

Penerapan Algoritma *Fast Fourier Transform* dan *K-nearest neighbor* pada Pengklasifikasian Kualitas Telur Puyuh

Agustinus Jacobus, Dirko Gustaafiano Setyadharmaputra Ruindungan, Jane I. Litouw
Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115
a.jacobus@unsrat.ac.id, dirko@unsrat.ac.id, jane_litouw@unsrat.ac.id

Abstrak — Kualitas telur puyuh sebagai makanan dipengaruhi oleh perlakuan dan peristiwa yang terjadi selama proses produksi hingga distribusi telur kepada konsumen. Selama proses ini, sel telur dapat menemui berbagai peristiwa yang dapat menyebabkan kulit telurnya pecah. Proses pemilihan telur sebagian besar dilakukan secara manual dengan menyinari telur atau dengan mengetuk kulit telur. Metode ini akan membutuhkan upaya yang lebih besar ketika jumlah telur yang akan diperiksa cukup banyak, sehingga diperlukan metode berbasis komputer untuk membantu mengatasi masalah ini. Dalam penelitian ini, dengan menggunakan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT), fitur-fitur dari suara ketukan diekstraksi, dan berdasarkan fitur-fitur tersebut, metode *K-Nearest Neighbors* (K-NN) digunakan untuk mengklasifikasikan suara ketukan ke dalam kelas bagus atau kelas rusak. Jumlah data yang digunakan adalah 180 telur puyuh, di mana 120 data digunakan sebagai data latih dan 60 data sisanya digunakan untuk data uji. Berdasarkan hasil pengujian, penggunaan FFT dan K-NN berhasil mengklasifikasikan kondisi kulit telur puyuh dengan tingkat akurasi lebih dari 80%.

Kata kunci — FFT; Keretakan Cangkang; Klasifikasi Suara; *K-Nearest Neighbors*.

Abstract — The quality of quail eggs as food is influenced by the treatment and events that occur during the production process to the distribution of eggs to consumers. During this process, the egg can encounter various events that can cause the eggshell broken. The process of egg selection is mostly done manually by candling the egg or by tapping the eggshell. This method will require greater effort when the number of eggs to inspect is quite a lot, so a computer-based method is needed to help overcome this problem. In this study, by using the *Fast Fourier Transform* (FFT) algorithm the features of tapping sound are extracted, and based on those features the *K-Nearest Neighbors* (K-NN) method is used to classify tapping sound into good or break class. The amount of data used is 180 quail eggs, where 120 data use as training data and the remaining 60 data are used for test data. Based on the test results, the use of FFT and K-NN success to classify the quail eggshell conditions with an accuracy level over 80%.

Keywords — Eggshell Crack ; FFT; *K-Nearest Neighbors*; Sound Classification.

I. PENDAHULUAN

Telur merupakan salah satu bahan pangan yang sering dikonsumsi manusia dalam berbagai bentuk makanan jadi. Sebagai bahan pangan telur mengandung zat gizi seperti

protein, lemak, vitamin dan mineral yang dibutuhkan manusia. Kandungan protein yang tinggi dengan susunan asam amino esensial yang lengkap menjadi telur sebagai patokan dalam menentukan mutu protein berbagai bahan pangan. Telur puyuh merupakan salah satu jenis telur yang dikonsumsi manusia.

Dalam proses produksi telur untuk konsumsi kebanyakan masih dilakukan secara manual dan dalam proses tersebut telur yang baru diproduksi dapat mengalami beberapa hal yang dapat menyebabkan telur tersebut mengalami keretakan pada kulit telur. Cangkang yang utuh merupakan kriteria kualitas yang pertama dan penting bagi industri dan konsumen telur [1]. Keretakan pada kulit telur akan mempengaruhi kualitas dari telur yang diproduksi. Kulit telur yang retak dapat mempermudah isi telur untuk terkontaminasi mikroba patogen sehingga dapat menyebabkan masalah bagi kualitas dan keamanan telur untuk konsumsi [2], selain itu telur yang retak akan mempengaruhi tingkat daya tetas yang menyebabkan kerugian ekonomi [3]. Kondisi fisik telur puyuh yang berukuran kecil dan memiliki cangkang tipis dapat mempertinggi kemungkinan untuk mengalami keretakan dalam proses produksi. Pola yang muncul pada cangkang juga dapat menyebabkan keretakan yang muncul tidak dapat dilihat secara visual.

Proses seleksi telur untuk konsumsi manusia masih dilakukan secara manual dengan menggunakan cara penyinaran atau mengetuk cangkang telur. Metode penyinaran adalah yang paling banyak dilakukan dimana dengan cara ini dapat mendeteksi adanya retakan, kotoran, ataupun munculnya titik darah (embrio), akan tetapi cara ini kurang begitu baik dalam mendeteksinya adanya retakan terutama retakan yang halus (*hairlines*). Mengetuk cangkang telur mampu mendeteksi adanya retakan berdasarkan perbedaan suara atau bunyi yang ditimbulkan. Proses pemeriksaan dan pemilihan telur sebelum pengemasan dengan cara manual merupakan proses yang membutuhkan usaha yang cukup besar dan waktu yang panjang, oleh karena itu diperlukan sebuah teknologi yang dapat membantu proses ini secara otomatis sehingga proses ini dapat menjadi lebih efisien dan kualitas telur yang dijual dapat lebih terjamin.

