p-ISSN: 1907-8056
e-ISSN: 2527-5410
AGROINTEK
Jurnal Teknologi Industri Pertanian
journal homepage: journal.trunojoyo.ac.id/agrointek

Klasifikasi asal geografis kopi bubuk liberika tungkal Jambi dan Probolinggo menggunakan *near-infrared spectroscopy* (NIRS) dan *principal component analysis* (PCA)

Ikhsan Nurdziky[1], Anggoro Cahyo Sukartiko[2*], Nafis Khuriyati[2]

[1]*Magister Teknologi Industri Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Sleman, Indonesia*
[2]*Teknologi Industri Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Sleman, Indonesia*

Article history
Diterima:
7 Maret 2024
Diperbaiki:
13 April 2024
Disetujui:
9 Mei 2024

Keyword
Geographical Indication;
Liberica Coffee;
NIRS;
PCA;
Probolinggo;
Tungkal Jambi

ABSTRACT

Regional origin classification of Geographical Indication (GI) products is necessary for their authentication purpose. Among others, coffee is Indonesia's largest GI group, with Liberica being the least studied. This study aims to classify the geographical origin of dry- and honey-processed Liberica Tungkal Jambi ground coffee, which has been certified and dry-processed Liberica Probolinggo, which has the potential to be certified in the future. A total of 12 samples were tested using Near-Infrared Spectroscopy (NIRS). Spectrum data were analyzed using Principal Component Analysis (PCA) with various preprocessing spectral data, including Multiplicative Scatter Correction (MSC), Baseline, and Detrending. The results showed the ability of the combination of NIRS and PCA to classify three groups of coffee samples, namely: dry-processes Liberica Tungkal Jambi ground coffee, honey-processed Liberica Tungkal Jambi ground coffee, and dry-processed Liberica Probolinggo ground coffee, with the success rate ranged between 88 to 99%. Detrending was the most effective preprocessing for visualizing the classification. The result illustrates the great potential of near-infrared (NIR) spectroscopy in classifying the geographical origin of Liberica ground coffee.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi
Email : cahyos@ugm.ac.id
DOI 10.21107/agrointek.v19i2.25131

PENDAHULUAN

Indikasi Geografis (IG) merupakan suatu tanda yang menunjukkan daerah asal suatu barang dan/atau produk yang karena faktor lingkungan geografis termasuk faktor alam, faktor manusia atau kombinasi dari kedua faktor tersebut memberikan reputasi, kualitas, dan karakteristik tertentu pada barang dan/atau produk yang dihasilkan (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2016 Tentang Merek Dan Indikasi Geografis 2016). Sebagaimana merek, IG merupakan kekayaan intelektual yang dilindungi. Perlindungan hukum tersebut, perlu ditunjang dengan upaya pembuktian keautentikan produk berindikasi geografis.

Indonesia memiliki 138 produk yang telah mendapatkan sertifikat Indikasi Geografis dengan kopi menjadi salah satu yang terbanyak, mencapai 48 produk (Direktorat Jendral Kekayaan Intelektual 2024). Hal ini terjadi selain karena Indonesia merupakan negara penghasil biji kopi terbesar ketiga setelah Brazil dan Vietnam (United States Department of Agriculture 2023) juga karena kekhasan setiap kopi yang dihasilkan. Beberapa tanaman kopi yang dibudidayakan di Indonesia adalah Arabika, Robusta, dan Liberika (Sunarharum et al. 2022).

Kopi Liberika Tungkal Jambi adalah kopi *single origin* dari Jambi yang ditanam di daerah gambut. Ciri khas dari kopi ini mempunyai karakteristik tidak sepahit Robusta, memiliki aroma nangka dengan rasa asam mirip kopi arabika (Prasetyo et al. 2019). Kopi Liberika secara umum memiliki kadar kafein yang lebih rendah yaitu 1,25-1,69% (Sunarharum et al. 2023). Kopi ini biasa diproses pascapanen secara kering maupun *honey*. Kopi Liberika merupakan varietas yang dianjurkan untuk dikembangkan di Indonesia karena memiliki potensi ekonomi yang tinggi disebabkan produk kopi ini disukai oleh konsumen karena cita rasanya (Ardiyani 2014).

