



KOPISA: Rancang Bangun Sistem Otomatis Pengemasan Plastik untuk Biji Kopi dengan Fitur Pemantauan Suhu dan Berat

Hendi Purnata¹, Sugeng Dwi Riyanto¹, Fadlian Adam¹

¹Jurusan Rekayasa Elektro dan Mekanika, Politeknik Negeri Cilacap

¹hendipurnata@pnc.ac.id

Abstract

Industry in general is an activity to produce products. In industrial activities there are several processes such as collecting raw materials, production, quality control, packaging, and marketing. One of the problems that often occurs is at the packaging stage. If the packaging process is not efficient, it will hamper production results because it takes a lot of time and energy. Therefore, this final project aims to design and create a plastic packaging tool that can convert sheet plastic into packaging. This tool is equipped with a temperature monitoring feature on the heater and packaging weight monitoring to improve the quality of packaging results. This system uses an Arduino Mega2560 microcontroller as a control center, a servo motor for the reservoir valve, a load cell sensor for weighing, a DC motor as a sealer driver, and an LCD to display data. This tool converts sheet plastic into packaging that is glued using a heater. Other supporting components include a relay and a DS18B20 temperature sensor. Test results show that this tool can work optimally at a temperature of 60-65 ° C with a pressing delay of 2500 ms. The packaging showed good weight accuracy with an average error percentage of 8.75% for 100grams and 5.05% for 200grams. The average weight difference between the load cell and the conventional scale was 1.29 grams, and the temperature sensor showed an average difference of 0.878°C with an error of 1.818%.

Keywords: *packaging machine, Arduino Mega2560, load cell sensor, DS18B20 temperature sensor, LCD.*

Abstrak

Industri pada umumnya adalah aktivitas untuk menghasilkan produk. Dalam kegiatan industri terdapat beberapa proses seperti pengumpulan bahan baku, produksi, quality control, pengemasan, dan pemasaran. Salah satu masalah yang sering terjadi adalah pada tahap pengemasan. Jika proses pengemasan tidak efisien, hal ini akan menghambat hasil produksi karena membutuhkan banyak waktu dan tenaga. Oleh karena itu, tugas akhir ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat pengemas plastik yang dapat mengubah plastik lembaran menjadi kemasan. Alat ini dilengkapi dengan fitur pemantauan suhu pada pemanas dan pemantauan berat kemasan untuk meningkatkan kualitas hasil kemasan. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega2560 sebagai pusat kendali, motor servo untuk katup bak penampungan, sensor load cell untuk penimbangan, motor DC sebagai penggerak sealer, dan LCD untuk menampilkan data. Alat ini mengubah plastik lembaran menjadi kemasan yang direkatkan menggunakan pemanas. Komponen pendukung lainnya meliputi relay dan sensor suhu DS18B20. Hasil pengujian menunjukkan alat ini dapat bekerja optimal pada suhu 60-65°C dengan delay pengepresan 2500 ms. Pengemasan menunjukkan akurasi berat yang baik dengan persentase error rata-rata 8,75% untuk 100gram dan 5,05% untuk 200gram. Selisih berat rata-rata antara load cell dan timbangan konvensional adalah 1,29 gram, dan sensor suhu menunjukkan selisih rata-rata 0,878°C dengan error 1,818%.

Kata kunci: Alat pengemas, Arduino Mega2560, Load Cell, Sensor suhu DS18B20, LCD

Diterima Redaksi : 18-05-2025 | Selesai Revisi : 28-06-2025 | Diterbitkan Online : 30-06-2025

1. Pendahuluan

Proses pengemasan merupakan salah satu tahapan penting dalam industri kopi yang memiliki pengaruh langsung terhadap kualitas produk dan efisiensi produksi [1]. Di lapangan, pengemasan biji kopi secara manual masih banyak digunakan, terutama pada skala usaha kecil dan menengah. Proses ini memakan waktu, bergantung pada ketelitian operator, serta berisiko menghasilkan ketidaksesuaian berat dan kualitas segel kemasan. Selain itu, tidak adanya sistem pemantauan

suhu dan berat secara otomatis berpotensi menurunkan mutu produk akibat penyegelan yang tidak optimal atau takaran yang tidak konsisten[2], [3].

