam ekstraksi. Dengan penerapan sistem pneumatik, efisiensi dan efektivitas produksi dapat ditingkatkan [15].

Penggunaan sistem pneumatik tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga mengurangi tenaga kerja yang dibutuhkan, memungkinkan pengguna fokus pada aspek kreatif penyajian kopi [16]. Penelitian menunjukkan bahwa alat-alat berbasis pneumatik membuat proses produksi lebih aman dan lebih cepat di industri makanan dan minuman.

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Alat press kopi espresso

Dalam perencanaan mesin ini meliputi beberapa tahapan yaitu :

Lokasi & Waktu Penelitian

Lokasi perancangan mesin dilakukan di Sebulu Sp 1 Bengkel Las Hafidz. Penting bagi penulis untuk mencantumkan lokasi perancangan agar hasil perancangan dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, maka ditentukan tempat pembuatan mesin tersebut di Bengkel Las Hafidz Sebulu Sp. Waktu pelaksanaan yang dimanfaatkan penulis adalah terhitung

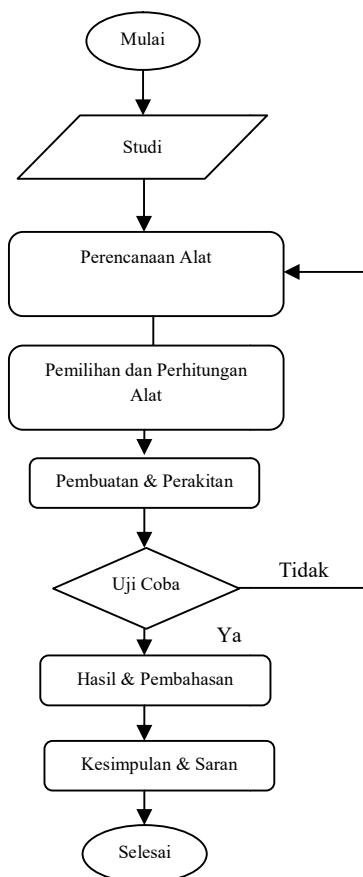
mulai bulan Februari 2024 sampai akhir Juni 2024.

Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja alat press kopi espresso yang menggunakan sistem pneumatik dimulai dengan persiapan bahan baku, di mana biji kopi dipilih dan digiling hingga mencapai ukuran yang tepat untuk ekstraksi rasa optimal. Setelah itu, bubuk kopi yang sudah siap dimasukkan ke dalam portafilter, memastikan distribusi yang merata untuk menghindari channeling selama proses ekstraksi. Alat ini dilengkapi dengan aktuator pneumatik yang bertugas menggerakkan piston. Saat mesin dihidupkan, kompresor udara memproduksi tekanan yang diperlukan, dan regulator mengontrol aliran udara yang masuk ke silinder pneumatik.

Tekanan udara ini diterapkan pada piston yang menggerakkan portafilter ke bawah, memberikan tekanan yang diperlukan untuk ekstraksi kopi. Dengan tekanan yang diterapkan, air panas disalurkan melalui bubuk kopi pada tekanan tertentu (umumnya sekitar 9 bar) yang diperlukan untuk mencapai ekstraksi sempurna. Proses ini memungkinkan air berinteraksi dengan partikel kopi, mengambil minyak dan rasa untuk menghasilkan espresso yang kaya dan penuh cita rasa. Setelah espresso diekstraksi, hasilnya akan tertampung dalam cangkir di bawah portafilter, di mana minuman espresso yang dihasilkan ditandai dengan adanya crema, lapisan buih tipis di atasnya yang menunjukkan ekstraksi yang baik.

Setelah digunakan, sistem pneumatik dan komponen lainnya perlu dibersihkan untuk mencegah penumpukan sisa kopi dan menjaga kualitas rasa espresso di masa mendatang. Dengan mekanisme dan desain yang tepat, alat press kopi espresso ini tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga kualitas minuman kopi yang dihasilkan, menjadikannya pilihan yang baik untuk kedai kopi kecil maupun pengguna pribadi.



