

ANALISIS NILAI SENSOR UNTUK PENILAIAN KUALITAS AROMA KOPI KOLOMBIA

Bayu Hananto

Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta
Jl. Rs. Fatmawati, Pondok Labu, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12450
Email: bayuhananto@upnvj.ac.id

Ridwan Raafi'udin

Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta
Jl. Rs. Fatmawati, Pondok Labu, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12450
Email: raafiudin@upnvj.ac.id

Didit Widiyanto

Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta
Jl. Rs. Fatmawati, Pondok Labu, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12450
Email: didit.widiyanto@upnvj.ac.id

ABSTRAK

Penilaian kualitas aroma kopi merupakan aspek krusial dalam industri kopi, terutama untuk produk-produk premium seperti kopi Kolombia. Studi ini bertujuan untuk analisis nilai sensor menggunakan electronic nose dalam mengkategorikan kualitas aroma kopi Kolombia berdasarkan tiga kategori: kualitas tinggi (HQ_Coffee), kualitas sedang (AQ_Coffee), dan kualitas rendah (LQ_Coffee). Metode yang digunakan melibatkan pengambilan data aroma kopi menggunakan electronic nose dengan berbagai jenis sensor, termasuk SP-12A, SP-31, TGS-813, TGS-842, SP-AQ3, TGS-823, ST-31, dan TGS-800, yang masing-masing menunjukkan karakteristik respons yang berbeda. Hasil studi menunjukkan bahwa sensor SP-31 (Karbon Dioksida (CO₂)) memiliki sensitivitas tertinggi terhadap aroma kopi di semua kategori yakni 81,78 untuk AQ_Coffee, 83,44 untuk HQ_Coffee, dan 83,44 untuk LQ_Coffee, menjadikannya sensor yang paling andal untuk deteksi kualitas aroma. Sensor TGS-842 (Amonia (NH₃)) menunjukkan fleksibilitas dengan rentang respons yang luas, sementara sensor SP-AQ3 (Oksida Nitrogen (NO_x) dan Karbon Monoksida (CO)) memiliki sensitivitas terendah, yang dapat membatasi efektivitasnya dalam mendeteksi variasi aroma yang kompleks. Kesimpulannya, penggunaan kombinasi sensor dalam electronic nose dapat menghasilkan penilaian kualitas aroma kopi yang lebih cepat, konsisten, dan objektif dibandingkan dengan metode manual.

Kata kunci: aroma, analisis, electronic nose, kolombia, kopi, sensor

ABSTRACT

The assessment of the quality of coffee aroma is a crucial aspect in the coffee industry, especially for premium products such as Colombian coffee. This study aims to analyze the sensor value using an electronic nose in categorizing the aroma quality of Colombian coffee based on three categories: high quality (HQ_Coffee), medium quality (AQ_Coffee), and low quality (LQ_Coffee). The method used involves collecting coffee aroma data using an electronic nose with various types of sensors, including SP-12A, SP-31, TGS-813, TGS-842, SP-AQ3, TGS-823, ST-31, and TGS-800, each of which shows different response characteristics. The results of the study showed that the SP-31 (Carbon Dioxide (CO₂)) sensor had the highest sensitivity to coffee aroma in all categories, namely 81.78 for AQ_Coffee, 83.44 for HQ_Coffee, and 83.44 for LQ_Coffee, making it the most reliable sensor for aroma quality detection. The TGS-842 (Ammonia (NH₃))

sensor shows flexibility with a wide response range, while the SP-AQ3 (Nitrogen Oxide (NO_x) and Carbon Monoxide (CO)) sensor has the lowest sensitivity, which can limit its effectiveness in detecting complex aroma variations. In conclusion, the use of a combination of sensors in the electronic nose can result in a faster, consistent, and objective assessment of the quality of coffee aroma compared to manual methods.

Keywords: *aroma, analisis, electronic nose, kolombia, kopi, sensor.*

1. PENDAHULUAN

Kopi berada di antara komoditas yang paling banyak dikonsumsi dan diperdagangkan di ranah perdagangan global, memiliki signifikansi ekonomi yang cukup besar bagi banyak negara produsen, terutama Kolombia. Atribut khas dan kualitas kopi yang terkait dengan aroma dan rasanya, yang sangat penting dalam mempengaruhi nilai dan penerimaannya di pasar internasional. Aroma kopi berfungsi tidak hanya sebagai indikator kualitas tetapi juga meningkatkan pengalaman sensorik multifaset bagi konsumen [1], [2]. Di antara negara-negara penghasil kopi, Kolombia telah lama dikenal sebagai salah satu produsen utama kopi berkualitas tinggi, dengan cita rasa yang kaya dan unik, yang sangat diminati oleh konsumen. Keberadaan kopi Kolombia di pasar internasional tidak terlepas dari upaya untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitasnya, yang menjadi tantangan tersendiri bagi para produsen kopi di negara tersebut.[3], [4].



