

Analisis dan Klasifikasi Genre Musik Menggunakan Algoritma STFT dan Random Forest

Merry Royanti Manalu^{a1}, Made Agung Raharja^{a2}

Program Studi Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Udayana
Jalan Raya Kampus UNUD, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia
¹manalu.2208561069@student.unud.ac.id
²made.agung@unud.ac.id

Abstract

This research analyzes the classification of music genres using the Short Time Fourier Transform (STFT) algorithm. The main objective is to identify the effectiveness of STFT, along with the Random Forest classification algorithm, in distinguishing music genres based on their spectral characteristics. The STFT method is utilized to transform audio signals into a spectral representation within a short time window. The extracted spectral features are then fed into the Random Forest classification algorithm to classify different music genres. This research involves the use of representative datasets from various music genres for performance evaluation. Experimental results show that using STFT as a feature and employing the Random Forest classification algorithm in the process are able to provide satisfactory results in distinguishing music genres, with an accuracy of 86%. These findings demonstrate the potential of STFT, in combination with Random Forest, as a useful tool in music analysis and automatic classification of music genres.

Keywords: Classification, Music Genres, Spectral Characteristics, Short-Time Fourier Transform (STFT), Random Forest

1. Pendahuluan

Musik adalah salah satu bentuk seni yang paling universal dan bervariasi di dunia. Menurut KBBI, musik merupakan nada atau suara yang disusun sedemikian rupa sehingga mengandung irama, lagu, dan keharmonisan (terutama yang menggunakan alat-alat yang dapat menghasilkan bunyi-bunyi itu) [1]. Dengan variasi genre musik yang beragam, analisis genre musik telah menjadi subjek penting dalam bidang Music Information Retrieval (MIR). Pengklasifikasian genre musik menjadi langkah awal yang sangat penting dalam upaya untuk memahami dan mengelompokkan berbagai macam musik yang tersedia. Pelabelan terhadap musik merupakan salah satu hal yang penting dalam Music Information Retrieval, karena kunci utama dari Music Information Retrieval adalah klasifikasi berdasarkan genre, artis atau yang lainnya. Pada era digital seperti saat ini, penambahan musik pada internet menjadi sangat banyak dan cepat oleh karena itu sangat tidak efektif apabila menggunakan pelabelan genre secara manual [2]. Dalam upaya untuk mengotomatisasikan proses pengklasifikasian genre musik, banyak penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan algoritma komputer yang dapat mengidentifikasi genre musik secara otomatis dari sinyal audio. Salah satu pendekatan yang telah terbukti efektif adalah penggunaan metode Short Time Fourier Transform (STFT) dalam mengekstraksi fitur-fitur spektral dari sinyal audio. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja klasifikasi genre musik dengan memanfaatkan algoritma STFT dan Random Forest. Dengan mentransformasikan sinyal audio ke dalam domain frekuensi-waktu menggunakan STFT, penelitian ini dapat mengekstraksi fitur-fitur spektral yang mencerminkan karakteristik unik dari setiap genre musik. Selanjutnya, fitur-fitur ini akan dimasukkan ke dalam algoritma klasifikasi Random Forest untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan genre musik secara otomatis. Alasan penulis menggunakan metode STFT adalah karena kemampuannya untuk menganalisis sinyal yang berubah-ubah seiring waktu, seperti musik. STFT menghasilkan representasi frekuensi-waktu yang memungkinkan melihat

bagaimana frekuensi sinyal berubah selama durasi tertentu. Hal ini sangat penting dalam musik karena memungkinkan kita menangkap detail frekuensi yang bervariasi seiring waktu, yang merupakan karakteristik penting dari berbagai genre musik. Algoritma Random Forest dipilih sebagai model klasifikasi karena kelebihanannya dalam menangani dataset yang kompleks dan beragam. Random Forest, yang merupakan kumpulan dari pohon keputusan, memiliki kemampuan untuk mengurangi overfitting dan meningkatkan generalisasi melalui mekanisme voting. Algoritma ini juga efektif dalam menangani data dengan banyak fitur dan dapat memberikan estimasi pentingnya fitur, sehingga membantu dalam memahami kontribusi masing-masing fitur dalam proses klasifikasi. Kombinasi metode STFT dan Random Forest menawarkan pendekatan yang kuat dan efisien untuk klasifikasi genre musik. STFT menyediakan fitur-fitur spektral yang kaya dan representatif, sementara Random Forest memberikan kinerja klasifikasi yang andal dan interpretatif.