Gambar 2. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan

Perencanaan dan pembuatan mesin kopi espresso ini merupakan pengembangan dari permasalahan sebelumnya mengenai alat press kopi manual. Mesin kopi espresso yang dirancang dan dikonstruksikan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa bagian utama yang mendukung operasional kerjanya, termasuk aktuator pneumatik, valve pneumatik, hos pneumatik, fitting pneumatik, regulator, pressure gauge, dan kompresor. Ukuran mesin yang dibuat memiliki dimensi tinggi 53,2 cm, panjang 32,7 cm, dan lebar 20 cm. Pemilihan elemen mesin kopi espresso beserta spesifikasinya sangat mempengaruhi kinerja alat yang dirancang.

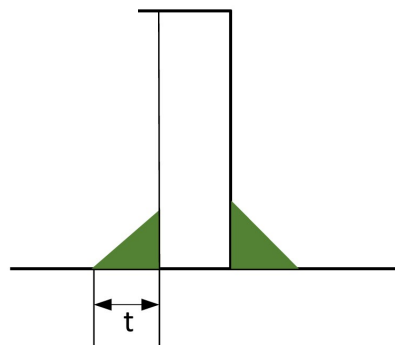
Material yang digunakan dalam perencanaan alat diusahakan kuat dan mampu mendukung kinerja alat, sekaligus mudah diperoleh untuk menjaga kesinambungan bahan baku ketika terjadi

produksi dalam jumlah besar. Mesin press kopi espresso ini memiliki bagian-bagian penting, yaitu:

1. Rangka Alat : Terbuat dari plat besi baja dengan dimensi tinggi 34,7 cm, panjang 32,7 cm, dan lebar 20 cm, menggunakan bahan ST 60. Fungsi rangka adalah untuk menyokong komponen lainnya.
2. Aktuator Pneumatik : Berfungsi untuk menggerakkan atau mengontrol suatu mekanisme atau sistem, menggabungkan aliran udara dan air.
3. Pneumatic Valve : Berguna untuk mentransfer udara ke silinder dalam rangka mencapai gerakan atau fungsi lainnya.
4. Fitting Pneumatik : Berfungsi sebagai penghubung antar komponen utama lainnya, seperti hos pneumatik.
5. Regulator : Bertugas mengatur tekanan udara yang masuk ke unit pneumatik sesuai dengan kebutuhan kerja.
6. Pressure Gauge : Digunakan untuk mengukur tingkat tekanan dalam sistem.

Perhitungan Kekuatan Las pada Rangka

Dalam menyambung rangka, digunakan jenis sambungan tetap melalui pengelasan. Jenis las yang diterapkan adalah SMAW (Shielded Metal Arc Welding) dengan elektroda merek familiar LB-52 ukuran 2,6 mm E7016, yang memiliki kekuatan tarik sebesar 42 kg. Kondisi ini dinyatakan aman, dengan pengujian menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh las berada dalam batas aman yang diperbolehkan.



Gambar 3. Ilustrasi Ketebalan Las
 Tebal las dudukan grouphead = 5 mm
 Tebal las rangka bawah = 5 mm
 Panjang benda yang dilas = 150 mm

Tegangan tarik bahan kawat = 42 kg/mm
 las LB 52-E6061 2.6 mm
 Faktor keamanan = 3

Menentukan kekuatan las

$$t = S \times \sin 45^\circ$$

$$= 5 \times 0.707$$

$$= 3.535 \text{ mm}$$

Luas penampang

$$A = t \cdot l$$

$$= 3.535 \times 150$$

$$= 530.25 \text{ mm}^2$$

Menentukan kekuatan las

$$P = \sigma \cdot A$$

$$= 42 \times 530.25$$

$$= 22.270.5 \text{ kg/mm}^2$$

Beban yang diterima sebesar 16 kg, sedangkan kekuatan maksimum pengelasan dengan menggunakan elektroda merek familiarc LB-52 SIZE 2,6 mm E7016 dengan kekuatan tarik elektroda 42 kg sebesar 22.270.5 kg/mm²,maka sambungan las dinyatakan aman.