Gambar 1. Penghasil Kopi terbesar

Kolombia, sebuah negara yang terletak di wilayah utara Amerika Selatan, memegang posisi penting di antara sepuluh negara teratas yang diakui secara global untuk kontribusi substansialnya terhadap produksi kopi, sehingga memantapkan dirinya sebagai produsen penting di pasar kopi internasional. Pada tahun fiskal yang berlangsung dari Februari 2021 hingga Januari 2022, negara ini berhasil mengeksport kopi dalam jumlah yang luar biasa, sebesar 12.495.209 kilogram. Kopi yang paling terkenal di Kolombia adalah varietas arabika, yang tumbuh subur di ketinggian mulai dari 1500 hingga 2000 meter di atas permukaan laut, dan dibedakan oleh profil aroma yang khas berupa rasa nutty dan sedikit aroma harum citrus [5].

Dalam studi ini, teknologi yang digunakan untuk mendeteksi kualitas kopi kolombia adalah dengan sensor elektronik atau electronic nose (e-nose). Electronic nose (e-nose) muncul sebagai alat yang inovatif untuk menganalisis dan menilai kualitas aroma kopi. E-nose menggunakan kombinasi berbagai sensor gas yang sensitif terhadap senyawa volatil dalam kopi, serta metode analisis data yang canggih untuk menggambarkan dan membandingkan profil aroma kopi secara akurat. Dengan menggunakan e-nose, proses penilaian aroma kopi dapat dilakukan dengan lebih cepat, konsisten, dan objektif dibandingkan dengan metode penilaian manual yang sering kali bersifat subjektif dan memerlukan pengalaman khusus [6], [7]. Penelitian sebelumnya

menunjukkan bahwa e-nose dapat membedakan aroma kopi yang berbeda, termasuk antara kopi kafein dan dekafein, serta mengidentifikasi senyawa volatil yang berkontribusi pada profil aroma kopi [8], [9].

Penerapan e-nose dalam analisis aroma kopi Kolombia berpotensi memberikan keuntungan signifikan bagi industri kopi, terutama dalam hal standarisasi dan efisiensi evaluasi kualitas. Dengan memanfaatkan teknologi ini, produsen kopi Kolombia dapat mengukur dan memastikan kualitas aroma produk mereka secara konsisten sebelum memasarkannya, sehingga meningkatkan daya saing di pasar global, dengan penerapan e-nose memberikan alternatif inovatif yang mendukung penilaian kualitas kopi secara obyektif dan dapat diandalkan [10]–[13]. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan sensor e-nose dalam menganalisis kualitas aroma kopi Kolombia, berdasarkan dari nilai sensor yang diperoleh dari tiap kelas atau label.

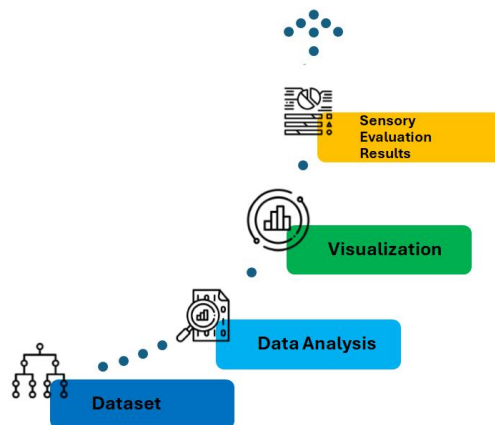
Lebih lanjut, studi ini juga akan membahas hubungan antara berbagai aspek yang terkait dengan kualitas kopi dan senyawa volatil yang dihasilkan selama proses pemanggangan. Proses pemanggangan kopi memiliki dampak signifikan terhadap komposisi kimia, warna, aroma, dan mikrostruktur biji kopi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa senyawa sulfur dan senyawa volatil lainnya yang terbentuk selama proses pemanggangan berkontribusi pada profil aroma kopi yang dihasilkan [14], [15]. Dengan demikian, pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana proses pemanggangan mempengaruhi aroma kopi dapat membantu produsen dalam mengoptimalkan metode pemanggangan untuk mencapai kualitas aroma yang diinginkan.

Secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi analisis aroma kopi, serta memberikan rekomendasi praktis bagi produsen kopi Kolombia untuk meningkatkan kualitas produk mereka. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya relevan bagi akademisi dan peneliti, tetapi juga bagi praktisi industri kopi yang ingin memahami dan menerapkan teknologi baru dalam proses produksi mereka. Penelitian ini akan menjadi langkah penting dalam upaya untuk meningkatkan daya saing kopi Kolombia di pasar global, serta memberikan kontribusi terhadap pemahaman yang lebih baik tentang kompleksitas aroma kopi dan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitasnya [16], [17].

Melalui studi ini, diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang penggunaan teknologi e-nose dalam penilaian kualitas aroma kopi Kolombia, serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan industri kopi yang lebih berkelanjutan dan kompetitif di pasar global.

