

ANALISIS FITUR SUARA KETUKAN TELUR UNTUK IDENTIFIKASI KUALITAS TELUR AYAM MENGGUNAKAN METODE *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* (PCA)

Delila Septiani Dwi Putri ^{a)}, Bambang Heru Iswanto ^{b)}, Haris Suhendar ^{c)}

Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220, Indonesia

Email: ^{a)}delilaseptiani17@gmail.com; ^{b)}bhi@unj.ac.id; ^{c)}haris_suhendar@unj.ac.id

Abstrak

Pemilahan telur ayam yang berkualitas sangat penting dilakukan sebelum dikonsumsi oleh masyarakat. Pasalnya, telur ayam merupakan salah satu produk yang mudah rusak karena berbagai faktor, sehingga tak jarang konsumen mendapati telur dengan kualitas tidak layak konsumsi. Pada penelitian ini, kualitas telur ayam diidentifikasi berdasarkan fitur audio dalam domain waktu dan frekuensi yang diekstrak dari suara ketukan telur. Fitur yang diekstraksi meliputi *energy*, *entropy*, *Zero Crossing Rate (ZCR)*, *spectral centroid*, dan *MFCC*. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan sampel 100 telur ayam negeri yang terdiri atas telur layak dan tidak layak dikonsumsi. Data suara diperoleh dengan mengetuk telur secara vertikal dan horizontal. Selanjutnya data dianalisis dengan *Principal Component Analysis (PCA)*. Hasil visualisasi PCA menunjukkan bahwa pada posisi pengetukan horizontal maupun vertikal perbedaan fitur audio dari kedua jenis telur dapat teridentifikasi, walaupun jarak antar kelompok relatif berdekatan dan terdapat *overlap* pada pengetukan horizontal. Adapun nilai varians PCA yang diperoleh dari ketukan horizontal pada komponen utama yaitu sebesar 51.69% untuk PCA1 dan 19.43% untuk PCA2. Sementara itu, untuk PCA pada ketukan vertikal diperoleh nilai varians sebesar 50.28% untuk PCA1 dan 26.73% untuk PCA2. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suara ketukan telur ayam dapat digunakan untuk identifikasi kualitas telur dan dikembangkan untuk klasifikasi kualitas telur ayam.

Kata-kata kunci: Fitur Audio, Telur Ayam, Identifikasi, PCA, Kualitas

Abstract

The selection of quality chicken eggs is crucial before they are consumed by the public. The problem is that chicken eggs are easily perishable products due to various factors, resulting in consumers often encountering eggs of inadequate quality. In this study, the quality of chicken eggs is identified based on audio features extracted from the sound of egg tapping in both the time and frequency domains. The extracted features include *energy*, *entropy*, *Zero Crossing Rate (ZCR)*, *spectral centroid*, and *MFCC*. The experiment was conducted using a sample of 100 chicken eggs, consisting of eggs suitable and unsuitable for consumption. Sound data was obtained by tapping the eggs vertically and horizontally. The data was analyzed using *Principal Component Analysis (PCA)*. The results of the PCA visualization indicate that in both horizontal and vertical tapping positions, the differences in audio features between the two types of eggs can be identified, even though the distance between groups is relatively close and there is overlap in the horizontal tapping. The variance values for horizontal tapping in PCA1 and PCA2 are 51.69% and 19.43%, respectively. Meanwhile, for vertical tapping the values are 50.28% for PCA1 and 26.73% for PCA2. This research demonstrates that the sound of egg tapping can be utilized for egg quality identification and further developed for chicken egg quality classification.

Keywords: Audio Features, Chicken Eggs, Identification, PCA, Quality

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu bahan pangan yang paling banyak dikonsumsi, telur merupakan hasil produk unggas dengan nilai gizi yang cukup tinggi [1]. Pada tahun 2023, rata-rata konsumsi telur RAS di Indonesia mencapai 1,808 kg per kapita per minggu [2]. Hal lain yang menyebabkan telur menjadi salah satu bahan pangan favorit ialah kemudahan untuk mendapatkannya serta harganya yang relatif terjangkau [3]. Namun walau demikian, telur termasuk ke dalam jenis produk peternakan yang “*perishable*” yang berarti mudah rusak karena berbagai faktor, sehingga tak jarang konsumen mendapati telur dengan kualitas tidak layak konsumsi [4]. Oleh karena itu, penting dilakukan proses pemilahan kualitas telur ayam sebelum dipasarkan dan dikonsumsi oleh masyarakat. Hingga saat ini, masih banyak produsen telur yang memilah telur secara manual. Hal tersebut tentunya memerlukan tenaga kerja yang cukup banyak, serta tak jarang terjadi *human error* dalam penyortiran telur. Untuk mengatasi terjadinya permasalahan *human error* maka digunakanlah *egg grading machine*, yakni sebuah mesin otomatis yang dirancang untuk melakukan pengklasifikasian kualitas telur berdasarkan beberapa parameter seperti berat, ukuran, warna, dan keadaan kulit telur. Namun solusi ini juga belum sepenuhnya efisien, dikarenakan biaya mesin tersebut masih tergolong cukup mahal sehingga masih jarang digunakan [5].

