

## Analisis Struktur Morfologi dan Unsur Kopi Bubuk Sintaro Bengkulu Berdasarkan Variasi Teknologi Proses Produksi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

## Morphological Structure and Element Analysis of Sintaro Bengkulu Ground Coffee Based on Production Process Technology Variations using Scanning Electron Microscope (SEM)

Sri Wulandari<sup>1\*</sup>, Ulfah Anis<sup>1</sup>, Fitri Yuwita<sup>1</sup>, Alnopri<sup>2</sup>, dan Vicka Andini<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Indonesia

\*E-mail Korespondensi: [swulandari@unib.ac.id](mailto:swulandari@unib.ac.id)

### ABSTRAK

Kopi Robusta Sintaro Bengkulu memiliki karakteristik yang dipengaruhi oleh teknologi pasca panen dan tingkat pemanggangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur morfologis dan kandungan unsur kopi bubuk berdasarkan variasi proses produksi menggunakan Mikroskop Elektron Pemindaian (SEM) dan Spektrometer Sinar-X Dispersif Energi (EDX). Perlakuan meliputi tiga metode pasca panen (pencucian penuh, honey, alami) dan tiga tingkat pemanggangan (ringan, sedang, gelap). Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat pemanggangan, semakin besar kerusakan morfologis, dengan permukaan partikel yang lebih padat dan pori-pori yang tertutup. Karbon berkurang akibat dekomposisi termal, nitrogen meningkat pada pemanggangan sedang akibat reaksi Maillard, oksigen berkurang, sementara mineral K, Si, dan P relatif stabil.

**Kata kunci:**

kopi sintaro, morfologi, *roasting*, SEM

### ABSTRACT

*Sintaro Bengkulu Robusta coffee has characteristics that are influenced by post-harvest technology and the degree of roasting. This study aims to analyze the morphological structure and elemental content of coffee powder based on variations in the production process using a Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDX). The treatments included three post-harvest methods (full washing, honey, natural) and three roasting levels (light, medium, dark). The results show that the higher the roasting level, the greater the morphological damage, with a denser particle surface and closed pores. Carbon is reduced due to thermal decomposition, nitrogen increases in medium roasting due to the Maillard reaction, oxygen is reduced, while K, Si, and P minerals are relatively stable.*

### ARTICLE INFO

**Article History:**

Submitted/Received (10 Oct 2025)

First Revised (28 Feb 2026)

Accepted (1 Mar 2026)

First Available online (9 Mar 2026)

Publication Date (9 Mar 2026)

**Keyword:**

morphology, roasting, robusta sintaro coffee, SEM

## 1. PENDAHULUAN

Provinsi Bengkulu merupakan salah satu produsen utama kopi robusta di Indonesia, hampir 70% dari produksi kopi nasional (Alnopri *et al.*, 2021). Data Dinas Perkebunan Provinsi Bengkulu dalam statistik perkebunan kopi Indonesia tahun 2017-2019 mencatat, perkebunan kopi robusta Bengkulu luasnya mencapai 86,055 Ha. Ekspor kopi Robusta dari Provinsi Bengkulu sekitar 70% , jenis kopi Robusta di Bengkulu (95%), sisanya adalah jenis Arabika. Kabupaten Kepahiang, Lebong, dan Seluma adalah daerah di Bengkulu yang menjadi penghasil kopi tertinggi (Statistik 2021).

Bengkulu telah mempunyai klon-klon kopi Robusta spesifik yang sesuai dengan iklim di daerah tersebut. Klon-klon kopi tersebut merupakan hasil pemuliaan parsitipatif dengan petani setempat (Tresalonika *et al.*, 2025). Kopi Sintaro merupakan penamaan akronim dari “Sindang Dataran Robusta” tempat dimana daerah asal tanaman kopi tersebut. Kopi Sintaro adalah klon robusta Unggul Bengkulu yang dirilis oleh Departemen Pertanian/PUSLITKOKA sebagai kopi robusta unggul dari Provinsi Bengkulu, memiliki citarasa dengan kisaran dari cukup bagus sampai dengan *excellent* dengan buah yang besar dan aroma yang khas bila diseduh (Budiyanto *et al.*, 2021).