2. METODOLOGI PENELITIAN

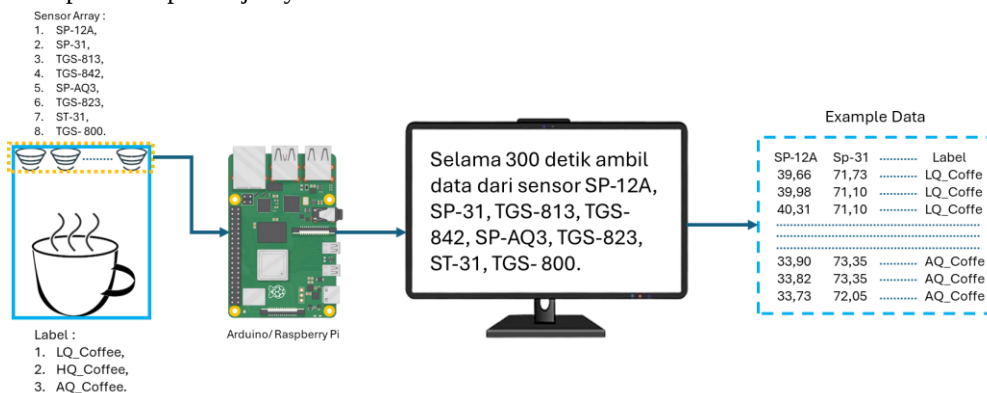
Studi ini menggunakan metode berbasis electronic nose untuk mengevaluasi kualitas aroma kopi Kolombia. Proses studi ini terdiri dari empat tahap utama, yang dijelaskan secara bertahap dalam alur metodologi pada Gambar 2.



Gambar 2. Metodologi

2.1 Dataset

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan dan persiapan dataset. Data diperoleh dengan menggunakan electronic nose yang dilengkapi dengan beberapa sensor gas yang dapat mendeteksi senyawa volatil dari aroma kopi [18]. Setiap sampel kopi Kolombia dikelompokkan ke dalam tiga kategori kualitas: HQ_Coffee (kualitas tinggi), AQ_Coffee (kualitas sedang), dan LQ_Coffee (kualitas rendah). Dataset ini kemudian diorganisir dengan baik agar dapat diolah pada tahap selanjutnya.



Gambar 3. Memperoleh Dataset

Gambar 3 menunjukkan konfigurasi perangkat untuk pengumpulan data, termasuk jenis sensor, perangkat keras, dan format data. Susunan Sensor yang digunakan terdiri dari delapan sensor gas, yaitu SP-12A, SP-31, TGS-813, TGS-842, SP-AQ3, TGS-823, ST-31, dan TGS-800. Masing-masing sensor memiliki sensitivitas terhadap senyawa volatil yang berbeda, sehingga memungkinkan deteksi karakteristik aroma yang lebih beragam dari sampel kopi.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	SP-12A	SP-31	TGS-813	TGS-842	SP-AQ3	TGS-823	ST-31	TGS-800	Label
2	33.739782	72.056151	22.320113	22.949768	16.178617	45.594388	49.096439	33.20205	AQ_Coffee
3	33.820116	73.356984	22.320113	22.86704	16.273621	46.149582	48.784078	33.046781	AQ_Coffee
4	33.900787	73.356984	22.241104	22.825862	16.297507	45.732047	48.475323	33.20205	AQ_Coffee
5	33.900787	72.377277	22.559946	23.074796	16.345442	46.149582	49.096439	33.437363	AQ_Coffee
6	33.580114	72.056151	22.399587	22.908342	16.178617	45.732047	49.096439	33.20205	AQ_Coffee
7	33.500777	72.056151	22.399587	22.825862	16.202287	45.732047	48.784078	33.20205	AQ_Coffee
8	33.820116	72.701102	22.320113	22.908342	16.249789	45.457478	49.096439	33.20205	AQ_Coffee
9	33.739782	73.02766	22.320113	22.743872	16.249789	46.149582	48.475323	33.046781	AQ_Coffee
10	34.144839	73.356984	22.681466	23.243268	16.490572	46.009638	49.732237	33.755698	AQ_Coffee
11	34.144839	73.689111	22.763083	23.200959	16.56389	46.431802	49.412471	33.516452	AQ_Coffee
12	33.580114	73.02766	22.399587	22.784806	16.249789	46.009638	48.939804	33.20205	AQ_Coffee
13	33.580114	72.701102	22.399587	22.825862	16.249789	45.870461	48.784078	33.20205	AQ_Coffee
14	33.820116	73.02766	22.320113	22.949768	16.249789	45.594388	48.939804	33.437363	AQ_Coffee
15	33.739782	73.356984	22.201772	22.743872	16.297507	45.732047	48.475323	33.20205	AQ_Coffee
16	33.739782	72.056151	22.320113	22.908342	16.202287	45.594388	49.096439	33.20205	AQ_Coffee
17	33.981796	73.689111	22.241104	22.743872	16.345442	45.870461	48.629254	33.20205	AQ_Coffee
18	33.981796	73.02766	22.201772	22.825862	16.273621	45.870461	48.939804	33.358602	AQ_Coffee
19	33.981796	73.356984	22.201772	22.743872	16.369493	45.594388	48.629254	33.20205	AQ_Coffee
20	33.659782	73.02766	22.280551	22.743872	16.273621	46.290302	48.475323	33.046781	AQ_Coffee
21	33.580114	72.056151	22.399587	22.825862	16.226011	45.870461	48.939804	33.20205	AQ_Coffee
22	33.659782	72.377277	22.4395	22.825862	16.249789	45.870461	48.939804	33.20205	AQ_Coffee
23	33.820116	73.689111	22.201772	22.784806	16.345442	46.149582	48.629254	33.046781	AQ_Coffee
24	33.820116	73.689111	22.201772	22.743872	16.321447	45.870461	48.475323	33.20205	AQ_Coffee
25	33.900787	73.02766	22.320113	22.825862	16.297507	45.594388	49.096439	33.358602	AQ_Coffee