Penggunaan suara untuk memeriksa kualitas atau mengklasifikasikan bahan pangan telah dilakukan dalam beberapa penelitian diantaranya dalam pengklasifikasian

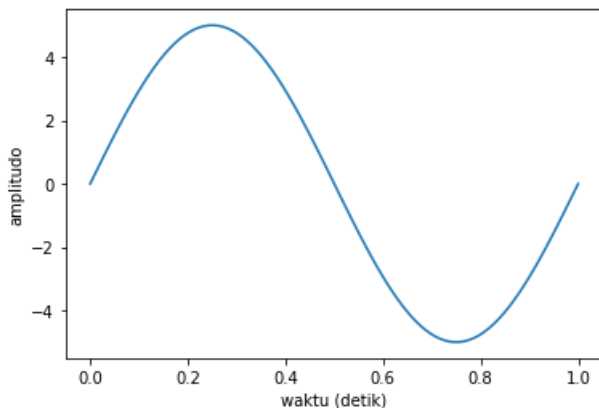
varietas kacang pistachio[4] dan kacang almond[5], pendeteksian keretakan cangkang telur ayam [6], [7]. Berdasar dari hasil-hasil penelitian tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan teknik analisis sinyal suara memberikan hasil yang cukup akurat dalam mendeteksi kualitas ataupun mengelompokkan varietas bahan pangan.

Saat ini suara atau bunyi dapat direkam dan disimpan secara digital dalam sebuah berkas komputer. Berkas-berkas yang tersimpan dalam komputer ini dapat diolah dengan menggunakan berbagai teknik pengolahan suara atau audio digital untuk berbagai tujuan, misalnya pengklasifikasian, pengukuran kemiripan, pengelompokan dan lain-lain. Hal ini menjadi sebuah peluang untuk memanfaatkan komputer dan teknik-teknik pengolahan suara untuk mengolah suara atau bunyi yang ditimbulkan dari ketukan pada cangkang telur untuk mengklasifikasikan kualitas telur yang diproduksi dari peternakan. Pemanfaatan komputer untuk membantu dalam pengklasifikasian telur diharapkan dapat dibuat sebuah sistem yang secara otomatis mampu mengklasifikasikan kualitas telur sehingga proses produksi telur dari peternakan dapat lebih efisien dan hasil produksinya lebih berkualitas.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan teknik pengolahan data suara dan *machine learning* untuk mendeteksi adanya keretakan pada cangkang telur puyuh yang menjadi objek dalam penelitian ini.

A. Pengolahan suara

Bunyi atau suara dihasilkan dari getaran yang diteruskan oleh medium udara, ditangkap oleh telinga manusia normal. Hidayatno [8] menjelaskan bahwa pendengaran manusia terbatas pada daerah frekuensi 16 Hz sampai 20 kHz. Suara yang terdengar akan terasa keras apabila amplitudo sinyal suara yang sampai ke telinga cukup besar. Sebaliknya, suara yang terdengar akan terasa pelan atau lembut apabila amplitudo sinyal suara cukup kecil. Gelombang audio merupakan gelombang longitudinal yang merambat melalui medium seperti medium padat, cair, atau gas. Gelombang suara merupakan gelombang analog yang apabila diolah menggunakan peralatan elektronik, gelombang tersebut harus melalui tahap digitalisasi sehingga gelombang tersebut berupa data digital [9].



Gambar 1. Representasi Gelombang Audio dalam domain waktu

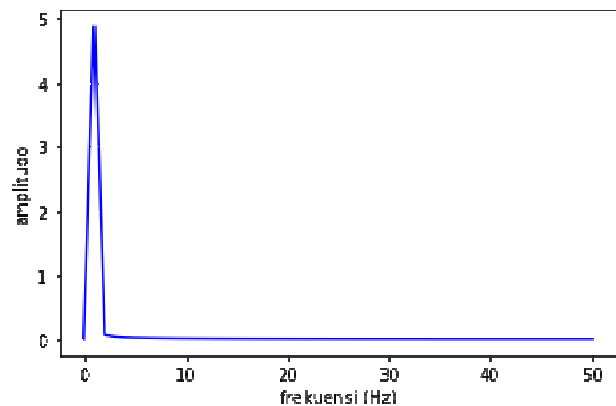
Proses digitalisasi gelombang analog kebentuk digital disebut dengan *analog to digital converter* (ADC). Ada tiga tahapan dalam proses ADC yaitu: *sampling*, *quantization*, dan *coding*[10]. *Sampling* merupakan konversi nilai waktu yang kontinu kedalam bentuk diskrit. *Quantization* merupakan proses mengubah nilai sampel yang kontinu ke bentuk diskrit dan *coding* merupakan proses untuk merepresentasikan nilai yang telah terkuantisasi secara digital.

Gelombang audio dapat direpresentasikan dalam domain waktu (waktu-amplitudo) maupun domain frekuensi (waktu-frekuensi)[10]. Gambar 1 memperlihatkan bentuk gelombang audio dengan durasi 1 detik dan amplitudo 5. Gambar 2 memperlihatkan bentuk gelombang audio dalam domain frekuensi.

Menurut Hidayatno [8], menganalisis suatu suara dapat diartikan menganalisis suara dalam komponen frekuensi dan waktu dari suara tersebut. Di mana frekuensi menentukan tinggi rendahnya suara, sedangkan komponen waktu menentukan kapan suatu suara dibunyikan. Karena dengan mengetahui komponen-komponen tersebut sinyal suara dapat dianalisis dengan rinci.