Sebagai strategi untuk memperluas pasar, industri perkebunan kopi robusta perlu dikembangkan melalui perbaikan dan penyempurnaan dalam proses pengolahan (Yusuf & Septiadi, 2023). Proses produksi kopi terdiri dari pengolahan primer dan pengolahan skunder. Pengolahan primer adalah pengolahan tahap awal yang dilakukan setelah panen buah kopi hingga menjadi biji kopi atau *green bean*. Menurut Al-Rosyid dan Komarayanti, (2021) teknologi pengolahan kopi dikenal menjadi 2 cara yaitu pengolahan secara kering (*dry process*) dan pengolahan secara basah (*wet process*). Perbedaan kedua cara tersebut adalah pada pengolahan basah menggunakan air untuk pengupasan maupun pencucian buah kopi, sedangkan pengolahan kering setelah buah kopi dipanen langsung dikeringkan (pengupasan daging buah, kulit tanduk dan kulit ari dilakukan setelah kering). (Wulandari, *et al.*, 2022) terdapat tiga teknologi pascapanen untuk biji kopi robusta yaitu: *full wash*, *honey* dan *natural process*, dari ketiga proses ini memiliki kandungan biokimia yang berbeda (kafein, asam klorogenat, sukrosa, dan lemak) (Wulandari *et al.*, 2021). Proses pengolahan kopi sekunder adalah proses penyangraian, pendinginan dan penggilingan, dalam tahap ini penyangraian merupakan kunci dari proses produksi kopi bubuk (Purnamayanti *et al.*, 2017).

Pengolahan pascapanen memengaruhi semua atribut fisik dan kualitas sangrai sehingga variasi sifat fisik hasil sangrai akibat perbedaan metode panen dan pengolahan pascapanen memengaruhi kualitas kopi bubuk (Suud *et al.*, 2021). Interaksi varietas dan metode pengolahan pascapanen memengaruhi hasil biokimia biji kopi. Pengolahan skunder merupakan tahapan lanjutan dari biji kopi menjadi produk akhir siap konsumsi seperti kopi bubuk. Tahapan pengolahan skunder terdiri dari: penyangraian, pendinginan, penggilingan dan pengemasan (Angin *et al.*, 2024). Penyangraian merupakan langkah terpenting dalam pengolahan kopi, penyangraian bertanggung jawab atas pengembangan rasa, dan aroma kopi. Selama ini umumnya ada tiga tingkatan dari penyangraian kopi yakni *light*, *medium* dan *dark* (Pangestu A, 2025).

Pemahaman terhadap struktur morfologi dan gugus fungsi pada kopi bubuk menjadi penting untuk mengetahui perubahan fisik dan kimia yang terjadi selama proses pascapanen (Yusibani *et al.*, 2023). Salah satu metode yang efektif untuk mengamati karakteristik mikrostruktur bahan pangan adalah *Scanning Electron Microscope* (SEM) (Rosiqin *et al.*, 2025). Teknik ini memungkinkan pengamatan permukaan sampel secara detail hingga tingkat mikrometer, sehingga dapat memberikan informasi mengenai bentuk partikel, porositas, dan

tekstur kopi bubuk hasil perlakuan pascapanen dan variasi penyangraian. Melalui analisis struktur morfologi dan komposisi bubuk kopi Robusta sintaro Bengkulu harapannya mendapatkan informasi penting terkait dengan butiran kopi dan kandungan senyawa kimia yang terkandung dalam kopi tersebut. Mengembangkan teknik pengolahan kopi yang lebih baik dan efisien dengan menggunakan informasi ini dapat menjadi dasar untuk menghasilkan produk kopi yang lebih berkualitas dan memiliki nilai jual yang lebih tinggi.