Gambar 4. Contoh dataset yang diperoleh

Gambar 4 merupakan contoh dataset yang diperoleh, setiap baris mencerminkan hasil pembacaan nilai sensor dari beberapa jenis sensor (SP-12A, SP-31, TGS-813, TGS-842, SP-AQ3, TGS-823, ST-31, dan TGS-800) yang digunakan untuk mendeteksi kualitas aroma kopi. Kolom terakhir merupakan Label, mengindikasikan kategori kualitas kopi (dalam contoh adalah AQ_Coffee).

Setiap sensor memiliki nilai numerik yang berbeda, mencakup variasi respons terhadap senyawa volatil yang terdapat pada kopi. Respons ini menunjukkan karakteristik unik dari setiap sensor dalam mendeteksi aroma, dengan kemungkinan adanya pola yang membedakan kategori kualitas kopi seperti AQ_Coffee, HQ_Coffee, atau LQ_Coffee.

Tabel 1. Sensor yang digunakan

Sensor	Keterangan
SP-12A	Hidrogen (H_2) dan Hidrokarbon
SP-31	Karbon Dioksida (CO_2)
TGS-813	Metana, Propana, Butana
TGS-842	Amonia (NH_3)
SP-AQ3	Oksida Nitrogen (NO_x) dan Karbon Monoksida (CO)
TGS-823	Alkohol dan Gas Organik Volatil (VOC)
ST-31	Suhu dan Kelembaban
TGS-800	Karbon Monoksida (CO) dan gas mudah terbakar

Kategori Sampel Kopi terdiri dari Tiga jenis sampel kopi Kolombia, yang dikategorikan ke dalam tiga kategori kualitas berbeda:

- LQ_Coffee – Kopi dengan kualitas rendah.
- AQ_Coffee – Kopi dengan kualitas menengah.
- HQ_Coffee – Kopi dengan kualitas tinggi.

Proses Pengumpulan Data dilakukan dengan cara setiap sampel kopi diletakkan di dekat susunan sensor, dan data diambil secara otomatis selama durasi 300 detik untuk memastikan konsistensi pengukuran. Data yang direkam berupa resistansi dari masing-masing sensor, yang kemudian digunakan sebagai fitur dalam analisis data. Data ini diambil menggunakan mikrokontroler yang terhubung ke komputer untuk penyimpanan dan pengolahan data lebih lanjut.

2.2 Data Analysis

Setelah dataset terkumpul, tahap berikutnya adalah analisis data. Pada tahap ini, data sensor yang telah direkam diproses untuk memperoleh pola atau karakteristik yang unik dari setiap kategori kualitas kopi.

2.3 Visualization

Tahap visualisasi digunakan untuk menampilkan hasil analisis data dalam bentuk yang lebih mudah dipahami. Visualisasi berupa grafik atau diagram membantu dalam mengidentifikasi perbedaan karakteristik aroma kopi berdasarkan hasil pengukuran dari sensor. Pada tahap ini, data yang telah diolah disajikan dalam bentuk grafik atau diagram yang memudahkan interpretasi, sehingga pembaca dapat dengan jelas melihat pola yang ada antara kualitas aroma dengan data sensor yang diperoleh.

2.4 Sensor Evaluation Result

Tahap terakhir adalah menampilkan hasil evaluasi sensorik berdasarkan data yang telah dianalisis dan divisualisasikan. Hasil evaluasi ini memberikan informasi terkait kualitas aroma kopi Kolombia dalam berbagai kategori.