Kopi Liberika Tungkal Jambi telah mendapatkan sertifikat Indikasi Geografis pada 2013 dengan nomor registrasi IDG 00000032. Jenis kopi ini diperdagangkan dengan harga hampir dua kali lipat harga kopi biasa. Ekspor kopi ini berkisar 70-80% ke negara Malaysia (Akhmeilia 2022). Harga kopi Liberika Tungkal Jambi sendiri cukup tinggi yaitu Rp 200.000/Kg untuk yang diproses secara kering dan Rp 250.000/Kg secara *honey* dalam bentuk *green bean*. Selain di Jambi, kopi liberika juga terdapat di daerah Probolinggo Provinsi Jawa Timur (Kulsum 2023). Akan tetapi kopi liberika yang berasal dari Probolinggo belum terdaftar sebagai Indikasi Geografis. Kopi ini biasa diproses pascapanen secara kering. Berbeda dengan jenis kopi Arabika dan Robusta yang telah cukup banyak dikaji, meskipun sudah terdapat kopi Liberika yang tersertifikasi indikasi geografis, kajian asal geografis kopi ini di Indonesia sepengetahuan penulis belum banyak dilakukan, terutama pada bentuk bubuk. Oleh karena itu peneliti ingin melakukan klasifikasi asal geografis kopi Liberika Tungkal Jambi yang telah tersertifikasi Indikasi Geografis dengan kopi Liberika Probolinggo yang belum tersertifikasi, termasuk kemungkinan klasifikasi pengolahan pascapanennya.

Metode analisis mutu yang umum digunakan, seperti analisis sensoris, telah menjadi praktik standar dalam industri kopi selama bertahun-tahun. Namun, metode-metode ini terkadang menimbulkan kerentanan terhadap subjektivitas, membutuhkan waktu preparasi dan pengujian, dan berpotensi menghadapi kesalahan dalam proses autentikasi. Metode spektroskopi dapat digunakan untuk mendapatkan data dalam rangka melakukan pengklasifikasian tersebut. Metode spektroskopi dapat mengidentifikasi komponen-komponen kopi secara akurat serta memverifikasi asal geografis kopi (de Araújo et al. 2021). *Near-Infrared Spectroscopy* (NIRS) merupakan metode non destruktif yang dapat dipilih untuk pengujian bahan secara cepat, dapat diandalkan, sederhana dan murah, tidak memerlukan penggunaan bahan kimia dan bersifat non destruktif (Tolessa et al. 2016). Beberapa penelitian menunjukkan potensi penerapan NIRS sebagai teknik alternatif untuk menganalisis kopi. Baqueta et al. (2023) berhasil mendeteksi asal geografis kopi spesialti Robusta, Conilon dan Arabika asal Brazil menggunakan Spektroskopi NIR. Sementara itu, Winkler-Moser et al. (2015), berhasil mendeteksi pencampuran antara kopi bubuk asal Brasil dan bahan non kopi yaitu jagung.

Penggunaan analisis multivariat digunakan untuk memvisualisasikan data yang didapatkan (Wiesner et al. 2014). *Principal Component Analysis* (PCA) dapat digunakan untuk melihat klasterisasi (Zheng et al. 2023). Oleh karena itu, penelitian ini memiliki dua tujuan, yaitu: melakukan klasifikasi asal geografis kopi bubuk

Liberika dari dua daerah asal dan dua cara pengolahan pascapanen, serta Tungkal Jambi dan Probolinggo menggunakan data spektra dan mengetahui tingkat keberhasilan klasifikasinya.

