

**RANCANG BANGUN *ELECTRONIC NOSE* DENGAN
VARIASI SENSOR MQ UNTUK KLASIFIKASI JENIS
TEH**

Skripsi

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains



Huffaz Muhammad Abdurrofi Baith

1306620075

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

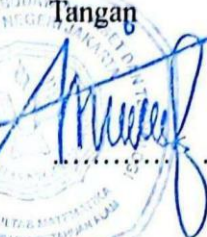






UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN *ELECTRONIC NOSE* DENGAN VARIASI SENSOR MQ
UNTUK KLASIFIKASI JENIS TEH

Nama : Huffaz Muhammad Abdurrofi
Baith
No. Registrasi : 1306620075

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Prof. Dr. Muktiningsih N., M.Si NIP. 196405111989032001		05-08 /24
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 197207281999031002		05-08 /24
Ketua	: Riser Fahdiran, M.Si. NIP. 198307172009121008		23-07 /24
Sekretaris	: Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si NIP. 198205262008121001		23-07 /24
Anggota			
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		22 /24

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 17 Juli 2024.

LEMBAR PERNYATAAN

Saya dengan sungguh-sungguh menyatakan bahwa skripsi berjudul "**Rancang Bangun *Electronic Nose* dengan Variasi Sensor MQ untuk Klasifikasi Jenis Teh**" yang disusun untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika Universitas Negeri Jakarta adalah hasil karya asli saya sendiri dengan bimbingan dari dosen pembimbing. Segala sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan dan disebutkan dalam teks skripsi ini telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa sebagian besar skripsi ini bukan merupakan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh serta sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jakarta, 23 Juli 2024



Huffaz Muhammad Abdurrofi Baith



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

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Huffaz Muhammad Abdurrofi Baith
NIM : 1306620075
Fakultas/Prodi : FMIPA / FISIKA
Alamat email : huffazbaith@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 Electronic Nose dengan Variasi Sensor MQ untuk
Klasifikasi Jenis Teh

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

(Huffaz Muhammad A.B.)
nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya yang tak terhingga, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Rancang Bangun *Electronic Nose* dengan Variasi Sensor MQ untuk Klasifikasi Jenis Teh "**.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains di bidang Fisika. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr.rer.nat. Bambang Heru Iswanto, M.Si, selaku dosen pembimbing I, yang dengan sabar telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dari awal hingga akhir penulisan skripsi.
2. Bapak Haris Suhendar, M.Si, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan serta masukan dalam kegiatan penelitian maupun penulisan skripsi.
3. Ibu Dr. Umiatin, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta atas bimbingan dan arahan selama masa studi.
4. Seluruh Dosen serta Staff Laboratorium Instrument Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu selama masa studi serta mendampingi penulis selama kegiatan penelitian.
5. Ayah, Baith Salimi yang senantiasa mendoakan kelancaran penelitian dan penulisan skripsi penulis. Ibu, Rokhanita yang senantiasa selalu memberikan dukungan lahir dan batin.
6. Laboratorium Fisika Instrumen Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta yang telah menyediakan fasilitas selama kegiatan penelitian.

7. Kakak-kakak penulis, Avise Azzahra Baith, Asyiah Spiegel Baith, dan Pireclatus Royhan Baith yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Abdullah Mu'adz, Bagas Anwar, Muhammad Rofiid, Arsyah Fadillah sebagai teman seperjuangan fisika yang banyak membantu serta mendukung.
9. Grup penelitian bimbingan Pak Bambang, yaitu Mu'adz, Bagas, Michael, Ridho, Rizki, Indri, Delila, Hernanda, dan Yusuf yang telah memberikan bantuan serta bekerja sama selama kegiatan penelitian.
10. Seluruh teman-teman angkatan 2020 Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta atas dukungan dan kebersamaan selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penulisan. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima saran dan kritik yang membangun demi perbaikan dan penyempurnaan Skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang Fisika.

Jakarta, 16 Juli 2024

Penulis,



Huffaz Muhammad Abdurrofi Baith

ABSTRAK

HUFFAZ MUHAMMAD ABDURROFI BAITH. Rancang Bangun *Electronic Nose* dengan Variasi Sensor MQ untuk Klasifikasi Jenis Teh. Di bawah bimbingan Bambang Heru Iswanto dan Haris Suhendar.