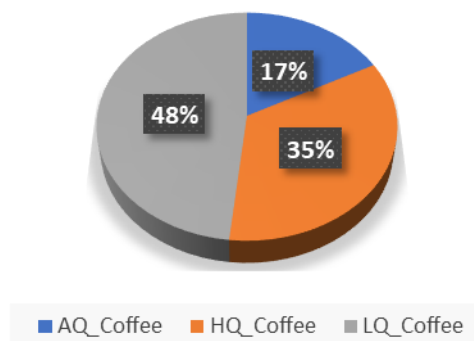
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam studi ini, dataset dikategorikan ke dalam tiga kategori berbeda yang didasarkan pada penunjukan kualitas kopi, khususnya HQ_coffee, AQ_coffee, dan LQ_coffee. Penunjukan HQ_coffee menunjukkan kopi yang dicirikan oleh kualitas aroma yang tinggi atau unggul, sedangkan AQ_coffee dan LQ_coffee sesuai dengan kopi dengan kualitas aroma sedang dan rendah.

Tabel 2. Jenis Kategori dan Jumlah File dan Data

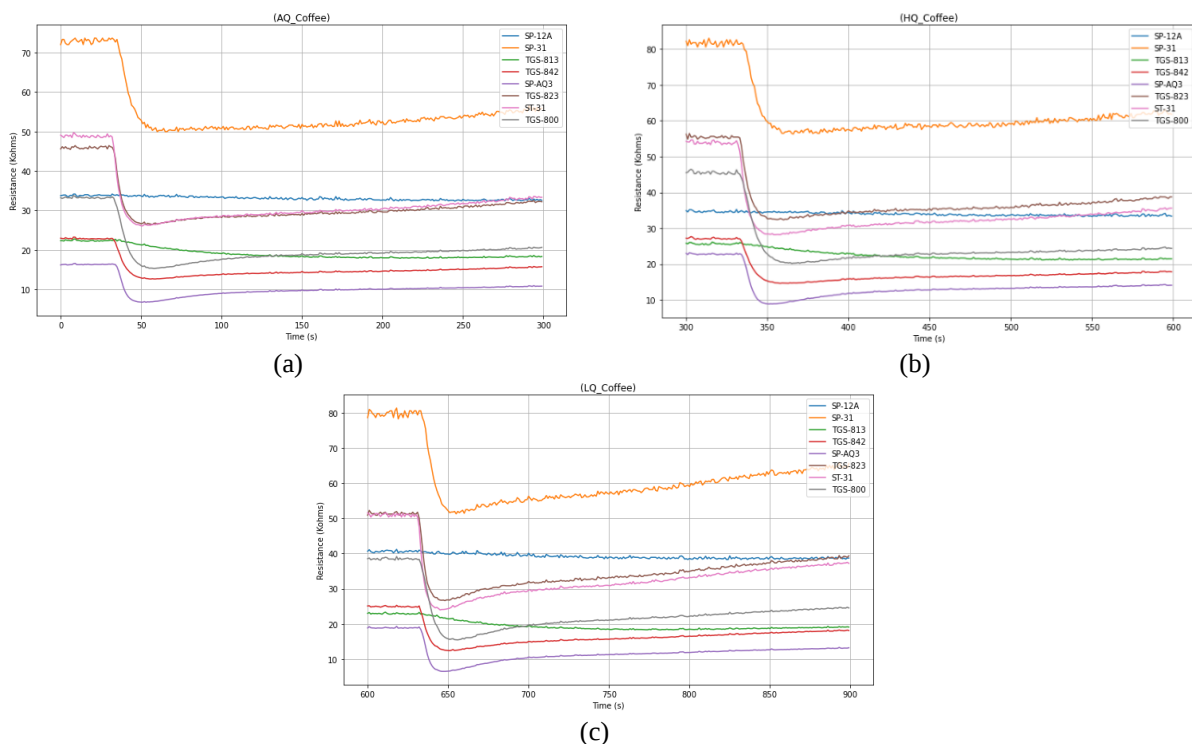
Kategori	Jumlah File	Jumlah Data
AQ_Coffee	10	3000
HQ_Coffee	20	6000
LQ_Coffee	28	8400

Menurut tabel 2 yang disediakan, kategori AQ_coffee terdiri dari 10 file yang berisi total kumulatif 3000 baris data, sedangkan kategori HQ_coffee terdiri dari 20 file yang digabungkan ke 6000 baris data. Kategori LQ_coffee mencakup 28 file, berjumlah total 8400 baris data.



Gambar 5. Proporsi data berdasarkan Kategori

Distribusi dataset ini secara grafis direpresentasikan dalam diagram lingkaran, yakni pada gambar 5, yang menggambarkan proporsi setiap kategori. Kategori AQ_coffee merupakan 17% dari total, sedangkan HQ_coffee mewakili 35% dari keseluruhan dataset. LQ_coffee, sebagai kategori dengan volume data tertinggi, menyumbang 48% dari total data yang dikumpulkan. Distribusi ini menunjukkan bahwa data dari kategori LQ_coffee lebih banyak daripada dari dua kategori lainnya, menyoroti keragaman yang melekat dalam sampel ini dan menawarkan variasi yang memadai untuk analisis komprehensif tentang perbedaan kualitas aroma kopi.



