UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Klasifikasi Tingkat Roasting Biji Kopi Melalui Fusi Data Sensor Spektral dan Gas Berbasis Deep Learning**
Rahman Maulana Jundika, Dr. Danang Lelono, S.Si., M.T.;Nur Achmad Sulistyo Putro, S.Si., M.Cs., Ph.D.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR ISI

**Halaman Judul** **ii**

**Halaman Pengesahan** **iii**

**Halaman Pernyataan** **iv**

**PRAKATA** **v**

**INTISARI** **xii**

**ABSTRACT** **xiii**

**I PENDAHULUAN** **1**
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Batasan Masalah 5
1.6 Keaslian Tesis 6

**II TINJAUAN PUSTAKA** **7**

**III DASAR TEORI** **15**
3.1 Kopi 15
3.1.1 Proses *Roasting* 16
3.1.2 Tingkat *Roasting* Biji Kopi 17
3.2 NIR (Near-Infrared) Spectroscopy 18
3.2.1 Sensor AS7265x 20
3.3 Electronic Nose 21
3.4 *Deep Learning* 22
3.4.1 *1D-CNN* (*One-Dimensional Convolutional Neural Network*) 23
3.4.2 *Long Short-Term Memory* (LSTM) 24

**IV METODOLOGI PENELITIAN** **26**
4.1 Waktu dan Tempat Penelitian 26

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Klasifikasi Tingkat Roasting Biji Kopi Melalui Fusi Data Sensor Spektral dan Gas Berbasis Deep Learning**
Rahman Maulana Jundika, Dr. Danang Lelono, S.Si., M.T.;Nur Achmad Sulistyo Putro, S.Si., M.Cs., Ph.D.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


4.1.1 Kebutuhan Perangkat Keras dan Lunak 26
4.1.2 Bahan Penelitian 29
4.2 Tahapan Penelitian 30
4.3 Perancangan Sistem Secara Umum 33
4.4 Perancangan Hardware 35
4.4.1 Desain Elektronik 35
4.4.2 Desain Mekanik 37
4.5 Perancangan Software 39
4.5.1 Perancangan Desain Software 41
4.5.2 Menu Training (Akuisisi Data) 44
4.5.3 Menu Testing (Inference) 45
4.6 Prosedur Eksperimen dan Akuisisi Data 46
4.6.1 Preparasi dan Standarisasi Sampel 46
4.6.2 Kalibrasi Sensor dan Setup Sensor 47
4.6.3 Protokol Akuisisi Data 48
4.6.4 Pengujian Parameter Sistem 50
4.7 Pengumpulan Data dan Labelisasi Dataset 51
4.8 Preprocessing Data 52
4.8.1 Pemilihan Fase *Collecting* dan *Purging* 52
4.8.2 Standarisasi Data 54
4.8.3 Pembagian Dataset 55
4.9 Perancangan Model *Deep Learning* 56
4.9.1 Perancangan Arsitektur 1D-CNN 56
4.9.2 Perancangan Arsitektur LSTM 57
4.9.3 Perancangan Arsitektur 1D-CNN+LSTM 58
4.9.4 Alur Pemrosesan Data pada Ketiga Arsitektur 60
4.9.5 Strategi Pelatihan 62
4.9.6 Hyperparameter Tuning 64
4.10 Protokol Pengujian Kinerja *Deployment* 65
4.10.1 Lingkungan Pengujian 65
4.10.2 Intrumen Pengukuran Daya 66
4.10.3 Rancangan Protokol Durasi-Tetap (*Fixed-Duration*) 66
4.10.4 Definisi Metrik dan Perhitungan 67
4.10.5 Kriteria Validitas dan Kontrol Kualitas 68
4.10.6 Pelaksanaan Pengujian 69

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Klasifikasi Tingkat Roasting Biji Kopi Melalui Fusi Data Sensor Spektral dan Gas Berbasis Deep Learning**
Rahman Maulana Jundika, Dr. Danang Lelono, S.Si., M.T.;Nur Achmad Sulistyo Putro, S.Si., M.Cs., Ph.D.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


4.11 Implementasi Hardware 70
4.11.1 Implementasi Desain Elektronik 70
4.11.2 Implementasi Desain Mekanik 72
4.12 Implementasi Software 74

**V HASIL DAN PEMBAHASAN 80**
5.1 Respon Sensor 80
5.2 Analisis Separabilitas Kelas 84
5.3 Perbandingan Performa Arsitektur Model 87
5.3.1 Hasil Evaluasi Model 1D-CNN 88
5.3.2 Hasil Evaluasi Model LSTM 89
5.3.3 Hasil Evaluasi Model CNN+LSTM 91
5.3.4 Analisis Confusion Matrix Multimodal 93
5.3.5 Analisis Perbandingan dan Pemilihan Model Terbaik 95
5.4 Analisis Kontribusi Modalitas Sensor 98
5.5 Pengujian Inferensi 100
5.5.1 Performa *Deployment* 101
5.5.2 Akurasi Inferensi pada Kondisi Nyata 103
5.6 Perbandingan dengan Penelitian Terkait 105
5.6.1 Analisis dari Sudut Pandang Akurasi 106
5.6.2 Analisis Penerapan Metode Penelitian Terdahulu pada Dataset Ini 107
5.6.3 Analisis dari Sudut Pandang Modalitas dan Kematangan Deployment 108
5.6.4 Sintesis Perbandingan 109

**VI KESIMPULAN DAN SARAN 110**
6.1 Kesimpulan 110
6.2 Keterbatasan dan Saran 111

**DAFTAR PUSTAKA 113**

**Lampiran A: Publikasi Ilmiah 119**