

Klasifikasi Aroma Jenis Kopi Menggunakan Sensor Gas dan Algoritma LDA

Moch Irwan Adi Saputro ^{1*}, Kukuh Setyadjit ², Lutfi Agung Swarga ³
^{1,2,3} Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia

Alamat: Jl.Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur

Korespondensi penulis: 1451900071@surel.untag-sby.ac.id

Abstract. Coffee is an agricultural product highly favored by the majority of the Indonesian population. Coffee comes in various types, each with a distinct aroma. Currently, differentiating coffee types relies on conventional methods, using the human nose, which is subjective and dependent on individual conditions. This approach is less effective. To address this, researchers have developed a machine learning based system using Arduino Mega 2560 as the microcontroller, gas sensor MQ4, MQ7, MQ135, as the aroma detection tools, and the Linear Discriminant Analysis (LDA) algorithm as the classification method. The results of this system can classify 5 types of coffee with an accuracy rate of 90%.

Keywords: Microcontroller, Sensor, Classification, Accuracy

Abstrak. Kopi adalah hasil perkebunan yang sangat diminati bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Kopi memiliki banyak sekali jenisnya dengan aroma yang berbeda. Untuk membedakannya saat ini masih menggunakan metode konvensional yaitu dengan menggunakan hidung manusia yang bersifat subjektif dan tergantung pada kondisinya. Tentunya hal ini kurang efektif. Sehingga peneliti membuat sebuah machine learning dengan Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler, sensor gas MQ4, MQ7 dan MQ135 sebagai indra pendeteksi aroma gas kopi dan Algoritma Linear discriminant analysis (LDA) sebagai metode klasifikasinya. Hasil dari sistem ini dapat mengklasifikasi 5 jenis kopi dengan tingkat akurasi 90%.

Kata kunci: Mikrokontroler, Sensor, Klasifikasi, Akurasi

1. LATAR BELAKANG

Kopi (Coffeasp.) mulai dikenal di Indonesia ketika dibawa oleh Belanda pada abad ke-17. Pada awalnya ditanam di sekitar Batavia (atau Jakarta sekarang). (Widiastutie et al., 2022) Kopi adalah salah satu komoditas yang dibudidayakan di lebih dari 50 negara di dunia. Di Indonesia, kopi merupakan hasil perkebunan yang bernilai tinggi, dengan jenis Arabika dan Robusta yang paling populer. Kualitas kopi, terutama aroma, menjadi faktor utama penentu nilai jual. Namun, pengenalan aroma kopi masih menggunakan metode konvensional dengan indera penciuman manusia, bersifat subyektif dan variabel. Disamping itu, indera penciuman manusia terkadang tidak stabil tergantung kondisi tertentu. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem dimana bisa mengenali jenis kopi secara tepat dan akurat. (Maria Ulfa et al., 2021)

Sebagai solusi, dikembangkan sistem yang meniru cara kerja indera penciuman manusia menggunakan sensor gas, seperti MQ2 untuk mendeteksi gas pekat. (Daru & Whisnumurti Adhiwibowo, 2021). Penelitian ini menghadirkan sistem pengenalan dan klasifikasi aroma kopi menggunakan algoritma *Linear Discriminant Analysis* (LDA). LDA mampu mengekstraksi fitur dan memisahkan data antar kelas dengan memaksimalkan

between-class scatter serta meminimalkan within-class scatter, sehingga meningkatkan akurasi klasifikasi.(Cahyani et al., 2018)

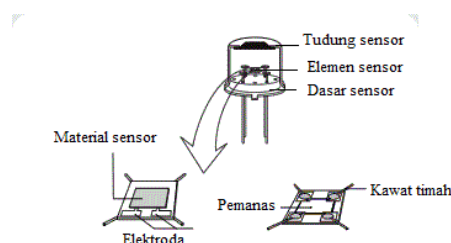
Sistem ini dikembangkan menggunakan perangkat lunak MATLAB, yang mendukung analisis data kompleks, permodelan kecerdasan buatan, dan integrasi ke lingkungan industry. Dengan memanfaatkan sensor gas, algoritma LDA dan MATLAB, sistem ini mampu mengklasifikasikan aroma kopi secara akurat dan konsisten, membantu produsen mengoptimalkan proses produksi dan menjaga kualitas produk untuk meningkatkan daya saing di pasar global.

