

**RANCANG BANGUN E-NOSE DENGAN VARIASI SENSOR  
GAS MQ UNTUK KLASIFIKASI KOPI**

**Skripsi**

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Sains**



**Abdullah Mu'adz Muflih  
1306620078**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN E-NOSE DENGAN VARIASI SENSOR MQ  
UNTUK KLASIFIKASI KOPI

Nama : Abdullah Mu'adz Muflih  
No. Registrasi : 1306620078

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<b>Penanggung Jawab</b>			
Dekan	: Prof. Dr. Muktiningsih N., M.Si NIP. 196405111989032001	 	05/02/24
<b>Wakil Penanggung Jawab</b>			
Wakil Dekan I	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 197207281999031002		05/02/24
Ketua	: Riser Fahdiran, M.Si. NIP. 198307172009121008		23-07/24
Sekretaris	: Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si NIP. 198205262008121001		23-07/24
<b>Anggota</b>			
Pembimbing I	: Dr.rer.nat. Bambang Heru Iswanto, M.Si. NIP. 196804011994031002		24-07/24
Pembimbing II	: Haris Suhendar, M.Si. NIP. 199404282022031006		19-07/24
Penguji	: Dr. Mutia Delina, M.Si. NIP. 198011192008012007		21/7 2024

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 17 Juli 2024.

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“RANCANG BANGUN E-NOSE DENGAN VARIASI SENSOR GAS MQ UNTUK KLASIFIKASI KOPI”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing. Segala sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 13 Juli 2024



Abdullah Mu'adz Muflih



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220  
Telepon/Faksimili: 021-4894221  
Laman: [lib.unj.ac.id](http://lib.unj.ac.id)

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Abdullah Mu'adz Muflih  
NIM : 1306620078  
Fakultas/Prodi : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Fisika  
Alamat email : [abdulamuadz.m@gmail.com](mailto:abdulamuadz.m@gmail.com)

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi     Tesis     Disertasi     Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Rancang Bangun E-Nose dengan Variasi Sensor Gas MQ  
untuk Klasifikasi Kopi

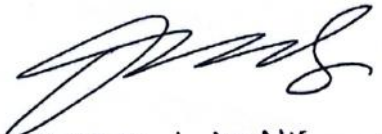
Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 6 Agustus 2024

Penulis

  
(Abdullah Mu'adz Muflih )  
nama dan tanda tangan

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat kelulusan program Sarjana di Program Studi Fisika, Universitas Negeri Jakarta dengan judul **“RANCANG BANGUN E-NOSE DENGAN VARIASI SENSOR GAS MQ UNTUK KLASIFIKASI KOPI”** yang dilaksanakan dari bulan Desember 2023 – Juni 2024.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini mulai dari persiapan hingga penulisan, penulis merasakan kesulitan dan tantangan. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr.rer.nat. Bambang Heru Iswanto, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia mengarahkan, berdiskusi, berbagi ilmu, memberi saran serta kritik pada proses penelitian serta penyusunan skripsi ini,
2. Bapak Haris Suhendar, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah bersedia membimbing, berdiskusi, dan memberikan arahan pada penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Umiatin, M.Si., selaku Koordinator Program Studi Fisika, Universitas Negeri Jakarta yang senantiasa memberikan arahan dan membantu mahasiswa fisika dalam proses pengerjaan skripsi,
4. Orang tua, saudara, serta keluarga yang telah membantu, mendukung, dan mendoakan selama proses penulisan skripsi ini.
5. Arsyah Fadhillah, Aysar Dimas Putra Pratama, Bagas Anwar Arif Nur, Difa Farhani Hakim, Huffaz Muhammad Abdurrofi Baith, Muhammad Fatih, Muhammad Rofiid Ramdhan, dan Salvadio Reyhan Amarta selaku teman seperjuangan dalam menuntut ilmu serta dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini,
6. Teman-teman penelitian Lab. Instrumentasi serta para laboran yang telah banyak membantu dalam proses penelitian serta penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi yang penulis tulis masih penuh kekurangan, Oleh karena itu, penulis meminta maaf yang sedalam-dalamnya atas hal tersebut.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik. Kebenaran datangnya dari Allah SWT. dan kesalahan datangnya dari diri penulis. Semoga Allah Subhanahu Wataala senantiasa melimpahkan Rahmat dan Ridho-Nya kepada kita semua.