Berbagai jenis teh di industri membutuhkan alat *quality control* yang mampu mengklasifikasikan jenis teh untuk mengendalikan waktu fermentasi dan menghasilkan teh yang diinginkan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem *Electronic Nose* (E-Nose) berbasis sensor gas MQ untuk mengklasifikasikan teh hijau dan teh hitam. Sistem E-Nose menggunakan 8 sensor gas MQ (MQ2, MQ3, MQ5, MQ6, MQ7, MQ8, MQ9, dan MQ135) dan desain *cylindrical chamber* sebagai ruang sensor. Fitur yang diekstraksi meliputi nilai maksimum, nilai mean, dan *Area Under Curve* (AUC). Berdasarkan *Mutual Information* (MI), dibuat subset fitur dengan 24, 20, 15, 10, dan 5 fitur. Model klasifikasi dibangun menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) dan *Artificial Neural Network* (ANN) dengan *hyperparameter tuning*. Kedua model menunjukkan akurasi tidak kurang dari 96% pada proses *training*, *validation*, dan *testing* di semua subset fitur. Penelitian ini membuktikan bahwa sistem E-Nose yang dirancang mampu mengklasifikasikan jenis teh dengan akurasi tinggi, sehingga berpotensi sebagai alat bantu *quality control* dalam industri teh.

Kata Kunci: *electronic nose*, sensor MQ, ekstraksi fitur, *machine learning*, jenis teh

ABSTRACT

HUFFAZ MUHAMMAD ABDURROFI BAITH. Electronic Nose Design with MQ Sensor Variations for Tea Type Classification. Under the supervision of Bambang Heru Iswanto and Haris Suhendar.

Various types of tea in the industry require quality control tools that are able to classify tea types to control fermentation time and produce the desired tea. This research aims to design and build an Electronic Nose (E-Nose) system based on MQ gas sensors to classify green tea and black tea. The E-Nose system uses 8 MQ gas sensors (MQ2, MQ3, MQ5, MQ6, MQ7, MQ8, MQ9, and MQ135) and a cylindrical chamber design as the sensor room. The extracted features include maximum value, mean value, and Area Under Curve (AUC). Based on Mutual Information (MI), feature subsets with 24, 20, 15, 10, and 5 features were created. Classification models were built using Support Vector Machine (SVM) and Artificial Neural Network (ANN) with hyperparameter tuning. Both models showed accuracy of no less than 96% in the training, validation, and testing processes across all feature subsets. This research proves that the designed E-Nose system is able to classify tea types with high accuracy, so it has potential as a quality control tool in the tea industry.

Keywords: electronic nose, MQ sensor, feature extraction, machine learning, tea type

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR SINGKATAN	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah.....	5
C. Pembatasan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	7
A. Sensor MQ.....	7
1. Sifat Elektrik Bahan.....	7
2. Mekanisme Sensor.....	9
B. <i>Electronic Nose</i> (E-Nose).....	12
1. Pengertian E-Nose	12
2. Prinsip Kerja E-Nose	13
3. Struktur E-Nose	14
C. Teh.....	17
1. Teh Hijau	18
2. Teh Hitam.....	19
D. Klasifikasi dengan <i>Machine Learning</i>	20
1. <i>Pre-Processing data</i>	21
2. Ekstraksi Ciri.....	22

3. <i>Support Vector Machine (SVM)</i>	24
4. <i>Artificial Neural Network (ANN)</i>	29
E. Penelitian Relevan.....	32
F. Kerangka Berpikir	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	37
A. Tempat dan Waktu Penelitian	37
B. Metode Penelitian.....	38
1. Alat dan Bahan Penelitian	38
2. Prosedur Penelitian	40
C. Teknik Pengumpulan dan Analisa Data.....	56
1. Teknik Pengumpulan Data	56
2. Teknik Analisa Data.....	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	61
A. Sistem <i>Electronic Nose</i>	61
B. Akuisisi Data.....	63
1. Data Respon Sensor	65
2. <i>Pre-Processing Data</i>	67
C. Ekstraksi Fitur	68
D. <i>Principal Component Anaysis dan Mutual Information (MI)</i>	71
E. Klasifikasi	74
1. Pelatihan Model SVM.....	74
2. Evaluasi Model SVM.....	75
3. Pelatihan Model ANN.....	78
4. Evaluasi Model ANN.....	80
F. Pembahasan	82
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	89
A. Kesimpulan	89
B. Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA.....	91
LAMPIRAN	99
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Aliran elektron pada material	8
Gambar 2. 2 Mekanisme Sensor MOS (A) tipe-n, (B) tipe-p	11
Gambar 2. 3 Perbandingan Sistem Penciuman Biologi dan E-Nose	13
Gambar 2. 4 Sensor DHT11	15
Gambar 2. 5 Arduino Mega2560	17
Gambar 2. 6 Teh Hijau	18
Gambar 2. 7 Teh Hitam	19
Gambar 2. 8 Data Respon E-Nose	22
Gambar 2. 9 Hyperplane, Margin, dan Support Vectors	24
Gambar 2. 10 Maximal Margin	26
Gambar 2. 11 Error Klasifikasi	26
Gambar 2. 12 Data non-linear	28
Gambar 2. 13 Prinsip Kerja ANN	30
Gambar 2. 14 Desain Neuron Biologis dan Buatan	30
Gambar 2. 15 Arsitektur MLP pada ANN	31
Gambar 2. 16 Kerangka Berpikir	36
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3. 2 Diagram Alir Klasifikasi	42
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem	43
Gambar 3. 4 Rancangan Sistematika E-Nose	43
Gambar 3. 5 Rangkaian Elektronika E-Nose	44
Gambar 3. 6 Desain 3D Ruang Sensor	45
Gambar 3. 7 Tampilan Software Ultimaker Cura	46
Gambar 3. 8 Proses Pencetakan Ruang Sensor	47
Gambar 3. 9 Flowchart Program Arduino	49
Gambar 3. 10 Produk Teh yang Digunakan, a) Teh Hitam, b) Teh Hijau	50
Gambar 3. 11 Preparasi Sampel a) Teh Hitam, b) Teh Hijau	51
Gambar 3. 12 Skenario Cross Validation	54
Gambar 4. 1 Instrumen E-Nose	61
Gambar 4. 2 GUI E-Nose	62
Gambar 4. 3 Proses Akuisisi Data	64
Gambar 4. 4 Data Raw Sensor MQ2 (a) Teh Hijau, (b) Teh Hitam	65
Gambar 4. 5 Data Raw Sensor MQ3 (a) Teh Hijau, (b) Teh Hitam	65
Gambar 4. 6 Data Raw Sensor MQ5 (a) Teh Hijau, (b) Teh Hitam	66
Gambar 4. 7 Data Raw Sensor MQ6 (a) Teh Hijau, (b) Teh Hitam	66
Gambar 4. 8 Data Raw Sensor MQ7 (a) Teh Hijau, (b) Teh Hitam	66
Gambar 4. 9 Data Raw Sensor MQ8 (a) Teh Hijau, (b) Teh Hitam	66
Gambar 4. 10 Data Raw Sensor MQ9 (a) Teh Hijau, (b) Teh Hitam	67
Gambar 4. 11 Data Raw Sensor MQ135 (a) Teh Hijau, (b) Teh Hitam	67

