

**Optimasi *Electronic Nose* melalui Pengondisian Termal dan
Iradiasi UV: Analisis Kinerja Sensor MQ dan TGS dalam
Reduksi *Drift* dan Klasifikasi Aroma Kopi**

SKRIPSI

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



SYAWAL ADRIAN SYAH

1306622023

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Optimasi Electronic Nose Melalui Pengondisian Termal Dan Iradiasi Uv: Analisis Kinerja Sensor Mq Dan Tgs Dalam Reduksi Drift Dan Klasifikasi Aroma Kopi

Nama : Syawal Adrian Syah
No. Registrasi : 1306622023

Nama
Penanggung Jawab
Dekan Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si.
NIP. 197909162005011004

Wakil Penanggung Jawab
Wakil Dekan I Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc.
NIP. 197905042009122002
Ketua Riser Fahdiran, S.Si., M.Si.
NIP. 198307172009121008
Sekretaris Siti Julia, M.Si.
NIP. 199205282025062007

Anggota
Pembimbing I Dr. rer. nat. Bambang Heru Iswanto,
M.Si.
NIP. 196804011994031002
Pembimbing II Haris Suhendar, S.Si., M.Sc.
NIP. 199404282022031006
Penguji Ahmad Zatnika Purwalaksana, M.Si.
NIP. 199402032023211015

Tanda Tangan **Tanggal**
 31/07/2026

 31/07/2026
 28/07/2026
 24/07/2026

 24/7 2026

 24/07/2026

 24/07 2025

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal 20 Juli 2026

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “Optimasi *Electronic Nose* melalui Pengondisian Termal dan Iradiasi UV: Analisis Kinerja Sensor MQ dan TGS dalam Reduksi *Drift* dan Klasifikasi Aroma Kopi” yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika, Universitas Negeri Jakarta, adalah karya ilmiah saya dengan arahan Dosen Pembimbing.

Sumber Informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan dan disebutkan dalam skripsi ini telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Jika kemudian hari ditemukan sebagian 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, 28 Juli 2026



Syawal Adrian Syah



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

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 : Syawal Adrian Syah
NIM : 1306622023
Fakultas/Prodi : FMIPA / Fisika
Alamat email : Syawal.adr@gmail.com

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

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

yang berjudul :

Optimasi Electronic Nose melalui Pengondisian Termal dan
Irradiasi UV: Analisis kinerja Sensor MQ dan TGS dalam Reduksi
Drift dan Klasifikasi Aroma Kopi

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan 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 03 Agustus 2026

Penulis

(Syawal Adrian Syah)
nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Optimasi Electronic Nose melalui Pengondisian Termal dan Iradiasi UV: Analisis Kinerja Sensor MQ dan TGS dalam Reduksi *Drift* dan Klasifikasi Aroma Kopi**” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, dan kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. rer. Nat. Bambang Heru Iswanto, M.Si. dan Bapak Haris Suhendar, M.Sc., sebagai dosen pembimbing skripsi, yang telah dengan sabar membimbing penulis melalui setiap tahap penelitian ini. Bimbingan, saran, dan kritik yang diberikan telah sangat membantu dalam memperjelas arah penelitian dan memperdalam pemahaman penulis terhadap topik yang dikaji.
3. Bapak Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si., sebagai Koordinator Program Studi Fisika, yang telah membekali penulis dengan ilmu, dukungan dan fasilitas yang telah diberikan.
4. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan moral, motivasi, serta kasih sayang yang tiada henti kepada penulis.
5. Teman-teman Fisika angkatan 2022, atas kebersamaan, dukungan, dan diskusi yang diberikan selama menempuh perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
6. dan bagi teman teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis mengetahui bahwa skripsi ini tidak luput dari kekurangan. Maka dari itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang dari pembaca agar menjadi karya yang lebih baik lagi di masa depan. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi referensi pengembangan penelitian E-Nose ke arah yang lebih baik.

Jakarta, 28 Juli 2026



Syawal Adrian Syah



ABSTRAK

SYAWAL ADRIAN SYAH, Optimasi *Electronic Nose* melalui Pengondisian Termal dan Iradiasi UV: Analisis Kinerja Sensor MQ dan TGS dalam Reduksi *Drift* dan Klasifikasi Aroma Kopi. Dibawah bimbingan BAMBANG HERU ISWANTO, HARIS SUHENDAR.