Gambar 6. Contoh Visualisasi Data

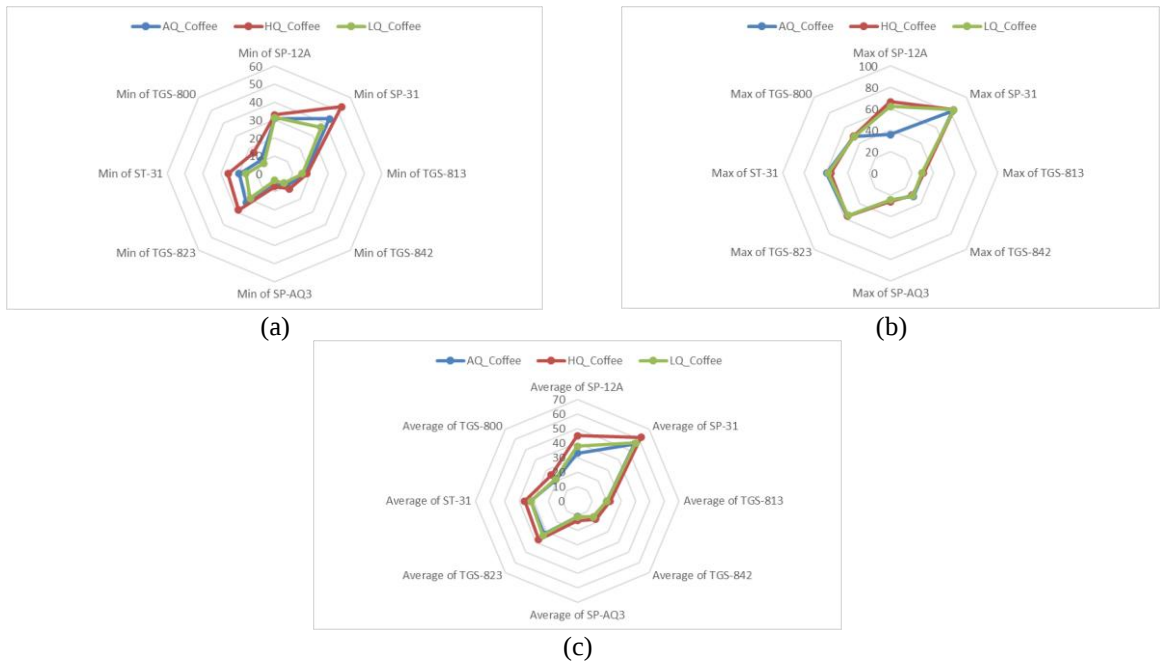
Gambar 6 menunjukkan respons berbagai sensor terhadap sampel kopi pada tiga kategori kualitas aroma yang berbeda. Setiap grafik menggambarkan perubahan nilai resistansi sensor terhadap waktu, yang merepresentasikan reaksi sensor terhadap komponen volatil dalam aroma kopi dari masing-masing kategori. Hasil dari gambar 6 tersebut memperlihatkan bahwa setiap sensor memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap kualitas aroma kopi yang beragam. Hal ini penting untuk menentukan sensor mana yang paling efektif dalam mendeteksi variasi kualitas aroma kopi. Dimana sumbu X adalah rentang waktu pengambilan sampel dalam satuan detik, sedangkan sumbu Y adalah nilai respon dari sensor yang digunakan.

Tabel 3 Analisa Data

Sensor	AQ_Coffee			HQ_Coffee			LQ_Coffee		
	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max
SP-12A	30,78	33,05	36,12	32,73	45,00	66,60	31,26	37,68	62,20
SP-31	43,27	55,47	81,78	52,87	61,95	83,44	36,61	56,68	83,44
TGS-813	16,95	20,40	30,40	18,02	22,67	30,88	15,40	20,36	29,43
TGS-842	9,34	15,62	30,44	11,70	17,93	28,84	7,33	15,68	29,71
SP-AQ3	4,79	10,73	25,28	7,12	13,58	26,39	3,68	11,06	24,75

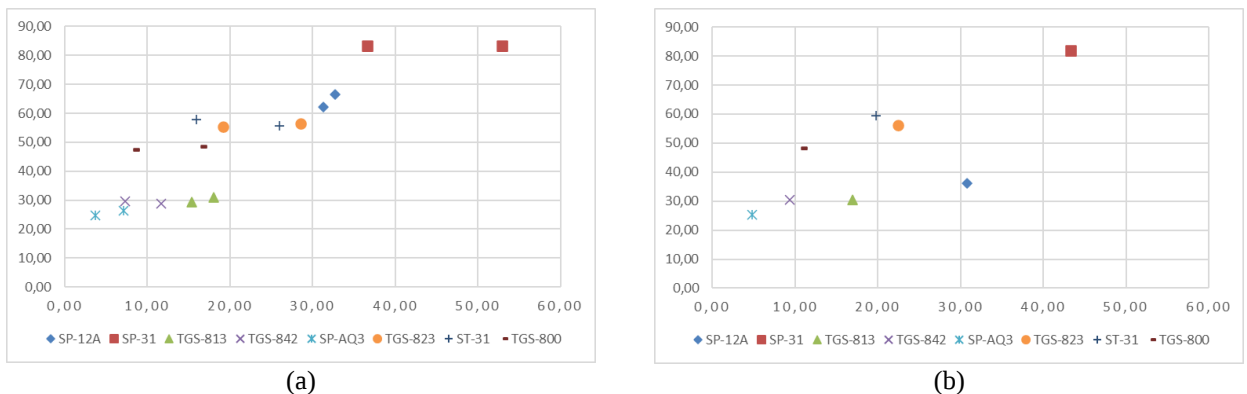
TGS-823	22,46	32,14	56,24	28,54	37,64	56,44	19,16	33,41	55,44
ST-31	19,82	32,06	59,39	25,98	36,15	55,61	15,92	31,92	57,87
TGS-800	10,78	20,76	48,22	16,48	25,36	48,68	8,32	21,16	47,62