2. Metode Penelitian

2.1 Studi Literatur

Pada tahapan ini, penulis mengeksplorasi penelitian terbaru yang membahas teknik-teknik ekstraksi fitur audio, klasifikasi genre musik, serta aplikasi Short Time Fourier Transform (STFT) dalam konteks analisis musik. Melalui pemahaman mendalam tentang kerangka kerja konseptual dan temuan terbaru dalam literatur, penelitian ini akan membentuk landasan teoritis yang kuat untuk analisis klasifikasi genre musik. Selain itu, penelitian ini juga mempertimbangkan penerapan metode klasifikasi Random Forest, yang merupakan salah satu algoritma yang efektif dalam pengklasifikasian data kompleks, untuk meningkatkan kinerja model klasifikasi dalam konteks ini. Proses metode STFT melibatkan beberapa langkah utama. Pertama, sinyal audio dibagi menjadi segmen-segmen pendek yang saling tumpang tindih. Panjang segmen dan jumlah tumpang tindih ini ditentukan sesuai kebutuhan analisis. Kemudian, setiap segmen diubah dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan Transformasi Fourier, menghasilkan spektrum frekuensi untuk setiap segmen. Hasil dari setiap segmen ini digabungkan untuk membentuk representasi waktu-frekuensi dari sinyal asli, yang menunjukkan bagaimana distribusi frekuensi berubah seiring waktu. Representasi ini memungkinkan penangkapan detail perubahan frekuensi yang tidak dapat ditangkap oleh Transformasi Fourier biasa, menjadikannya sangat cocok untuk menganalisis musik yang memiliki variasi frekuensi dinamis. Selanjutnya, dilakukan klasifikasi menggunakan metode Random Forest, yang terdiri dari beberapa tahap penting. Pertama, algoritma membentuk banyak pohon keputusan dari subset acak data pelatihan. Setiap pohon dibuat menggunakan subset fitur dan sampel data yang dipilih secara acak. Selama tahap pelatihan, setiap pohon keputusan dilatih untuk memprediksi kelas target menggunakan subset data tersebut, dan belajar membuat keputusan berdasarkan fitur-fitur yang ada. Untuk melakukan prediksi, setiap pohon dalam hutan memberikan suaranya (prediksinya), dan prediksi akhir adalah kelas yang mendapatkan suara terbanyak dari semua pohon. Selain itu, Random Forest juga mampu memberikan estimasi pentingnya setiap fitur dalam proses klasifikasi, yang membantu memahami kontribusi masing-masing fitur terhadap hasil akhir.

2.2 Pengumpulan Data

Pada tahapan ini, penulis menggunakan data sekunder yang diperoleh dari platform Kaggle, yaitu "GTZAN Dataset" tersedia dalam format .zip dan terdiri dari 1000 file audio dari 10 genre, masing-masing berdurasi 30 detik. Dataset tersebut juga berisi gambar spektrogram dari setiap audio, juga file CSV berisi atribut dari setiap audio. Atribut-atribut yang terdapat dalam dataset yang digunakan seperti, panjang lagu, statistik spektrum warna, sinyal RMS, pusat spektral, lebar pita spektral, serta koefisien MFCC. Dataset ini telah terverifikasi dan dirinci berdasarkan genre musiknya, memungkinkan peneliti untuk melakukan analisis klasifikasi genre dengan menggunakan algoritma Short Time Fourier Transform (STFT) dan Random Forest.

Tabel 1. Contoh Dataset

filename	length	chroma_stft_mean	rms_mean	rms_var
blues.00000.wav	661794	0.350088	0.130228	0.002827
blues.00001.wav	661794	0.340914	0.095948	0.002373
blues.00002.wav	661794	0.363637	0.17557	0.002746
blues.00003.wav	661794	0.404785	0.141093	0.006346
blues.00004.wav	661794	0.308526	0.091529	0.002303
—	—	—	—	—