Seiring berkembangnya kebutuhan industri terhadap efisiensi, akurasi, dan standarisasi produk, berbagai inovasi teknologi mulai diterapkan untuk mendukung proses produksi[4]. Salah satu pendekatan yang efektif adalah dengan mengadopsi sistem otomatisasi berbasis mikrokontroler, yang memungkinkan pengendalian berbagai parameter secara presisi [5] . Penggunaan

sensor suhu dan sensor berat (load cell) menjadi solusi untuk memastikan bahwa kemasan tidak hanya tertutup rapat, tetapi juga memiliki bobot isi yang sesuai. Dalam konteks ini, Arduino Mega2560 menjadi platform yang handal dan fleksibel untuk mengintegrasikan berbagai komponen tersebut[6], [7], [8].

Melihat permasalahan dan kebutuhan di atas, dibutuhkan sebuah sistem otomatis pengemasan plastik yang mampu menangani proses penyegelan dan penimbangan biji kopi secara terpadu. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi produksi, menjaga konsistensi kualitas produk, serta meminimalkan kesalahan manusia [9], [10], [11]. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan dan pembuatan alat otomatis pengemas plastik untuk biji kopi, yang dilengkapi dengan fitur pemantauan suhu dan berat berbasis Arduino. Alat ini diharapkan menjadi solusi inovatif dan aplikatif bagi pelaku industri kopi, khususnya UMKM, dalam menghadapi tantangan produksi yang semakin kompleks.

Dalam merancang sistem pengemasan plastik otomatis untuk biji kopi, terdapat sejumlah aspek teknis dan fungsional yang perlu diperhatikan secara mendalam. Salah satu faktor kunci adalah kondisi penyimpanan, di mana suhu memainkan peran penting dalam menjaga kualitas biji kopi [12]. Penelitian menunjukkan bahwa suhu yang terlalu tinggi mempercepat degradasi mutu kopi, sementara suhu penyimpanan yang stabil dan rendah secara signifikan memperlambat proses penuaan biji kopi [13]. Oleh karena itu, pemantauan suhu menjadi fitur penting yang tidak hanya relevan pada tahap penyimpanan, tetapi juga dalam proses penyegelan kemasan itu sendiri untuk memastikan hasil rekat optimal tanpa merusak material kemasan.

Dari sisi kemasan, penggunaan material penghalang tinggi, seperti plastik kedap udara atau kemasan berbasis teknologi GrainPro, terbukti mampu mempertahankan kualitas sensorik dan kimiawi biji kopi dalam jangka waktu yang panjang [14]. Hal ini sangat berkaitan dengan permeabilitas oksigen, di mana semakin rendah tingkat permeasi gas, semakin lama kualitas produk dapat dipertahankan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap karakteristik bahan kemasan—baik dari segi struktur fisik maupun sifat barrier-nya—menjadi bagian integral dari perancangan sistem [15]. Pemilihan bahan kemasan, baik yang bersifat sintetis maupun biopolimer, harus mempertimbangkan umur simpan produk, kompatibilitas dengan fitur pemanas, serta kemungkinan daur ulang demi mendukung prinsip keberlanjutan [16].

Di sisi lain, fitur pemantauan berat memberikan tantangan tersendiri dalam integrasi sistem otomatisasi. Akurasi penimbangan harus tetap terjaga meskipun material kemasan bersifat ringan dan fleksibel, yang berisiko mempengaruhi presisi pembacaan sensor load cell. Tantangan ini diperparah apabila desain sistem tidak memperhitungkan posisi, kestabilan, dan

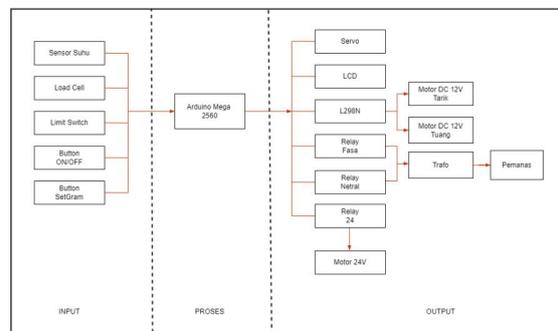
mekanisme pengisian produk yang dapat menimbulkan deviasi pembacaan[17].

Oleh karena itu, dalam merancang sistem pengemasan biji kopi KOPISA yang mengintegrasikan pemantauan suhu dan berat, pendekatan desain yang menyeluruh dan berkelanjutan sangat dibutuhkan, menggabungkan fungsi teknis, efisiensi operasional, serta tanggung jawab lingkungan.