Berdasarkan hal tersebut, beberapa penelitian telah mengembangkan sistem *computer vision* sebagai metode untuk mendeteksi kualitas telur [6]. *Computer vision* yang digunakan sebagai sistem pendeteksi kebusukan telur telah berhasil memberikan akurasi hingga 100%. Akan tetapi, dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa data uji yang digunakan yaitu berjumlah 100 butir telur dengan komposisi 70 butir telur segar dan 30 butir telur busuk. Sehingga hasil akurasi yang sempurna tersebut dikhawatirkan didapat dari adanya ketidakseimbangan jumlah data dari kedua kelas yang berbeda [7]. Sistem *computer vision* dalam pendeteksian kualitas telur juga masih memiliki beberapa kekurangan, seperti memiliki beban komputasi yang tinggi [8], serta biayanya yang sangat mahal [9]. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut, beberapa penelitian telah melakukan pengidentifikasian kualitas telur dengan menerapkan sistem *acoustic response* [10-12]. Hasil dari salah satu penelitian mengungkapkan bahwa percobaan untuk telur ayam dengan kuning telur yang ditusuk mempunyai pengaruh yang kuat terhadap resonansi vertikal telur [13].

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, sistem akustik hanya digunakan untuk melihat respon akustik terhadap telur yang memiliki kualitas tidak layak serta mendeteksi kualitas kerabang telur. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini dilakukan pengidentifikasian kualitas telur ayam yang layak dan tidak layak konsumsi berdasarkan sistem akustik. Proses pengidentifikasian dilakukan dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dari beberapa fitur hasil ekstraksi. Fitur-fitur tersebut diantaranya energi, entropi, *Zero Crossing Rate* (ZCR), *Mel Frequency Cepstrum Coefficient* (MFCC) dan spektral sentroid. Identifikasi dilakukan terhadap dua eksperimen berbeda berdasarkan posisi pengetukan telur yakni secara horizontal dan vertikal. Komponen PCA yang dihasilkan dari kedua eksperimen tersebut akan dievaluasi menggunakan nilai varians PCA dan visualisasi PCA. Dengan pendekatan ini akan diperoleh pemahaman mengenai hubungan antara fitur audio dengan tingkat kelayakan konsumsi telur ayam, serta potensi penggunaan suara ketukan telur ayam untuk dikembangkan dalam klasifikasi kualitas telur ayam.

METODOLOGI

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kualitas telur ayam berdasarkan fitur audio dalam domain waktu dan frekuensi. Berdasarkan hal tersebut, maka digunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental dan teknik analisis data untuk mengumpulkan data numerik yang terukur

dari fitur audio ketukan telur ayam, yang kemudian akan dianalisis dengan metode reduksi dimensi PCA dan dievaluasi dengan hasil visualisasi PCA dan nilai varians PCA.

Principal Component Analysis (PCA)

PCA adalah metode statistik yang digunakan untuk mereduksi dimensi data menjadi fitur-fitur penting dengan mempertahankan varians data sebanyak mungkin. PCA akan membentuk sekumpulan dimensi baru yang kemudian di ranking berdasarkan varian datanya. PCA akan menghasilkan *Principal component* (komponen utama) yang merupakan beberapa kombinasi linear dari variabel asal yang mampu menjelaskan secara maksimal varians seluruh variabel [14]. Metode PCA bertujuan untuk mengidentifikasi serangkaian fitur tereduksi yang mewakili data asli dalam dimensi lebih rendah dengan mempertahankan informasi penting [15].

