

Deteksi Suara Gitar Dengan Bahan Jenis Senar Berbeda Melalui Ciri Akustik Dengan *Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)* Dan *Support Vector Machine (SVM)*

Guitar String Detection Through Acoustic Characteristics Using Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) And Support Vector Machine (SVM) Methods

1st Andre Danika
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
andrednk@student.telkom
university.ac.id

2nd Jangkung Raharjo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
jangkungraharjo@telkomuniversity.ac.id

3rd Bambang Hidayat
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
bhidayat@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Gitar akustik merupakan salah satu alat musik terpopuler di dunia. Suara yang dihasilkan gitar memiliki karakteristik suaranya masing-masing. Salah satu faktor yang memengaruhi karakteristik suara gitar adalah jenis senar gitar. Gitar terbagi menjadi 2 jenis berdasarkan jenis material senar nya yaitu senar yang terbuat dari baja dan senar yang terbuat dari *nylon*. Senar baja cenderung menghasilkan suara yang lebih nyaring dan volume suara yang lebih besar dibandingkan dengan senar *nylon* yang cenderung menghasilkan suara yang *mellow*. Namun tidak semua orang dapat membedakan suara gitar atau mengetahui berdasarkan senar yang digunakan hanya dengan mendengarkan suaranya saja. Sistem deteksi bahan gitar ini bertujuan untuk membedakan jenis senar pada suatu gitar. Total kelas di sistem ini terbagi menjadi dua kelas, kelas senar baja dan kelas senar *nylon*. Hasil dari sistem ini berupa GUI yang memunculkan spektogram dan hasil deteksi. Sinyal suara akan melalui proses ekstraksi ciri akustik menggunakan metode MFCC dengan parameter *delta-delta window length* terbaik bernilai 5. Hasil dari proses tersebut kemudian akan diklasifikasikan dengan metode *support vector machine (SVM)* dengan fungsi *kernel RBF* sebagai fungsi terbaik dengan akurasi 95%. Gitar senar baja cenderung menghasilkan frekuensi maksimum yang lebih besar dibandingkan dengan senar *nylon*.

Kata kunci— Gitar Akustik, Senar Baja, Senar *Nylon*, *Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)*, *Support vector machine (SVM)*.

Abstract— Acoustic guitar is one of the most popular musical instruments in the world. The sound produced by the guitar has its own characteristics. One of the factors that affect the characteristics of the guitar sound is the type of guitar strings. Guitars are divided into 2 types based on the type of

string material, namely strings made of steel and strings made of *nylon*. Steel strings tend to produce a louder sound and a larger volume compared to *nylon* strings which tend to produce a *mellow* sound. But not everyone can distinguish the sound of a guitar or know based on the strings used just by listening to the sound alone. This guitar material detection system aims to distinguish the type of string on a guitar. The total class in this system is divided into two classes, steel string class and *nylon* string class. The result of this system is a GUI that displays the spectrogram and detection results. The sound signal will go through an acoustic feature extraction process using the MFCC method with the best *delta-delta window length* parameter of 5. The results of the process will then be classified using the *support vector machine (SVM)* method with the *RBF kernel* function as the best function with 95% accuracy. Steel string guitars tend to produce a higher maximum frequency than *nylon* strings.

Key words: *Acoustic Guitar, Steel String, Nylon String, Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC), Support vector machine (SVM)*.

I. PENDAHULUAN

Gitar akustik adalah salah satu alat musik terpopuler didunia. Alat musik ini dimainkan dengan cara memetik dawai nya. Gitar akustik pada umumnya di buat menggunakan bermacam-macam jenis kayu dan senar yang terbuat dari baja atau *nylon*. Berdasarkan senarnya, gitar akustik terbagi menjadi dua macam, yaitu gitar *string* dan gitar *nylon*. Gitar *string* merupakan gitar akustik yang menggunakan senar baja, sedangkan gitar *nylon* menggunakan senar *nylon*. Senar baja memiliki tegangan senar yang lebih tinggi dibandingkan senar *nylon*, sehingga