METODE

Asal dan Preparasi Sampel

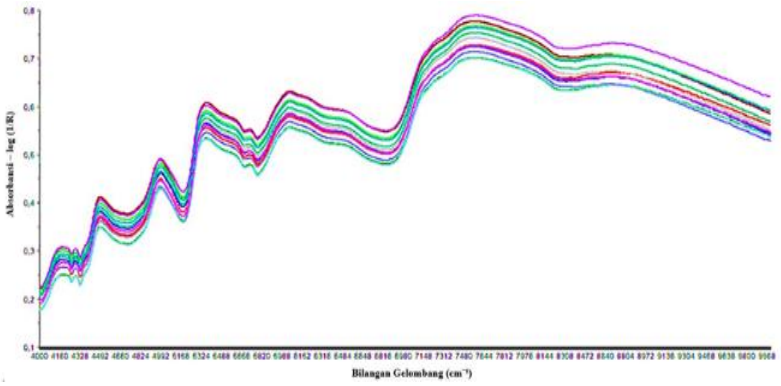
Bahan yang digunakan adalah biji kopi Liberika Tungkal Jambi yang diperoleh dari perkebunan kopi Masyarakat Perlindungan Indikasi Geografis (MPIG) Tungkal Jambi, sebuah organisasi yang memiliki hak untuk memproduksi dan memperdagangkan Kopi Indikasi Geografis Liberika Tungkal Jambi. Dua jenis pengolahan pascapanen, yaitu kering dan *honey*, diterapkan pada sampel kopi Liberika Tungkal Jambi, sementara sampel kopi lainnya hanya diolah secara kering.

Biji kopi Liberika Tungkal Jambi diperoleh dari perkebunan yang berlokasi di Desa Sungai Terap, Kecamatan Betara, Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi. Sementara itu, biji kopi Liberika Probolinggo didapatkan dari Kecamatan Krucil Kabupaten Probolinggo Provinsi Jawa Timur.

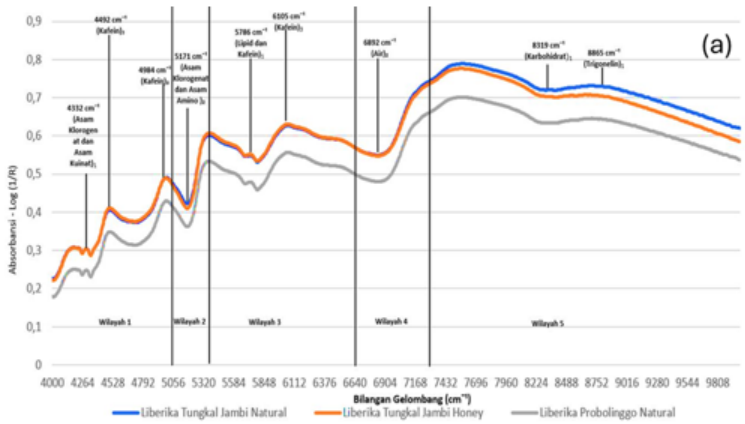
Sampel biji kopi Liberika Tungkal Jambi dan kopi Probolinggo disangrai menggunakan *coffee bean roaster* dengan kondisi yang sama yaitu *medium roast* pada suhu 240°C selama 14 menit, dimodifikasi dari metode sangrai dari Souza et al. (2020). Kemudian digiling menggunakan mesin *coffee grinder* dan diayak menggunakan mesh 60. Sejumlah 1 g bubuk kopi hasil ayakan kemudian digunakan sebagai sampel yang akan diuji menggunakan NIRS.