B. Fast Fourier Transform

Representasi sinyal audio dalam domain waktu belum dapat menunjukkan komponen frekuensi dan pendistribusian sinyal audio[10], untuk itu sinyal suara yang direkam dan direpresentasikan dalam domain waktu perlu diubah kedalam bentuk domain frekuensi. Perubahan representasi sinyal suara dari domain waktu ke domain frekuensi dapat didasarkan pada transformasi *Fourier*. Representasi sinyal audio kedalam domain frekuensi disebut dengan spectrum sinyal, dimana dari representasi ini dapat diamati perubahan amplitudo suara pada tiap frekuensi. *Discrete Fourier Transform* (DFT) merupakan cara yang umum digunakan untuk mengubah bentuk sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Namun DFT memiliki kelemahan dari segi efisiensi waktu untuk menghitung isi frekuensi, untuk itu digunakan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) yang lebih efisien dalam mengubah sinyal dari representasi domain waktu ke domain frekuensi.



Gambar 2. Representasi Gelombang Audio dalam domain frekuensi

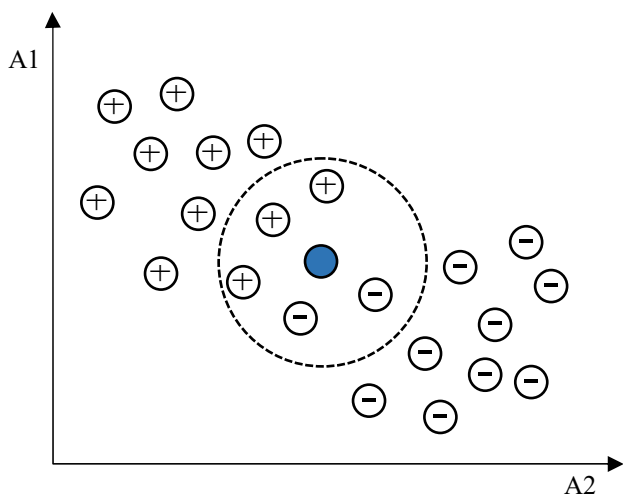
C. Pengklasifikasian data berbasis Instance

Klasifikasi merupakan sebuah bentuk analisis data yang bertujuan untuk mendapatkan sebuah model yang dapat digunakan untuk mengelompokkan atau mengklasifikasikan data yang belum memiliki kelas berdasar data-data historis yang telah memiliki kelas.

Pengklasifikasian data berbasis *instance* merupakan teknik pengklasifikasian yang berprinsip bahwa *instance* yang mirip akan memiliki kelas yang mirip[11]. Teknik ini juga disebut dengan *lazy learners*. Berbeda dengan teknik pengklasifikasian yang disebut *eager learners* dimana dalam zteknik ini proses klasifikasi terdiri atas dua tahap tahapan pembelajaran dan tahapan prediksi [12]. Dalam tahapan pembelajaran data historis atau data *training* yang telah terklasifikasi digunakan dalam proses pembelajaran untuk mendapatkan pola atau model. Pola atau model yang dihasilkan pada tahapan pembelajaran digunakan pada tahap prediksi untuk mengklasifikasikan data baru yang belum memiliki kelas.

Pada pengklasifikasian berbasis *instance*, himpunan data *training* digunakan untuk menentukan kelas dari sebuah data baru yang belum terklasifikasi berdasar kedekatan atau kemiripan antara beberapa data dalam himpunan data *training* dengan data baru[13].

K-nearest neighbor merupakan salah satu metode pengklasifikasian data berbasis *instance*. Data direpresentasikan sebagai titik-titik data atau *vector* dalam sebuah ruang vektor dimana setiap dimensi dari ruang vektor merupakan atribut dari data. Kelas dari data baru yang belum diklasifikasikan ditentukan berdasar kelas mayoritas data *training* yang ada didekat dari data baru tersebut. Nilai *k* menyatakan jumlah data *training* yang terdekat dan teknik-teknik pengukuran jarak antara titik dalam ruang vektor seperti *euclidean distance* dan *mahalonobis* digunakan untuk mencari titik-titik terdekat dengan data yang baru. Gambar 3 mengilustrasikan bagaimana *k-nearest neighbor* menentukan kelas dari sebuah data yang belum terklasifikasikan.



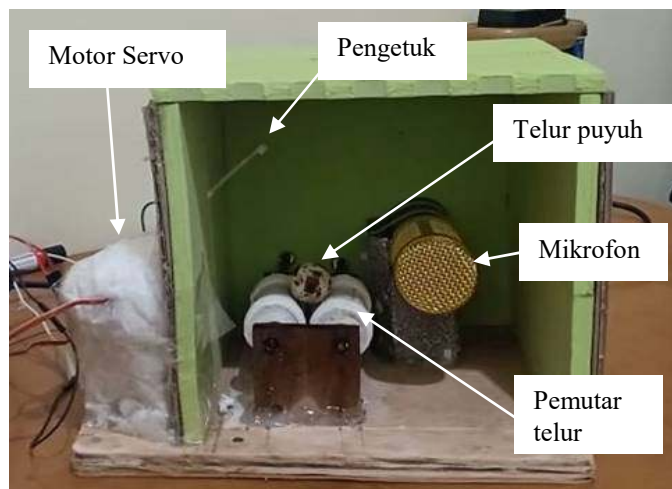
Gambar 3. Ilustrasi *k-nearest neighbor* dengan nilai *k*=5

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa setiap data memiliki dua atribut yaitu atribut A1 dan A2 dengan nilai *k*=5. Data yang baru diklasifikasikan kedalam kelas positif (+) didasarkan pada 5 titik data yang terdekat dan mayoritas kelas dari titik-titik data tersebut ada positif (3 kelas positif dan 2 kelas negatif)