gitar senar *nylon* cenderung lebih mudah ditekan dibandingkan dengan gitar senar baja [1]. Namun perbedaan utama kedua jenis senar tersebut adalah suara yang dihasilkan. Senar baja cenderung menghasilkan suara yang lebih nyaring, sedangkan senar *nylon* cenderung menghasilkan suara yang *mellow*. Selain itu senar baja juga menghasilkan volume suara yang lebih besar dibandingkan dengan suara yang dihasilkan senar *nylon*. Hal tersebut melatarbelakangi topik penelitian mengenai sistem identifikasi suara yang dapat membedakan suara gitar berdasarkan jenis senarnya. identifikasi suara yang dapat membedakan suara gitar berdasarkan jenis senarnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi bahan jenis senar berdasarkan rekaman suara yang dapat memberitahu hasil deketsi antara senar *nylon* dan senar baja pada gitar. Penelitian ini menggunakan *Matlab* untuk melakukan proses ekstraksi ciri akustik dan proses klasifikasi dan akan menghasilkan GUI yang berisi mengenai hasil deteksi senar gitar dan spektrogram. Ciri akustik akan di ekstraksikan menggunakan metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC). Metode ini digunakan sebagai metode ekstraksi fitur dikarenakan keefektifan algoritma ini dalam menghasilkan data seminimal mungkin dan tetap menjaga informasi-informasi penting yang ada di dalam sinyal audio. Setelah melakukan ekstraksi ciri akustik, akan dilakukan proses klasifikasi menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM). Metode ini akan memisahkan suara jenis senar menjadi dua kelas yaitu kelas senar *nylon* dan kelas senar baja. Metode ini akan membatasi kedua ciri akustik yang telah dihasilkan dari metode MFCC dengan mencari *hyperplane* terbaik sehingga klasifikasi akan terbagi menjadi dua kelas yang berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi perbedaan suara dari dua jenis senar gitar yang berbeda. Penelitian ini melibatkan tahap ekstraksi ciri akustik menggunakan metode MFCC dan tahap klasifikasi yang menggunakan metode SVM. Hasil penelitian ini adalah berupa GUI suatu sistem yang dapat mendeteksi perbedaan suara yang dihasilkan oleh senar berjenis *nylon* dan senar berjenis baja pada gitar serta menampilkan *spectrogram* audio tersebut.

II. KAJIAN TEORI

A. Sinyal Suara

Suara merupakan gelombang tak kasat mata yang bergerak melalui udara. Ketika suatu benda bergetar, molekul udara disekitar benda tersebut menjadi bergerak membentuk suatu gelombang. Tiap getaran di udara menghasilkan gelombangnya masing-masing dan hal tersebutlah yang menghasilkan suara.[4]. Jadi sinyal suara merupakan gelombang yang dihasilkan oleh suatu benda yang bergetar pada *range* frekuensi audio yang dapat didengar oleh telinga manusia. Suara yang dapat didengar oleh manusia berkisaran dari 20 Hz - 20.000 Hz[5]. Suara sendiri memiliki 3 karakteristik dasar, yaitu panjang gelombang, amplitudo, dan frekuensi.

B. Gitar Akustik

Gitar merupakan alat musik berdawai yang dimainkan dengan cara dipetik. Bunyi gitar dihasilkan dari getaran senar gitar. Dalam dunia musik, gitar menjadi salah satu alat musik yang paling populer karena beragamnya nada yang dapat

dihasilkan dan pembelajarannya yang relatif lebih mudah dibandingkan alat musik lain. Secara umum, gitar memiliki 2 fungsi yaitu sebagai melodi dan sebagai pengiring sebuah lagu. Gitar akustik pada umumnya memiliki 6 senar yaitu nada E-B-G-D-A-E. Terdapat 3 bagian utama dari suatu gitar yaitu *head*, *neck*, dan *body*. Bagian *head* berfungsi sebagai alat pengatur tegangan senar. Bagian *neck* berfungsi sebagai tumpuan menekan senar. Bagian *body* berfungsi sebagai sumber penghasil suara dari suatu gitar [7].

C. Jenis Gitar

Pada umumnya gitar akustik memiliki 2 jenis senar berbeda, yaitu senar berbahan jenis baja dan senar berbahan jenis *nylon*. Senar baja biasa digunakan untuk memainkan musik dengan *melody* dengan *rhythm* yang dominan. Senar baja memiliki tegangan senar yang lebih tinggi dibanding senar *nylon* dengan tegangan 150-200 pon [1]. Oleh karena itu senar baja cenderung lebih susah ditekan dibandingkan senar *nylon*. Suara yang dihasilkan senar baja suaranya *bright* dan lebih tinggi daripada senar *nylon* [8] Senar *nylon* biasa digunakan untuk memainkan music *jazz*, klasik, dan petikan (*fingerstyle*). Senar *nylon* memiliki tegangan *string* 75-90 pon sehingga senar *nylon* cenderung lebih mudah ditekan dibandingkan senar baja [1] Suara yang dihasilkan senar *nylon* suaranya *mellow* dan lebih lembut dibandingkan senar baja [8].

D. Teorema Nyquist

Teorema Nyquist merupakan teknik *sampling* yang mencacah sinyal sampel dalam perioda waktu tetap untuk menghasilkan sinyal diskrit. Teorema Nyquist memiliki ketentuan yang menyatakan bahwa frekuensi sinyal sample minimal harus 2 kali frekuensi sinyal untuk mendapatkan sinyal *sampling* yang bebas kesalahan. Jika frekuensi sinyal sampel tidak sesuai dengan ketentuan teorema Nyquist, maka akan terjadi *aliasing*. *Aliasing* menyebabkan sinyal yang direkonstruksi berbeda dengan sinyal aslinya yang belum di rekonstruksi.[9]

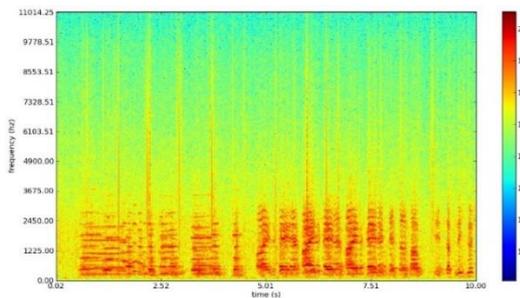
E. Mel-Frequency Cepstral Coefficient (MFCC)

Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) bekerja menyerupai adaptasi sistem pendengaran manusia, dengan cara memfilter sinyal suara secara logaritmik untuk frekuensi tinggi yang nilainya di atas 1000 Hz dan memfilter sinyal suara secara linear untuk frekuensi rendah yang nilainya di bawah 1000 Hz. Algoritma ini bekerja dengan cara mengekstrak ciri akustik suatu sinyal suara dengan mengubah sinyal suara tersebut menjadi vektor-vektor akustik yang digunakan pada proses klasifikasi. MFCC merupakan algoritma ekstraksi fitur yang sangat efektif dan banyak digunakan oleh peneliti. Salah satu kelebihan utama dari algoritma MFCC adalah kemampuan algoritma ini dalam menghasilkan data seminimal mungkin namun tetap menjaga informasi penting yang ada didalam sinyal audio. [10]

F. Spektrogram

Spektrogram merupakan suatu bentuk representasi spektrum suatu sinyal. Spektrogram biasanya menghasilkan spektrum frekuensi pada sumbu y dan spektrum waktu pada sumbu x. Spektrogram menggunakan proses Fourier

Transform untuk mengubah sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi [15]. Spektrogram biasa ditampilkan sebagai grafik dengan warna yang merepresentasikan intensitas sinyal. Pada gambar 1 merupakan contoh dari spektrogram.



Gambar 1 Gambar spektrogram

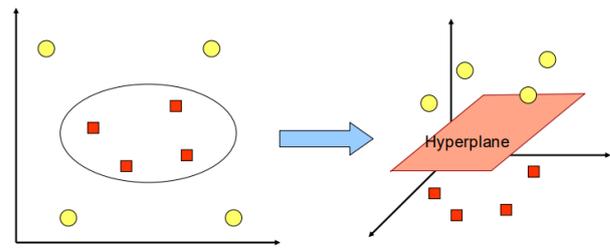
G. Support Vector Machine (SVM)

Support vector machine (SVM) merupakan suatu sistem pembelajaran yang dapat melakukan prediksi dalam kasus klasifikasi dengan menggunakan fungsi linear pada sebuah ruang fitur berdimensi tinggi yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran. SVM merupakan suatu teknik untuk melakukan prediksi dalam kasus klasifikasi maupun regresi. SVM merupakan salah satu metode klasifikasi yang cukup efisien karena algoritma ini menghasilkan akurasi yang cukup baik dengan daya komputasi yang cukup sedikit.

Metode SVM menggunakan *hyperplane* sebagai pemisah antara data secara linier sehingga dapat memperoleh ukuran margin yang maksimal [16]. *Hyperplane* merupakan suatu fungsi yang berperan sebagai pemisah antar kelas. Adapula *support vector*, yaitu titik terdekat suatu data terhadap *hyperplane*. Sedangkan *margin* adalah jarak antara *support vector* dengan *hyperplane*. [17] Pada gambar 2.4 merupakan visualisasi dari SVM. Perhitungan SVM menggunakan persamaan 2.7 berikut [18].

$$\begin{aligned} [(w^T \cdot x_i) + b] &\geq 1 \text{ untuk } y_i = +1 \\ [(w^T \cdot x_i) + b] &\leq -1 \text{ untuk } y_i = -1 \end{aligned} \quad (2.7)$$

Prinsip dasar metode SVM adalah linear *classifier* yaitu kasus klasifikasi secara linier dapat dipisahkan. Namun SVM juga dapat bekerja pada kasus non-linear dengan cara menggunakan konsep *kernel* pada ruang kerja berdimensi tinggi. Pada umumnya, sebagian besar kasus di dunia nyata merupakan kasus yang non-linier. Fungsi *kernel* bekerja dengan cara mengubah fitur pemetakan dimensi awal yang berdimensi rendah menjadi dimensi baru yang lebih tinggi. Dengan memetakan titik data ke dimensi yang lebih tinggi, kemampuan sistem dalam menemukan *hyperplane* terbaik meningkat sehingga dapat memisahkan titik data dari kelas yang berbeda lebih baik lagi. [19]. Terdapat 3 fungsi *Kernel* yang populer dipakai pada *support vector machine*, yaitu *kernel linear*, *kernel polynomial*, dan *kernel Radial basic function (RBF)* [20]