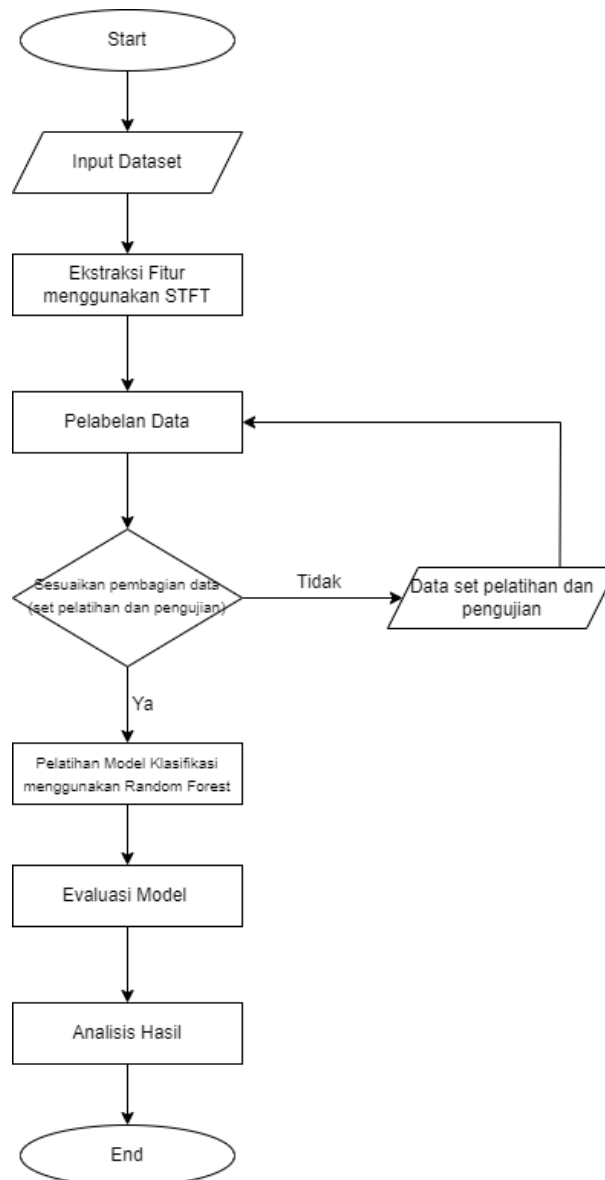
2.3 Ekstraksi Fitur

Pada tahapan ini, akan dilakukan proses ekstraksi fitur dari data audio menggunakan metode Short Time Fourier Transform (STFT). STFT digunakan untuk mentransformasikan sinyal audio menjadi domain frekuensi-waktu, memungkinkan untuk mengekstraksi informasi spektral dari setiap jendela waktu. Rumus STFT dinyatakan sebagai berikut:

$$X(m, \omega) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)w(n - m)e^{-j\omega n} \quad (1)$$

di mana $X(m, \omega)$ adalah koefisien STFT pada waktu ke- m dan frekuensi ω , $x(n)$ adalah sinyal audio, $w(n)$ adalah fungsi jendela, N adalah panjang jendela, dan ω adalah frekuensi sudut. Setelah ekstraksi fitur dengan STFT, hasilnya akan digunakan sebagai masukan untuk model klasifikasi. Pada tahap ini, metode Random Forest akan diterapkan untuk melatih model klasifikasi berdasarkan fitur-fitur yang diekstraksi.