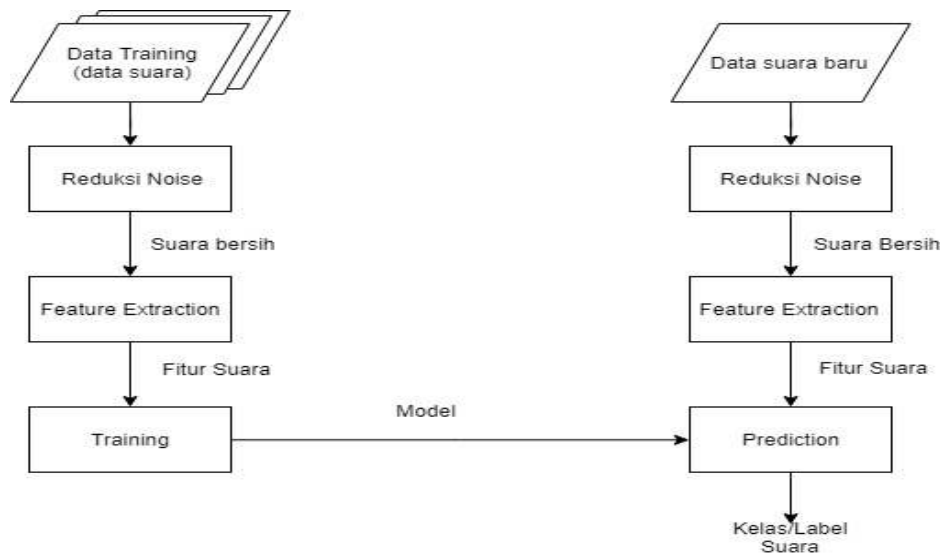
D. Kualitas Telur

Telur merupakan produk peternakan yang memberikan sumbangan besar bagi tercapainya kecukupan gizi masyarakat. Sebutir telur mengandung zat gizi yang lengkap dan mudah dicerna. Tugiyanti dan Iriyanti [14], mengemukakan bahwa kualitas telur adalah suatu istilah yang digunakan dalam penentuan kualitas internal dan kualitas eksternal telur. Kualitas internal atau bagian dalam, yaitu kekentalan putih dan kuning telur, ukuran sel udara, bentuk kuning telur, dan kekuatan kuning telur. Sedangkan kualitas eksternal atau bagian luar mengacu pada kebersihan kulit, tekstur, warna kulit, serta keutuhan.

Telur memiliki sifat mudah rusak, baik itu kerusakan alami, kimiawi maupun disebabkan oleh mikroorganisme yang masuk melalui pori-pori kulit. Salah satu sifat telur adalah mudah pecah, retak, dan tidak dapat menahan tekanan yang besar, sehingga telur tidak dapat diperlakukan kasar dalam suatu wadah. Kerusakan telur meliputi kerusakan yang nampak dari luar dan kerusakan yang baru dapat diketahui setelah telur pecah. Kerusakan pertama berupa kerusakan alami yaitu pecah atau retak. Kerusakan lain adalah akibat udara dalam isi telur keluar sehingga derajat keasaman naik. Sebab lain adalah karena keluarnya uap air dari dalam telur yang membuat berat telur turun serta putih telur encer sehingga kesegaran telur merosot. Kerusakan telur dapat pula disebabkan oleh masuknya mikroba ke dalam telur, yang terjadi ketika telur masih berada dalam tubuh induknya. Kerusakan telur terutama disebabkan oleh kotoran yang menempel pada kulit telur.



Gambar 4. Peralatan Eksperimen



Gambar 5. Tahapan pengklasifikasian data suara.

II. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dilalui dimulai dari desain dan pembuatan alat perekam bunyi ketukan, pengumpulan data suara, pengolahan data suara, pengujian dan evaluasi. Tahapan tersebut diuraikan lebih rinci sebagai berikut:

A. Desain dan pembuatan alat perekam bunyi ketukan

Untuk mendapatkan hasil rekaman yang baik dan konsisten diperlukan sebuah alat sederhana yang dapat membantu dalam proses pengumpulan data rekaman suara ketukan telur, untuk itu pada tahapan ini akan dirancang dan dibuat sebuah alat yang dapat memberikan ketukan pada telur secara konsisten dari segi tenaga ketukan dan waktu perekaman.

Bunyi yang digunakan dalam penelitian ini adalah bunyi yang dihasilkan dari ketukan pada cangkang telur. Adapun alat untuk menghasilkan dan merekam bunyi dari ketukan pada cangkang telur yang dibuat mengikuti konsep desain dari Lin, dkk [15], dengan beberapa penyesuaian dari segi material dan alat yang digunakan. Alat yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini diperlihatkan pada gambar 4. Mikrofon digunakan untuk menangkap suara yang dihasilkan dari penketukan cangkang telur dengan alat pengetuk berbahan plastik padat.

Alat pengetuk digerakan menggunakan motor servo. Agar penketukan dapat dilakukan pada beberapa area maka telur perlu diputar dengan alat pemutar berbahan karet lunak yang digerakan dengan motor DC 6V.

B. Pengumpulan dan pengolahan data suara

Setelah alat berhasil dibuat maka tahap berikutnya adalah mengumpulkan data suara dengan mempergunakan alat yang telah dibuat. Data suara yang diambil untuk penelitian ini adalah data suara dari hasil ketukan pada cangkang telur

puyuh. Dimana sampel telur puyuh diperoleh adalah sampel yang telah melalui proses pemilihan dari peternakan.