PCA memanfaatkan teknik berdasarkan bagaimana variabel berbagi informasi. Variabel yang berkorelasi dikelompokkan menjadi komponen utama (PC) yang masing-masing menggambarkan satu set informasi berkorelasi dari kumpulan data. PCA mengatur elemen-elemen tersebut sedemikian rupa sehingga secara berurutan menjelaskan informasi berdasarkan besaran variabilitasnya. Komponen utama pertama dan beberapa komponen awal biasanya menangkap sebagian besar informasi penting dalam dataset dengan mengecualikan *noise* data. Sementara itu, komponen utama yang selanjutnya cenderung mewakili informasi yang kurang signifikan dalam dataset. Dalam praktik PCA, beberapa komponen utama pertama seringkali dipertahankan dan mengabaikan komponen utama berikutnya. Dengan demikian, dapat dilakukan pengurangan dimensi data (*data reduction*) tanpa kehilangan informasi penting. Oleh karena itu, reduksi data termasuk PCA digunakan sebagai langkah awal sebelum melakukan analisis yang sangat luas seperti klasifikasi, *neural network*, dan *decision tree* [16].

Dataset

Data audio dikumpulkan dengan merekam suara ketukan telur ayam menggunakan mikrofon *omnidirectional* yang ditempatkan di dalam sebuah kotak tertutup berukuran 35 x 25 x 20 cm. Sampel telur ayam yang digunakan meliputi 100 butir telur, terdiri atas 50 telur layak konsumsi dan 50 telur tidak layak konsumsi. Proses pengetukan dilakukan dengan menggunakan bantuan servo yang bertujuan agar gerakan gagang pengetuk dapat bergerak dengan kecepatan konstan pada setiap sampel telur. Pengetukan telur ayam dilakukan dengan dua posisi pengetukan berbeda, yaitu secara horizontal dan vertikal. Data audio yang telah direkam akan disimpan dalam format *.wav* dengan durasi 0.135 *sekon* dan *sample rate* 44100 Hz.

Ekstraksi Fitur

Fitur audio yang diekstraksimeliputi fitur dalam domain waktu dan frekuensi. Fitur dalam domain waktu diantaranya energi, entropi dan ZCR. Sementara itu, fitur dalam domain frekuensi meliputi MFCC dan spektral centroid. Namun sebelum proses ekstraksi, sinyal audio akan dibagi terlebih dahulu menjadi segmen-segmen pendek (*framing*) dan ditransformasi Fourier. Sinyal audio yang telah ditransformasi Fourier digunakan untuk proses ekstraksi fitur dalam domain frekuensi. Hasil dari fitur audio pada setiap frame dalam suatu data akan dirata-ratakan nilainya. *Mean* dari nilai fitur-fitur tersebut akan digunakan sebagai data masukan dalam identifikasi kualitas telur ayam menggunakan metode PCA. Berdasarkan posisi pengetukan telur, data fitur audio yang digunakan akan dibedakan menjadi dua yakni fitur horizontal dan fitur vertikal.

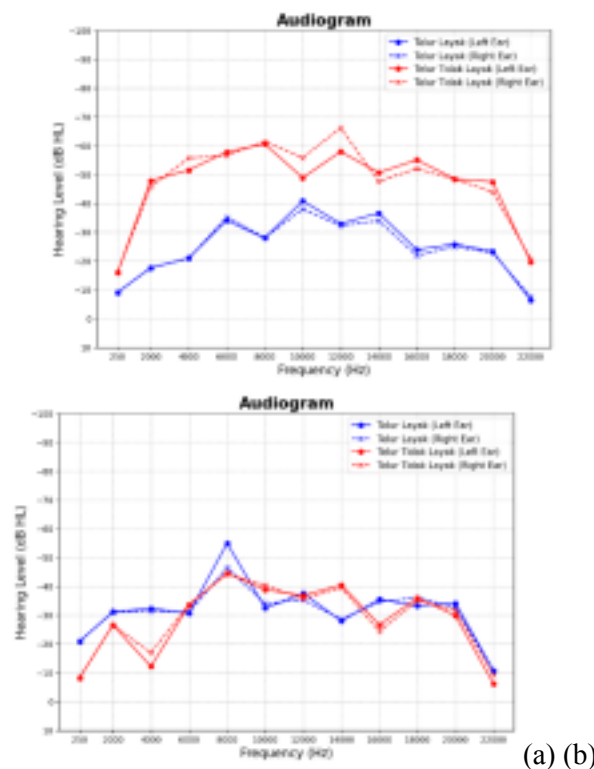
Identifikasi dan Evaluasi

Pada penelitian ini, PCA digunakan untuk mereduksi dimensi data hasil ekstraksi fitur audio