## 2. METODOLOGI

Sampel yang digunakan kopi robusta sintaro propinsi Bengkulu. Buah kopi merah (*chery*) dilakukan proses pengolahan dengan tiga metode yaitu *full wash*, *honey* dan *natural process*. Masing-masing proses dijelaskan sebagai berikut a) *Full Wash*: buah kopi *chery* dilakukan pengupasan kulit buah, selanjutnya dilakukan fermentasi dengan perendaman menggunakan air selama 42 jam. Setelah waktunya kopi dibilas dengan air sampai lendir pada kopi hilang, selanjutnya dilakukan penjemuran dibawah sinar matahari selama 3 hari. b) *Honey*: sama halnya dengan *full wash process*, buah kopi *chery* dilakukan pengupasan kulit buah, kemudian dilakukan pemeraman dengan menggunakan karung selama 42 jam. Setelah waktunya kopi dijemur dibawah sinar matahari selama 3 hari. c) *Natural process*: *natural process* memiliki langkah yang paling mudah, buah kopi *chery* setelah pemanenan langsung dijemur gelonding dibawah sinar matahari selama 7 hari.

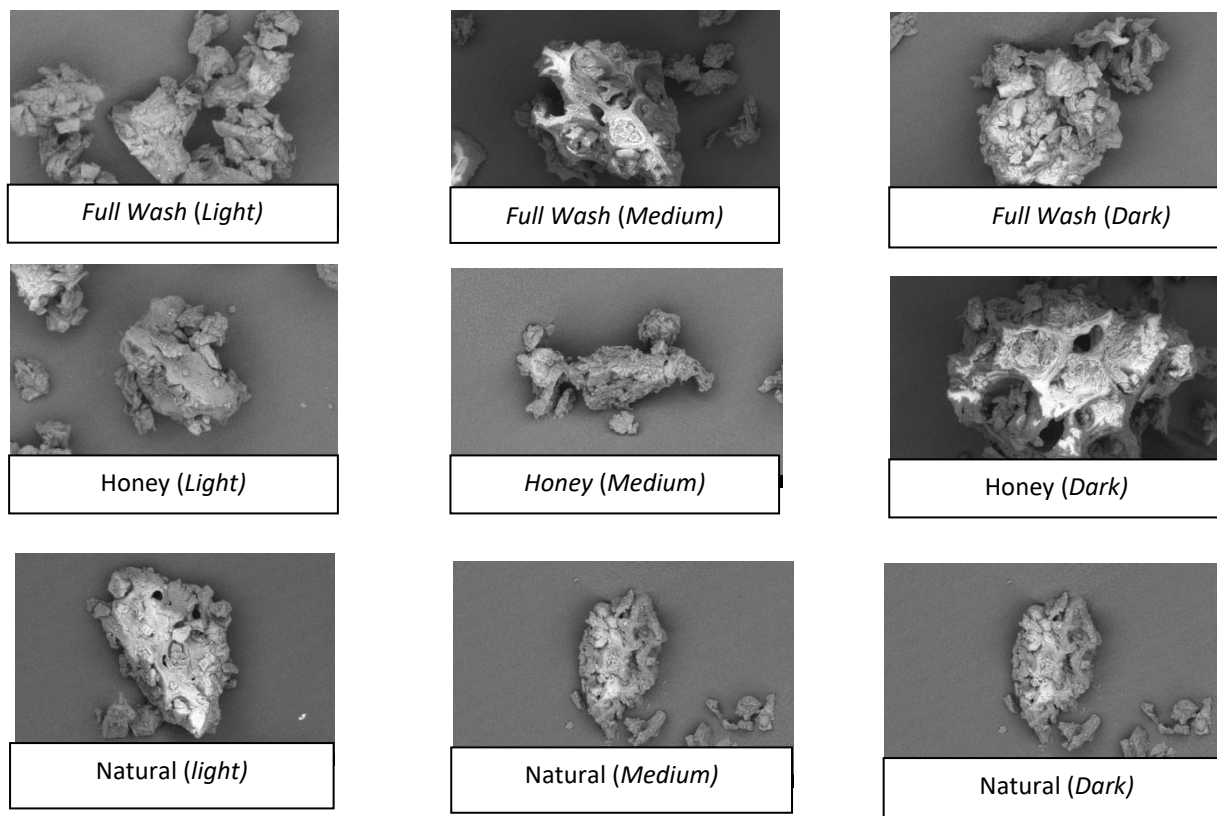
*Green bean* masing-masing kopi hasil proses pengolahan pasca panen yang didapatkan dilanjutkan dengan penyangraian. Penyangraian masing-masing metode terdiri dari type *light*, *medium* dan *dark*. Jadi jika dikombinasikan maka perlakuan yakni: 1) *Full Wash- Light*, 2) *Full Wash- Medium*, 3) *Full Wash- Dark*, 4) *Honey- Light*, 5) *Honey- Medium*, 6) *Honey- Dark*, 7) *Natural-Light*, 8) *Natural-Medium*, 9) *Natural-Dark*.