Perhitungan kebutuhan udara pada aktuator pneumatik

diketahui diameter silinder aktuator 54 mm angin 2 bar berikut perhitungannya:

$$P = 2 \text{ Bar}$$

$$A = (\pi / 4) \times d^2$$

$$A = (3.14/4) \times (54)^2 = 2.289 \text{ cm}^2$$

$$F = A \times P$$

$$F = 2.289 \text{ cm}^2 \times 2 \text{ bar} = 4.578 \text{ N cm}^2$$

$$V = A \times S$$

$$V = 2.289 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ cm} = 22.890 \text{ cm}^3$$

$$Q = V \times N$$

$$Q = 22.890 \text{ cm}^3 \times 2 \text{ kali/menit}$$

$$Q = 45.780 \text{ cm}^3/\text{menit} \text{ atau } 4.578 \text{ Liter/menit}$$

Perhitungan gaya silinder pneumatik

Diketahui tekanan silinder adalah 30 psi/ 2 bar dan diameter silinder aktuator 54 mm, berikut cara menghitung gaya:

Gaya pukulan luar

$$F1 = P \times A$$

$$F1 = 30 \times 2,126$$

$$= 63,78 \text{ Newton}$$

$$= 6.5 \text{ kg}$$

Gaya pukulan balik

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

$$= \frac{63,78}{2,126}$$

$$= 30 \text{ Newton}$$

$$= 3,05 \text{ kg}$$

Menentukan Tekanan Udara

Dalam pengujian alat yang telah dibuat, penulis mengambil percobaan menggunakan :

Jenis kopi : Kopi Tubruk Gajah

Berat kopi :9 g

Air :35 ml

Tabel 1 menentukan tekanan udara 2 bar putaran 0.5

No	Tekanan Awal	Tekanan Akhir	t	V
1	2 bar	8 bar	32s	20 ml
2	2 bar	8 bar	32s	20 ml
3	2 bar	8 bar	31s	19 ml

Tabel 2. menentukan tekanan udara 2 bar putaran 1

No	Tekanan Awal	Tekanan Akhir	t	V
1	2 bar	8 bar	30s	23 ml
2	2 bar	8 bar	29s	24 ml
3	2 bar	8 bar	30s	24 ml

Tabel 3. menentukan tekanan udara 2 bar putaran 1,5

No	Tekanan Awal	Tekanan Akhir	t	V
1	2 bar	8 bar	28s	27 ml
2	2 bar	8 bar	27s	27 ml
3	2 bar	8 bar	28s	27 ml

Tabel 4. menentukan tekanan udara 3 bar putaran 0,5

No	Tekanan	Tekanan	t	V
----	---------	---------	---	---

	Awal	Akhir		
1	3 bar	9 bar	28s	21 ml
2	3 bar	9 bar	28s	21 ml
3	3 bar	9 bar	27s	21 ml

Tabel 5. menentukan tekanan udara 2 bar putaran 1

No	Tekanan Awal	Tekanan Akhir	t	V
1	3 bar	9 bar	26s	25 ml
2	3 bar	9 bar	25s	25 ml
3	3 bar	9 bar	25s	25 ml

Tabel 6. menentukan tekanan udara 2 bar putaran 1,5

No	Tekanan Awal	Tekanan Akhir	t	V
1	3 bar	9 bar	24s	28 ml
2	3 bar	9 bar	23s	28 ml
3	3 bar	9 bar	23s	28 ml

Tabel 7. menentukan tekanan udara 4 bar putaran 0,5

No	Tekanan Awal	Tekanan Akhir	t	V
1	4 bar	10 bar	24s	22 ml
2	4 bar	10 bar	24s	22 ml
3	4 bar	10 bar	24s	22 ml