Jakarta, 13 Juli 2024



Abdullah Mu'adz Muflih

## ABSTRAK

**ABDULLAH MU'ADZ MUFLIH.** Rancang Bangun E-Nose dengan Variasi Sensor Gas MQ untuk Klasifikasi Kopi. Dibawah Bimbingan BAMBANG HERU ISWANTO dan HARIS SUHENDAR.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat *Electronic Nose* (E-Nose) berbiaya rendah berbasis larik sensor gas MQ untuk mengklasifikasikan bubuk kopi Arabika dan Robusta. Data respons sensor terhadap aroma sampel kopi diperoleh menggunakan instrumen E-Nose yang dirancang. Dua metode klasifikasi digunakan yaitu *Support Vector Machine* (SVM) dan *Artificial Neural Network* (ANN) dengan ekstraksi fitur nilai maksimum, rata-rata, dan *Area Under Curve* (AUC). Hasil menunjukkan bahwa model SVM yang dilatih menggunakan metode *Grid Search* dengan semua fitur menghasilkan akurasi pengujian 100% sedangkan hasil pelatihan dengan 5 fitur terpilih tetap menghasilkan akurasi pengujian yang tinggi sebesar 90%. Tidak berbeda jauh dengan hasil model SVM, model ANN yang dilatih dengan optimasi *Grid Search* mampu mencapai akurasi 100% untuk semua fitur sedangkan hasil pelatihan dengan 5 fitur terpilih menghasilkan akurasi yang masih tinggi yaitu 90%. Penelitian ini berhasil mengembangkan *E-Nose* murah yang efisien dalam membedakan aroma kopi dengan akurasi tinggi menggunakan metode pembelajaran mesin.

**Kata kunci:** Klasifikasi Kopi, Hidung Elektronik, Seleksi Fitur, *Artificial Neural Network*, *Support Vector Machine*

## ABSTRACT

**ABDULLAH MU'ADZ MUFLIH.** E-Nose Design with MQ Gas Sensor Variations for Coffee Classification. Under supervised by BAMBANG HERU ISWANTO and HARIS SUHENDAR.

This study aims to develop a low-cost Electronic Nose (E-Nose) device based on MQ gas sensor array to classify Arabica and Robusta coffee grounds. Sensor response data to the aroma of coffee samples were obtained using the designed E-Nose instrument. Two classification methods were used, namely Support Vector Machine (SVM) and Artificial Neural Network (ANN) with maximum, average, and Area Under Curve (AUC) feature extraction. The results showed that the SVM model trained using the Grid Search method with all features produced 100% testing *Accuracy* while the training results with 5 selected features still produced a high testing *Accuracy* of 90%. Not much different from the results of the SVM model, the ANN model trained with Grid Search optimization was able to achieve 100% *Accuracy* for all features while the results of training with 5 selected features produced a still high *Accuracy* of 90%. This research successfully developed a low-cost E-Nose that is efficient in distinguishing coffee aroma with high *Accuracy* using machine learning methods.

**Keywords:** Coffee Classification, Elektronic Nose, Feature Selection, Artificial Neural Network, Support Vector Machine



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
i	
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR SINGKATAN.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Pembatasan masalah.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	6
A. Sensor Gas MQ .....	6
B. Instrumentasi E-Nose .....	6
1. Larik Sensor Gas.....	8
2. Pemrosesan Sinyal .....	9
3. Analog to Digital Converter.....	10
C. Kopi di Indonesia .....	11
D. Klasifikasi dengan Machine Learning.....	12
1. <i>Pre-Processing</i> .....	13
2. Ekstraksi Fitur .....	13

