

DOI: doi.org/10.21009/03.1201.FA02

KARAKTERISTIK FITUR SUARA KETUKAN BUAH KELAPA BERDASARKAN DOMAIN WAKTU DAN DOMAIN FREKUENSI

Paulina Riska Oktaviani^{a)}, Bambang Heru Iswanto^{b)}, Haris Suhendar^{a)}

Program Studi Fisika, FMIPA Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka No. 01, Rawamangun 13220, Indonesia.

Email: ^{a)}paulinariska267@gmail.com, ^{b)}bhi@unj.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik suara akustik hasil ketukan buah kelapa dengan tingkat kematangan pada buah kelapa yang berbeda yaitu muda, setengah tua, dan tua. Analisis suara ketukan buah kelapa dilakukan untuk menentukan apakah perbedaan respons akustik dapat membantu meningkatkan diferensiasi buah pada tingkat kematangan yang berbeda. Dalam pendekatan ini analisis suara akan dilakukan dengan mengekstraksi beberapa fitur seperti *Mel Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC), *Mel spectrogram*, *centroid*, *zero crossing rate* (ZCR), *spectral rolloff*, dan *contrast*. Fitur yang diekstraksi kemudian direduksi dimensinya dengan teknik *Principal Component Analysis* (PCA). Efektivitas pendekatan ini dievaluasi dengan menganalisis representasi fitur yang dihasilkan. Hasil percobaan menunjukkan kemampuan metode yang diusulkan dalam menangkap informasi penting yang berkaitan dengan tingkat kematangan kelapa.

Kata-kata kunci: analisis suara, kematangan buah kelapa, ekstraksi fitur.

Abstract

This research was conducted to analyze the characteristics of the acoustic sound produced by tapping coconuts with different levels of maturity on coconuts, namely young, fairly mature, and mature. The Analysis of coconut sound-tapping was conducted to determine whether differences in acoustic responses can aid in improving fruit differentiation at various maturity levels. In this approach, sound analysis is performed by extracting several features, including Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC), Mel spectrogram, centroid, zero crossing rate (ZCR), spectral rolloff, and contrast. The extracted features are then subjected to dimensionality reduction using Principal Component Analysis (PCA). The effectiveness of this approach needs to be evaluated by analyzing the resulting feature representation. The experimental results demonstrate the capability of the proposed method in capturing essential information related to coconut maturity levels.

Keywords: sound analysis, coconut maturity, feature extraction.

PENDAHULUAN

Buah kelapa dengan nama latin *Cocos nucifera L.*, merupakan satu-satunya spesies dalam genus *Cocos*, famili aren-arenan atau *Arcaceae*, Ordo *Cococae* [1]. Bagian *exocarp* atau kulit luarnya berwarna seperti lilin dan hijau, kuning, gading, atau merah-coklat, sebelum berubah menjadi coklat atau abu-abu pada saat matang sempurna. *Mesocarp* atau sekamnya berserat, sedangkan *endocarp*

atau bagian cangkangnya berkayu, keras, dan berwarna coklat tua [2][3]. Kematangan buah kelapa selain dapat dilihat berdasarkan warna *exocarp* dan melihat ketebalan daging buahnya, petani buah kelapa juga menentukannya dengan mengetuk-ngetuk buah kelapa dengan tangan atau benda berujung tumpul. Suara yang dihasilkan akan berbeda-beda disetiap tingkat kematangan, yaitu muda, setengah tua, dan tua. Buah kelapa yang masih muda memiliki daging buah yang masih tipis dan mudah dipisahkan dari tempurung buahnya. Buah kelapa setengah tua memiliki daging buah yang lebih tebal dari kelapa muda dan sudah sedikit sulit dipisahkan dari tempurung buahnya karena sudah mengalami sedikit pengerasan. Untuk daging buah kelapa tua sudah mengalami pengerasan dengan ketebalan yang lebih tinggi dibandingkan daging buah kelapa muda dan setengah tua serta sangat sulit dipisahkan dari tempurung buahnya [4]. Tingkat kematangan buah kelapa diklasifikasikan dalam tiga tingkat kematangan yaitu muda, setengah tua, dan tua [3], [5-7] Pada praktiknya, untuk menentukan kategori kematangan buah kelapa dilakukan dengan cara mengetuk-ngetuk buah kelapa dan mendengarkan suara yang dihasilkannya.