2. Metode Penelitian

2.1 Diagram Blok KOPISA

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, diagram blok hal yang penting karena secara keseluruhan dapat memahami prinsip kerja sistem dari rangkaian sensor maupun rangkaian aktuator. Selain itu, diagram blok mempermudah proses perancangan alat sehingga sistem yang dihasilkan sesuai dengan rancangan awal.



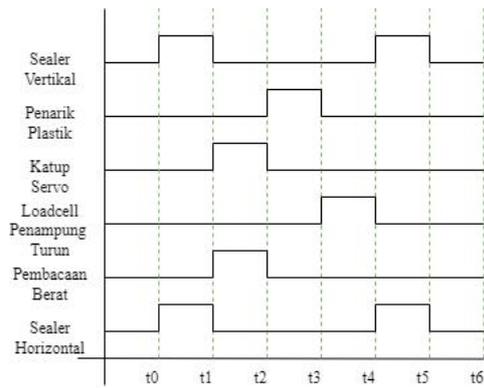
Gambar 1. Diagram Blok KOPISA

Gambar 1 menunjukkan blok diagram sistem pengendalian alat pengemas dengan Arduino Mega 2560, yang menghubungkan komponen input, proses, dan output. Pada bagian input, terdapat sensor suhu untuk mengukur suhu pemanas, load cell untuk menimbang isi kemasan, limit switch sebagai pemicu proses, tombol ON/OFF untuk memulai atau mematikan alat, dan tombol Set Gram untuk mengatur target berat pengemasan. Proses dikendalikan oleh Arduino Mega 2560, yang menerima data dari sensor, memprosesnya, dan mengirim instruksi ke aktuator. Outputnya meliputi servo untuk mekanisme buka-tutup corong, LCD untuk menampilkan informasi, L298N sebagai driver motor DC, relay untuk mengontrol aliran listrik ke pemanas, dan motor DC 12V untuk menggerakkan komponen alat. Secara keseluruhan, sensor suhu dan load cell mengirim data ke Arduino Mega 2560, yang kemudian memproses data tersebut dan memberikan instruksi kepada komponen output untuk menjalankan fungsi yang diperlukan, termasuk mengatur suhu dan menggerakkan mekanisme alat sesuai instruksi, sehingga alat pengemas berfungsi efisien sesuai desain.

2.2 Diagram Waktu

Pada bagian ini untuk menunjukkan waktu dan bagaimana setiap bagian dari alat pengemas bekerja

dengan urutan waktu agar proses berjalan dengan baik dan benar.

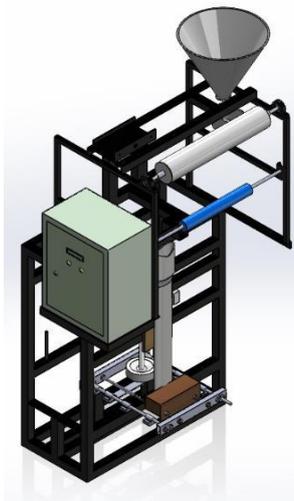


Gambar 2 Diagram Waktu KOPISA

Pada Gambar 2, menunjukkan diagram waktu saat sealer vertikal aktif dari t1 ke t2 dan t4 ke t5 untuk menutup plastik secara vertikal, sementara Penarik Plastik aktif dari t2 ke t4 untuk memposisikan plastik sebelum pengisian. Katup servo aktif dari t1 hingga t3 untuk membuka aliran biji kopi ke penampung, dan loadcell Penampung Turun bekerja dari t3 hingga t5 untuk menurunkan penampung dan mengisi kemasan. Pembacaan berat aktif bersama katup servo dari t1 hingga t3 dan akan berhenti saat berat sesuai set point. Sealer horizontal aktif dari t1 ke t2 untuk menutup bagian bawah kemasan dan kembali aktif dari t4 ke t5 untuk menyegel bagian atas setelah pengisian.

2.3 Perancangan Perangkat Keras KOPISA

Perancangan ini untuk bisa memastikan semua berjalan dengan baik. Kerangka alat ini berbahan besi holo berukuran 3” (3in) yang kuat dan untuk pemanas berbahan kayu karena tidak bersifat konduktor dan tahan panas. Akrilik digunakan sebagai cover penutup alat. Perancangan perangkat keras dapat dilihat pada gambar 3.