Gambar 2 Support Vector Machine

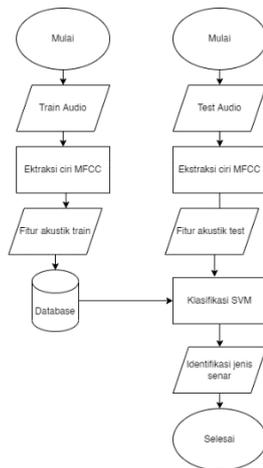
III. METODE

A. Pengambilan Dataset

Dalam penelitian ini, *dataset* didapatkan dengan cara melakukan perekaman audio gitar dari 16 gitar berbeda untuk masing-masing kelas (8 gitar senar baja dan 8 gitar senar *nylon*) menggunakan *smartphone*. Suara audio gitar berupa suara petikan semua senar gitar secara bersamaan. Tentunya gitar-gitar tersebut harus di setem terlebih dahulu. Semua audio gitar harus dalam format (*wav.*) dalam penelitian ini untuk tahap *training* dan *testing*. Durasi perekaman *dataset* berkisar dari 5 detik sampai dengan 10 detik. Audio *dataset* pada penelitian ini terbagi menjadi 2 jenis *dataset*, yaitu *dataset training* dan *dataset testing*. Total audio data pada penelitian ini adalah 220 audio data yang didapatkan dari perekaman 16 gitar dengan tiap gitar menghasilkan 10-20 audio data. Dari 220 audio data tersebut, 180 audio data yang diperoleh dari perekaman 6 gitar dengan senar baja berbeda dan 6 gitar dengan senar *nylon* berbeda dijadikan sebagai *dataset* untuk proses *training*. Sedangkan 40 audio data yang diperoleh dari perekaman 2 gitar dengan senar baja berbeda dan 2 gitar dengan senar *nylon* berbeda dijadikan sebagai *dataset* untuk proses *testing*.

B. Desain Sistem

Total suara *input* pada sistem ini menggunakan 16 gitar. Masing-masing kelas menggunakan 6 gitar dengan jenis senar yang sama untuk fase *training* sedangkan untuk fase latih digunakan 2 gitar dengan jenis senar yang sama. Cara kerja sistem ini adalah membandingkan ciri akustik data audio *testing* dengan ciri akustik yang sudah tersimpan di dalam *database* untuk menentukan jenis kelas audio data tersebut. Terdapat dua tahap yang ada pada sistem ini, yaitu tahap *training* dan tahap *testing*. Diagram alir sistem deteksi jenis senar gitar tahap *training* dan tahap *testing* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir *training* dan *testing* sistem.

Proses *training* merupakan tahap pelatihan dimana sinyal suara diklasifikasikan berdasarkan ciri akustik sinyal. Tahap *training* dimulai dengan proses pembacaan audio data yang kemudian dilakukan proses ekstraksi ciri akustik untuk masing-masing kelas menggunakan metode MFCC sehingga menghasilkan ciri akustik untuk masing-masing kelas. Selanjutnya, ciri akustik masing-masing kelas tersebut akan ditampung kedalam *database*. Didalam *database* setelah proses *training* berisikan 2 kelas yaitu kelas “Baja” dan kelas “Nylon”. Kelas didalam *database* tersebut kemudian akan menjadi acuan perbandingan untuk pada saat proses *testing*.

Proses *testing* merupakan tahap dimana sinyal suara akan diuji dengan data audio dari proses *training* untuk mengklasifikasikan sinyal ke kelas yang ada. Proses *testing* memiliki proses yang hampir sama seperti tahap *training*. Data audio *testing* akan diproses terlebih dahulu menggunakan metode MFCC untuk mendapatkan ciri akustik data *testing*. Selanjutnya ciri akustik dari audio *testing* tersebut akan dibandingkan dengan ciri akustik yang sudah tertampung di *database*, yaitu dibandingkan dengan kelas “Baja” atau kelas “Nylon”. Hasil perbandingan tersebut akan menentukan dikelas mana audio data *testing* tersebut memiliki kemiripan. Hasil identifikasi tersebut kemudian akan ditampilkan pada GUI sistem untuk memperlihatkan hasil identifikasi jenis senar gitar. Jika nilai ciri akustik data *testing* mendekati nilai dari kelas “Baja”, maka GUI akan menampilkan tulisan “Baja”. Jika nilai ciri akustik data *testing* mendekati nilai dari kelas “Nylon”, maka GUI akan menampilkan tulisan “Nylon”. Proses uji dilakukan dengan cara memprediksi apakah *output* ekstraksi ciri mendekati nilai dari kelas “Baja” atau kelas “Nylon”.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perencanaan Analisis Sistem

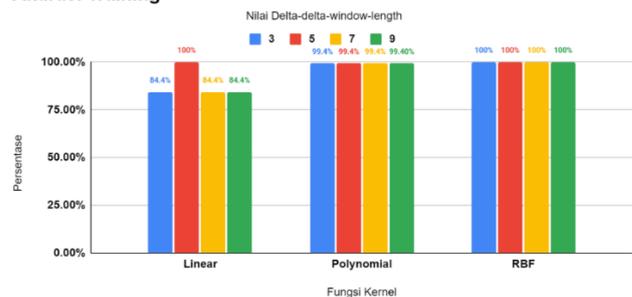
Sistem deteksi bahan jenis senar gitar ini bertujuan untuk mengklasifikasikan bahan jenis senar gitar hanya dari suara petikan gitar nya saja dengan menggunakan Matlab. Sistem menggunakan algoritma MFCC untuk mendapatkan ciri akustik dari *dataset* yang ada dan menggunakan algoritma SVM untuk mengklasifikasi kelas bahan jenis senar. Pada algoritma MFCC dilakukan perbandingan nilai parameter *delta-delta-window-length* bernilai 3,5,7, dan 9. Untuk SVM sendiri akan dilakukan perbandingan hasil antara 3 fungsi

kernel yang berbeda yaitu *kernel* linear, *kernel polynomial*, dan *kernel Radial Basic Function* (RBF). Hasil yang akan dibandingkan antara parameter *delta-delta-window-length* dan ketiga fungsi *kernel* tersebut yaitu akurasi *training*, akurasi *testing*, waktu *training*, dan waktu *testing*. Hasil akurasi dan waktu komputasi dari perbandingan nilai *delta-delta-window-length* dan ketiga fungsi *kernel* tersebut akan menentukan nilai *delta-delta-window-length* dan fungsi *kernel* terbaik untuk sistem ini.