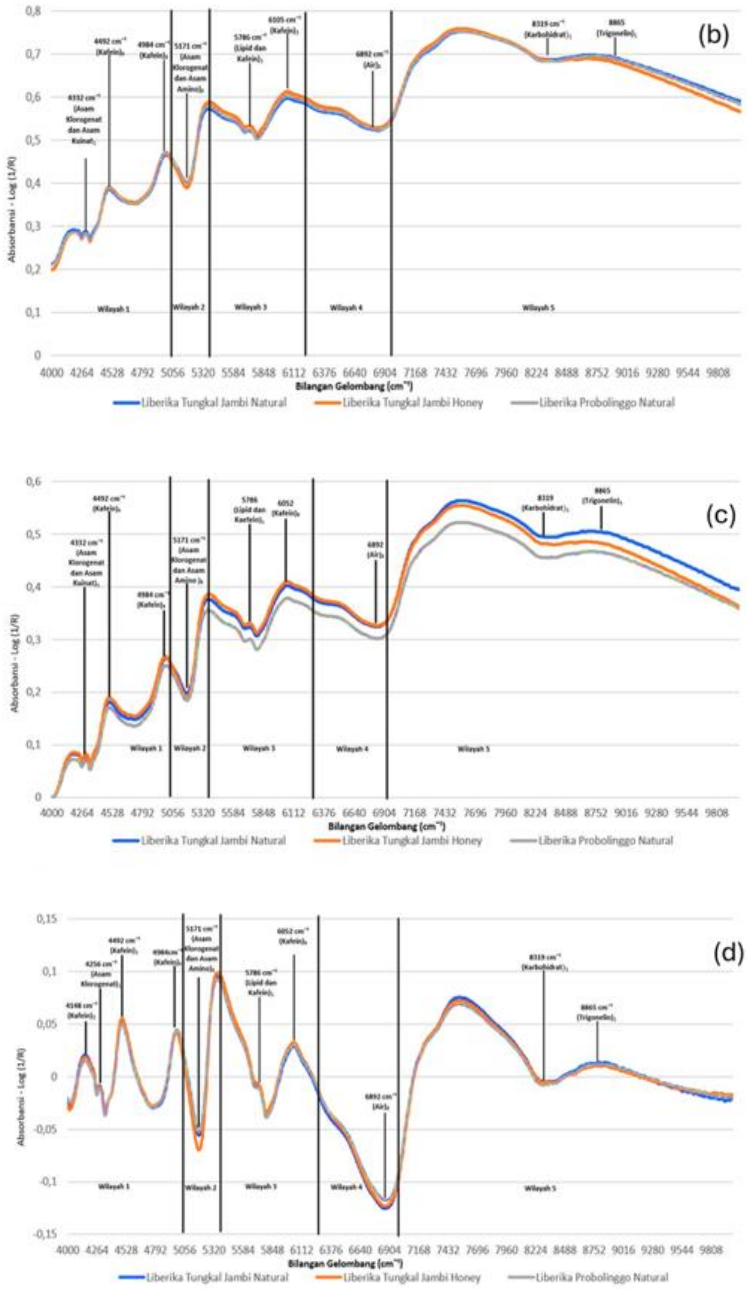
Analisis Near-Infrared Spectroscopy

Instrumen spektroskopi yang digunakan adalah NIRflex N-500 Fiber Optic Solids Cell (Büchi 2023). Sejumlah 1 g dari setiap sampel ditempatkan pada tabung vial. Selanjutnya, instrumen NIRS menyinari sampel kopi bubuk. Cahaya yang dipancarkan dari perangkat diterima sebagai energi yang memicu getaran dan regangan dalam kelompok atom. Spektrum total dalam setiap sampel digunakan untuk analisis dan membangun model persamaan kalibrasi. Spektrum asli kemudian disimpan dalam Microsoft Excel untuk analisis statistik.