Tabel 3 menampilkan analisa data yakni nilai minimum (Min), rata-rata (Avg), dan maksimum (Max) resistansi yang diukur oleh berbagai sensor gas pada tiga kategori kopi, yaitu AQ_Coffee, HQ_Coffee, dan LQ_Coffee. Setiap sensor menunjukkan variasi nilai resistansi yang berbeda-beda bergantung pada kategori kopi yang diuji, yang mencerminkan respons sensor terhadap kualitas aroma yang berbeda.



Gambar 7. Visualisasi Radar Chart

Gambar 7 Visualisasi Radar Chart, menunjukkan bahwa setiap sensor memiliki karakteristik respons yang unik terhadap aroma kopi dengan kualitas yang berbeda. Analisis ini membantu dalam mengidentifikasi sensor yang paling sensitif terhadap variasi kualitas aroma, yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem penilaian otomatis berdasarkan kualitas aroma kopi.



Gambar 8. Scatter Plot. Nilai Min dan Max (a), Nilai Avg (c).

Gambar 8 Scatter Plot ini menggambarkan perbedaan pola respons sensor pada kategori AQ_Coffee dan LQ_Coffee, di mana sensor SP-31 dan TGS-823 konsisten menunjukkan nilai resistansi yang lebih tinggi di kedua kategori, mengindikasikan sensitivitas tinggi terhadap perbedaan kualitas aroma. Analisis ini memperkuat temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa setiap sensor memiliki karakteristik respons yang unik terhadap variasi kualitas aroma kopi, dan scatter plot ini memberikan wawasan tambahan mengenai pola distribusi resistansi sensor dalam berbagai kategori kopi. Gambar 8 (a) merupakan batas bawah dan batas atas dari nilai sensor, sedangkan gambar 8 (b) merupakan nilai rata-rata.

4. KESIMPULAN

Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa teknologi electronic nose dapat diandalkan dalam mengevaluasi kualitas aroma kopi Kolombia berdasarkan kategori kualitas yang berbeda. Sensor SP-31 terbukti memiliki sensitivitas tertinggi terhadap aroma kopi pada ketiga kategori (HQ_Coffee, AQ_Coffee, dan LQ_Coffee), menjadikannya sensor yang sangat andal untuk penilaian kualitas aroma. Selain itu, sensor TGS-842, yang memiliki rentang respons yang luas, menunjukkan kemampuan adaptasi yang baik dalam mendeteksi variasi aroma, yang dapat meningkatkan akurasi pengukuran kualitas. Sebaliknya, sensor SP-AQ3 memiliki respons yang paling rendah, menunjukkan bahwa penggunaannya mungkin kurang efektif untuk deteksi aroma yang kompleks.

Hasil studi ini mendukung penggunaan kombinasi sensor dalam electronic nose untuk standarisasi penilaian kualitas aroma kopi di industri, yang dapat meningkatkan daya saing produk kopi Kolombia di pasar internasional. Di masa mendatang, penelitian lanjutan dapat mengkaji pengembangan algoritma klasifikasi yang lebih baik untuk memaksimalkan pemanfaatan data dari berbagai jenis sensor, serta memperluas aplikasi teknologi ini pada jenis kopi lain atau produk berbasis aroma lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Ilmu Komputer, UPN Veteran Jakarta, atas dukungannya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Knysak, "Volatile compounds profiles in unroasted *Coffea arabica* and *Coffea canephora* beans from different countries," *Food Sci. Technol.*, vol. 37, no. 3, pp. 444–448, 2017, doi: 10.1590/1678-457x.19216.
- [2] W. Harsono, R. Sarno, and S. I. Sabilla, "Recognition of original arabica civet coffee based on odor using electronic nose and machine learning," *Proceedings - 2020 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication: IT Challenges for Sustainability, Scalability, and Security in the Age of Digital Disruption, iSemantic 2020*, pp. 333–339, 2020. doi: 10.1109/iSemantic50169.2020.9234234.
- [3] C. Gonzalez Viejo, E. Tongson, and S. Fuentes, "Integrating a low-cost electronic nose and machine learning modelling to assess coffee aroma profile and intensity," *Sensors*, vol. 21, no. 6, pp. 1–16, 2021, doi: 10.3390/s21062016.
- [4] Y. Zou, M. Gaida, F. A. Franchina, P. H. Stefanuto, and J. F. Focant, "Distinguishing between Decaffeinated and Regular Coffee by HS-SPME-GC×GC-TOFMS, Chemometrics, and Machine Learning," *Molecules*, vol. 27, no. 6, p. 1806, 2022, doi:

10.3390/molecules27061806.