B. Pengujian Akurasi dan Waktu *Training* Sistem

Berikut merupakan grafik hasil perbandingan akurasi *training* percobaan sistem antara fungsi *kernel* linear, *kernel polynomial*, dan *kernel* RBF.

Akurasi Training

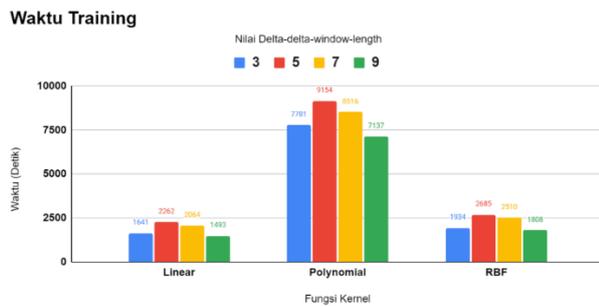


Grafik 1 Hasil Akurasi *Training*

Grafik 1 menunjukkan bahwa fungsi *kernel* RBF memiliki akurasi *training* tertinggi dengan akurasi 100% dengan semua skenario nilai *delta-delta-window-length* yang diuji. Fungsi *kernel polynomial* juga cenderung menghasilkan akurasi yang stabil dengan akurasi 99.4% untuk seluruh skenario nilai *delta-delta-window-length* yang diuji. Sedangkan fungsi linear menghasilkan akurasi yang cukup beragam dari nilai *delta-delta-window-length* yang digunakan. Akurasi tertinggi fungsi *kernel* linear didapatkan saat nilai *delta-delta-window-length* bernilai 5 dengan akurasi 100%. Sedangkan akurasi yang didapatkan saat *delta-delta-window-length* bernilai 3,5, dan 9 adalah 84.4%.

Dapat disimpulkan bahwa fungsi RBF memiliki rata-rata akurasi *training* terbaik dibandingkan dengan fungsi *kernel polynomial* dan *kernel* linear dengan akurasi 100% untuk semua skenario. Sedangkan nilai *delta-delta-window-length* terbaik untuk sistem bernilai 5 karena nilai tersebut menghasilkan rata-rata akurasi *training* tertinggi dibandingkan *delta-delta-window-length* yang bernilai 3,7, dan 9.

Berikut merupakan grafik hasil perbandingan waktu *training* percobaan sistem antara fungsi *kernel* linear, *kernel polynomial*, dan *kernel* RBF.

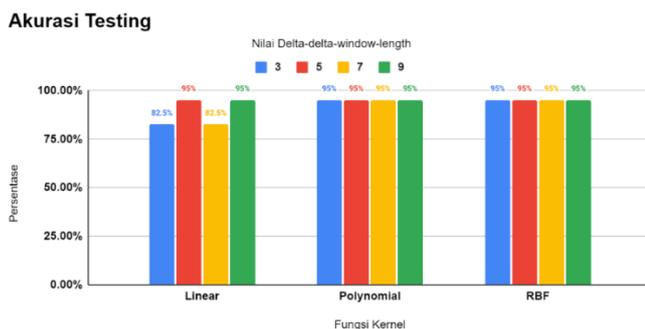


Grafik 2 Hasil Waktu Training

Grafik 2 menunjukkan bahwa fungsi *kernel polynomial* membutuhkan waktu *training* rata-rata terlama dibandingkan dengan fungsi *kernel* lainnya dengan waktu *training* terlama fungsi *kernel polynomial* terjadi saat nilai *delta-delta-window-length* bernilai 5 dengan waktu *training* 9154 detik. Sedangkan waktu *training* tersingkat diperoleh saat sistem menggunakan fungsi *kernel* linear dengan *delta-delta-window-length* bernilai 9. Secara keseluruhan, fungsi *polynomial* membutuhkan waktu paling lama untuk *training*, sedangkan fungsi *kernel* RBF merupakan fungsi *kernel* yang memiliki waktu *training* kedua terlama, dan fungsi *kernel* linear merupakan fungsi dengan waktu *training* tersingkat. Berdasarkan grafik di atas, nilai *delta-delta-window-length* cukup memengaruhi waktu *training* sistem. *Delta-delta-window-length* bernilai 9 pada sistem membutuhkan waktu akurasi sistem tersingkat dibandingkan sistem yang menggunakan nilai lain. Sedangkan *delta-delta-window-length* bernilai 5 pada sistem membutuhkan waktu *training* terlama dibandingkan dengan sistem yang menggunakan nilai lain.

B. Pengujian Akurasi dan Waktu *Testing* Sistem

Berikut merupakan grafik hasil perbandingan akurasi *testing* percobaan sistem antara fungsi *kernel* linear, *kernel polynomial*, dan *kernel* RBF.