Sensor *drift* pada sistem *Electronic Nose* (E-Nose) dapat memengaruhi konsistensi respons pada pengukuran berulang. Penelitian ini mengoptimalkan E-Nose berbasis sensor MQ dan TGS melalui pengondisian termal dan iradiasi ultraviolet (UV) untuk reduksi *drift* dan klasifikasi kopi *Gayo Wine* dan *Toraja*. Pengujian dilakukan pada 40°C, 45°C, dan 50°C. Data diproses melalui *preprocessing* dan ekstraksi fitur, dilanjutkan analisis *drift*, seleksi *Mutual Information Based Filter* (MIBF), *Principal Component Analysis* (PCA), serta klasifikasi SVM dan ANN menggunakan LOOCV. Hasil menunjukkan bahwa kondisi 50°C menghasilkan *drift* yang lebih terkendali, dengan sebagian besar sensor MQ memiliki *Absolute drift* di bawah 1,7%. Pada TGS, *peak drift* TGS2602 menurun dari 12,1% pada 40°C menjadi 1,9% pada 50°C, sedangkan TGS2620 pada *Toraja* berubah dari -10,15% menjadi 0,7%. MIBF menghasilkan skor tertinggi 0,3977 pada MQ3 dan 0,697 pada TGS2602. Array MQ menghasilkan akurasi 82,5–100%, sedangkan TGS mencapai 100% pada seluruh konfigurasi yang diuji. Reduksi TGS dari sembilan menjadi tiga sensor (66,67%) tetap mempertahankan 94,19% variansi pada dua komponen PCA dan akurasi 100%. SVM menunjukkan efisiensi komputasi lebih baik dibandingkan ANN, dengan *runtime* yang lebih rendah pada seluruh kondisi pengujian. Hasil ini menunjukkan bahwa pengondisian termal dan UV mendukung pengendalian *drift*, sedangkan seleksi sensor menghasilkan konfigurasi E-Nose yang lebih ringkas tanpa menurunkan kinerja klasifikasi.

Kata kunci: *Electronic Nose*, iradiasi ultraviolet, klasifikasi aroma kopi, pengondisian termal, sensor *drift*, sensor MQ dan TGS.

ABSTRACT

SYAWAL ADRIAN SYAH, *Optimization of an Electronic Nose through Thermal Conditioning and UV Irradiation: Performance Analysis of MQ and TGS Sensors for Drift Reduction and Coffee Aroma Classification. Supervised by BAMBANG HERU ISWANTO, HARIS SUHENDAR.*

Sensor drift can affect the consistency of Electronic Nose (E-Nose) responses during repeated measurements. This study optimized an E-Nose based on MQ and TGS sensors through thermal conditioning and ultraviolet (UV) irradiation for drift reduction and classification of Gayo Wine and Toraja coffees. Measurements were conducted at 40°C, 45°C, and 50°C. The data were processed through preprocessing and feature extraction, followed by drift analysis, Mutual Information Based Filter (MIBF) sensor selection, Principal Component Analysis (PCA), and classification using Support Vector Machine (SVM) and Artificial Neural Network (ANN) with Leave-One-Out Cross-Validation (LOOCV). The results showed that 50°C produced more controlled drift characteristics, with most MQ sensors exhibiting Absolute drift below 1.7%. For the TGS array, the peak drift of TGS2602 decreased from 12.1% at 40°C to 1.9% at 50°C, while TGS2620 for Toraja changed from -10.15% to 0.7%. The highest MIBF scores were 0.3977 for MQ3 and 0.697 for TGS2602. The MQ array achieved classification accuracies of 82.5–100%, whereas the TGS array achieved 100% across all tested configurations. Reducing the TGS array from nine to three sensors (66.67%) retained 94.19% of the variance and maintained 100% accuracy. SVM also demonstrated better computational efficiency than ANN, with lower runtime across all tested conditions. These results indicate that thermal conditioning and UV irradiation support drift control, while sensor selection enables a more compact E-Nose configuration without compromising classification performance.