2. KAJIAN TEORITIS

Penelitian oleh Dwi Dian Novita menggunakan sensor *E-Nose* berbasis jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* untuk mengidentifikasi 5 jenis kopi, dengan hasil keberhasilan klasifikasi mencapai 100% pada beberapa jenis kopi seperti robusta natural dan arabika natural.(Novita et al., 2021) Penelitian lainnya oleh Denting Romantika Java dkk. Menggunakan 6 sensor untuk klasifikasi aroma kopi Gayo menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) dengan akurasi, presisi, dan sensitivitas sebesar 93,33%. Kesimpulannya, sensor gas efektif digunakan untuk klasifikasi jenis kopi berdasarkan aroma, dan desain alat akan disesuaikan dengan kebutuhan penelitian.(Sumanto et al., 2022)

Sensor Gas Semikonduktor

Sensor adalah perangkat yang mendeteksi fenomena kimia atau fisika, seperti konsentrasi bahan kimia dalam bentuk cairan atau gas, dan mengubahnya menjadi sinyal listrik berupa arus atau tegangan. Sensor gas semikonduktor menggunakan material Timah Oksida (SnO_2) sebagai elemen utamanya. Sensor ini memiliki keunggulan berupa bobot ringan, ukuran kecil, sensitivitas tinggi, tersedia luas di pasar, dan bekerja pada suhu tinggi, yaitu antara 200°C hingga 600°C .(Oktorizal, 2012)



Gambar 1. Prinsip Kerja Sensor gas

Sensor MQ7

Sensor MQ 7 merupakan sensor gas yang biasa digunakan dalam peralatan elektronika yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan

sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri. Fitur penting yang bisa dimanfaatkan dari sensor ini adalah tingginya tingkat sensitifitas terhadap gas karbon monoksida (CO). Sensor ini menggunakan catu daya heater : 5V AC/DC dan menggunakan catu daya rangkaian : 5VDC, dengan jarak pengukuran : 20 – 2000ppm untuk mampu mengukur gas karbon monoksida.(Ardiansyah et al., 2018)



Gambar 2. Sensor Gas MQ7

Sensor MQ135

Karakterisas Sensor MQ135 adalah sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi sejumlah gas berbahaya di udara, seperti karbon dioksida (CO₂), amonia (NH₃), metana (CH₄), dan gas lainnya.(Rachman, 2018) Sensor ini sering digunakan dalam proyek-proyek elektronika, terutama dalam aplikasi yang berkaitan dengan pemantauan kualitas udara atau keamanan ruangan.(Rombang et al., 2022)

Prinsip kerja sensor MQ135 melibatkan perubahan resistansi dari lapisan sensor semikonduktor ketika terkena gas tertentu. Sensor ini memiliki lapisan semikonduktor yang dapat berinteraksi dengan gas tertentu dan mengubah resistansinya sesuai dengan konsentrasi gas tersebut di udara. Ketika konsentrasi gas meningkat, resistansi sensor berubah, dan ini dapat diukur dan diinterpretasikan sebagai indikator konsentrasi gas yang bersangkutan.



Gambar 3. Sensor Gas MQ135

Sensor Gas MQ4

Sensor gas MQ4 sangat digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas di rumah atau di industri seperti Metana (CH₄) & Gas CNG.(Kevin Diantoro, 2020) Sensor gas ini sangat responsif dalam waktu yang sangat singkat, sehingga berdasarkan persyaratan sensitivitas; itu dapat disesuaikan melalui potensiometer. Ini adalah sensor keluaran analog, digunakan seperti sensor CNG (gas alam terkompresi) dalam rangkaian sensor MQ.