Suara tercipta ketika suatu objek bergetar dan getarannya cukup kuat untuk didengar oleh telinga manusia, yang biasanya setidaknya 20 kali per detik [8]. Analisis suara merujuk pada proses penelitian suara dan musik untuk memahami dan menggambarkan karakteristik dari suara tersebut [9] serta melibatkan penguraian dan pemahaman sinyal suara menggunakan metode matematika dan statistik [10]. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk memvisualisasi dan menganalisis suara, diantaranya adalah dengan analisis domain waktu dan domain frekuensi. Untuk melakukan analisis domain frekuensi perlu dilakukan transformasi Fourier. Teknik ini banyak digunakan dalam bidang teknis suara dengan menguraikan gelombang akustik menjadi komponen gelombang sinus dan cosinus. Sebagian besar penelitian dalam analisis suara dilakukan dengan menggunakan nilai-nilai numerik dari fitur-fitur yang mewakili sebuah suara [11]. Proses analisis audio menjadi lebih mudah dan akurat menggunakan ciri yang diekstrak secara otomatis dari audio [11]. Fitur audio yang populer untuk digunakan dalam beberapa penelitian mengenai klasifikasi audio yang dijelaskan dalam referensi.

METODOLOGI

Dalam penelitian ini, diawali dengan proses akuisisi data suara buah kelapa sebanyak 20 buah pada tiap tingkat kematangan muda, setengah tua, dan tua sehingga total buah kelapa yang digunakan sebanyak 60 buah. Akuisisi dilakukan dengan merekam suara ketukan buah kelapa di dalam sebuah ruangan yang diambil sebanyak 3 suara ketukan pada setiap buah kelapa sehingga didapatkan total data suara sebanyak 180 data. Data kemudian di-praproses untuk meningkatkan kualitas data seperti pengurangan suara latar belakang, normalisasi, mengonversi suara ke format yang sesuai untuk analisis, dan memotong durasi menjadi 1 detik pada setiap sampel. Selanjutnya dilakukan ekstraksi fitur yang relevan dari data suara yang dapat menangkap karakteristik terkait kematangan kelapa. Beberapa fitur umum untuk analisis suara meliputi fitur domain waktu dan fitur domain frekuensi. Adapun fitur-fitur yang akan diekstrak meliputi *Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)*, *Mel spectrogram*, *centroid*, *zero crossing rate (ZCR)*, *spectral rolloff*, dan *contrast*. Setelah mengekstraksi fitur, dilakukan *Feature Selection* untuk memilih fitur paling informatif dengan menggunakan teknik *Principal Component Analysis (PCA)*. Hasil PCA dianalisis untuk memahami hubungan antara fitur suara asli dan komponen utama. Komponen utama dan muatan yang sesuai diinterpretasi untuk mendapatkan karakteristik suara yang paling berkontribusi terhadap kematangan kelapa.