Tabel 8. menentukan tekanan udara 4 bar putaran 1

No	Tekanan Awal	Tekanan Akhir	t	V
1	4 bar	10 bar	20s	26 ml
2	4 bar	10 bar	19s	26 ml
3	4 bar	10 bar	20s	26 ml

Tabel 9. menentukan tekanan udara 4 bar putaran 1,5

No	Tekanan Awal	Tekanan Akhir	t	V
1	4 bar	10 bar	17s	29 ml
2	4 bar	10 bar	18s	29 ml
3	4 bar	10 bar	18s	29 ml

Dapat disimpulkan bahwa hasil yang terbaik ada pada tekanan 3 bar dengan kecepatan piston 1 putaran dan menghasilkan hasil ekstraksi 25 ml dengan memakan waktu 25 detik dan terdapat crema di permukaan hasil ekstraksi. Dari ciri ciri tersebut espresso yang paling banyak digunakan oleh para barista untuk membuat kopi espresso.

Karena mengacu pada standar (SCA(Specialty Coffee Association)) bahwa hasil ekstraksi kopi espresso yang baik adalah 25 ml, memakan waktu selama 25 detik dan terdapat crema pada permukaan ekstraksi.

Produktivitas

Uji coba dilakukan menggunakan tekanan 3 bar dan bubuk kopi 9 g

Tabel 10. menentukan produktivitas

Jenis Kopi	Waktu Ekstaksi	Volume Hasil	Keterangan
Espresso	25 Detik	25 ml	Adanya crema di permukaan kopi bertanda bahwa espresso itu baik
Ristretto	15 Detik	17 ml	Espresso yang di cut atau di potong menjadi setengahnya
Americano	25 Detik	25 ml	Penyajiaannya menuangkan hasil ekstraksi espresso sebanyak 25 ml lalu ditambahkan air panas sebanyak 90 ml
Long Black	25 Detik	25 ml	Penyajiaannya menuangkan air panas terlebih

			dahulu sebanyak 90 ml lalu menuangkan hasil ekstraksi Espresso sebanyak 25 ml
--	--	--	---

Dari hasil uji coba diatas mendapatkan 5 hasil ekstraksi hingga menjadi kopi espresso sebagai berikut.

Dapat disimpulkan bahwa pada pembuatan atau proses ekstraksi kopi espresso, americano, long black itu sama, dengan memakan waktu selama 25 detik dan hasil ekstraksi nya sama yaitu 25 ml. hanya saja bentuk penyajiannya yang berbeda. Berbeda dengan ristretto yaitu memakan waktu lebih singkat yaitu 15 detik dikarenakan hasil ekstraksi yang digunakan lebih sedikit.

KESIMPULAN

Dari hasil rancang bangun alat press kopi Espresso ini dapat disimpulkan:

- A. Aktuator pneumatik yang digunakan 125 x 100 memiliki kapasitas 4.578 liter/menit.
- B. Rangka dengan panjang 32.7 cm, tinggi 34,7 cm, lebar 20 cm dengan bahan ST 60, Pengelasan menggunakan bahan LB 52, dan memiliki tegangan sebesar 0,1558 Mpa \leq tegangan yang diizinkan yaitu 14.847 Mpa, dan memakai baut M14 berbahan A2/ATSM – 304 class 10.9 yang memiliki tegangan sebesar 0,084 Mpa \leq tegangan yang diizinkan yaitu sebesar 39,32 Mpa maka dinyatakan aman.
- C. Produktivitas Alat Press Kopi Espresso, hasil terbaik menggunakan tekanan angin 3 bar, bubuk kopi 9 g, air 35 ml, dan hasil ekstraksi 25 ml dalam 25 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. L. R. Vegro and L. F. de Almeida, "Chapter 1 - Global coffee market: Socio-economic and cultural

dynamics," in *Woodhead Publishing Series in Consumer Sci & Strat Market*, L. F. de Almeida and E. E. B. T.-C. C. and I. S. in B. Spers, Eds., Woodhead Publishing, 2020, pp. 3–19. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814721-4.00001-9>.