Gambar 4. Sensor Gas MQ4

Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah salah satu jenis board mikrokontroler yang menggunakan sistem operasi *open-source* dan dirancang untuk mempermudah proses pemrograman dan pembuatan proyek elektronik. Board ini menggunakan chip Atmega2560. Arduino jenis ini memiliki 54 digital pin input/output dimana 15 diantaranya digunakan sebagai *output Pulse With Modulation*, 16 diantaranya untuk analog input, 4 pin UART (*hardware port serial*). Memiliki osilator kristal 16Mhz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Perangkat yang terpasang ditujukan sebagai keperluan mikrokontrol.(Setiawan, 2018)



Gambar 5. Arduino Mega 2560

Algoritma Linear Discriminant Analysis

LDA merupakan salah satu supervised learning yang dikembangkan oleh R. A. Fisher pada tahun 1936. Classifier ini menentukan kombinasi karakteristik linear yang menggambarkan dua kelas atau lebih. LDA dikembangkan untuk mentransformasikan suatu parameter ke ruang dimensi rendah dengan memaksimalkan rasio varian antar kelas dan meminimalkan rasio varian dalam kelas, sehingga menjamin pemisakan kelas yang dilakukan secara maksimum.(Kamiel et al., 2020)

Konsep LDA yang dapat diterapkan pada masalah dua kelas atau lebih dengan rumus sebagai berikut

- a. Memberikan set dari N sampel $[x_i]_{i=1}^N$ yang masing-masing merepresentasikan sebagai deret Panjang M .

$$X = \begin{bmatrix} x_{(1,1)} & x_{(1,2)} & \dots & x_{(1,M)} \\ x_{(2,1)} & x_{(2,2)} & \dots & x_{(2,M)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{(N,1)} & x_{(N,2)} & \dots & x_{(N,M)} \end{bmatrix}$$

- b. Menghitung rata-rata setiap *class*.

$$\mu_i = \frac{1}{N_j} \sum_{x_i \in \omega_j} x_i$$

- c. Menghitung total rata-rata dari semua data.

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \sum_{i=1}^C \frac{n_i}{N} \mu_i$$

- d. Menghitung matrik antar kelas (*Between-class matrix*)-(S_B).

$$S_B = \sum_{i=1}^C n_i (\mu_i - \mu) (\mu_i - \mu)^T$$

- e. Menghitung matrik dalam-kelas (*Within-class*) pada setiap kelas.

$$S_w = \sum_{x_i \in \omega_j} (\mu_i - \mu_j) (\mu_i - \mu_j)^T$$

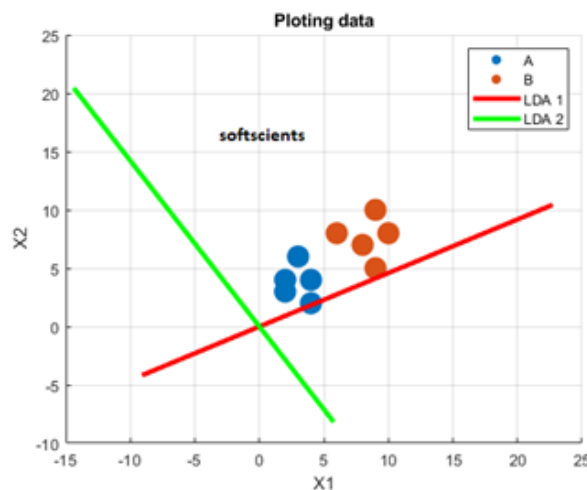
- f. Membuat transformasi matrix pada setiap kelas (W_i).

$$W_i = S_w^{-1} S_B$$

- g. Memproyeksikan sampel pada setiap kelas menuju ruang berdimensi lebih rendah (*lower dimensional space*).

$$\Omega_i = x_i V_k^j, x_i \in \omega_j$$

dimana Ω_j mewakili proyeksi sampel dari kelas ω_j . (Swarga et al., 1945)



Gambar 6. Contoh Grafik LDA

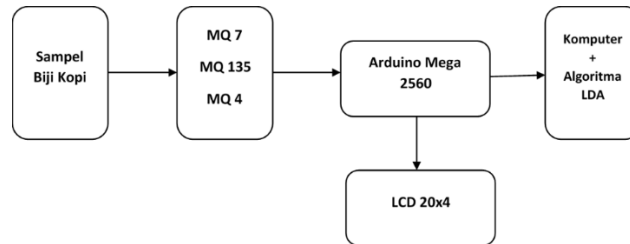
Matlab

MATLAB (Matrix Laboratory) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk komputasi numerik, analisis data, pemodelan, dan simulasi. Aplikasi ini populer di berbagai bidang seperti teknik, sains, dan matematika. MATLAB memiliki kemampuan untuk

memproses data, membuat visualisasi grafik, memecahkan persamaan matematika, dan menjalankan algoritma kompleks. Selain itu, MATLAB menyediakan berbagai toolbox untuk aplikasi khusus seperti pengolahan sinyal, kontrol sistem, pembelajaran mesin, dan analisis gambar.(Febrianti & Harahap, 2021)