ketukan telur ayam. Selain itu, PCA juga digunakan untuk mengidentifikasi fitur hasil reduksi yang membedakan tingkat kualitas telur ayam. Metode PCA diterapkan pada data fitur audio dengan posisi pengetukan horizontal dan vertikal. Hasilnya akan divisualisasikan untuk mengamati perbedaan fitur audio dari kedua jenis telur. Adapun evaluasi hasil identifikasi PCA dilakukan dengan menentukan nilai varians dan mengamati hasil visualisasi PCA .

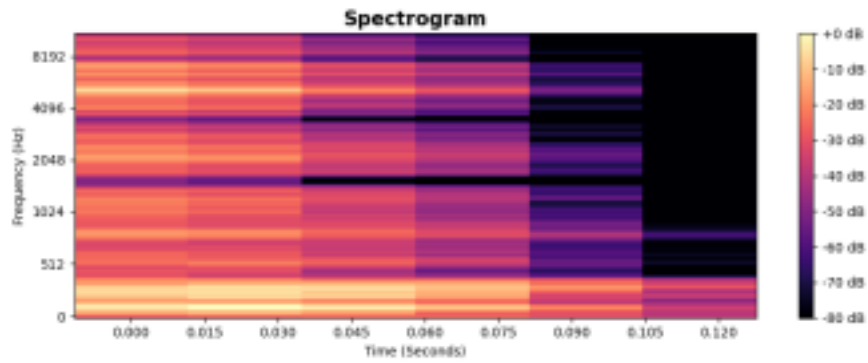
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, beberapa fitur audio hasil ekstraksi akan digunakan untuk identifikasi dua jenis telur ayam menggunakan metode PCA. Berdasarkan hasil plot audiogram pada sampel data dari kedua jenis telur, dapat diketahui bahwa audio ketukan telur layak dan tidak layak konsumsi yang diambil dalam posisi vertikal lebih terbedakan daripada audio yang diambil dalam posisi horizontal.

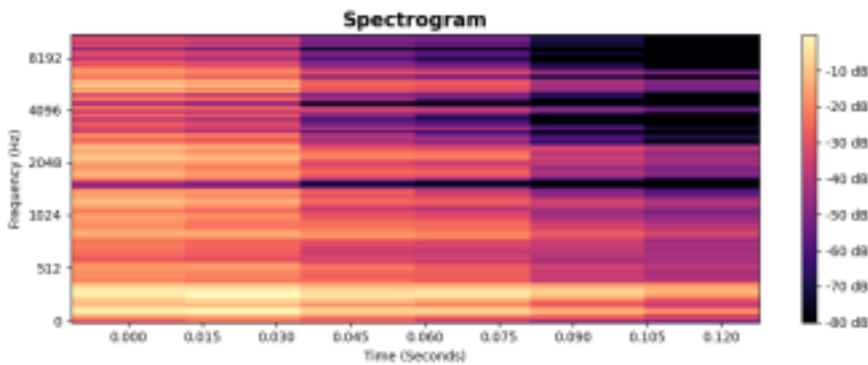


Gambar 1. Audiogram kedua jenis telur (a) Posisi pengetukan horizontal; (b) Posisi pengetukan vertikal

Berikutnya, ditampilkan hasil spektogram dari audio ketukan kedua jenis telur dalam posisi pengetukan horizontal dan vertikal. Spektogram digunakan untuk melihat representasi visual dari perubahan frekuensi dan intensitas komponen suara setiap waktu.



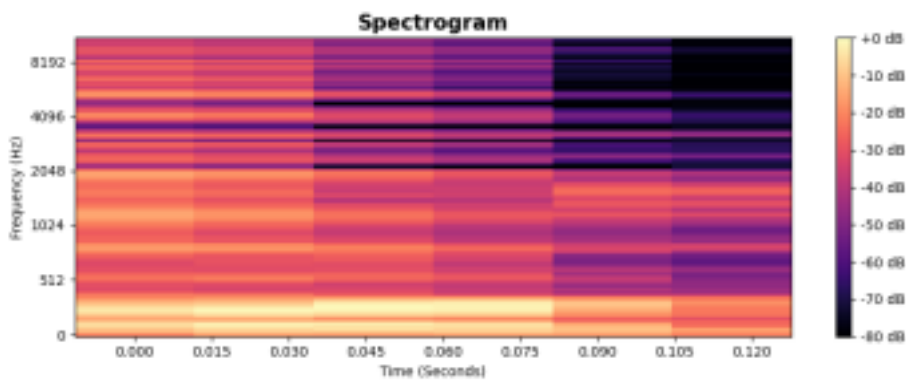
(a)