Data suara yang terkumpul selanjutnya akan diolah untuk mendapatkan model yang nantinya digunakan untuk mengklasifikasikan data suara baru. Proses pengolahan dan pengklasifikasian data suara yang dimaksud ditunjukkan pada Gambar 5.

Data *training* adalah data suara yang telah diklasifikasikan terlebih dahulu, dimana dalam penelitian ini digunakan 2 kelas suara yaitu, rusak untuk telur dengan kondisi cangkang pecah atau rusak dan bagus untuk telur dengan kondisi cangkang bagus.

Data suara yang terkumpul dari proses pengumpulan data adalah data suara yang telah diklasifikasikan terlebih dahulu mengikuti kondisi cangkang sampel telur. Data suara tersebut kemudian mengalami proses reduksi *noise*. Pada tahap reduksi *noise*, suara-suara yang dapat mengganggu hasil analisis amplitudonya direduksi sehingga suara ketukan dapat diperjelas. *Noise* atau suara-suara pengganggu ini adalah suara-suara yang dihasilkan oleh motor servo dan motor DC yang menjadi penggerak pengetuk cangkang dan pemutar telur. Hasil dari proses ini adalah berupa data suara yang bersih.

Dari data suara yang bersih kemudian dilakukan proses ekstraksi fitur suara, dimana dalam tahap ini data suara yang direpresentasikan dalam bentuk domain waktu ditransformasi kedalam bentuk representasi domain frekuensi dengan menggunakan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT). Fitur yang digunakan dalam penelitian ini adalah frekuensi suara dan magnitudo yang ditemukan oleh algoritma FFT.

Setelah fitur suara dari masing-masing data suara terbentuk maka tahap berikutnya adalah proses pelatihan atau *training* untuk memperoleh model yang digunakan dalam proses pengklasifikasian (*prediction*) data suara baru. Untuk proses *training* dan *prediction* digunakan algoritma *k-nearest neighbor*.

Data suara baru yang belum terklasifikasikan, sebelum diklasifikasikan dalam proses prediction akan mengalami proses yang sama dengan data *training* yaitu reduksi *noise* dan ekstraksi fitur. Pada proses prediksi fitur suara dari data suara diklasifikasikan berdasar model yang diperoleh dari proses *training*.

Pada tahapan ini juga akan dibuat aplikasi komputer untuk membantu dalam proses pembersihan data, ekstraksi fitur dan serta pengimplementasian algoritma pengklasifikasian suara.

C. Pengujian dan Evaluasi

Tahapan pengujian dan evaluasi merupakan tahapan untuk menguji dan mengevaluasi model yang diperoleh dari tahapan pengolahan data suara.

Data suara yang terkumpul dari tahapan pengumpulan data akan dibagi dalam dua bagian yaitu data latih dan data uji. Penentuan data latih dan data uji dilakukan secara acak. Data latih digunakan dalam proses *training* untuk memperoleh model dan data uji digunakan untuk menguji model. Hasil pengklasifikasian data uji selanjutnya disajikan dalam bentuk confusion matriks.

Berdasar *confusion* matriks yang diukur tingkat akurasi dari model dengan menggunakan (1).

$$Akurasi = \frac{True\ Positive + True\ Negative}{Jumlah\ data\ uji} \quad (1)$$

True Positive adalah jumlah data yang terklasifikasi benar rusak dan *true negative* adalah jumlah data yang terklasifikasi benar bagus.

Selain tingkat akurasi diukur juga tingkat kesalahan klasifikasi berupa nilai *recall* dan presisi dengan menggunakan (2) dan (3)

$$recall = \frac{True\ Positive}{true\ positive + false\ negative} \quad (2)$$

$$presisi = \frac{True\ Positive}{true\ positive + false\ positive} \quad (3)$$



Gambar 6. Sampel telur puyuh dengan kondisi cangkang bagus.

Recall merupakan ukuran untuk mengukur tingkat ketepatan model dalam mengklasifikasikan dibandingkan dengan jumlah data yang benar. Nilai *false negative* pada (2) merupakan jumlah telur yang diprediksi rusak tapi aktualnya bagus atau tidak rusak dan sebaliknya.

Presisi merupakan ukuran untuk mengukur tingkat ketepatan model mengklasifikasikan data dibandingkan dengan jumlah data yang diprediksi atau diklasifikasi benar. Nilai *false positive* menyatakan jumlah telur yang aktualnya rusak tapi hasil klasifikasinya bagus dan sebaliknya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

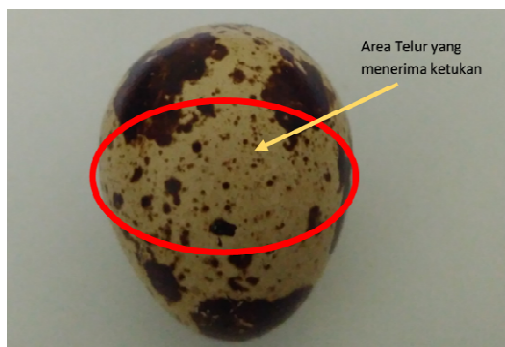
A. Eksperimen

Jumlah data sampel telur puyuh yang diperoleh adalah sebanyak 180 telur puyuh dengan pembagian 90 telur puyuh dengan kondisi cangkang bagus dan 90 telur puyuh dengan kondisi cangkang pecah atau retak. Contoh dari sampel data telur puyuh cangkang yang bagus dapat dilihat pada Gambar 6 dan untuk kondisi cangkang pecah atau retak diperlihatkan pada Gambar 7.