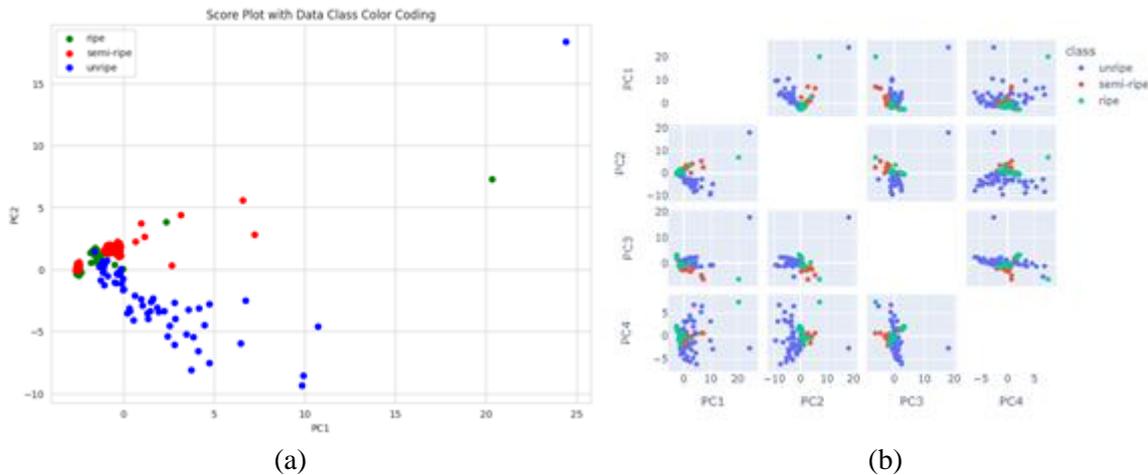
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang telah dilakukan, ekstraksi fitur pada data sampel menghasilkan representasi numerik fitur pada setiap data suara. Sebanyak 51 fitur merupakan representasi suara baik domain waktu maupun domain frekuensi. Ekstraksi fitur dilakukan pada aplikasi Google Colaboration dengan menggunakan *librosa* sebagai pustaka analisis audio.

TABEL 1. Hasil ekstraksi fitur pada data suara buah kelapa

| Features | | |
|--------------|--------------|--------------|
| mfcc_01 | mel_spec_005 | mel_spec_022 |
| mfcc_02 | mel_spec_006 | mel_spec_023 |
| mfcc_03 | mel_spec_007 | mel_spec_024 |
| mfcc_04 | mel_spec_008 | mel_spec_025 |
| mfcc_05 | mel_spec_009 | mel_spec_026 |
| mfcc_06 | mel_spec_010 | mel_spec_027 |
| mfcc_07 | mel_spec_011 | mel_spec_028 |
| mfcc_08 | mel_spec_012 | contrast_1 |
| mfcc_09 | mel_spec_013 | contrast_2 |
| mfcc_10 | mel_spec_014 | contrast_3 |
| mfcc_11 | mel_spec_015 | contrast_4 |
| mfcc_12 | mel_spec_016 | contrast_5 |
| mfcc_13 | mel_spec_017 | contrast_6 |
| mel_spec_001 | mel_spec_018 | contrast_7 |
| mel_spec_002 | mel_spec_019 | centroid |
| mel_spec_003 | mel_spec_020 | rolloff |
| mel_spec_004 | mel_spec_021 | zcr |

Fitur-fitur tersebut kemudian akan dianalisis dengan teknik reduksi dimensi PCA untuk menemukan fitur paling signifikan yang digunakan dalam klasifikasi. Distribusi data dapat dilihat pada GAMBAR 1 dimana PC1 dan PC2 sebagai 2 komponen utama untuk menentukan fitur.



GAMBAR 1. Distribusi data dalam (a) score plot (b) matriks score plot

Seperti yang terlihat dalam plot tersebut masih terjadi *overlapping* antar-kelas terutama pada kelas matang (*semi-ripe*) dan tua (*ripe*) sehingga perlu dilakukan seleksi fitur berdasarkan 2 komponen utama PC1 dan PC2 yang memiliki proporsi varians data tinggi.