Gambar 1 Visualisasi Data Spektra Mentah





Gambar 2 Visualisasi Data Spektra Sampel Kopi Bubuk Liberika, (a) Tanpa Preprocessing; (b) Preprocessing MSC; (c) Preprocessing Baseline; dan (d) Preprocessing Detrending

Preprocessing bertujuan untuk mengurangi pengaruh interferensi dari gelombang *noise* yang menyebabkan kumpulan spektrum pada sampel menjadi lebih halus dan lebih rapat (Masdar et al. 2016). *Preprocessing* spektrum dilakukan untuk mengurangi pengaruh interferensi gelombang *noise* pada data spektrum yang diperoleh sehingga diperoleh model yang lebih akurat dan stabil. Data spektrum yang telah dilakukan *preprocessing* pada data kalibrasi dan prediksi, dilakukan sebelum pengembangan model (Munawar 2014). Penelitian ini menggunakan spektra mentah (*raw spectrum)* dan tiga jenis *preprocessing,* antara lain: *Multiplicative Scatter Correction* (MSC), *Baseline*, dan *Detrending*.

Principal Component Analysis

Data spektral yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan statistik multivariat *Principal Component Analysis* (PCA), dengan menggunakan perangkat lunak The Unscrambler X 10.4. PCA merupakan teknik penyederhanaan data dengan membentuk sistem koordinat baru yang memaksimalkan varians, mempertahankan sebanyak mungkin informasi tanpa mengorbankan variasi aslinya. Analisis ini dilakukan untuk

mengetahui nilai varians PC-1 dan PC-2, persentase nilai keberhasilan proses klasifikasi, dan posisi objek penelitian pada kuadran PCA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

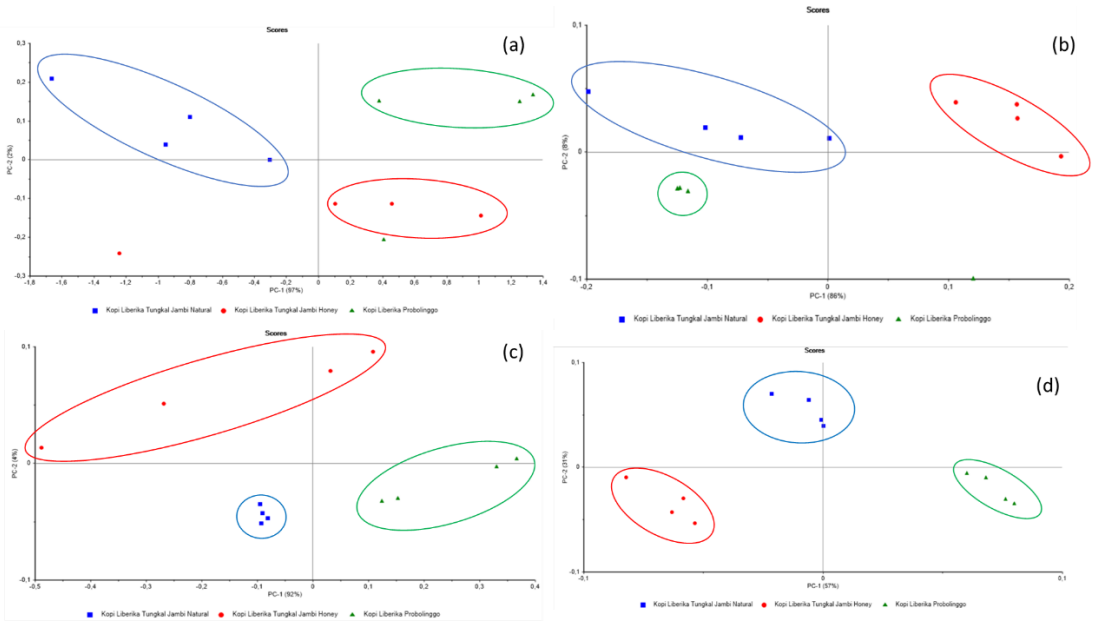
Gambar 1 menunjukkan spektra mentah (*raw spectra*) pada seluruh sampel kopi Liberika Tungkal Jambi yang diolah secara kering, Liberika Tungkal Jambi yang diolah secara *honey* dan Probolinggo pada bilangan gelombang 4.000 hingga 10.000 cm^{-1}. Spektra ketiga jenis kopi Liberika terlihat sangat serupa secara visual, membuat perbedaannya sulit dibedakan.