Tahapan proses pengujian, bubuk kopi dihaluskan menggunakan blender, ditimbang masing-masing 10 gram, dan dimasukkan ke dalam wadah kecil. Pengujian yang dilakukan termasuk pemeriksaan struktur morfologi melalui penggunaan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *energy dispersive X-ray spectroscopy* (EDX) untuk mengidentifikasi kandungan komposisi. Tempat analisis yaitu di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Struktur Morfologi Kopi Bubuk Robusta Sintaro Bengkulu Berdasarkan Teknologi Proses Produksi

Pengamatan struktur morfologi kopi bubuk Robusta Sintaro Bengkulu berdasarkan teknologi proses produksi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Struktur Morgologi Kopi Bubuk Robusta Sintaro berdasarkan Teknologi Proses Produksi

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), morfologi permukaan kopi bubuk Robusta Sintaro Bengkulu menunjukkan perbedaan yang cukup jelas pada setiap tingkat penyangraian (*light*, *medium*, dan *dark*). Peningkatan tingkat penyangraian berbanding lurus dengan tingkat kerusakan struktur morfologi kopi bubuk. Semakin gelap tingkat penyangraian, semakin besar derajat densifikasi dan penutupan pori pada permukaan partikel. Wang dan Lim, (2015) menggunakan SEM untuk memeriksa struktur pori biji kopi dan melaporkan perubahan morfologi sepanjang proses peyangraian termasuk munculnya pori, retakan eksternal, dan perubahan densitas struktur (Joni et al., 2025). Ini mendukung klaim tentang hubungan antara tingkat penyangraian dan perubahan densifikasi/pori pada kopi. Pengamatan morfologi dengan FESEM dilakukan oleh (Zuluaga et al., 2024) pada ampas kopi menunjukkan morfologi tidak beraturan pada kopi, berkaitan dengan perlakuan pemanasan atau penyangraian.

### 3.2 Unsur Bubuk Kopi Robusta Sintaro Bengkulu Berdasarkan Teknologi Proses Produksi

Unsur diidentifikasi pada 3 spot dan bubuk kopi Sintaro Bengkulu teridentifikasi memiliki beberapa unsur seperti C, O, N, K, P dan Si. Kandungan unsur untuk bubuk kopi Robusta Sintaro Bengkulu berdasarkan perbedaan teknologi proses produksi dirangkum dan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Full Wash Process

| Unsur | Light  |        | Medium |        | Dark    |         |
|-------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
|       | Atomic | Weight | Atomic | Weight | Atomic  | Weight  |
| C     | 66.70  | 61.80  | 72.47  | 63.82  | 52.24   | 43.7156 |
| N     | 2.34   | 2.47   | 1.77   | 5.00   | 4.4665  | 1.6665  |
| O     | 29.63  | 35.73  | 25.76  | 31.18  | 21.885  | 23.9645 |
| Si    |        |        |        |        | 1.2905  | 2.48333 |
| K     |        |        |        |        | 20.1185 | 3       |

Tabel 2. Honey Process

| Unsur | Light  |        | Medium |        | Dark   |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | Atomic | Weight | Atomic | Weight | Atomic | Weight |
| C     | 73.56  | 68.22  | 66.19  | 59.37  | 72.57  | 67.14  |
| N     | 1.85   | 1.95   | 4.17   | 4.48   | 2.29   | 8.72   |
| O     | 24.58  | 29.83  | 20.07  | 22.98  | 25.19  | 30.44  |
| K     | -      | -      | 9.57   | 13.07  | -      | -      |