3. METODE PENELITIAN

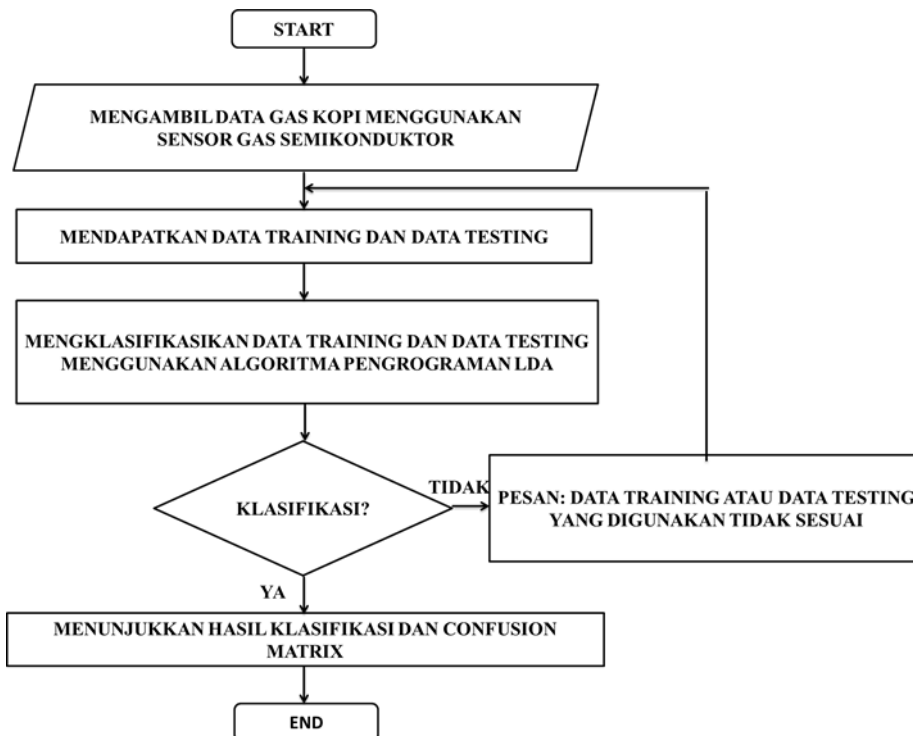
Diagram Blok



Gambar 7. Diagram Blok

Dari gambar diagram blok diatas sampel biji kopi akan diambil data nilai dari tiap-tiap sensor yang nantinya akan diproses melalui Arduino Mega 2560 dan ditampilkan di LCD 20x4, lalu data tersebut diolah melalui aplikasi MATLAB menggunakan Algoritma LDA dan computer dimana akan menghasilkan Tabel *Confussion Matrix* untuk mengetahui hasil prediksi klasifikasi kopi.

Diagram Alir



Gambar 8. Diagram Kerja Sistem

Dapat dijelaskan diawali dengan mengambil data gas kopi menggunakan sensor gas sehingga mendapatkan data training dan data testing. Data tersebut kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan jenis kopi menggunakan algoritma LDA. Jika data klasifikasi berhasil maka akan menunjukkan hasil klasifikasi dan table *Confussion Matrix*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 9. Bentuk Fisik Alat

Berikut merupakan gambar dari alat klasifikasi aroma jenis kopi berbasis arduino yang sudah di bangun dengan menggunakan 3 sensor gas sebagai pengambil data nilai dengan satuan PPM, mikrokontrol arduino mega 2560, serta lcd 20x4 sebagai outputnya serta aplikasi Matlab yang menggunakan metode algoritma LDA sebagai pengolah data sensor.

Pengujian Sensor Gas

Pengujian sensor dilakukan dengan mengambil data nilai sensor pada 5 sampel kopi dengan diletakkan di 4 tempat yang berbeda yang dibiarkan selama 4 hari untuk mendapatkan nilai variatif terhadap lingkungan yang berbeda.