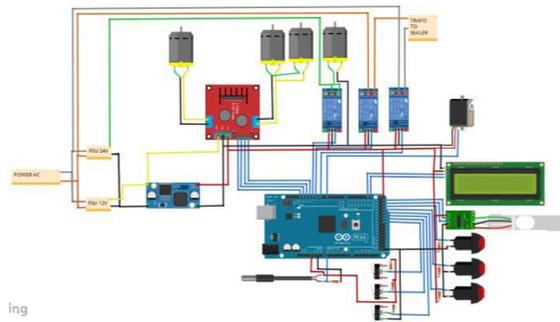


Gambar 3. Perancangan KOPISA

Gambar 3 merupakan tampilan perancangan mekanik yang mana dengan tinggi rangka 130cm, lebar rangka 63cm, dan panjang rangka 30cm. Serta terdapat ukuran bak penampung dengan tinggi 25cm dengan diameter 30cm.

2.4 Perancangan Sistem Elektrik KOPISA

Perancangan rangkaian elektrik KOPISA merupakan gambaran secara utuh tentang rangkaian alat yang akan dibuat. Gambar 4 merupakan gambaran perancangan elektrik pada alat pengemas kemasan plastik yang akan dibuat. Rangkaian sensor terdiri dari sensor *load cell*, sensor suhu DS18B20 yang terdapat pada alat dan terhubung ke LCD melalui arduino untuk menampilkan data dari alat, rangkaian kontrol dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Rangkaian Elektrik KOPISA

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini membahas hasil dari perancangan dan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini. Dalam pembuatan mekanik KOPISA dengan pembuatan rangka mekanik menggunakan besi holo 3” (3in) dengan tinggi rangka 130cm, lebar rangka 63cm, dan panjang rangka 30cm. Serta terdapat ukuran bak penampung dengan tinggi 25cm dengan diameter 30cm, dan penutup rangka berupa akrilik dengan tebal 2 mm. Hasil dari pembuatan mekanik KOPISA dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5. Hasil Pembuatan KOPISA

Pada desain mekanik di gambar 5 penampung kopi berbentuk kerucut terpancung dengan diameter alas 30 cm, diameter pucuk 2 cm, dan tinggi 25 cm. Jadi volume penampung tersebut 6306,19 cm³ seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Penampung KOPISA

3.2 Pengujian Sensor Berat

Pengujian sensor *load cell* dilakukan dengan cara membandingkan hasil timbangan dari sebuah benda yang ditimbang dengan *load cell* dan dengan timbangan konvensional. Selain itu untuk menentukan berat produk yang diinginkan yaitu 100g dan 200g.



Gambar 7. Perbandingan LCD sebagai output Sensor dan timbangan.

Pada gambar 7 adalah tampilan dari hasil uji coba *load cell* pada alat pengemas, gambar 7 menunjukkan tampilan hasil uji dengan berat 200g. Lebih rinci pada perbandingan sensor ini dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini

Tabel 1. Perbandingan Sensor Load Cell dengan Timbangan

No	Berat Objek	Timbangan	Load Cell	Selisih	Error
1	50 g	50 g	50 g	0 g	0%
2	70 g	70 g	68 g	2 g	2.86%
3	100 g	100 g	99 g	1 g	0.67%
4	150 g	150 g	151 g	1 g	0.67%
5	180 g	180 g	180 g	0 g	0 %
6	200 g	200 g	200 g	0 g	0%
7	250 g	250 g	250 g	5 g	2%

	g	
Rata-Rata	1.29 g	0.97%

Dari hasil percobaan diatas dapat dilihat bahwa rata rata selisih dari berat objek yang ditimbang adalah 1,29 gram dan rata rata eror sebesar 0,97%, Semakin berat objek yang ditimbang oleh *load cell* maka persentase kesalahan akan semakin tinggi.

3.3 Pengujian Sensor DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan membandingkannya dengan sensor HTC untuk menilai akurasi DS18B20 pada alat pengemas. Pada gambar, (a) menunjukkan pembacaan kedua sensor di luar ruangan tanpa menempel pada kawat pemanas, sedangkan (b) menunjukkan perbandingan saat kedua sensor ditempelkan pada kawat pemanas.