Berdasarkan sampel telur puyuh yang ada, dilakukan proses pengumpulan data suara menggunakan alat penangkap bunyi yang telah dibangun seperti pada Gambar 5 Data sampel yang digunakan berupa suara ketukan pada cangkang telur sebanyak 180 buah data yang dibagi menjadi 120 data sebagai data *training* dan 60 data sebagai data test.



Gambar 7. Sampel telur puyuh dengan kondisi cangkang pecah atau retak.



Gambar 8. Area pengetukan pada cangkang telur puyuh.

Untuk area telur yang mendapatkan ketukan adalah area telur bagian tengah yang diperlihatkan pada Gambar 8. Ketukan dilakukan setiap 0.5 detik dan suara ketukan direkam dengan durasi 5 detik untuk setiap telur.

B. Proses Pengolahan data suara

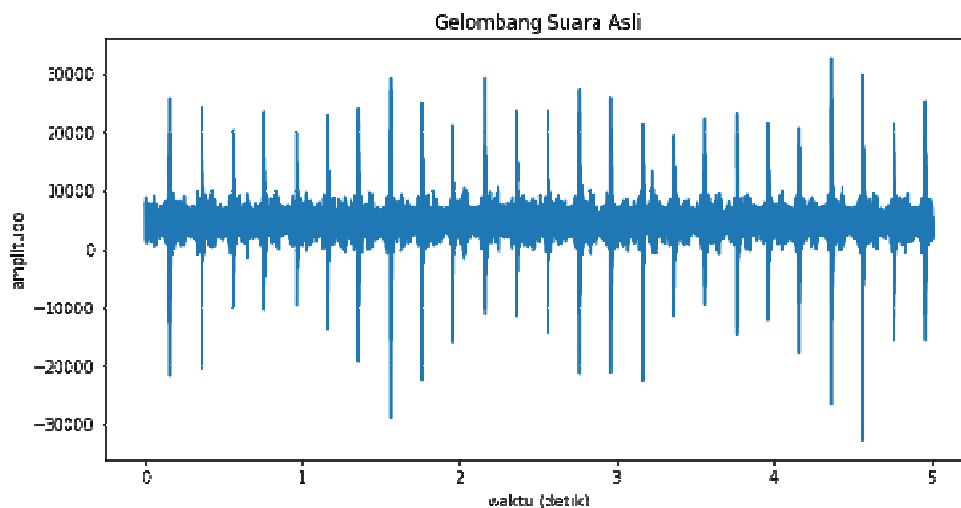
Sinyal suara yang diperoleh dari proses pengumpulan data merupakan suara ketukan pada cangkang telur dan juga *noise* yaitu suara lain selain suara ketukan pada cangkang telur berupa suara dari motor servo dan motor DC. Gambar 9 memperlihatkan bentuk sinyal suara ketukan hasil rekaman yang masih memiliki *noise* dalam domain waktu.

Suara-suara lain yang ikut terekam dapat mempengaruhi hasil analisis oleh karena itu perlu dihilangkan. Reduksi *noise* dapat membantu untuk menghilangkan suara-suara lain tersebut. Reduksi *noise* dilakukan dengan menggunakan *library* bahasa pemrograman *python* yaitu *noisereduce*, dimana *library* ini melakukan reduksi *noise* dengan menggunakan metode *spectral gating*. Gambar 10 memperlihatkan bentuk sinyal yang dihasilkan dari proses reduksi *noise*.

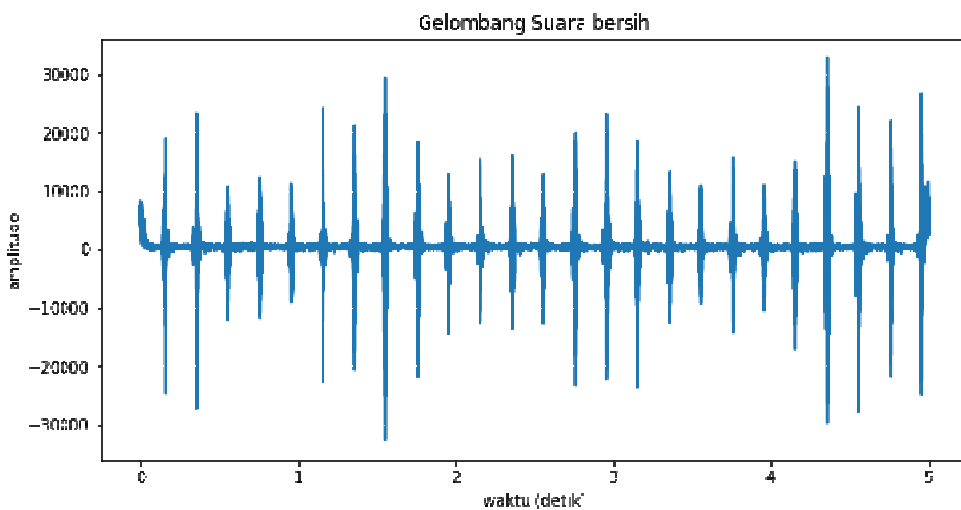
Reduksi *noise* tidak menghilangkan keseluruhan suara motor servo dan motor DC yang ikut terekam, tetapi proses ini dapat mereduksi suara-suara tersebut hingga suara ketukan dapat menjadi lebih jelas.