Gambar 4. 12 Respon Sensor a) Sebelum Pre-Processing, b) Setelah Pre-Processing.....	68
Gambar 4. 13 Fase Sampling Data untuk Ekstraksi Fitur.....	68
Gambar 4. 14 Boxplot Fitur Maximum Respon.....	69
Gambar 4. 15 Boxplot Fitur Mean.....	70
Gambar 4. 16 Boxplot Fitur AUC.....	70
Gambar 4. 17 Plot PCA.....	71
Gambar 4. 18 Mutual Information Fitur	73
Gambar 4. 19 Respon Sensor, a) Teh Hijau, b) Teh Hitam	83



DAFTAR SINGKATAN

E-Nose	: <i>Electronic Nose</i>
VOC	: <i>Volatile Organic Compound</i>
PCA	: <i>Principal Component Analysis</i>
MI	: <i>Mutual Information</i>
SVM	: <i>Support Vector Machine</i>
ANN	: <i>Artificial Neural Network</i>
AUC	: <i>Area Under Curve</i>
MLP	: <i>Multi Layer Perceptron</i>
GUI	: <i>Graphical User Interface</i>
CV	: <i>Cross Validation</i>



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ekstraksi Ciri pada Data E-Nose.....	23
Tabel 3. 1 Timeline Penelitian.....	37
Tabel 3. 2 Komponen Hardware dan Fungsinya.....	38
Tabel 3. 3 Spesifikasi laptop.....	39
Tabel 3. 4 Sensor yang digunakan beserta gas target.....	39
Tabel 3. 5 Ekstraksi Fitur yang Digunakan.....	52
Tabel 3. 6 Parameter Filter SavGol.....	52
Tabel 3. 7 Jumlah Data Latih, Validasi, dan Uji.....	55
Tabel 3. 8 Hyperparameter Model SVM.....	55
Tabel 3. 9 Hyperparameter Model ANN.....	56
Tabel 3. 10 Confusion Matrix.....	57
Tabel 3. 11 Analisis Performa Model Training.....	59
Tabel 3. 12 Tabel Evaluasi Testing Model.....	59
Tabel 4. 1 Konfigurasi Pengambilan Data.....	64
Tabel 4. 2 Subset Fitur Berdasarkan MI.....	73
Tabel 4. 3 Training Model SVM.....	74
Tabel 4. 4 Confusion Matrix Model SVM.....	76
Tabel 4. 5 Metrik Evaluasi Testing Model SVM.....	76
Tabel 4. 6 Hasil Pelatihan Model ANN.....	78
Tabel 4. 7 Confusion Matrix Model ANN.....	80
Tabel 4. 8 Metrik Evaluasi Testing Model ANN.....	80
Tabel 4. 9 Perbandingan Performa SVM dengan ANN.....	85
Tabel 4. 10 Peta Hasil Penelitian.....	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. Data Teh Hijau	100
Lampiran II. Data Teh Hitam	104
Lampiran III. Subset Fitur Lengkap	108