Preprocessing kemudian dilakukan untuk menghasilkan data yang lebih halus dan padat. *Preprocessing* yang digunakan yaitu *Multiplicative Scatter Correction* (MSC), *Baseline* dan *Detrending*. Untuk memperjelas perbedaannya, dibuat visualisasi spektra dari rerata data spektra mentah dan hasil preprocessingnya Gambar 2 (a) – (d).

Kopi mengandung berbagai zat kimia seperti air, karbohidrat, protein, asam klorogenat, kafein dan trigonelin yang dapat diamati pada wilayah dan puncak spektrumnya (Munyendo et al. 2023). Menurut Cestari (2021) spektrum NIR dapat dibagi menjadi lima wilayah: wilayah 1 (5000–4000 cm^{-1}), wilayah 2 (5300–5000 cm^{-1}), wilayah 3 (6600–5300 cm^{-1}), wilayah 4 (7200–6600 cm^{-1}), dan wilayah 5 (10.000–7200 cm^{-1}). Gambar 2 (a) – (d) memperlihatkan hasil spektra dari tiga kelompok kopi yang digunakan dengan menggunakan data spektra mentah dan tiga macam *preprocessing*.

Gambar 2 (a) – (d) menunjukkan bahwa setiap kopi memiliki persentase kandungan kimia yang berbeda-beda. Penelitian sejenis menunjukkan perbedaan tersebut disebabkan karena faktor-faktor seperti asal geografis, tempat penanaman, jenis tanah, cara penanaman, kondisi iklim, lingkungan dan pengolahan biji kopi (Olechno et al. 2021). Dari Gambar 2 (a) – (d), terlihat Kopi Liberika Tungkal Jambi dengan pengolahan pascapanen kering dan Kopi Liberika Tungkal Jambi dengan pengolahan pascapanen *honey* walaupun memiliki asal geografis yang sama tetapi memiliki perbedaan diakibatkan oleh proses pengolahan biji kopi, sedangkan Kopi Liberika Probolinggo memiliki perbedaan karena asal geografis, jenis tanah kondisi iklim dan lingkungannya. Untuk memvisualisasikan data tersebut dilakukan analisis menggunakan `PCA.

Metode PCA dapat digunakan untuk melihat klasterisasi (Zheng et al. 2023), termasuk pada sampel kopi Liberika. Pengurangan dimensi dalam PCA dilakukan dengan menciptakan kombinasi linear dari variabel-variabel yang berkorelasi, menghasilkan serangkaian variabel baru yang tidak berkorelasi dengan varian maksimum, yang dikenal sebagai Komponen Utama (PC) (Rich et al. 2020).



Gambar 3 Visualisasi PCA Data Spektra Sampel Kopi Bubuk Liberika, (a) Tanpa Preprocessing; (b) Preprocessing MSC; (c) Preprocessing Baseline; dan (d) Preprocessing Detrending

Gambar 3 memperlihatkan hasil PCA dari data spektra mentah dan dengan *preprocessing* MSC, *Baseline dan Detrending*. Pengelompokan data spektra mentah terlihat sudah cukup baik dengan terbentuk 3 kelompok dimasing-masing kuadran. Kuadran 1 menunjukkan pengelompokan Kopi Liberika Probolinggo, kuadran 2 menunjukkan pengelompokan Kopi Liberika Tungkal Jambi dengan pengolahan pascapanen kering dan kuadran 4 menunjukkan pengelompokan Kopi Liberika Tungkal Jambi dengan pengolahan pascapanen *honey*. Namun masih terdapat data-data yang tidak mengelompok. Jumlah varians kedua komponen utama (PC1 + PC2) ini mencapai 99%.