C. Ekstraksi Fitur

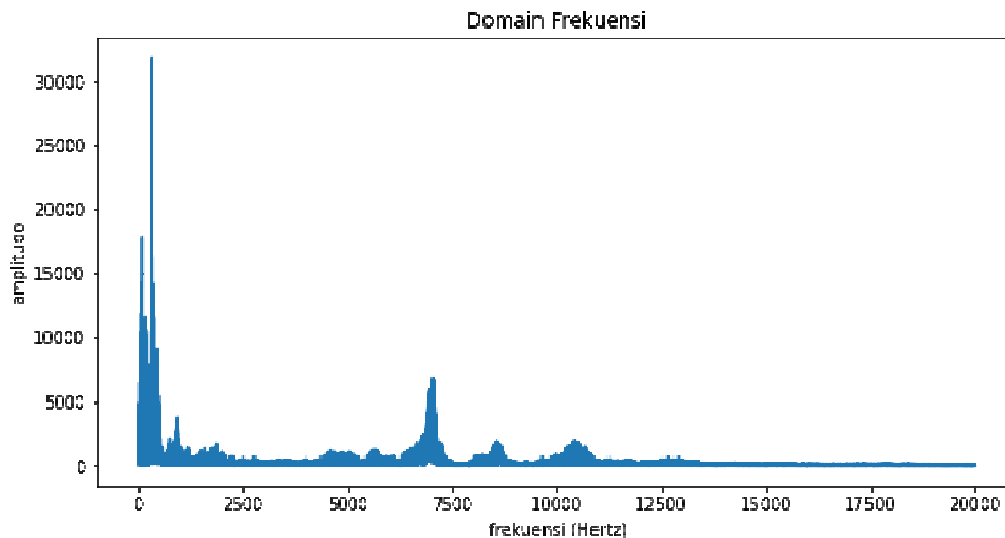
Setelah sinyal suara telah bersih adalah ekstraksi fitur. Fitur-fitur suara didapatkan dengan merubah bentuk sinyal dari domain waktu ke dalam bentuk domain frekuensi dengan menggunakan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT). Penerapan algoritma FFT dilakukan menggunakan fungsi-fungsi *fftpack* yang terdapat pada *library python scipy*. Gambar 11 memperlihatkan sinyal suara yang telah direduksi yang direpresentasikan dalam domain frekuensi. Setiap frekuensi yang ditemukan akan menjadi fitur dan kemudian fitur-fitur ini digunakan untuk membentuk model dan mengklasifikasikan data baru. Frekuensi-frekuensi yang menjadi fitur dalam penelitian ini adalah frekuensi yang berada dalam rentang pendengaran manusia yaitu 16 Hz sampai 20 kHz.



Gambar 9. Sinyal suara asli.



Gambar 10. Sinyal suara setelah reduksi *noise*.



Gambar 11. Representasi sinyal suara dalam domain frekuensi

Training dan Prediksi

Proses *training* adalah proses untuk memperoleh model yang nantinya digunakan dalam proses prediksi. Tahap awal untuk membentuk model dengan metode *k-nearest neighbor* adalah membentuk data *training* dengan melakukan ekstraksi fitur pada data suara ketukan telur dan memberi label sesuai dengan kondisi telur yang menjadi sampel yaitu retak dan bagus. Proses yang sama juga dilakukan untuk sampel suara yang menjadi data uji.

Tahap selanjutnya adalah tahap untuk pembentukan model, dimana dalam tahap ini dilakukan penentuan nilai *k* yang dapat membentuk model terbaik dalam proses prediksi atau klasifikasi. Proses *training* dan prediksi atau klasifikasi data dalam penelitian ini menggunakan fungsi *KneighborsClassifier* yang ada pada *library python sklearn*.

D. Pengujian dan Evaluasi

Pengujian dilakukan dengan membagi dataset yang berjumlah 180 data menjadi dua bagian yang terdiri atas 120 data sebagai data *training* dan 60 data sebagai data uji. Proporsi jumlah data untuk masing-masing kelas data pada data *training* dan data uji dibuat sama. Proses *training* dilakukan dengan menggunakan metode *K-nearest neighbor* dengan nilai parameter *k* = 2 sampai dengan *k* = 12. Hasil pengujian dari 10 model tersebut dapat dilihat pada tabel I.

Berdasar hasil pengujian model yang diperlihatkan pada tabel I, dapat dilihat bahwa model yang terbaik adalah model dengan nilai parameter *k*=5. Pertimbangannya adalah model ini selain memiliki tingkat akurasi yang baik yaitu sebesar 90% juga memiliki nilai *recall* dan presisi yang terbaik untuk kedua kelas data.

Seluruh model yang diujikan dapat mengklasifikasikan dengan benar seluruh telur yang rusak yang ditandai dengan nilai *recall* untuk kelas yang rusak sebesar 1, akan tetapi dari nilai presisi dapat dilihat bahwa ada kesalahan dalam mengklasifikasikan telur dengan kondisi cangkang yang baik. Hal ini dapat dibuktikan dari *confusion* matriks untuk parameter *k*=5 yang ditampilkan pada tabel II.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN MODEL

Parameter k	Akurasi (%)	Recall		Presisi	
		Rusak	Bagus	Rusak	Bagus
3	87	1.00	0.73	0.79	1.00
4	87	1.00	0.73	0.79	1.00
5	90	1.00	0.80	0.83	1.00
6	87	1.00	0.73	0.79	1.00
7	87	1.00	0.73	0.79	1.00
8	87	1.00	0.73	0.79	1.00
9	87	1.00	0.73	0.79	1.00
10	85	1.00	0.70	0.77	1.00
11	88	1.00	0.77	0.81	1.00
12	87	1.00	0.73	0.79	1.00

