

**KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH
KELAPA MENGGUNAKAN *DEEP LEARNING*
BERBASIS FITUR AKUSTIK**

SKRIPSI

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



MUHLIS AHMAD ABDILLAH






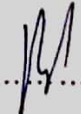
1306619028

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH KELAPA MENGUNAKAN DEEP LEARNING BERBASIS FITUR AKUSTIK

Nama : Muhlis Ahmad Abdillah
No Registrasi : 1306619028

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab		
Dekan : Prof.Dr.Muktiningsih N., M.Si NIP. 196405111989032001		20-08-2023
Wakil Penanggung Jawab		
Wakil Dekan I : Dr. Esmar Budi, M.T. NIP. 197207281999031002		29/8/23
Ketua : Dr. Widaningrum Indrasari, M.Si NIP. 197705102006042001		23-08-2023
Sekretaris : Riser Fahdiran, M.Si NIP. 198307172009121008		22-08-2023
Anggota		
Pembimbing I : Dr. rer. nat Bambang Heru Iswanto, M.Si NIP. 196804011994031002		23-08-2023
Pembimbing II : Haris Suhendar, S.Si., M.Sc NIP. 199404282022031006		22-08-2023
Penguji : Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si NIP. 198205262008121001		23-08-2023

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 15 Agustus 2023

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kelapa Menggunakan *Deep Learning* Berbasis Fitur Akustik” 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.

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.

Jika 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, 30. Juli 2023



Muhlis Ahmad Abdillah



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
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 : Muhlis Ahmad Abdillah
NIM : 1306619028
Fakultas/Prodi : FMIPA / Fisika
Alamat email : muhlis.ahmad@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 :

Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kelapa Menggunakan Deep Learning Berbasis Fitur Akustik

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 5 September 2023

Penulis

(Muhlis Ahmad Abdillah)
nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, dengan memanjatkan segala puji dan syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat, pertolongan dan karunia-Nya kepada penulis, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul: **Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kelapa Menggunakan *Deep Learning* Berbasis Fitur Akustik**. Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar dalam bidang Fisika di Universitas Negeri Jakarta.

Setelah rahmat Allah Swt., penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, penulis berterima kasih kepada semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung memberikan kontribusi, saran, dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini. Secara khusus pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dr. rer. nat. Bambang Heru Iswanto, M.Si, selaku Koordinator Program Studi Magister Pendidikan Fisika, sekaligus dosen pembimbing metodologi skripsi penulis
2. Haris Suhendar, M.Si., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu, arahan, masukan, dan bantuan mengenai teknis eksperimen dalam proses pengkodean penelitian dan penulisan skripsi penulis.
3. Riser Fahdiran, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik penulis
4. Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si, selaku Koordinator Program Studi Fisika
5. Seluruh dosen pengampu Program Studi Fisika Universitas Negeri Jakarta
6. Rekan-rekan sejawat, para mahasiswa Program Studi Fisika Universitas Negeri Jakarta, Angkatan 2019
7. Seluruh Sivitas Akademika Universitas Negeri Jakarta

8. Ibu dan Bapak yang telah melahirkan, membesarkan, dan mendidik penulis, semoga Allah Swt. merahmati mereka.

Kiranya penulis berharap skripsi ini mudah-mudahan dapat memberikan kontribusi di bidang pengolahan suara dalam menentukan metode ekstraksi ciri dan metode klasifikasi yang tepat sehingga menghasilkan akurasi klasifikasi secara optimal.

Jakarta, Agustus 2023



ABSTRAK

MUHLIS AHMAD ABDILLAH. Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kelapa Menggunakan Deep Learning Berbasis Fitur Akustik. Di bawah bimbingan BAMBANG HERU ISWANTO dan HARIS SUHENDAR.

Penelitian ini membahas tentang pemanfaatan bunyi ketukan buah kelapa untuk mengklasifikasikan tingkat kematangannya berbasis fitur akustik. Terdapat kekurangan dalam mengklasifikasikan kematangan kelapa dengan mendengarkan suara ketukannya secara manual sangatlah bergantung dari kemampuan pendengar dalam menentukan kematangan kelapa. Sehingga diperlukan sistem yang dapat melakukan klasifikasi secara otomatis. Fitur akustik dieksplorasi dengan memvariasikan fitur-fitur yang diekstraksi dari domain frekuensi dan waktu sebagai masukan untuk model deep learning. Fitur yang diekstraksi meliputi Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) dan Power-Normalized Cepstral Coefficients (PNCC) dari domain frekuensi serta Amplitude Envelope (AE), Zero Crossing Rate (ZCR), dan RMS Energy (RMS Energy) dari domain waktu. Dalam penelitian ini, digunakan adalah Long Short-Term Memory (LSTM) dan Deep Neural Network (DNN). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model LSTM dan DNN memperoleh akurasi 92,86% dan 89,29% dengan fitur domain frekuensi.

Kata kunci. Sinyal akustik, buah kelapa, domain frekuensi, domain waktu.

ABSTRACT

MUHLIS AHMAD ABDILLAH. Coconut Fruit Maturity Level Classification using Deep Learning Based on Acoustic Features. Under supervised by. BAMBANG HERU ISWANTO and HARIS SUHENDAR.