Tabel 3. Natural Process

| Unsur | Light  |        | Medium |        | Dark   |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | Atomic | Weight | Atomic | Weight | Atomic | Weight |
| C     | 67.48  | 61.40  | 51.18  | 42.06  | 66.13  | 59.67  |
| N     | 4.89   | 5.12   | 2.61   | 2.084  | 4.61   | 5.12   |
| O     | 27.33  | 32.78  | 24.14  | 23.09  | 20.12  | 22.63  |
| K     | -      | -      | 21.04  | 30.68  | 9.14   | 12.75  |
| P     | 0.29   | 0.68   | 1.19   | 2.08   | -      | -      |

Pada metode *Full Wash*, kadar karbon (C) menunjukkan penurunan yang cukup signifikan dari *light* (66.70 *atomic*; 61.8 berat) menuju *dark roast* (43.72 berat). Hal ini menunjukkan bahwa proses penyangraian yang lebih lama menyebabkan degradasi senyawa karbon organik seperti karbohidrat dan senyawa volatil. Unsur nitrogen (N) mengalami fluktuasi, cenderung meningkat di *medium roast* (5.00 *atomic*; 4.47 berat) lalu menurun kembali pada *dark roast* (1.67 berat). Ini mengindikasikan terjadinya *reaksi Maillard* secara intens pada tingkat *Medium roast*, yang mengandalkan senyawa nitrogen dari asam amino. Unsur oksigen (O) juga berkurang dari *light* ke *dark roast*, yang menggambarkan dekomposisi gugus hidroksil dan karbonil akibat suhu tinggi. Unsur Si dan K hanya muncul pada *medium* dan *dark roast*, menunjukkan pelepasan mineral dari struktur padat biji kopi seiring peningkatan suhu. Komponen utama biji kopi seperti karbohidrat, protein, dan asam amino mengalami perubahan kimiawi besar selama *roasting* karena reaksi *Maillard* dan *pirolisis*, yang mengakibatkan degradasi senyawa organik seperti karbohidrat (terkait C dan O) serta pembentukan produk baru akibat panas tinggi (Wei & Tanokura, 2015).

Kopi dengan metode *honey process* menunjukkan kadar karbon (C) relatif stabil di semua tingkat *roasting*, berkisar antara 66–73 *atomic*. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan lendir (*mucilage*) yang masih menempel pada biji membantu mempertahankan senyawa karbon. Nitrogen (N) meningkat tajam pada *dark roast* (8.72 *atomic*; 8.72 berat), menandakan

peningkatan produk reaksi *maillard* yang lebih *intens*, sehingga berpotensi meningkatkan kompleksitas aroma dan rasa. Oksigen (O) sedikit menurun pada *medium roast* dan meningkat lagi pada *dark roast*, menandakan reaksi oksidasi sebagian yang terjadi pada senyawa karamelisasi. Unsur K (kalium) meningkat seiring peningkatan tingkat roasting, yang menunjukkan kestabilan unsur mineral terhadap panas.

Metode *Natural process*, kandungan karbon (C) cukup tinggi di semua tingkat *roasting* (67.48–66.13 atomik), menunjukkan bahwa pengeringan biji dengan buah utuh mampu mempertahankan senyawa organik. Nitrogen (N) dan oksigen (O) menurun pada *Medium* dan *Dark roast*, sejalan dengan meningkatnya degradasi protein dan senyawa volatil. Namun, kalium (K) relatif tinggi dan stabil, menandakan bahwa unsur mineral ini tahan terhadap panas tinggi. Kehadiran fosfor (P) hanya signifikan pada *Light* dan *Medium roast*, mengindikasikan bahwa unsur ini terdegradasi atau menguap sebagian pada suhu *Dark roast*.