Gambar 8. Perbandingan Suhu Ruangan

Tabel 2. Perbandingan Sensor Load Cell dengan Timbangan

No	Sensor HTC (°C)	Sensor Suhu DS18B20 (°C)	Kondisi	Selisih (°C)	Error (%)
1	29.1	29.83	Di luar ruangan tanpa	0.73	2.51
2	41.4	32.37	Sensor menempel pada kawat pemanas	0.97	2.34
3	45.7	46.21	Sensor menempel pada kawat pemanas	0.51	1.12
4	50.1	50.82	Sensor menempel pada kawat	0.72	1.44

			pemanas		
5	54.4	55.86	Sensor menempel pada kawat pemanas	1.46	2.68
Rata – rata				0.88	1.82

Percobaan yang melibatkan sensor suhu DS18B20 dan HTC menunjukkan selisih suhu antara 0,51°C hingga 1,46°C, dengan rata-rata 0,878°C. Persentase error berkisar antara 1,12% hingga 2,68%, dengan rata-rata 1,818%. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun ada perbedaan pengukuran, perbedaannya kecil dan konsisten, sehingga kedua sensor memiliki akurasi yang cukup baik.

3.4 Pengujian suhu Pengepresan

Pengujian suhu pengepresan bertujuan untuk menentukan suhu optimal agar plastik polypropylene (PP) tebal 0,3 mm dapat merekat sempurna. Uji dilakukan tanpa produk (kosongan) untuk memastikan plastik menyatu dengan baik pada suhu tertentu, sehingga menghasilkan pengemasan yang kuat dan rapi.

Tabel 3. Pengepresan pada Plastik

No	Suhu (°C)	Hasil
1	41.50	Ada bagian yang tidak merekat
2	48.94	Ada bagian yang tidak merekat
3	52.20	Merekat tidak terpotong
4	58.81	Merekat tidak terpotong
5	59.49	Merekat dan terpotong
6	62.15	Merekat dan terpotong



Gambar 9. Plastik Hasil Uji

Hasil pengujian suhu pengepresan menunjukkan bahwa pada suhu 41,50°C dan 48,94°C, plastik polypropylene (PP) tebal 0,3 mm hanya sebagian merekat, menandakan suhu tersebut belum cukup. Pada suhu 52,20°C dan 58,81°C, plastik merekat dengan baik tapi belum terpotong. Suhu 59,49°C dan 62,15°C menghasilkan plastik yang merekat dan terpotong dengan baik, menunjukkan suhu ini optimal untuk pengemasan.

3.5 Hasil Pengujian Kemasan

Dapat dilihat pada gambar 10 hasil dari pengujian pengemasan biji kopi, gambar (a) merupakan hasil kemasan 100g sedangkan gambar (b) merupakan hasil kemasan 200gram. Keduanya memiliki panjang kemasan 15 cm. Alat dapat mengemas dengan baik tanpa adanya kebocoran dalam kemasannya. Alat juga dapat memotong kemasan, namun dalam pengujian hasil pemotongan terdapat serabut lelehan plastik yang harus dirapihkan manual



Gambar 10. Hasil Pengujian Kemasan (a) 100 g (b) 200 g

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, Alat Pengemas Kemasan Plastik Menggunakan Kendali Arduino ini dapat diambil kesimpulan bahwa Alat pengemas plastik yang dirancang dan dibuat berhasil mengubah plastik lembaran menjadi kemasan dengan akurasi berat yang cukup baik. Untuk memperoleh hasil pengepresan yang baik, dibutuhkan pengaturan suhu pada kisaran 60-65°C dengan delay pengepresan sebesar 2500ms. meskipun terdapat persentase error rata-rata sebesar 8,75% untuk pengemasan 100 gram dan 5,05% untuk pengemasan 200 gram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu mengemas produk dengan berat mendekati target, meskipun ada beberapa variasi berat dan kualitas kemasan. Sistem pemantauan suhu dan berat pada alat ini menunjukkan kinerja yang akurat dan konsisten. Dari perbandingan berat antara loadcell dan timbangan konvensional, rata-rata selisih berat yang ditimbang adalah 1,29 gram dengan error rata-rata sebesar 0,97%. Sementara itu, pengujian suhu yang melibatkan sensor DS18B20 dan HTC menunjukkan selisih rata-rata suhu sebesar 0,878°C dengan error rata-rata 1,818%. Meskipun terdapat perbedaan kecil dalam pengukuran antara sensor, hasil ini menunjukkan bahwa sistem pemantauan suhu dan berat yang digunakan dalam alat ini berfungsi dengan baik..

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didukung oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Cilacap. Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Dukungan yang kami terima sangat berarti dalam mewujudkan pengembangan teknologi yang sedang kami kaji.