Keywords: coffee aroma classification, Electronic Nose, MQ and TGS sensors, sensor drift, thermal conditioning, ultraviolet irradiation.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
1. Manfaat Teoretis	4
2. Manfaat Praktis	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
A. <i>Electronic Nose</i> (E-Nose)	6
1. Pengertian E-Nose	6
2. Prinsip Kerja	6
3. Struktur E-Nose	8
B. <i>Sensor TGS</i>	17
C. <i>Sensor MQ</i>	19
D. <i>Drift Respon Sensor</i>	20
E. <i>Klasifikasi Machine Learning</i>	22
1. <i>Preprocessing Data</i>	23
2. <i>Seleksi Fitur Mutual Information Based Filter</i>	23

3. <i>Artificial Neural Network</i> (ANN).....	25
4. <i>Support Vector Machine</i> (SVM).....	27
5. <i>Leave One Out Cross Validation</i> (LOOCV).....	28
F. Kopi Premium <i>Toraja</i> dan <i>Gayo Wine</i>	29
G. Penelitian Relevan	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34
A. Tempat dan Waktu Penelitian	34
B. Metode Penelitian	34
1. Alat dan Bahan Penelitian.....	36
2. Prosedur Penelitian	37
C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.....	53
1. Teknik Pengumpulan Data.....	53
2. Teknik Analisis Data	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	58
A. Hasil	58
1. Implementasi Sistem E-Nose.....	58
2. Akuisisi dan Deskripsi Data	59
3. Sensor MQ	60
4. Sensor TGS.....	92
B. Pembahasan.....	118
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	124
A. Kesimpulan.....	124
B. Saran	125
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN.....	132
Lampiran 1 Hasil Akuisisi Data E-Nose	132
Lampiran 2 Source Code dan Hasil Penelitian.....	132
RIWAYAT HIDUP	133