TABEL 2. Analisis nilai eigen dari matriks korelasi

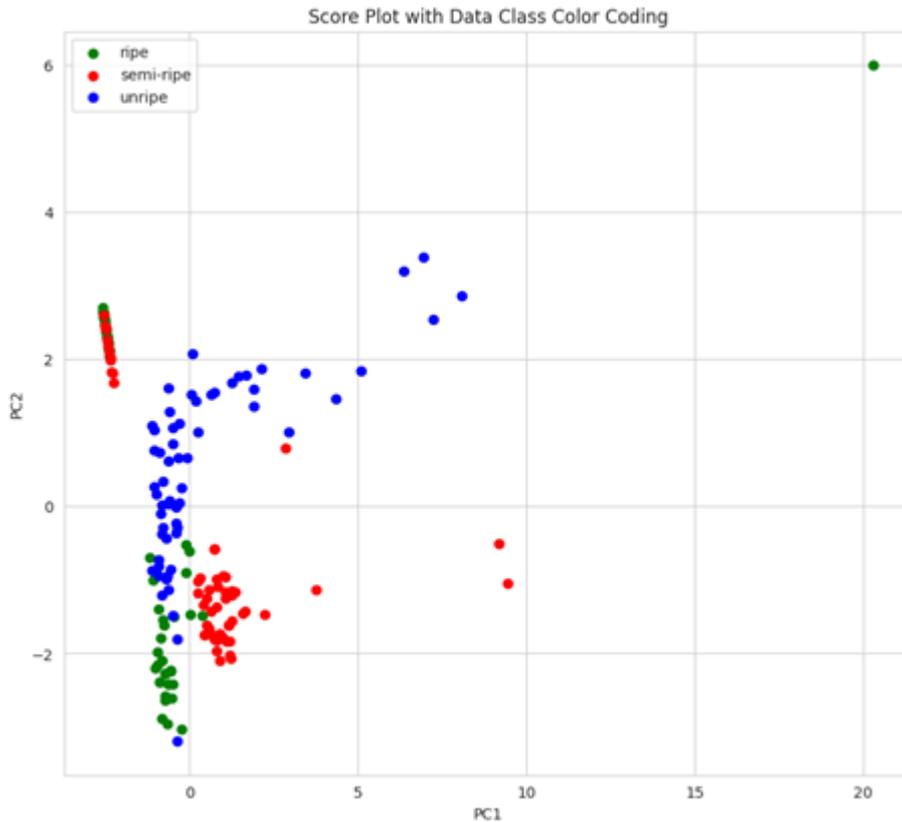
| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 | PC6 | PC7 | PC8 | PC9 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Eigenvalues | 11.69 | 8.032 | 5.654 | 4.26 | 3.408 | 3.382 | 2.412 | 2.006 | 1.732 |
| Accumulation | 11.69 | 19.722 | 25.376 | 29.636 | 33.044 | 36.426 | 38.837 | 40.844 | 42.576 |
| Proportion | 21.93% | 15.07% | 10.60% | 7.99% | 6.39% | 6.34% | 4.52% | 3.76% | 3.25% |

Kedua komponen utama ini digunakan untuk menafsirkan tabel eigenvector dari setiap fitur. Fitur dengan nilai eigenvector paling besar yang berada dalam PC1 dan PC2 akan dipilih sehingga seleksi fitur menghasilkan 18 fitur utama yang digunakan sebagaimana pada TABLE 3.

TABEL 3. Hasil seleksi fitur pada data suara buah kelapa

| Selected Features | | |
|-------------------|--------------|------------|
| mfcc_05 | mel_spec_023 | contrast_1 |
| mfcc_13 | mel_spec_024 | contrast_5 |
| mel_spec_010 | mel_spec_025 | contrast_6 |
| mel_spec_011 | mel_spec_026 | centroid |
| mel_spec_012 | mel_spec_027 | rolloff |
| mel_spec_022 | mel_spec_028 | zcr |

Data hasil ekstraksi fitur kemudian akan diolah kembali dan hanya menggunakan 18 fitur yang telah diseleksi dan dapat dilihat distribusi data mulai terpisah dengan baik berdasarkan kelasnya seperti pada GAMBAR 2 berikut.