TABEL II
CONFUSION MATRIX K=5

		AKTUAL	
		Rusak	Bagus
PREDIKSI	Rusak	30	0
	Bagus	6	24

Dari tabel II dapat dilihat bahwa model yang digunakan dapat mengklasifikasikan dengan benar 30 data uji dengan kelas rusak, akan tetapi untuk 30 uji dengan kelas bagus yang terklasifikasi dengan benar hanya 24 data saja. Dengan demikian dapat dilihat ada 6 data uji dengan kelas bagus diklasifikasikan sebagai kelas yang rusak.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan, diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan spektrum suara dalam domain frekuensi yang dihasilkan dari penerapan algoritma *Fast Fourier Transform* dapat digunakan untuk mengklasifikasikan suara ketukan pada cangkang telur dengan kondisi rusak (retak/pecah) dan kondisi cangkang bagus dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan tingkat akurasi, presisi dan *recall* yang tinggi pada pengklasifikasian suara dengan menggunakan metode *k-nearest neighbor*.

Penelitian lanjut mengenai pembentukan dan pemilihan fitur suara serta penggunaan metode lain dalam pengklasifikasian diperlukan untuk meningkatkan nilai presisi dari pengklasifikasian sehingga ketepatan pengklasifikasian untuk telur dengan kondisi cangkang bagus dapat ditingkatkan.

V. KUTIPAN

- [1] Š. Nedomová, J. Trnka, P. Dvořáková, J. Buchar, and L. Severa, "Hen's eggshell strength under impact loading," *J. Food Eng.*, 2009.
- [2] M. Z. Attar and M. M. Fathi, "Non-Destructive Acoustic Resonance Method for Evaluating Eggshell Strength and Thickness," *Int. J. Biophys.*, 2014.
- [3] D. M. Barnett, B. L. Kumpula, R. L. Petryk, N. A. Robinson, R. A. Renema, and F. E. Robinson, "Hatchability and early chick growth potential of broiler breeder eggs with hairline cracks," *J. Appl. Poult. Res.*, 2004.
- [4] A. Jalali and A. Mahmoudi, "Pistachio nut varieties sorting by data mining and fuzzy logic classifier," *Int. J. Agric. Crop Sci.*, vol. 5, no. 2010, pp. 101–108, 2013.
- [5] E. Ebrahimi and K. Mollazade, "Integrating fuzzy data mining and impulse acoustic techniques for almond nuts sorting," *Aust. J. Crop Sci.*, vol. 4, no. 5, pp. 353–358, 2010.
- [6] H. Lin, J. W. Zhao, Q. S. Chen, J. R. Cai, and P. Zhou, "Eggshell crack detection based on acoustic impulse response and supervised pattern recognition," *Czech J. Food Sci.*, vol. 27, no. 6, pp. 393–402, 2009.
- [7] M. Lashgari and R. Mohammadigol, "Comparative study of acoustic signals of rolling eggs on inclined plate and impulse response in eggshell crack detection," *Agric. Eng. Int. CIGR J.*, vol. 20, no. 1, pp. 150–156, 2018.
- [8] A. Hidayatno, *Teknik Pengolahan Suara Digital*. UPT-PUSTAK-UNDIP, 2009.
- [9] M. R. Fansuri and S. H. Wijaya, *Klasifikasi Genre Musik Menggunakan Learning Vector Quantization (LVQ)*. Bogor: Departemen Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, 2011.
- [10] G. Lu, "Multimedia Database Management Systems." Artech House, Inc, 1999.
- [11] C. C. Aggarwal, *Data Mining: The Textbook*. Springer, 2015.
- [12] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, *Data Mining: Concepts and Techniques*. 2012.
- [13] I. H. Witten, E. Frank, and M. A. Hall, *Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques*, Third edit. Morgan Kaufmann, 2011.

- [14] E. Tugiyanti and N. Iriyanti, "Kualitas Eksternal Telur Ayam Petelur yang Mendapat Ransum dengan Penambahan Tepung Ikan Fermentasi Menggunakan Isolat Produser Antihistamin," *J. Apl. Teknol. Pangan*, vol. 1, no. 2, pp. 44–47, 2012.
- [15] H. Lin, J.-W. Zhao, Q.-S. Chen, J.-R. Cai, and P. Zhou, "Eggshell Crack Detection Based on Acoustic Impulse Response and Supervised Pattern Recognition," *Czech J. Food Sci.*, vol. 27, no. 6, p. 393, 2009.



Agustinus Jacobus, menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado pada tahun 2005 dan melanjutkan studi magister di program studi Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah

Mada Yogyakarta pada tahun 2010 sampai dengan 2013 dengan gelar Master of Computer Science. Saat ini menjadi pengajar tetap di Program Studi Teknik Informatika Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado dengan bidang minat penelitian pada topik-topik teknologi basis data, *Big Data*, *data mining*, *machine learning* dan *deep learning*.



Dirko Gustaafiano Setyadharmaputra Ruindungan, menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado pada tahun 2012 dan melanjutkan studi magister di program studi Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

pada tahun 2013 sampai dengan 2015 dengan gelar Master of Engineering. Saat ini menjadi pengajar tetap di Program Studi Teknik Informatika Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado dengan bidang minat penelitian pada topik-topik teknologi basis data, *knowledge engineering*, *ontology* dan *semantic technologies*.



Jane Litouw, menyelesaikan pendidikan strata 1 di Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado tahun 2003. Pada tahun 2011 melanjutkan studi magister di STEI ITB Bandung dan selesai tahun 2014. Saat ini menjadi pengajar di Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi

dengan bidang minat penelitian pada topik teknik kendali, sistem cerdas, dan pengolahan citra digital.