Hasil plot PCA menggunakan *preprocessing* MSC memperlihatkan Kopi Liberika Tungkal Jambi dengan pengolahan pascapanen *honey* memiliki pengelompokan pada kuadran 1, Kopi Liberika Tungkal Jambi dengan pengolahan pascapanen kering pada kuadran 2 dan Kopi Liberika Probolinggo pada kuadran 3 serta ada titik *outlier* di kuadran 4. Jumlah varians kedua komponen utama (PC1 + PC2) ini mencapai 94%. Hasil PCA *preprocessing* Baseline memperlihatkan pengelompokan Kopi Liberika Tungkal Jambi dengan pengolahan pascapanen *honey* pada rentang kuadran 1 dan 2. Kopi Liberika Tungkal Jambi dengan pengolahan pascapanen kering pada kuadran 3 dan Kopi Liberika Probolinggo pada kuadran 1 dan 4. Jumlah varians kedua komponen utama (PC1 + PC2) ini mencapai 96%. Sedangkan hasil PCA *preprocessing detrending* menunjukkan Kopi Liberika Tungkal Jambi dengan pengolahan pascapanen kering pada kuadran 2, Kopi Liberika Tungkal Jambi dengan pengolahan pascapanen *honey* pada kuadran 3 dan Kopi Liberika Probolinggo pada kuadran 4. Jumlah varians kedua komponen utama (PC1 + PC2) ini mencapai 89%.

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa *Spectroscopy Near-Infrared* (NIR) dengan menambahkan analisis multivariat *Principal Component Analysis* (PCA) berhasil mengelompokkan sampel menjadi tiga kelompok, yaitu: kopi Liberika Tungkal Jambi dengan pengolahan pascapanen kering, Liberika Tungkal Jambi dengan pengolahan pascapanen *honey,* dan kopi Liberika Probolinggo, tingkat keberhasilan bervariasi 88-99%.

DAFTAR PUSTAKA

Akhmeilia, D. 2022. *Pengaruh Impor Kopi Liberika Meranti Oleh Malaysia Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Masyarakat Desa Kedabu Rapat Tahun 2018-2020*. Skripsi, Universitas Riau, FISIP - Hubungan Internasional.

Ardiyani, F. 2014. Potensi Perbanyakan Kopi Liberika dengan Metode Somatik Embriogenesis. *Warta* 26(1):14–19.

Baqueta, M. R., E. A. Alves, P. Valderrama, and J. A. L. Pallone. 2023. Brazilian Canephora coffee evaluation using NIR spectroscopy and discriminant chemometric techniques. *Journal of Food Composition and Analysis* 116

Büchi. 2023. *N-500 NIRFlex ® Operation Manual*. Tangerang.

Cestari, A. 2021. Development of a fast and simple method to identify pure Arabica coffee and blended coffee by Infrared Spectroscopy. *Journal of Food Science and Technology*, *58*(9): 3645–3654.

de Araújo, T. K. L., R. O. Nóbrega, D. D. de S. Fernandes, M. C. U. de Araújo, P. H. G. D. Diniz, and E. C. da Silva. 2021. Non-destructive authentication of Gourmet ground roasted coffees using NIR spectroscopy and digital images. *Food Chemistry*, *364*(March).

Direktorat Jendral Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia. 2024. Listing Indikasi Geografis Terdaftar Indikasi Geografis. https://www.dgip.go.id/menu-utama/indikasi-geografis/listing.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2016 Tentang Merek dan Indikasi Geografis. 2016. https://www.dgip.go.id/unduhan/download/uu-nomor-20-tahun-2016-tentang-merek-32#:~:text=Pasal 1 Dalam Undang-Undang,lebih unsur tersebut untuk membedakan

Kulsum, U. .2023. Liberica Coffee Cultivation Farming Business Development Strategy , Marketing/Production of Liberica Coffee in Andungbiru, Tiris, Probolinggo Village. *Jurnal Agribisnis - Universitas Terbuka*, *01*(November 2022).