Kandungan karbon (C) menurun dengan peningkatan tingkat roasting, akibat dekomposisi termal senyawa organik, studi dari (Alcantara et al., 2025) menyebut bahwa banyak senyawa *non-volatile* (termasuk asam klorogenik, asam organik, dan lainnya) menurun seiring intensitas penyangraian *type dark*. Nitrogen (N) cenderung meningkat pada *medium roast* karena puncak reaksi *Maillard*, kemudian menurun pada *dark roast*. **Oksigen (O)** berkurang karena reaksi dekarboksilasi dan dehidrasi selama *roasting*. *Roasting* melibatkan berbagai reaksi kimia termasuk *dehydration*, *decarboxylation*, *isomerisation*, *polymerisation*, dan *strecker degradation* (Cao et al., 2023). Mineral (K, Si, P) menunjukkan kestabilan termal yang lebih baik dibanding unsur organik. Studi dari (Árvay et al., 2019) membandingkan kandungan berbagai elemen makro dan mikro (termasuk K, P, Mg, Ca, dsb.) antara biji kopi hijau dan kopi sangrai dengan berbagai tingkat *roasting*. Hasilnya menunjukkan bahwa kandungan beberapa elemen berubah secara statistik dengan derajat *roasting*, tapi tidak mengalami degradasi besar seperti senyawa volatil / organik. Ini bisa diartikan bahwa unsur mineral cenderung “lebih stabil” meski ada perubahan distribusi atau konsentrasi relatif.

Teknologi pengolahan mempengaruhi adanya mineral lain, di *natural process* ada fosfor (P) sementara di full wash ada Si, dan K akan muncul pada tingkat roasting lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena komposisi mineral dalam kopi bervariasi antara biji hijau dan yang disangrai pada berbagai tingkat, serta perlakuan/penanganan pascapanen memengaruhi distribusi unsur-unsur mineral tertentu (Mercan and Yayla 2017). Mineral seperti K tetap terdeteksi setelah roasting karena mereka adalah komponen anorganik tahan panas, namun kehilangan massa organik selama pemanggangan menyebabkan persentase mineral apparan meningkat secara relatif.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi teknologi proses produksi dan tingkat penyangraian memberikan pengaruh nyata terhadap struktur morfologi dan kandungan unsur pada kopi bubuk Robusta Sintaro Bengkulu. Analisis menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) memperlihatkan bahwa peningkatan tingkat penyangraian berbanding lurus dengan tingkat kerusakan struktur morfologi, di mana permukaan partikel menjadi semakin padat dan pori-pori tertutup pada *dark roast*. Teknologi pengolahan mempengaruhi adanya mineral lain, di *natural process* ada fosfor (P) sementara di full wash ada Si, dan K akan muncul pada tingkat *roasting* lebih gelap.

## 5. CATATAN PENULIS

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan terkait penerbitan artikel ini. Penulis menegaskan bahwa artikel ini bebas dari plagiarisme.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu yang telah mendanai penelitian ini pada hibah penelitian PNPB skema penelitian pembinaan tahun anggaran 2025.