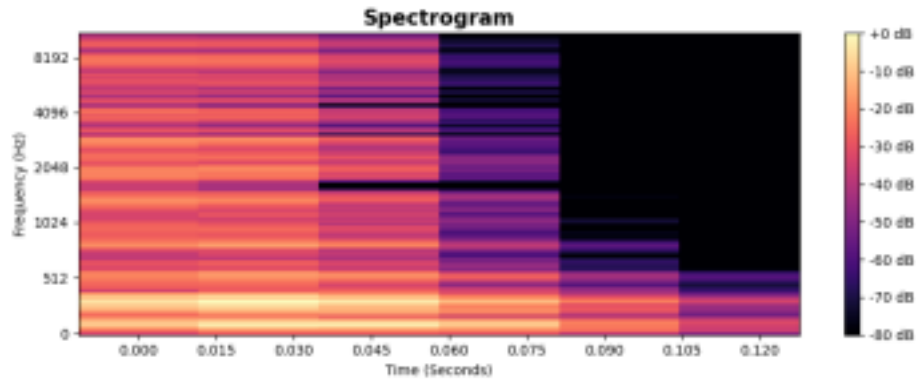
(b)

Gambar 2. Spektrogram dari audio ketukan telur pada posisi horizontal (a) Telur layak konsumsi; (b) Telur tidak layak konsumsi

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa pada audio ketukan telur yang layak, pita frekuensi yang aktif (amplitudo bernilai tinggi) lebih terfokus pada rentang tertentu, misalnya di sekitar 2048 Hz dan 4096 Hz. Sementara itu pada telur tidak layak konsumsi, pita frekuensi aktif lebih menyebar dan merata yang menunjukkan distribusi frekuensi kurang terfokus.



(a)

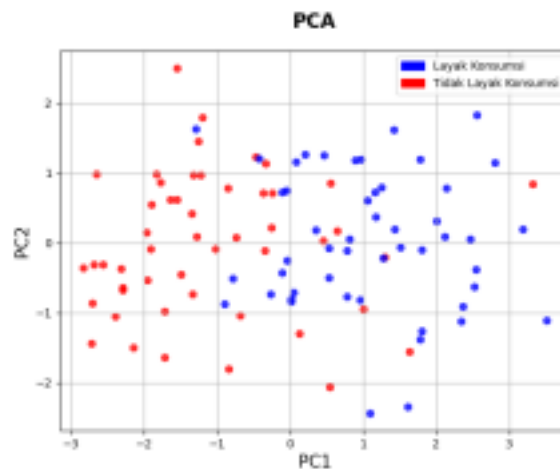


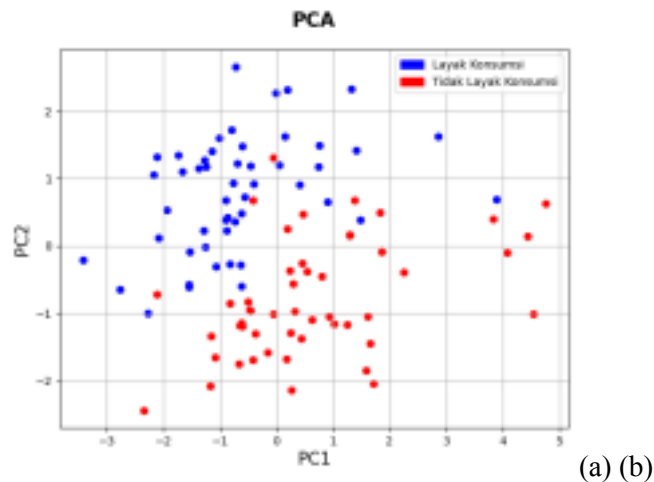
(b)

Gambar 3. Spektrogram dari audio ketukan telur pada posisi vertikal (a) Telur layak konsumsi; (b) Telur tidak layak konsumsi