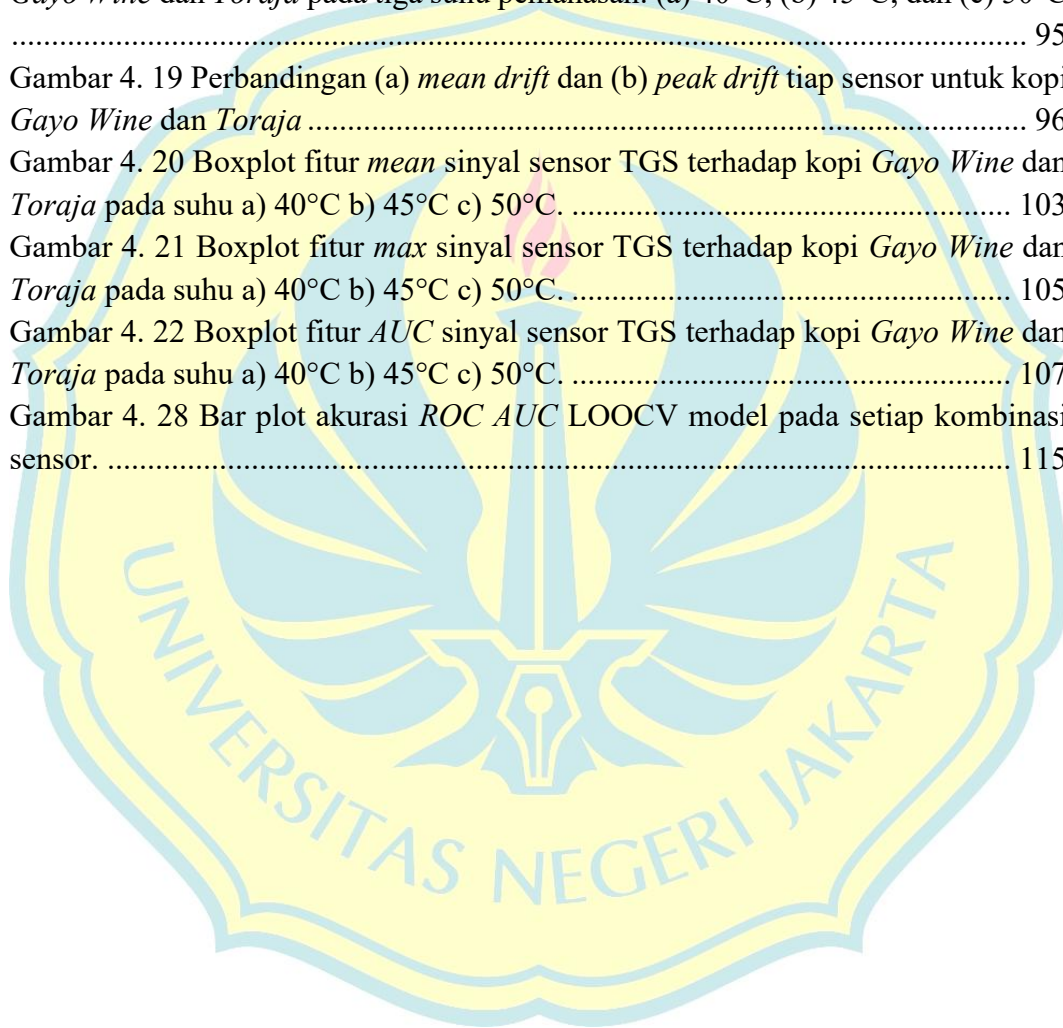
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Sensor TGS.....	18
Tabel 2.2 Senyawa Volatil untuk setiap jenis kopi	30
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	34
Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat yang digunakan.....	36
Tabel 3. 3 Akuisisi Data.....	42
Tabel 3. 4 Ekstraksi Fitur	44
Tabel 3. 5 Arsitektur ANN.....	48
Tabel 3. 6 Jumlah sampel untuk <i>training</i> dan <i>testing</i>	49
Tabel 3. 7 Matriks Evaluasi	56
Tabel 3. 8 Evaluasi model.....	57
Tabel 3. 9 Evaluasi <i>Drift Index</i> pada setiap kondisi	57
Tabel 4. 1 <i>Drift Analysis</i> Temperature 40°C.....	66
Tabel 4. 2 <i>Drift Analysis</i> Temperature 45°C.....	68
Tabel 4. 3 <i>Drift Analysis</i> Temperature 50°C.....	70
Tabel 4. 4 <i>Mutual Information</i> MQ pada suhu 40°C.	80
Tabel 4. 5 <i>Mutual information</i> MQ pada suhu 45°C	81
Tabel 4. 6 <i>Mutual Information</i> MQ pada suhu 50°C.	83
Tabel 4. 10 Hasil pelatihan model SVM dan ANN Pada seluruh kombinasi sensor	86
Tabel 4. 17 Ringkasan evaluasi model terbaik dengan LOOCV pada penelitian ini	90
Tabel 4. 18 <i>Drift Analysis</i> Temperature 40°C.....	98
Tabel 4. 19 <i>Drift Analysis</i> Temperature 45°C.....	100
Tabel 4. 20 <i>Drift Analysis</i> Temperature 50°C.....	101
Tabel 4. 21 <i>Mutual Information</i> TGS pada suhu 40°C.	109
Tabel 4. 22 <i>Mutual information</i> TGS pada suhu 45°C	110
Tabel 4. 23 <i>Mutual Information</i> TGS pada suhu 50°C.	111
Tabel 4. 27 Hasil pelatihan model SVM dan ANN Pada seluruh kombinasi sensor	114
Tabel 4. 34 Ringkasan evaluasi model terbaik dengan LOOCV pada penelitian ini	116
Tabel 4. 35 Perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya berdasarkan akurasi	120
Tabel 4. 36 Perbandingan dengan hasil Penelitian sebelumnya terhadap <i>drift</i> dan performa model	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan sistem penciuman manusia dan E-Nose	7
Gambar 2.2 Sensor DHT22.....	10
Gambar 2.3 Pemanas Udara.....	13
Gambar 2.4 Sistem PID	14
Gambar 2.5 Sistem Fotodesorpsi UV	15
Gambar 2.6 Sensor MQ.....	19
Gambar 2.7 <i>Drift</i> respon sensor	21
Gambar 2.8 Proses Klasifikasi	22
Gambar 2.9 <i>Mutual Information Based Filter</i>	24
Gambar 2.10 Arsitektur Neural Network.....	26
Gambar 2.11 Visualisasi <i>Leave One Out Cross Validation</i> (LOOCV)	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem E-Nose	38
Gambar 3. 3 Tampilan Ruang Sensor E-Nose	39
Gambar 3. 4 Tampilan Rangkaian Sensor.....	39
Gambar 3. 5 Tampilan Ruang Sensor	40
Gambar 3. 6 Persiapan Sampel	41
Gambar 3. 7 Penimbangan Sampel	41
Gambar 4. 1 Diagram blok Sistem E-Nose.....	58
Gambar 4. 2 Tampilan GUI	59
Gambar 4. 3 Contoh sinyal sensor a) sebelum dan b) sesudah filter <i>Cubic Spline</i>	61
Gambar 4. 4 Perbandingan rata-rata amplitudo sinyal sensor gas terhadap kopi <i>Gayo Wine</i> dan <i>Toraja</i> pada tiga suhu pemanasan: (a) 40°C, (b) 45°C, dan (c) 50°C.	62
Gambar 4. 5 Perbandingan rata-rata <i>Absolute drift</i> sinyal sensor gas terhadap kopi <i>Gayo Wine</i> dan <i>Toraja</i> pada tiga suhu pemanasan: (a) 40°C, (b) 45°C, dan (c) 50°C	63
Gambar 4. 6 Perbandingan (a) <i>mean drift</i> dan (b) <i>peak drift</i> tiap sensor untuk kopi <i>Gayo Wine</i> dan <i>Toraja</i>	64
Gambar 4. 7 Boxplot fitur <i>mean</i> sinyal sensor MQ terhadap kopi <i>Gayo Wine</i> dan <i>Toraja</i> pada suhu a) 40°C b) 45°C c) 50°C.	73
Gambar 4. 8 Boxplot fitur <i>max</i> sinyal sensor MQ terhadap kopi <i>Gayo Wine</i> dan <i>Toraja</i> pada suhu a) 40°C b) 45°C c) 50°C.	75
Gambar 4. 9 Boxplot fitur <i>AUC</i> sinyal sensor MQ terhadap kopi <i>Gayo Wine</i> dan <i>Toraja</i> pada suhu a) 40°C b) 45°C c) 50°C.	77