## 7. DAFTAR PUSTAKA / REFERENCES

- Angin, M. I. B. P., & Winarno, R. A. (2024). *Kopi Sangrai: Pengolahan dan Kualitas Kopi*. Deepublish.
- Alcantara, G. M., Martins, L. C., Gomes, W. P., Dresch, D., Rocha, F. R., & Melchert, W. R. (2025). Effect of roasting on chemical composition of coffee. *Food Chemistry*, 477, 143169.
- Al-Rosyid, L. M., & Komarayanti, S. (2021). Teknologi Wet Process Sebagai Upaya Mereduksi Kadar Air Dalam Proses Produksi Kopi (Studi kasus: Dan Sumbercandik, Desa Panduman, Kec. Jelbuk, Kab. Jember). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 27(2).
- Árvay, J., Šnirc, M., Hauptvogel, M., Bilčíková, J., Bobková, A., Demková, L., ... & Štefániková, J. (2019). Concentration of micro-and macro-elements in green and roasted coffee: influence of roasting degree and risk assessment for the consumers. *Biological trace element research*, 190(1), 226-233.
- Budiyanto, B., Uker, D., & Izahar, T. (2021). *Physical characteristics of coffee beans and quality of ground coffee Sintaro 2 and Sintaro 3 with various roast levels* (Karakteristik fisik kualitas biji kopi dan kualitas kopi bubuk Sintaro 2 dan Sintaro 3 dengan berbagai tingkat sangrai). *Jurnal Agroindustri*, 11(1), 54–71.
- Cao, X., Wu, H., Viejo, C. G., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. (2023). Effects of postharvest processing on aroma formation in roasted coffee—a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(3), 1007-1027.
- Joni, R., Rokim, M., Asrori, I., & Rahman, A. (2025). Analisis Mikrostruktur Permukaan Karbon Aktif Yang Diaktivasi Dengan Hidroksi Alkali Menggunakan Scanning Electron Microscopy. *Jurnal Kimia dan Ilmu Lingkungan: Chemviro*, 3(2), 228-233.
- Mercan, Selda, and Murat Yayla. 2017. "Elemental Composition of Green Coffee and Its Contribution to Dietary Intake." 215:92–100. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.07.176.
- Pangestu, A. (2025). Pengaruh Waktu Roasting Terhadap Kualitas Sensori Kopi Robusta Kecamatan Pulosari Kabupaten Pemalang. *Journal Central Publisher*, 3(1), 3100-3108.
- Purnamayanti, N. P. A., Gunadnya, I. B. P., & Arda, G. (2017). Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian terhadap Karakteristik Fisik dan Mutu Sensori Kopi Arabika (*Coffea arabica* L). *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 5(2), 39–48.
- Rosiqin, M. M. A., Ganda, A. N. F., & Puspitasari, D. (2025). Studi Mikrostruktur Serbuk Nano Karbon Hasil Proses Ball Milling Dengan Metode (Scanning Electron Microscopy) Sem. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(03), 620-627.
- Suud, H. M., Savitri, D. A., & Ismaya, S. R. (2021). Perubahan sifat fisik dan cita rasa kopi

arabika asal Bondowoso pada berbagai tingkat penyangraian. *Jurnal Agrotek Ummat*, 8(2).

- Statistik, Badan Pusat. 2021. Statistik Kopi Indonesia 2021. [internet] Available from: <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/11/30/abde293e6c0fc5d45aaa9fe8/statistik-kopi-indonesia-2022.html>
- Thesalonika, N., Sandra, S., Priyambodo, P., Rustiati, E. L., Winarno, W., Lestari, S. W., ... & Suhada, S. (2025). Keragaman Genetik Kopi Robusta Berdasarkan Karakter Fenotipe Batang di Perkebunan Kopi Rakyat Bogorejo, Lampung: Genetic Diversity of Robusta Coffee Based on Stem Phenotypic Characters in Bogorejo Coffee Plantation, Lampung. *Biofarm: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 21(1), 129-139.
- Wang, X., & Lim, L. T. (2015). Physicochemical characteristics of roasted coffee. In *Coffee in health and disease prevention* (pp. 247-254). Academic Press.
- Wei, Feifei, and Masaru Tanokura. 2015. "Chemical Changes in the Components of Coffee Beans during Roasting." 83–91.
- Wulandari, S., Ainuri, M., & Sukartiko, A. C. (2021). Biochemical Characteristics of Ground Robusta Coffee under Various Postharvest Technologies and Processing Parameters. In *Proc of The International Conf on Techn Emerging Issues in Technology, Engineering and Sci.* (Vol. 2021, pp. 333-43).
- Wulandari, S., Ainuri, M., & Sukartiko, A. C. (2021, July). Biochemical content of Robusta coffees under fully-wash, honey, and natural processing methods. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 819, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.
- Yusibani, E., Woodfield, P. L., Rahwanto, A., & Surbakti, M. S. (2023). Physical and Chemical Properties of Indonesian Coffee Beans for Different Postharvest Processing Methods. *Journal of Engineering & Technological Sciences*, 55(1).
- Yusuf, M., & Septiadi, D. (2023). Investigasi Nilai Tambah Agroindustri Kopi Robusta di Kecamatan Batukliang Utara Kabupaten Lombok Tengah. *EDUFORTECH*, 8(1), 17-24.
- Zuluaga, R., Hoyos, C. G., Velásquez-Cock, J., Vélez-Acosta, L., Palacio Valencia, I., Rodríguez Torres, J. A., & Gañán Rojo, P. (2024). Exploring spent coffee grounds: comprehensive morphological analysis and chemical characterization for potential uses. *Molecules*, 29(24), 5866.