Masdar, M., A. A. Munawar, and Zulfahrizal, Z. 2016. Komparasi Metode Koreksi

Spektrum NIRS (De-Trending dan Derivatif ke-2) untuk Penentuan Kadar Air Bubuk Biji kakao. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, *1*(1): 1059–1068.

Munawar, A. A. 2014. Multivariate analysis and artificial neural network approaches of near infrared spectroscopic data for non-destructive quality attributes prediction of Mango *(Mangifera indica L.)* Doctoral Dissertation, Georg-August University Goettingen, Goettingen

Munyendo, L., D. Njoroge, Y. Zhang, and B. Hitzmann. 2023. Novel method for the detection of adulterants in coffee and the determination of a coffee's geographical origin using near infrared spectroscopy complemented by an autoencoder. *International Journal of Food Science and Technology*, *58*(3): 1284–1298.

Olechno, E., A. Puscion-Jakubik, M. E. Z. Zujko, and K. Socha. 2021. *Influence of Various Factors on Caffeine Content in Coffee Brews. Foods 10(6)*: 1–29.

Prasetyo, P., R. Hidayat, Nyoto, and H. Purnomo. 2019. Budidaya Kopi Liberika di lahan gambut. *Research Program on Forest,Trees and Agroforestry*(04): 3–6.

Rich, D. C., K. M. Livingston, and S. L. Morgan. 2020. Evaluating performance of Lasso relative to PCA and LDA to classify dyes on fibers. *Forensic Chemistry* 18.

Souza, L. D. S. De, I. P. Carrero Horta, L. De Souza Rosa, L. G. Barbosa Lima, J. Santos Da Rosa, J. Montenegro, L. Da Silva Santos, R. B. Nana De Castro, O. Freitas-Silva, and A. J. Teodoro. 2020. Effect of the roasting levels of: Coffea arabica L. extracts on their potential antioxidant capacity and antiproliferative activity in human prostate cancer cells. *RSC Advances* 10(50):30115–30126.

Sunarharum, W. B., T. Mahatmanto, D. Y. Ali, Y. P. Prananto, and P. I. Nugroho. 2022. Coffee polyphenols: Biochemical, processing, and health insights. Pages 99–109 Coffee Science. CRC Press.

Sunarharum, W. B., H. R. Umami, A. A. Kartika, S. Septiana, and T. Mahatmanto. 2023. Re-fermentation of Green Liberica Coffee (Coffea Liberica) Beans: Impact on the Caffeine and Antioxidant Content of the Roasted Beans. *The Journal of Experimental Life Science* 13(2): 67–69.

Tolessa, K., M. Rademaker, B. De Baets, and P. Boeckx. 2016. Prediction of specialty coffee cup quality based on near infrared spectra of green coffee beans. *Talanta* 150: 367–374.

United States Department of Agriculture. 2023. Indonesia: Coffee Annual. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Coffee%20Annual_Jakarta_Indonesia_ID2023-0012.pdf

Wiesner, K., K. Fuchs, A. M. Gigler, and R. Pastusiak. 2014. Trends in near infrared spectroscopy and multivariate data analysis from an industrial perspective. *Procedia Engineering* 87: 867–870.

Winkler-Moser, J. K., M. Singh, K. A. Rennick, E. L. Bakota, G. Jham, S. X. Liu, and S. F. Vaughn. 2015. Detection of Corn Adulteration in Brazilian Coffee (Coffea arabica) by Tocopherol Profiling and Near-Infrared (NIR) Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63(49): 10662–10668.

Zheng, A. Y., C. Chen, Y. Q. Chen, B. B. Zhao, and P. D. Zhao. 2023. Application of SVD combined with PCA in delineation and evaluation of ore-prospecting targets in the Gejiu tin polymetallic cluster region, SW China. *Ore Geology Reviews* 160.