Dari **Gambar 2.** dan **Gambar 3.**, dapat diketahui bahwa pola frekuensi baik pada telur layak maupun tidak layak menunjukkan adanya perbedaan dalam posisi pengetukan horizontal dan vertikal, tetapi perbedaan ini tidak signifikan. Hal ini dikarenakan pada spektrogram telur layak di atas, pita frekuensi aktif terfokus pada rentang tertentu yang menandakan bahwa distribusi frekuensi aktif pada telur layak dalam posisi vertikal memiliki ciri yang sama dengan telur layak dalam posisi horizontal. Adapun pada audio telur tidak layak, pita frekuensi tidak menunjukkan adanya amplitudo yang tinggi pada berbagai frekuensi. Hal ini tentu berbeda dari audio telur tidak layak dalam posisi horizontal. Namun walau demikian, keduanya menunjukkan amplitudo yang lebih fluktuatif dan tidak konsisten jika dibandingkan dengan amplitudo pada telur layak yang lebih stabil dan teratur pada frekuensi tertentu. Perbedaan ini dapat dilihat dalam pola warna yang lebih seragam pada telur layak dan pola warna yang lebih tidak teratur pada telur tidak layak. Ketidakteraturan ini mungkin disebabkan karena telur tidak layak konsumsi memiliki struktur internal yang tidak stabil atau rusak.

Untuk mengamati perbedaan fitur audio pada kedua jenis telur secara keseluruhan, maka dilakukan visualisasi dari hasil PCA. Seperti yang dapat terlihat pada **Gambar 4.** hasilnya menunjukkan bahwa perbedaan fitur audio dari kedua jenis telur dapat teridentifikasi, baik pada posisi pengetukan vertikal maupun horizontal. Namun walau demikian jarak antar kelompok relatif berdekatan, bahkan pada PCA posisi horizontal fitur dari kedua kategori tidak teridentifikasi dengan begitu baik karena masih terdapat *overlap* (tumpang tindih) pada beberapa elemen.





Gambar 4. Visualisasi PCA dari fitur audio ketukan telur ayam (a) Posisi pengetukan horizontal; (b) Posisi pengetukan vertikal

Tabel 1. Nilai varians PCA

Posisi Ketukan PCA1 PCA2

Horizontal 51.69% 19.43%

Vertikal 50.28% 26.73%

Hasil nilai varians PCA yang tertera pada tabel diatas menunjukkan bahwa komponen PCA1 lebih memiliki kontribusi yang signifikan dalam menjelaskan variabilitas data baik pada PCA posisi horizontal maupun vertikal. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai varians komponen PCA1 yang lebih besar pada kedua jenis PCA. Selain itu, nilai total dari varians tersebut juga menunjukkan bahwa sebagian besar informasi dalam setiap fitur audio dapat direduksi dengan tingkat kehilangan informasi yang cukup rendah, baik pada PCA posisi horizontal maupun vertikal. Dengan demikian, hasil visualisasi dan nilai varians PCA tersebut menunjukkan bahwa beberapa fitur audio yang digunakan dalam penelitian dapat digunakan pula untuk pengembangan sistem klasifikasi kualitas telur ayam berdasarkan fitur audio.

KESIMPULAN

Makalah ini membahas pemanfaatan fitur audio ketukan telur ayam dalam domain waktu dan frekuensi untuk mengidentifikasi kualitas telur menggunakan metode PCA. Identifikasi dilakukan terhadap dua eksperimen berbeda berdasarkan posisi pengetukan telur yakni secara horizontal dan vertikal. Hasil visualisasi PCA menunjukkan bahwa pada posisi pengetukan horizontal maupun vertikal perbedaan fitur audio dari kedua jenis telur dapat teridentifikasi, walaupun jarak antar kelompok relatif berdekatan dan terdapat *overlap* pada pengetukan horizontal. Adapun Nilai total varians dari PC 1 & PC 2 pada PCA posisi vertikal lebih besar jika dibandingkan total varians dari PCA horizontal. Namun walau demikian, selisih antara keduanya tidak terlalu besar sehingga keduanya mampu mempertahankan informasi penting dalam setiap fitur audio. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa fitur-fitur audio ketukan telur ayam dapat digunakan untuk pengidentifikasian kualitas telur. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan sistem klasifikasi kualitas telur ayam menggunakan pendekatan pembelajaran mesin (*machine learning*). Pengembangan tersebut dapat menjadi salah satu solusi agar konsumen mampu mengetahui kualitas telur ayam secara akurat dan efisien sebelum dikonsumsi.