Daftar Rujukan

- [1] M. L. Kobayashi and M. T. Benassi, "Impact of Packaging Characteristics on Consumer Purchase Intention: Instant Coffee in Refill Packs and Glass Jars," *J Sens Stud*, vol. 30, no. 3, pp. 169–180, 2015, doi: 10.1111/joss.12142.
- [2] F. M. Borém *et al.*, "Quality of specialty natural coffee stored in different packages in Brazil and abroad," *Coffee Sci*, vol. 14, no. 4, pp. 455–466, 2019, doi: 10.25186/cs.v14i4.1614.
- [3] S. Aung Moon, S. Wongsakul, H. Kitazawa, and R. Saengrayap, "Lipid Oxidation Changes of Arabica Green Coffee Beans during Accelerated Storage with Different Packaging Types," *Foods*, vol. 11, no. 19, 2022, doi: 10.3390/foods11193040.
- [4] J. George, R. Kumar, B. Aaliya, and K. V. Sunooj, "Packaging Solutions for Monitoring Food Quality and Safety," in *Food Engineering Series*, vol. Part F1294, 2023, pp. 411–442. doi: 10.1007/978-3-031-30683-9_14.
- K. R. J. Pou, V. Raghavan, and M. Packirisamy, "Microfluidics in smart packaging of foods," *Food Research International*, vol. 161, 2022, doi: 10.1016/j.foodres.2022.111873.
- P. Taoukis and T. Tsironi, "Smart packaging for monitoring and managing food and beverage shelf life," in *The Stability and Shelf Life of Food*, 2016, pp. 141–168. doi: 10.1016/B978-0-08-100435-7.00005-8.
- B. A. Fransesca S, I. Primiana, N. Effendi, and A. Herwany, "Impact of coffee product labeling and packaging on purchase behavior with mediating of brand image and brand trust," *Academy of Strategic Management Journal*, vol. 15, no. Specialissue3, pp. 49–53, 2016, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85006136245&partnerID=40&md5=10f730180854ced2656464aff13bbe16>
- J. E. Gamboni, G. V Bonfiglio, A. M. Slavutsky, and M. A. Bertuzzi, "Evaluation of edible films as single-serve pouches for a sustainable packaging system," *Food Chemistry Advances*, vol. 3, 2023, doi: 10.1016/j.focha.2023.100547.
- S. Mardjan and F. R. Hakim, "Prediction Shelf Life of Arabica Java Preanger Coffee Beans under Hermetic Packaging Using Arrhenius Method," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/557/1/012077.
- I. N. Basmantra and P. A. P. Putra, "The Analysis of Visual Appearance of Coffee Product Packaging on the Purchase Decisions and Brand Image Competition," in *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2024, pp. 422–429. doi: 10.1007/978-3-031-55911-2_41.
- D. J. Schwendemann, K. Oksman, B. Wick, and A. Ramsauer, "Water-assisted compounding of coffee grounds for thermoforming cups," in *ICCM International Conferences on Composite Materials*, 2019. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097340160&partnerID=40&md5=04f46f057e73aa289821eb055a2e4c2b>
- R. Fadhil and D. Nurba, "Packaging strategies in Gayo arabica ground coffee," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021. doi: 10.1088/1755-1315/644/1/012041.
- F. M. Borém, F. C. Ribeiro, L. P. Figueiredo, G. S. Giomo, V. C. Siqueira, and C. A. Dias, "Sensory analysis and fatty acid profile of specialty coffees stored in different packages," *J Food Sci Technol*, vol. 56, no. 9, pp. 4101–4109, 2019, doi: 10.1007/s13197-019-03879-3.
- J. Błaszkiwicz *et al.*, "Effect of green and roasted coffee storage conditions on selected characteristic quality parameters," *Sci Rep*, vol. 13, no. 1, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-33609-x.
- F. M. Borém, G. C. Matias, A. P. C. Alves, L. Haeberlin, C. M. D. Santos, and S. D. V. F. D. Rosa, "Effect of storage conditions on the chemical and sensory quality of pulped natural coffee," *J Stored Prod Res*, vol. 104, 2023, doi: 10.1016/j.jspr.2023.102183.
- M. P. Corso and M. T. Benassi, "Packaging attributes of antioxidant-rich instant coffee and their influence on the purchase intent," *Beverages*, vol. 1, no. 4, pp. 273–291, 2015, doi: 10.3390/beverages1040273.
- S. N. Raj, K. Amuthabala, and S. Devi Patil, "IoT-Enabled Cabin Designed for the Mobility Challenged," in *E3S Web of Conferences*, 2024. doi: 10.1051/e3sconf/202456407004.