This research discusses the utilization of coconut beats to classify the level of maturity based on acoustic features. There are shortcomings in classifying coconut maturity by listening to the sound of the knock manually is very dependent on the ability of the listener in determining the maturity of the coconut. So a system is needed that can do the classification automatically. Acoustic features are explored by varying the features extracted from the frequency and time domains as input to the deep learning model. The extracted features include Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) and Power-Normalized Cepstral Coefficients (PNCC) from the frequency domain and Amplitude Envelope (AE), Zero Crossing Rate (ZCR), and RMS Energy from the time domain. In this study, Long Short-Term Memory (LSTM) and Deep Neural Network (DNN) were used. The results showed that the LSTM and DNN models obtained 92.86% and 89.29% accuracy with frequency domain features.

Keywords. Acoustic signal, coconut fruit, frequency domain, time domain.

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
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
A. Sinyal Akustik	8
B. Perambatan Bunyi	9
C. Buah Kelapa	10
D. Klasifikasi	11
E. <i>Deep Learning</i>	11
F. Fitur Akustik	15
1. MFCC	15
2. <i>Amplitude Envelope (AE)</i>	16
3. <i>RMS Energy</i>	16
4. <i>Zero-Crossing Rate (ZCR)</i>	17
G. Penelitian yang Relevan	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
A. Tempat dan Waktu Penelitian	21

B.	Metode Penelitian	21
1.	Alat Penelitian.....	21
2.	Prosedur Penelitian	22
C.	Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.....	29
1.	Teknik Pengumpulan	29
2.	Teknik Analisis Data.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
A.	Data Bunyi Ketukan Buah Kelapa.....	32
1.	Akuisisi Data.....	32
2.	Persiapan Data	33
3.	Pembagian Data	34
4.	Pra-pemrosesan Data	35
B.	Ekstraksi Ciri	35
C.	Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kelapa.....	37
1.	Klasifikasi dengan Arsitektur LSTM.....	37
2.	Klasifikasi dengan Arsitektur DNN.....	45
D.	Pembahasan.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		56
A.	Kesimpulan	56
B.	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN.....		65
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		75

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Tabel spesifikasi alat yang digunakan	21
Tabel 3. 2	Konfigurasi <i>hyperparameter</i> arsitektur LSTM.....	24
Tabel 3. 3.	Konfigurasi <i>hyperparameter</i> arsitektur DNN.....	26
Tabel 3. 4.	Akurasi setiap metode ekstraksi fitur dan model <i>deep learning</i>	28
Tabel 3. 5	<i>Confusion matrix</i>	30
Tabel 3. 6	Keterangan Variabel <i>Confusion Matrix</i>	31
Tabel 4. 1.	Jumlah data yang diakuisisi pada masing-masing tingkat kematangan	34
Tabel 4. 2.	Jumlah data <i>train</i> dan <i>test</i> setiap label pada fitur domain waktu	34
Tabel 4. 3.	Jumlah data <i>train</i> dan <i>test</i> setiap label pada fitur domain frekuensi.....	34
Tabel 4. 4.	Parameter PNCC dan MFCC	36
Tabel 4. 7.	Matriks konfusi model LSTM menggunakan fitur domain frekuensi.....	39
Tabel 4. 8.	Matriks evaluasi pelatihan model LSTM menggunakan fitur domain frekuensi.....	39
Tabel 4. 9.	Matriks konfusi model LSTM menggunakan fitur domain waktu.....	42
Tabel 4. 10.	Matriks evaluasi pelatihan model LSTM menggunakan fitur domain waktu.....	42
Tabel 4. 11.	Matriks konfusi model LSTM menggunakan keseluruhan fitur.....	44
Tabel 4. 12.	Matriks evaluasi pelatihan model LSTM menggunakan keseluruhan fitur	44
Tabel 4. 14.	Matriks konfusi model DNN menggunakan fitur domain frekuensi.....	47
Tabel 4. 15.	Matriks evaluasi pelatihan model DNN menggunakan fitur domain frekuensi.....	47
Tabel 4. 16.	Matriks konfusi model DNN menggunakan fitur domain waktu	49
Tabel 4. 17.	Matriks evaluasi pelatihan model DNN menggunakan fitur domain waktu.....	49
Tabel 4. 18.	Matriks konfusi model DNN menggunakan keseluruhan fitur.....	52
Tabel 4. 19.	Matriks evaluasi pelatihan model DNN menggunakan keseluruhan fitur	52
Tabel 4. 20.	Akurasi pengujian setiap metode ekstraksi ciri dan model <i>deep learning</i>	54
Tabel 4. 21.	Kompleksitas model <i>deep learning</i>	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram Bagaimana <i>Deep Learning</i> adalah bagian dari <i>Machine Learning</i> dan bagaimana <i>Machine Learning</i> adalah bagian dari AI.....	12
Gambar 2. 2	Sel LSTM dapat memproses data secara berurutan dan mempertahankan status tersembunyinya sepanjang waktu.	14
Gambar 3. 1	Diagram alir prosedur penelitian.....	22
Gambar 3. 3	Pemukul otomatis dengan mekanisme pegas.....	29
Gambar 4. 1.	Konfigurasi akuisisi data.....	32
Gambar 4. 3.	Visualisasi PNCC dan MFCC untuk label matang.....	36
Gambar 4. 7.	Grafik akurasi model LSTM menggunakan fitur domain frekuensi.....	38
Gambar 4. 8.	Grafik akurasi model LSTM menggunakan fitur domain waktu.....	41
Gambar 4. 9.	Grafik akurasi model LSTM menggunakan keseluruhan fitur.....	43
Gambar 4. 10.	Grafik akurasi model DNN menggunakan fitur domain frekuensi.....	46
Gambar 4. 11.	Grafik akurasi model DNN menggunakan fitur domain waktu.....	48
Gambar 4. 12.	Grafik akurasi model DNN menggunakan keseluruhan fitur.....	51