Gambar 10. Sampel Kopi

Pengambilan Data Sensor

Pengambilan data sensor dilakukan selama 3 menit sehingga didapatkan 180 data pada tiap sensor gas dan 540 data tiap kopi yang berbeda. Pengambilan data dilakukan satu per satu sampel kopi yang berbeda dan lokasi yang berbeda. Sehingga dilakukan pengambilan data total sebanyak 20 kali dengan sampel yang berbeda.

Setiap satu kali pengambilan data wadah akrilik akan diberi tetesan alcohol yang akan dibiarkan terbuka selama kurang lebih 5 menit untuk menetralsisir aroma kopi sebelumnya sehingga mengurangi kemungkinan tercampurnya gas aroma kopi sebelumnya dengan aroma kopi yang akan diambil data sensornya.



Gambar 11. Pengambilan Data Sensor

Tabel 1. Data Sampel Kopi di Lemari Kaca

Jenis Kopi	Sensor Gas		
	MQ7	MQ135	MQ 4
Bali	137	185	392
Robusta Spr	163	223	411
Lanang	113	147	351
Malang	131	164	374
Gayo	106	144	373

Tabel 2. Data Sampel Kopi di Ruang Tamu

Jenis Kopi	Sensor Gas		
	MQ7	MQ135	MQ 4
Bali	109	116	388
Robusta Spr	103	123	370
Lanang	123	127	361
Malang	104	104	378
Gayo	105	114	387

Tabel 3. Data Sampel Kopi di Wadah Terbuka

Jenis Kopi	Sensor Gas		
	MQ7	MQ135	MQ 4
Bali	190	188	422
Robusta Spr	194	189	432
Lanang	183	182	412
Malang	179	180	410
Gayo	168	164	392

Tabel 4. Data Sampel Kopi di Wadah Tertutup

Jenis Kopi	Sensor Gas		
	MQ7	MQ135	MQ 4
Bali	221	197	465
Robusta Spr	183	169	408
Lanang	175	168	419
Malang	185	175	428
Gayo	200	174	430

Dari data data yang sudah diperoleh diatas maka selanjutnya dibuatlah data training dan data testing. Data training adalah data untuk membangun model klasifikasi, sedangkan data testing adalah data untuk mengukur dan mengevaluasi kinerja model data baru. Pembagian yang tepat antara data training dan testing sangat penting untuk memastikan bahwa model memiliki generalisasi yang baik dan tidak hanya bekerja untuk data tertentu saja.

mq-07_sensor	mq-135_sensor	mq-04_sensor
100	139	369
101	139	369
100	138	370
100	139	379
101	140	371
100	139	371
100	139	370
101	139	370
101	140	371
100	139	372
101	138	372
100	139	375
99	139	375
100	139	372
100	139	369
132	161	374
132	162	374
131	161	374
131	161	375
131	160	375
132	161	373
131	161	374
131	162	375
131	161	374
131	162	374

Gambar 12. Data Training

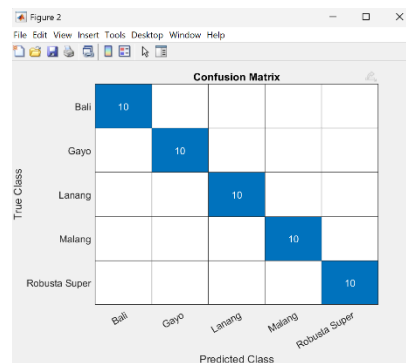
	mq-07_sensor	mq-135_sensor	mq-04_sensor
1			
2	100	139	369
3	101	139	369
4	100	138	370
5	100	139	379
6	101	140	371
7	132	161	374
8	132	162	374
9	131	161	374
10	131	161	375
11	131	160	375
12	136	183	390
13	137	183	390
14	137	183	391
15	137	183	391
16	137	183	391
17	165	230	416
18	165	230	416
19	164	229	416
20	165	230	415
21	164	229	415
22	114	151	350
23	113	152	350
24	115	151	350
25	114	151	352
26	114	151	352