3. <i>Support Vector Machine</i> .....	14
4. <i>Artificial Neural Network</i> .....	16
5. Optimasi Model dengan Grid Search.....	18
E. Penelitian relevan .....	19
F. Kerangka Berpikir .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	24
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	24
B. Alat dan Bahan .....	24
C. Metode Penelitian.....	26
D. Prosedur Penelitian.....	26
E. Teknik pengumpulan dan analisis data .....	51
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	55
A. Hasil.....	55
1. Sistem <i>Electronic Nose</i> .....	55
2. Akuisisi Data .....	56
a. Deskripsi Data.....	58
b. Pra-pemrosesan Data.....	58
c. Ekstraksi Fitur .....	59
d. Seleksi Fitur .....	64
3. Pelatihan Model Support Vector Machine.....	67
4. Evaluasi Model Support Vector Machine .....	69
5. Pelatihan Model Artificial Neural Network.....	75
6. Evaluasi Model Artificial Neural Network .....	77
B. Pembahasan .....	83
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	93
A. Kesimpulan.....	93
B. Saran.....	94
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	95
<b>LAMPIRAN</b> .....	101
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b> .....	105

## DAFTAR SINGKATAN

E-Nose	: <i>Electronic Nose</i>
VOC	: <i>Volatile Organic Compound</i>
PCA	: <i>Principal Component Analysis</i>
SVM	: <i>Support Vector Machine</i>
ANN	: <i>Artificial Neural Network</i>
AUC	: <i>Area Under Curve</i>
SG-Filter	: <i>Savitzsky-Golay Filter</i>
GUI	: <i>Graphical User Interface</i>
CV	: <i>Cross Validation</i>
RH	: <i>Relative Humidity</i>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Perbandingan Proses antara Hidung manusia dan E-Nose .....	8
Gambar 2. 2. Proses Klasifikasi .....	12
Gambar 2. 3. Respons sensor gas.....	14
Gambar 2. 4. Klasifikasi dengan algoritma SVM .....	15
Gambar 2. 5. Struktur Neuron.....	17
Gambar 2. 6. Diagram Kerangka Berpikir .....	23
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3. 2. Sistemika E-Nose .....	28
Gambar 3. 3. Desain 3d Ruang Sensor bagian a. Atas.....	30
Gambar 3. 4. Tampilan software Ultimaker Cura.....	32
Gambar 3.5. Hasil Pencetakan Ruang Sensor .....	33
Gambar 3.6. Proses Pre-Heat sensor-sensor gas MQ.....	34
Gambar 3.7. Hasil Rangkaian PCB E-Nose.....	35
Gambar 3. 8 Flowchart Program pada Arduino Mega 2560.....	36
Gambar 3. 9. Skema Rangkaian Perancangan E-Nose .....	38
Gambar 3. 10. Hasil Perakitan Ruang Sensor dari E-Nose.....	39
Gambar 3. 11. Kopi Arabika dan Robusta yang digunakan.....	41
Gambar 3. 12. Pengukuran berat Sampel Kopi.....	42
Gambar 3. 13. Proses Pelatihan Model .....	47
Gambar 3. 14. Ilustrasi Metode Cross Validation.....	49
Gambar 4. 1. Instrumen E-Nose.....	55
Gambar 4. 2. GUI yang digunakan untuk Confusion Matrix.....	56
Gambar 4. 3. Proses Akuisisi Data.....	57
Gambar 4. 4. Data E-Nose pada pengambilan sampel kopi robusta .....	58
Gambar 4.5. Proses Pengolahan Data .....	59
Gambar 4. 6. Boxplot fitur max pada sampel a. Arabika dan b. Robusta.....	60
Gambar 4. 7. Boxplot fitur mean pada sampel a. Arabika dan b. Robusta .....	61
Gambar 4. 8. Boxplot fitur AUC pada sampel a. Arabika dan b. Robusta .....	62
Gambar 4. 9. PCA dengan semua fitur .....	63