Gambar 4. 15 Bar plot akurasi <i>ROC AUC</i> LOOCV model pada setiap kombinasi sensor.	88
Gambar 4. 16 Contoh sinyal sensor a) sebelum dan b) sesudah filter <i>Cubic Spline</i>	93
Gambar 4. 17 Perbandingan rata-rata amplitudo sinyal sensor gas terhadap kopi <i>Gayo Wine</i> dan <i>Toraja</i> pada tiga suhu pemanasan: (a) 40°C, (b) 45°C, dan (c) 50°C.	94
Gambar 4. 18 Perbandingan rata-rata <i>Absolute drift</i> sinyal sensor gas terhadap kopi <i>Gayo Wine</i> dan <i>Toraja</i> pada tiga suhu pemanasan: (a) 40°C, (b) 45°C, dan (c) 50°C	95
Gambar 4. 19 Perbandingan (a) <i>mean drift</i> dan (b) <i>peak drift</i> tiap sensor untuk kopi <i>Gayo Wine</i> dan <i>Toraja</i>	96
Gambar 4. 20 Boxplot fitur <i>mean</i> sinyal sensor TGS terhadap kopi <i>Gayo Wine</i> dan <i>Toraja</i> pada suhu a) 40°C b) 45°C c) 50°C.	103
Gambar 4. 21 Boxplot fitur <i>max</i> sinyal sensor TGS terhadap kopi <i>Gayo Wine</i> dan <i>Toraja</i> pada suhu a) 40°C b) 45°C c) 50°C.	105
Gambar 4. 22 Boxplot fitur <i>AUC</i> sinyal sensor TGS terhadap kopi <i>Gayo Wine</i> dan <i>Toraja</i> pada suhu a) 40°C b) 45°C c) 50°C.	107
Gambar 4. 28 Bar plot akurasi <i>ROC AUC</i> LOOCV model pada setiap kombinasi sensor.	115



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Akuisisi Data E-Nose.....	132
Lampiran 2 Source Code dan Hasil Penelitian	132