Gambar 13. Data Testing

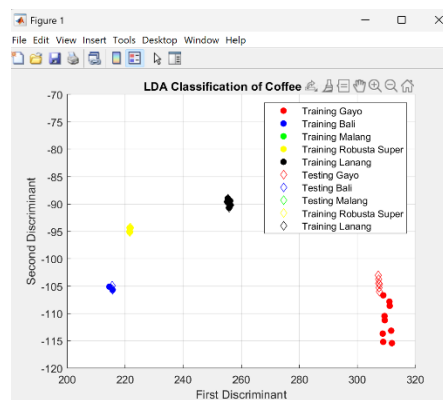
Implementasi ke Matlab

Dari data yang telah didapatkan tersebut selanjutnya data tersebut di input ke aplikasi MATLAB untuk mendapatkan table confusion matrixnya. Fungsi *Confusion Matrix* di MATLAB digunakan untuk mengevaluasi kinerja model klasifikasi dengan memberikan gambaran tentang prediksi yang benar dan salah dalam bentuk table. Fungsi ini sangat berguna untuk memahami bagaimana model bekerja pada data tertentu, terutama dalam klasifikasi antar-kelas.

Berikut adalah gambar table *Confusion Matrix* dan grafik klasifikasi yang telah diperoleh dari aplikasi MATLAB dari data data sampel kopi yang sudah didapatkan :



Gambar 14. Tabel Confussion Matrix



Gambar 15. Grafik Klasifikasi

Dari *Tabel Confusion Matrix* dapat diketahui bahwa dari nilai data data tersebut akan menghasilkan hasil evaluasi model yang sudah sangat baik. Dan dari gambar grafik diatas dapat disimpulkan bahwa model sudah terpisah dan tidak ada yang model yang berdekatan sehingga dengan data training dan testing tersebut akan mampu mengklasifikasikan jenis kopi dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Pengujian Alat Klasifikasi

Tabel 5. Hasil Pengujian

Percobaan	Jenis Kopi				
	Aceh	Bali	Malang	Lanang	Robusta Spr
Percobaan 1	Gayo	Bali	Malang	Lanang	Robusta Spr
Percobaan 2	Gayo	Bali	Robusta Spr	Lanang	Robusta Spr
Percobaan 3	Gayo	Gayo	Malang	Lanang	Robusta Spr
Percobaan 4	Gayo	Bali	Malang	Lanang	Malang
Percobaan 5	Gayo	Bali	Malang	Lanang	Robusta Spr
Percobaan 6	Gayo	Bali	Malang	Lanang	Robusta Spr
Percobaan 7	Gayo	Bali	Malang	Lanang	Malang
Percobaan 8	Gayo	Bali	Malang	Lanang	Malang
Percobaan 9	Gayo	Bali	Malang	Lanang	Robusta Spr
Percobaan 10	Gayo	Bali	Malang	Lanang	Robusta Spr
Persentase	100%	90%	90%	100%	70%
Rata-Rata	90%				

Hasil pengujian klasifikasi aroma jenis kopi menggunakan sensor gas MQ-7, MQ-135, dan MQ-4 menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 90% dengan tingkat error sebesar 10% setelah dilakukan 10 kali percobaan. Sensor-sensor tersebut mampu mendeteksi dan membedakan aroma kopi secara konsisten dalam sebagian besar uji coba, meskipun terdapat beberapa ketidakakuratan akibat variasi lingkungan seperti suhu dan kelembapan. Secara keseluruhan, sistem klasifikasi ini menunjukkan potensi yang baik untuk aplikasi identifikasi aroma kopi dengan akurasi tinggi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengukuran dan analisa dapat disimpulkan bahwa sistem berbasis sensor gas mampu mendeteksi konsentrasi gas (senyawa volatil) yang dihasilkan oleh berbagai jenis kopi. Implementasi Algoritma LDA untuk klasifikasi digunakan untuk menggunakan dimensi data dari respon sensor sambal mempertahankan karakteristik penting untuk klasifikasi. Hasilnya, algoritma ini dapat memisahkan data dari aroma dari berbagai jenis kopi dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi.

Terdapat beberapa saran untuk pengembangan dan perbaikan alat ini yaitu dengan penambahan beberapa sensor gas untuk mendapatkan deteksi gas yang lebih spesifik, atau dengan mengintegrasikan algoritma machine learning lain seperti SVM atau Neural Network untuk meningkatkan akurasi kualifikasi.