REFERENSI

- [1] Utiah, D. R., Nangoy, F. J., Lambey, L. J., & Utiah, W., "Penggunaan tepung limbah labu kuning (*Cucurbita Moschata*) dalam pakan ayam petelur terhadap kualitas internal telur ayam ras," *Zootec*, vol. 38, no. 2, pp. 379-387, 2018.
- [2] Badan Pusat Statistik, "Rata-rata Konsumsi Perkapita Seminggu Menurut Kelompok Telur dan Susu Per Kabupaten/kota (Satuan Komoditas), 2021-2023," *Badan Pusat Statistik*, 2024. [online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjA5OSMy/rata-rata-konsumsi-perkapita-seminggu-menurut-kelompok-telur-dan-susu-per-kabupaten-kota.html>. [Accessed: May 18, 2024].
- [3] Miranda, J. M., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J. A., Lamas, A., & Cepeda, A., "Egg And Egg-Derived Foods: Effects On Human Health And Use As Functional Foods," *Nutrients*, vol. 7, no. 1, pp. 706-729, 2015.
- [4] Obianwuna, U. E., Oleforuh-Okoleh, V. U., Wang, J., Zhang, H. J., Qi, G. H., Qiu, K., & Wu, S. G., "Potential Implications Of Natural Antioxidants Of Plant Origin On Oxidative Stability Of Chicken Albumen During Storage: A review," *Antioxidants*, vol. 11, no. 4, p. 630, 2022.
- [5] Yusuf, M. N. Y. M., Ramadhani, I. P., & Kaswar, A. B., "Identifikasi Kualitas Telur Ayam Berbasis Pengolahan Citra Digital dan Jaringan Syaraf Tiruan," *Journal of Embedded Systems, Security and Intelligent Systems*, vol. 2, no. 1, pp. 33-40, 2021.
- [6] Botta, B., Gattam, S. S. R., & Datta, A. K., "Eggshell crack detection using deep convolutional neural networks," *Journal of Food Engineering*, vol. 315, p. 110798, 2022.
- [7] Kholil, M., Athaillah, I., Waspada, H. P., Akhsani, R., & Muluk, M. S., "Detecting Egg's Condition by Using Pixy Camera Based on Shell-Color Filtering," In *2023 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, pp. 83-86, 2023.
- [8] Wang, F., Zhang, S., & Tan, Z., "Non-Destructive Crack Detection Of Preserved Eggs Using A Machine Vision And Multivariate Analysis" *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, vol. 22, no. 3, pp. 257-262, 2017.
- [9] Kertész, I., Zsom-Muha, V., András, R., Horváth, F., Németh, C., & Felföldi, J., "Development Of A Novel Acoustic Spectroscopy Method For Detection Of Eggshell Cracks," *Molecules*, vol. 26, no. 15, p. 4693, 2021.
- [10] Aboonajmi, M., Jahangiri, M., & Hassan-Beygi, S. R., "A Review On Application Of Acoustic Analysis In Quality Evaluation Of Agro-Food Products," *Journal of food processing and preservation*, vol. 39, no. 6, pp. 3175-3188, 2015.
- [11] Lai, C. C., Li, C. H., Huang, K. J., & Cheng, C. W., "Duck Eggshell Crack Detection By Nondestructive Sonic Measurement And Analysis," *Sensors*, vol. 21, no. 21, p. 7299, 2021.
- [12] Yumurtaci, M., Balci, Z., Ergin, S., & Yabanova, İ., "The Detection Of Eggshell Cracks Using Different Classifiers," *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A-Applied Sciences and Engineering*, vol. 23, no. 2, pp. 161-172, 2022.
- [13] Li, X. Y., "Large-scale eggshell crack detection simulation based on impulse response signal," In *AIP Conference Proceedings*, vol. 2425, no. 1, 2022.
- [14] Greenacre, M., Groenen, P. J., Hastie, T., d'Enza, A. I., Markos, A., & Tuzhilina, E., "Principal component analysis," *Nature Reviews Methods Primers*, vol. 2, no. 1, p. 100, 2022. [15] Kherif, F., & Latypova, A., "Principal component analysis," In *Machine learning Academic Press*, pp. 209-225, 2020.
- [16] Beattie, J. R., & Esmonde-White, F. W., "Exploration of principal component analysis: deriving principal component analysis visually using spectra" *Applied Spectroscopy*, vol. 75, no. 4, pp. 361-375, 2021.