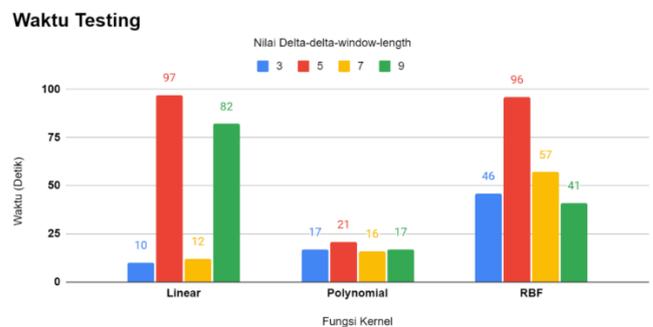
Grafik 3 Hasil Akurasi Testing

Grafik 3 menunjukkan bahwa fungsi *kernel polynomial* dan fungsi *kernel* RBF memiliki akurasi *testing* tertinggi dengan akurasi 95% dengan semua skenario nilai *delta-delta-window-length* yang diuji. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai *delta-delta-window-length* cenderung menghasilkan akurasi yang stabil untuk fungsi *kernel polynomial* dan fungsi *kernel* RBF. Sedangkan fungsi linear menghasilkan akurasi yang cukup beragam dari nilai *delta-delta-window-length*

yang digunakan. Akurasi tertinggi fungsi *kernel* linear didapatkan saat nilai *delta-delta-window-length* bernilai 5 dan 9 dengan akurasi 95%. Sedangkan akurasi yang didapatkan saat *delta-delta-window-length* bernilai 3 dan 7 adalah 82.5%.

Dapat disimpulkan bahwa fungsi *kernel polynomial* dan fungsi *kernel* RBF memiliki rata-rata akurasi *testing* terbaik dibandingkan dengan fungsi *kernel* linear dengan akurasi 95% untuk semua skenario. Sedangkan nilai *delta-delta-window-length* bernilai 5 dan 9 sebagai nilai terbaik karena walaupun akurasi *testing* fungsi *kernel polynomial* dan fungsi *kernel* RBF yang menggunakan semua nilai cenderung menghasilkan akurasi yang sama, namun pada fungsi *kernel* linear terdapat perbedaan akurasi dengan *delta-delta-window-length* bernilai 5 dan 9 menghasilkan akurasi *testing* yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai lainnya dengan akurasi masing-masing 95%.

Berikut merupakan grafik hasil perbandingan waktu *testing* percobaan sistem antara fungsi *kernel* linear, *kernel polynomial*, dan *kernel* RBF.



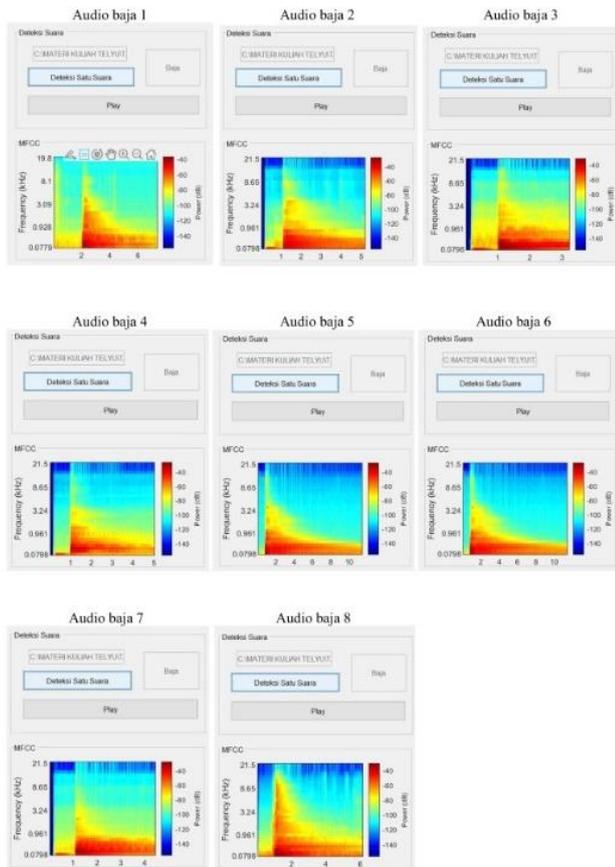
Grafik 4 Hasil Waktu Testing.

Grafik 4 menunjukkan bahwa fungsi *kernel polynomial* membutuhkan waktu *testing* rata-rata tersingkat dibandingkan dengan fungsi *kernel* lainnya dengan waktu *testing* tersingkat fungsi *kernel polynomial* terjadi saat nilai *delta-delta-window-length* bernilai 3 dengan waktu *testing* 10 detik. Sedangkan waktu *testing* terlama diperoleh saat sistem menggunakan fungsi *kernel* linear dengan *delta-delta-window-length* bernilai 5. Secara keseluruhan, fungsi *polynomial* membutuhkan waktu tersingkat untuk *testing*, sedangkan fungsi *kernel* linear merupakan fungsi *kernel* linear yang memiliki waktu *testing* kedua terlama, dan fungsi *kernel* RBF merupakan fungsi dengan waktu *testing* terlama. Berdasarkan grafik di atas, nilai *delta-delta-window-length* cukup memengaruhi waktu *testing* sistem. *Delta-delta-window-length* bernilai 3 pada sistem membutuhkan waktu akurasi sistem tersingkat dibandingkan sistem yang menggunakan nilai lain. Sedangkan *delta-delta-window-length* bernilai 5 pada sistem membutuhkan waktu *testing* terlama dibandingkan dengan sistem yang menggunakan nilai lain.