- [5] “DATA: 10 Negara Penghasil Kopi Terbesar di Dunia,” bumibogalaksmi.com. Accessed: Oct. 19, 2024. [Online]. Available: <https://www.inilah.com/negara-penghasil-kopi-terbesar-di-dunia>
- [6] J. Palacín, E. Rubies, and E. Clotet, “Application of a Single-Type eNose to Discriminate the Brewed Aroma of One Caffeinated and Decaffeinated Encapsulated Espresso Coffee Type,” *Chemosensors*, vol. 10, no. 10, p. 421, 2022, doi: 10.3390/chemosensors10100421.
- [7] T. Lu, Y. Sun, Y. Huang, and X. Chen, “Effects of roasting on the chemical compositions, color, aroma, microstructure, and the kinetics of changes in coffee pulp,” *J. Food Sci.*, vol. 88, no. 4, pp. 1430–1444, 2023, doi: 10.1111/1750-3841.16516.
- [8] M. Gancarz, A. Nawrocka, and R. Rusinek, “Identification of Volatile Organic Compounds and Their Concentrations Using a Novel Method Analysis of MOS Sensors Signal,” *J. Food Sci.*, vol. 84, no. 8, pp. 2077–2085, 2019, doi: 10.1111/1750-3841.14701.
- [9] D. Barron et al., “Impact of crema on the aroma release and the in-mouth sensory perception of espresso coffee,” *Food Funct.*, vol. 3, no. 9, pp. 923–930, 2012, doi: 10.1039/c2fo30046j.
- [10] B. A. Suslick, L. Feng, and K. S. Suslick, “Discrimination of complex mixtures by a colorimetric sensor array: Coffee aromas,” *Anal. Chem.*, vol. 82, no. 5, pp. 2067–2073, 2010, doi: 10.1021/ac902823w.
- [11] R. Crnjar, P. Solari, and G. Sollai, “The Human Nose as a Chemical Sensor in the Perception of Coffee Aroma: Individual Variability,” *Chemosensors*, vol. 11, no. 4, p. 248, 2023, doi: 10.3390/chemosensors11040248.
- [12] M. Mesías, J. D. Barea-Ramos, J. Lozano, F. J. Morales, and D. Martín-Vertedor, “Application of an Electronic Nose Technology for the Prediction of Chemical Process Contaminants in Roasted Almonds,” *Chemosensors*, vol. 11, no. 5, 2023, doi: 10.3390/chemosensors11050287.
- [13] J. Rodríguez, C. Durán, and A. Reyes, “Electronic nose for quality control of Colombian coffee through the detection of defects in ‘Cup Tests,’” *Sensors*. Accessed: Dec. 13, 2023. [Online]. Available: <https://data.mendeley.com/datasets/7spd6fpvyk/1>
- [14] H. Tian, F. Li, L. Qin, H. Yu, and X. Ma, “Discrimination of chicken seasonings and beef seasonings using electronic nose and sensory evaluation,” *J. Food Sci.*, vol. 79, no. 11, pp. S2346–S2353, 2014, doi: 10.1111/1750-3841.12675.
- [15] R. Rusinek, A. Siger, M. Gawrysiak-Witulska, E. Rokosik, U. Malaga-Toboła, and M. Gancarz, “Application of an electronic nose for determination of pre-pressing treatment of rapeseed based on the analysis of volatile compounds contained in pressed oil,” *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 55, no. 5, pp. 2161–2170, 2020, doi: 10.1111/ijfs.14392.
- [16] M. Gancarz et al., “Impact of Coffee Bean Roasting on the Content of Pyridines Determined by Analysis of Volatile Organic Compounds,” *Molecules*, vol. 27, no. 5, p. 1559, 2022, doi: 10.3390/molecules27051559.

- [17] D. Zhang, H. W. Ji, G. X. Luo, H. Chen, S. C. Liu, and W. J. Mao, "Insight into aroma attributes change during the hot-air-drying process of white shrimp using GC-MS, E-Nose and sensory analysis," *Food Sci. Technol.*, vol. 42, 2022, doi: 10.1590/fst.70820.
- [18] J. C. R. Gamboa and C. M. D. Acevedo, "Dataset: Electronic Nose for Quality Control of Colombian Coffee through the Detection of Defects in 'Cup Tests,'" 2020, doi: 10.17632/spd6fpvyk.1.