GAMBAR 2. Distribusi data dengan fitur terpilih dalam *score plot*

Delapan belas fitur yang dipilih termasuk ke dalam 6 set fitur yaitu *Mel Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC), *Mel spectrogram*, *centroid*, *zero crossing rate* (ZCR), *spectral rolloff*, dan *contrast* memiliki nilai signifikan untuk dua parameter komponen utama (PC) dibandingkan dengan fitur lainnya. Analisis visualisasi dan interpretasi hasil memberikan informasi berharga tentang keefektifan pendekatan analisis suara dan ekstraksi fitur dalam menangkap informasi yang relevan terkait dengan tingkat kematangan kelapa.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian di atas, pemanfaatan analisis suara diharapkan menjadi awal dari kemajuan agrikultur Indonesia. Hasil penelitian ini menemukan bahwa 6 set fitur; *Mel Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC), *Mel spectrogram*, *centroid*, *zero crossing rate* (ZCR), *spectral rolloff*, dan *contrast* dapat memisahkan kelas dengan baik. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menemukan teknik ekstraksi fitur yang lebih baik dan bekerja lebih optimal sehingga pemanfaatannya dapat dilakukan secara *real-time*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah membimbing dalam penyusunan jurnal ini. Semoga jurnal ini dapat memberikan manfaat dan menginspirasi para pembaca. Mohon maaf apabila terdapat kekurangan dan kesalahan pada penulisan jurnal ini.

REFERENSI

- [1] J. Siriphanich *et al.*, “Coconut (Cocos nucifera L), In Postharvest biology and technology of tropical and subtropical Fruits,” *Woodhead Publishing Limited*,” vol. 32. Pp. 8-35e, 2011.
- [2] R. Child, “the coconut,” 1954.
- [3] D. Rahmawati, H. Haryanto, F. Sakariya, “the Design of Coconut Maturity Prediction Device With Acoustic Frequency Detection Using Naive Bayes Method Based Microcontroller,” *JEEMECs (Journal Electr. Eng. Mechatron. Comput. Sci)*, vol. 2, no. 1, 2019, doi: 10.26905/jeemecs.v2i1.2806.
- [4] W. Afiatun, Nafi’ah, “Deteksi Frekuensi Akustik pada Buah Kelapa Magelang (Cocos nucifera) Menggunakan Software Spectra PLUS-DT,” *Jurnal Fisika Indonesia*, vol. 19, no. 57, pp. 51-54, 2017, doi: 10.22146/jfi.27277.
- [5] J. A. Caladcad *et al.*, “Determining Philippine coconut maturity level using machine learning algorithms based on acoustic signal,” *Computers and electronics in agriculture*, vol. 172, p. 105327, 2020, doi: 10.1016/j.compag.2020.105327.
- [6] N. A. Fadchar, J. C. D. Cruz, “A Non-Destructive Approach of Young Coconut Maturity Detection using Acoustic Vibration and Neural Network,” *16th IEEE International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)*, pp. 136-140, 2020, doi: 10.1109/CSPA48992.2020.9068723.
- [7] M. M. Gatchalian, S. Y. De Leon, T. Yano, “Measurement of young coconut (Cocos nucifera, L.) maturity by sound waves,” *Journal Food Engineering*, vol. 23, no. 3, pp. 253-276, 1994, doi: 10.1016/0260-8774(94)90053-1
- [8] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, “Fundamentals of physics,” John Wiley & Sons, 2013.
- [9] T. Theodorou, I. Mporas, N. Fakotakis, “An Overview of Automatic Audio Segmentation,” *International Journal of Information Technology and Computer Science (IJITCS)*, vol. 6, no. 11, pp. 1-9, 2014, doi: 10.5815/ijitcs.2014.11.01.
- [10] F. Cohen Tenoudji, “Analog and Digital Signal Analysis From Basics to Applications,” *Springer International Publishing Switzerland*, 2016.
- [11] A. G. Jondya, B. H. Iswanto, “Indonesian’s Traditional Music Clustering Based on Audio Features,” *Procedia Computer Science*, vol. 116, pp. 174-181, 2017, doi: 10.1016/j.procs.2017.10.019.