B. Pengujian Akurasi dan Waktu *Testing* Sistem

Berikut merupakan hasil percobaan deteksi audio gitar senar baja dan audio gitar senar *nylon*. Dapat dilihat gambar 4.1 merupakan spectrogram hasil dari audio gitar dengan senar baja.

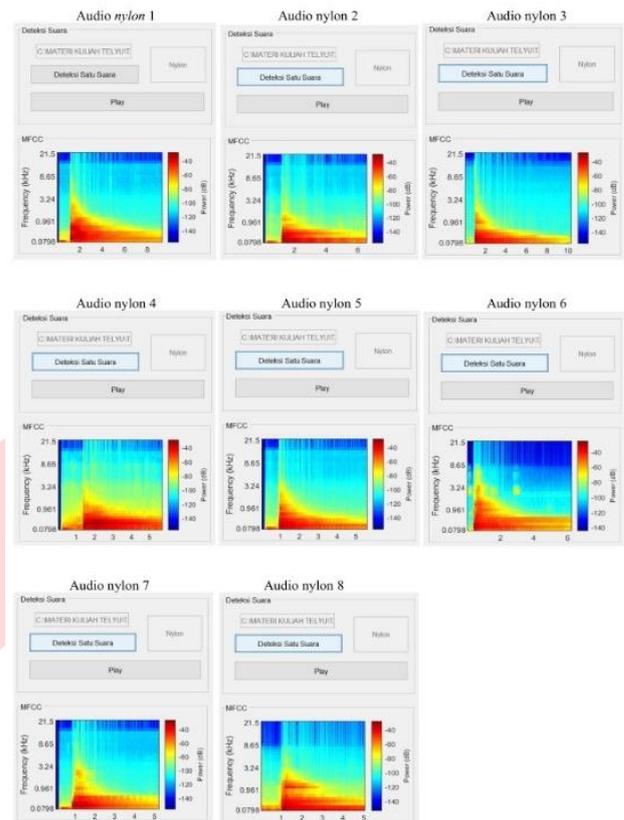
Audio Senar Baja



Gambar 4 Kumpulan spektrogram audio gitar senar baja

Spektrogram pada gambar 4 merupakan hasil dari ciri akustik audio gitar dengan senar baja. Seluruh audio tersebut didapatkan dari 8 gitar bersenar baja yang berbeda. Hasil spektrogram dari audio gitar dengan senar baja menghasilkan frekuensi maksimum yang lebih dari 8kHz.

Audio Senar Nylon



Gambar 5 Kumpulan spektrogram audio gitar senar nylon

Spektrogram pada gambar 5 merupakan hasil dari ciri akustik *audio* gitar dengan senar *nylon*. Seluruh *audio* tersebut didapatkan dari 8 gitar bersenar *nylon* yang berbeda. Hasil spektrogram dari *audio* gitar dengan senar *nylon* menghasilkan frekuensi maksimum tidak mencapai 8kHz. Dapat disimpulkan dari grafik hasil MFCC tersebut bahwa suara gitar dengan senar baja cenderung menghasilkan frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan suara gitar dengan senar *nylon*.

V. KESIMPULAN

Berikut ini merupakan beberapa kesimpulan yang diperoleh dari analisis sistem yang telah dilakukan,

1. Fungsi *kernel* RBF merupakan fungsi *kernel* terbaik pada sistem dengan akurasi *training* tertinggi 100%, akurasi *testing* tertinggi 95%, dan rata-rata waktu komputasi *training* dan *testing* yang lebih singkat dibandingkan dengan fungsi *kernel* linear dan *polynomial*.
2. Fungsi linear merupakan fungsi *kernel* yang memerlukan rata-rata waktu tersingkat dibandingkan dengan fungsi *kernel* lainnya dengan waktu *training* tersingkat nya adalah 1493 detik pada saat menggunakan nilai *delta-delta-window-length* 9.
3. Fungsi *polynomial* merupakan fungsi *kernel* yang membutuhkan rata-rata waktu tersingkat untuk melakukan *testing* dibandingkan fungsi *kernel* lain. Namun waktu *testing* tersingkat didapatkan saat sistem menggunakan fungsi linear dengan memakai *delta-delta-window-length* bernilai 3 yang menghasilkan waktu *testing* 10 detik

4. Nilai *delta-delta-window-length* terbaik pada sistem adalah nilai 5 karena secara keseluruhan sistem saat menggunakan nilai 5 dapat menghasilkan rata-rata akurasi tertinggi untuk semua fungsi *kernel*.
5. Nilai *delta-delta-window-length* yang membutuhkan waktu *training* sistem tersingkat adalah pada saat bernilai 9 karena secara keseluruhan sistem saat menggunakan nilai 9 dapat menghasilkan rata-rata waktu *training* tersingkat untuk semua fungsi *kernel*.
6. Nilai *delta-delta-window-length* yang membutuhkan waktu *testing* sistem tersingkat adalah pada saat bernilai 3 karena secara keseluruhan sistem saat menggunakan nilai 3 dapat menghasilkan rata-rata waktu *testing* tersingkat untuk semua fungsi *kernel*.
7. Gitar dengan senar baja cenderung menghasilkan frekuensi maksimum yang lebih tinggi dibandingkan dengan frekuensi maksimum gitar dengan senar *nylon*.