Gambar 4. 10. Plot Feature Importance pada fitur yang telah diekstraksi.....	64
Gambar 4. 11. Plot PCA dengan a. 20, b. 15, c. 10, dan d. 5 fitur.....	66
Gambar 4.12. Confusion Matrix test model svm dengan semua fitur .....	70
Gambar 4. 13. Confusion Matrix test model svm dengan 20 fitur.....	71
Gambar 4. 14. Confusion Matrix test model svm dengan 15 fitur.....	72
Gambar 4. 15. Confusion Matrix test model svm dengan 10 fitur.....	73
Gambar 4. 16. Confusion Matrix test model svm dengan 5 fitur.....	74
Gambar 4. 17. Confusion Matrix test model ANN dengan semua fitur .....	78
Gambar 4. 18. Confusion Matrix test model ANN dengan 20 fitur.....	79
Gambar 4. 19. Confusion Matrix test model ANN dengan 15 fitur.....	80
Gambar 4. 20. Confusion Matrix test model ANN dengan 10 fitur.....	81
Gambar 4. 21. Confusion Matrix test model ANN dengan 5 fitur.....	82



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Volatil compound pada kopi .....	12
Tabel 3. 1. Jadwal Penelitian.....	24
Tabel 3. 2. Komponen Hardware dan Fungsinya.....	25
Tabel 3. 3. Spesifikasi Laptop.....	25
Tabel 3. 4. Spesifikasi Mikrokontroler .....	26
Tabel 3. 5. Alat dan Komponen yang digunakan .....	37
Tabel 3. 6. Parameter Filter SavGol yang digunakan .....	43
Tabel 3. 7. Berbagai Hyperparameter untuk training model SVM menggunakan metode Grid Search.....	47
Tabel 3. 8. Grid Estimator dan Hyperparameter untuk training .....	48
Tabel 3. 9. Jumlah Dataset Setelah Cross Validation .....	50
Tabel 3. 10. <i>Confusion Matrix</i> .....	52
Tabel 3.11. Keterangan Variabel <i>Confusion Matrix</i> .....	52
Tabel 3. 12. Tabel Performa Training pada Model.....	53
Tabel 3. 13. Hasil Evaluasi Model pada data test .....	54
Tabel 4. 1. Fitur-fitur yang terseleksi.....	65
Tabel 4. 2. Grid Hyperparameter untuk training model SVM .....	67
Tabel 4. 3. Evaluasi Model SVM pada data test dengan semua fitur .....	69
Tabel 4. 4. Evaluasi Model SVM pada data test dengan 20 fitur .....	70
Tabel 4. 5. Evaluasi Model SVM pada data test dengan 15 fitur.....	71
Tabel 4. 6. Evaluasi Model SVM pada data test dengan 10 fitur .....	72
Tabel 4. 7. Evaluasi Model SVM pada data test dengan 5 fitur .....	73
Tabel 4. 8. Evaluasi Model ANN pada data test .....	74
Tabel 4. 9. Grid Hyperparameter untuk training model ANN menggunakan metode <i>Grid Search</i> .....	76
Tabel 4.10. Evaluasi Model ANN pada data test dengan semua fitur .....	77
Tabel 4.11. Evaluasi Model ANN pada data test dengan 20 fitur.....	78
Tabel 4.12. Evaluasi Model ANN pada data test dengan 15 fitur.....	79
Tabel 4.13. Evaluasi Model ANN pada data test dengan 10 fitur.....	80

Tabel 4.14. Evaluasi Model ANN pada data test dengan 5 fitur.....	81
Tabel 4.15. Evaluasi Model ANN pada data test .....	82
Tabel 4.16. Hasil Klasifikasi dengan Model SVM .....	86
Tabel 4.17. Hasil Klasifikasi dengan Model SVM .....	87
Tabel 4. 18. Komparasi dengan Hasil Riset Sebelumnya .....	89
Tabel 4.19. Peta Hasil Penelitian .....	90



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Pengambilan E-Nose .....	102
Lampiran 2 Source Code.....	103
Lampiran 3 Tabel Ekstraksi Fitur .....	104