- [2] N. Cordoba, M. Fernandez-Alduenda, F. L. Moreno, and Y. Ruiz, "Coffee extraction: A review of parameters and their influence on the physicochemical characteristics and flavour of coffee brews," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 96, pp. 45–60, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.004>.
- [3] V. V. Freitas, L. L. R. Borges, M. C. T. R. Vidigal, M. H. dos Santos, and P. C. Stringheta, "Coffee: A comprehensive overview of origin, market, and the quality process," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 146, p. 104411, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104411>.
- [4] J. Proença, A. Torres, B. Marta, D. Silva, G. Fuly, and H. Pinto, "Sustainability in the Coffee Supply Chain and Purchasing Policies: A Case Study Research," *Sustainability*, vol. 14, p. 459, Jan. 2022, doi: [10.3390/su14010459](https://doi.org/10.3390/su14010459).
- [5] W. Sunarharum and M. Farhan, "Effect of manual brewing techniques on the sensory profiles of Arabica coffees (Aceh Gayo wine process and Bali Kintamani honey process)," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 454, p. 12099, Apr. 2020, doi: [10.1088/1755-1315/454/1/012099](https://doi.org/10.1088/1755-1315/454/1/012099).
- [6] N. A. Saputra, R. Winarso, and R. Wibowo, "Rancang Bangun Sistem Otomasi Pada Mesin Espresso Dengan Sistem Pneumatik Berbasis Arduino Uno," *Momentum*, vol. 18, no. 2, pp. 161–166, 2022.
- [7] B. Pokharel, R. Keerthi, and Z. Abunamous, "Advancements in

- Food Processing Technologies: Enhancing Safety, Quality, and Sustainability,” vol. 07, Jun. 2023.
- [8] K. Maspul, “Sustainability in Barista Skills; Monitoring and Evaluation from Barista’s Knowledge in Specialty Coffee at The Coffee Lab Dubai 2021,” *J. Pengabd. Al-Ikhlās*, vol. 7, pp. 267–283, Apr. 2022, doi: 10.31602/jpaiuniska.v7i3.6870.
- [9] G. N. Torga and E. E. Spers, “Perspectives of global coffee demand,” in *Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil*, Elsevier, 2020, pp. 21–49. doi: 10.1016/B978-0-12-814721-4.00002-0.
- [10] E. T. Cortés-Macías, C. F. López, P. Gentile, J. Girón-Hernández, and A. F. López, “Impact of post-harvest treatments on physicochemical and sensory characteristics of coffee beans in Huila, Colombia,” *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 187, p. 111852, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.111852>.
- [11] J. Vartan, “Coffee Cultivation and Industry in Brazil: A Comprehensive Review,” *Int. J. Sci. Soc.*, vol. 5, pp. 323–332, Aug. 2023, doi: 10.54783/ijssoc.v5i3.751.
- [12] M. Banti and E. Abraham, “Coffee Processing Methods, Coffee Quality and Related Environmental Issues,” *J. Food Nutr. Sci.*, vol. 9, no. 6, pp. 144–152, Dec. 2021, doi: 10.11648/j.jfns.20210906.12.
- [13] A. Parenti, L. Guerrini, P. Masella, S. Spinelli, L. Calamai, and P. Spugnoli, “Comparison of espresso coffee brewing techniques,” *J. Food Eng.*, vol. 121, pp. 112–117, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.031>.
- [14] N. A. Febrianto and F. Zhu, “Coffee bean processing: Emerging methods and their effects on chemical, biological and sensory properties,” *Food Chem.*, vol. 412, p. 135489, Jun. 2023, doi: 10.1016/J.FOODCHEM.2023.135489.
- [15] S. Yanniotis, P. Taoukis, N. Stoforos, and V. Karathanos, *Advances in Food Process Engineering Research and Applications*. 2013. doi: 10.1007/978-1-4614-7906-2.
- [16] S. Salengke, A. Hasizah, Reta, and A. A. Mochtar, “Technology innovation for production of specialty coffee,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 355, no. 1, p. 12105, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/355/1/012105.