REFERENSI

- [1] Frama MN, *Belajar Gitar Bolong Otodidak Khusus Pemula*, 1st ed., vol. 1. Depok: Huta Publisher, 2015.
- [2] R. Thiruvengatanadhan, "Music Classification using MFCC and SVM".
- [3] Schmidt-Jones Catherine, "Sound, Physics and Music," Mar. 2013.
- [4] Agus Kurniawan, "Reduksi Noise Pada Sinyal Suara dengan Menggunakan Transformasi Wavelet," Universitas Diponegoro Semarang, Indonesia, 2002.
- [5] Sri Waluyanti, "Teknik Audio Video," 2008.
- [6] Gari Rakai Sambu, *Pintar Main Gitar Dalam 7 Hari*. Yogyakarta: MEDPRESS, 2008.
- [7] Musictrans, "PERBEDAAN GITAR AKUSTIK BERSENAR NYLON DAN STRING(KAWAT)," May 10, 2017.
- [8] I. Made *et al.*, "BUKU MODUL/PETUNJUK PRAKTIKUM TEK156221 PRAKTIKUM PENGOLAHAN SINYAL MULTIMEDIA DI SUSUN OLEH."
- [9] TRI RAMADHANI, "IMPLEMENTASI ALGORITMA MEL-FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENTS – VECTOR QUANTIZATION (MFCC-VQ) UNTUK DETEKSI SUARA BURUNG PEMAKAN PADI DI SAWAH," UNIVERSITAS SUMATERA UTARA, Medan, 2018.
- [10] D. Anggraeni, W. S. M. Sanjaya, M. Y. S. Nurasyidiek, and M. Munawwaroh, "The Implementation of Speech Recognition using Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) and Support Vector Machine (SVM) method based on Python to Control Robot Arm," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Jan. 2018, vol. 288, no. 1. doi: 10.1088/1757-899X/288/1/012042.
- [11] H. S. P. E. A. Heriyanto, "EKSTRAKSI CIRI MEL FREQUENCY CEPSTRAL".
- [12] Mustofa Ali, "Sistem Pengenalan Penutur dengan Metode Mel-frequency Wrapping," Sep. 2007.
- [13] S. Dwi and P. Candra, "KLASIFIKASI SUARA DENGAN EKSTRAKSI CIRI MEL FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENTS MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING."
- [14] Y. Risah Prayogi and J. L. Buliali, "IDENTIFIKASI PARAMETER OPTIMAL GAUSSIAN MIXTURE MODEL PADA IDENTIFIKASI PEMBICARA DI LINGKUNGAN BERDERAU MENGGUNAKAN RESIDU DETEKSI ENDPOINT," 2015.
- [15] H. Nugraha, A. Rizal, M. T. St, and I. Iwut, "DESAIN DAN IMPLEMENTASI SPEKTOGRAF UNTUK MENAMPILKAN SPEKTOGRAM WARNA DARI SUARA PARU-PARU DESIGN AND IMPLEMENTATION SPECTROGRAPHS FOR LUNG SOUND COLOR SPECTROGRAM."
- [16] Octaviani Anna Pusphita, Wilandari Yuciana, and Ispriyanti Dwi, "PENERAPAN METODE KLASIFIKASI SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) PADA DATA AKREDITASI SEKOLAH DASAR (SD) DI KABUPATEN MAGELANG," 2014.
- [17] Herdiyeni Yeni, Buono Agus, and Noornawati Yulia Vita, "KLASIFIKASI CITRA DENGAN SUPPORT VECTOR MACHINE PADA SISTEM TEMU KEMBALI CITRA," Nov. 2007.
- [18] W. Widayani and H. Harliana, "Perbandingan Kernel Support Vector Machine Dalam Melakukan Klasifikasi Penundaan Biaya Kuliah Mahasiswa," *Jurnal Sains dan Informatika*, vol. 7, no. 1, pp. 20–27, Jun. 2021, doi: 10.34128/jsi.v7i1.268.
- [19] A. Yuniar Rahman, "OPTIMISASI PARAMETER SUPPORT VECTOR MACHINE BERBASIS ALGORITMA GENETIKA PADA KLASIFIKASI TEKS PENGADUAN MASYARAKAT," 2020.
- [20] M. Awad and R. Khanna, *Efficient learning machines: Theories, concepts, and applications for engineers and system designers*. Apress Media LLC, 2015. doi: 10.1007/978-1-4302-5990-9.