DAFTAR REFERENSI

- Ardiansyah, F., Misbah, & S., P. P. (2018). Sistem monitoring debu dan karbon monoksida pada lingkungan kerja boiler di PT. Karunia Alam Segar. *IKRA-ITH Teknologi: Jurnal Sains & Teknologi*, 2(3), 62–71. <https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-teknologi/article/view/333>
- Cahyani, S., Wiryasaputra, R., & Gustriansyah, R. (2018). Identifikasi huruf kapital tulisan tangan menggunakan Linear Discriminant Analysis dan Euclidean Distance. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 8(1), 57. <https://doi.org/10.21456/vol8iss1pp57-67>
- Daru, A. F., & Whisnumurti Adhiwibowo. (2021). Penerapan sensor MQ2 untuk deteksi kebocoran gas dan sensor BB02 untuk deteksi api dengan pengendali aplikasi Blynk. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 12(1), 37–43. <https://doi.org/10.51903/jtikp.v12i1.229>
- Diantoro, K. (2020). Implementasi sensor MQ 4 dan sensor DHT 22 pada sistem kompos pintar berbasis IoT (Sikompi). *Electrician*, 14(3), 84–94. <https://doi.org/10.23960/elc.v14n3.2157>
- Febrianti, T., & Harahap, E. (2021). Penggunaan aplikasi MATLAB dalam pembelajaran program linear. *Jurnal Matematika*, 20(1), 1–7.
- Kamiel, B. P., Ahmad, Y., & Krisdiyanto, K. (2020). Deteksi kavitas menggunakan linear discriminant analysis pada pompa sentrifugal. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 9(2), 238–244. <https://doi.org/10.24127/trb.v9i2.1326>
- Novita, D. D., Sesunan, A. B., Telaumbanua, M., Triyono, S., & Saputra, T. W. (2021). Identifikasi jenis kopi menggunakan sensor E-Nose dengan metode pembelajaran jaringan syaraf tiruan backpropagation. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 9(2), 205–217. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v9i2.241>
- Oktorizal, A. (2012). Studi sensor gas berbasis surface acoustic wave untuk penerapan pada sistem identifikasi gas. *FMIPA UI*, 1–95.
- Rachman, F. Z. (2018). Sistem pemantau gas di tempat pembuangan sampah akhir berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 6(3), 100–105. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.6.3.2018.100-105>
- Rombang, I. A., Setyawan, L. B., & Dewantoro, G. (2022). Perancangan prototipe alat deteksi asap rokok dengan sistem purifier menggunakan sensor MQ-135 dan MQ-2. *Techne: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 21(1), 131–144. <https://doi.org/10.31358/techne.v21i1.312>
- Setiawan, N. D. (2018). Otomasi pencampur nutrisi hidroponik sistem NTF (Nutrient Film Technique) berbasis Arduino Mega 2560. *Jurnal Teknik Informatika Unika St. Thomas (JTIUST)*, 3(2), 78–82.
- Sumanto, B., Java, D. R., Wijaya, W., & Hendry, J. (2022). Seleksi fitur terhadap performa kinerja sistem E-Nose untuk klasifikasi aroma kopi Gayo. *Matrik: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 21(2), 429–438. <https://doi.org/10.30812/matrik.v21i2.1495>

- Swarga, L. A., Setyadjit, K., & Ridhoi, A. (1945). Klasifikasi jenis biji kopi menggunakan algoritma LDA dan NN. 7–11.
- Ulfa, M., Haryanto, & Wibisono, K. A. (2021). Desain sistem pengenalan dan klasifikasi kopi bubuk bermerek dengan menggunakan electronic nose berbasis artificial neural network (ANN). *J-Eltrik*, 1(2), 15. <https://doi.org/10.30649/j-eltrik.v1i2.15>
- Widiastutie, S., Kusuma, C. S. D., Pradhanawati, A., & Sardjono, M. A. (2022). Diplomasi kopi Indonesia di kancah dunia. *Indonesian Perspective*, 7(2), 180–204. <https://doi.org/10.14710/ip.v7i2.50778>