2.4 Flowchart Sistem



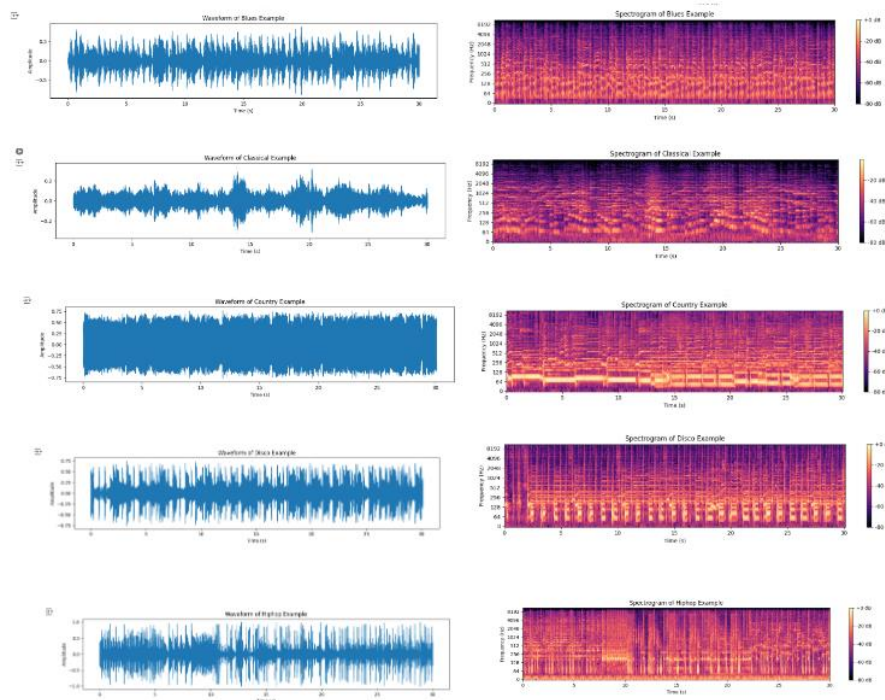
Gambar 1. Flowchart Alur Sistem

Sistem ini dimulai dengan input data yang sebelumnya sudah didapatkan dari platform Kaggle. Setelah dataset disiapkan untuk analisis, langkah selanjutnya adalah ekstraksi fitur menggunakan metode Short Time Fourier Transform (STFT). STFT digunakan untuk mentransformasikan sinyal audio ke dalam domain frekuensi-waktu, sehingga fitur-fitur spektral dapat diekstraksi. Setelah fitur-fitur diekstraksi, tahap berikutnya adalah pelabelan data. Selanjutnya, data dibagi menjadi set pelatihan dan set pengujian. Pada tahap ini, keputusan diambil berdasarkan apakah pembagian data sudah memenuhi kriteria yang ditetapkan. Jika ya, maka data akan lanjut ke tahap klasifikasi menggunakan algoritma Random Forest. Namun, jika pembagian data belum optimal, maka data tersebut akan kembali ke tahap pelabelan untuk dilakukan koreksi. Setelah data dibagi dengan benar dan model klasifikasi dilatih, langkah selanjutnya adalah evaluasi model. Model akan diuji menggunakan set pengujian, dan metrik evaluasi performa seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score akan dihitung. Jika performa model memenuhi kriteria yang ditetapkan, maka analisis hasil dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dan menginterpretasi hasil klasifikasi. Ketika semua tahap telah selesai dieksekusi,

sistem akan mencapai akhir (End). Pada setiap tahap, keputusan diambil berdasarkan hasil dari langkah sebelumnya, dan jika diperlukan, tindakan koreksi dilakukan untuk meningkatkan kinerja sistem.

3. Hasil dan Pembahasan

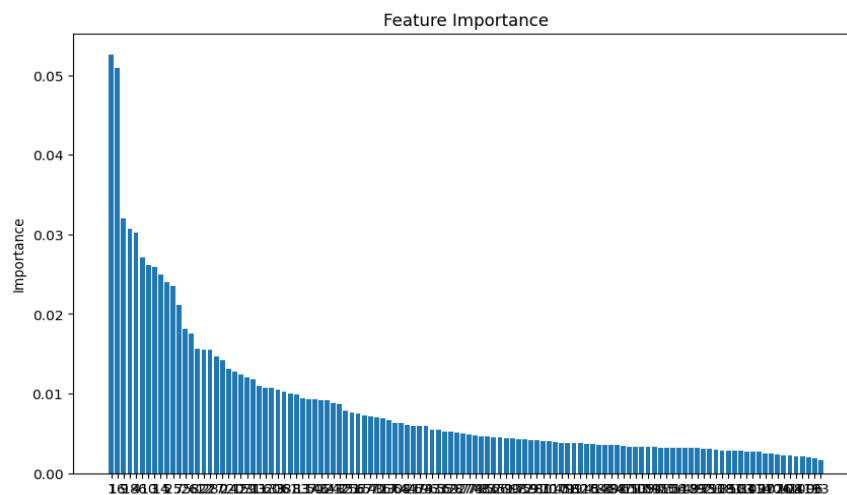
Program analisis dan klasifikasi genre musik ini menggunakan algoritma Short-Time Fourier Transform (STFT) untuk ekstraksi fitur dan algoritma Random Forest untuk proses klasifikasinya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan model yang dapat secara akurat mengidentifikasi genre musik dari data audio. Dalam bagian ini, akan dipresentasikan berbagai visualisasi dan metrik evaluasi untuk menilai performa model yang telah dibangun. Tahap pertama yang dilakukan adalah analisis terhadap waveform dan spektrogram dari lima genre musik: blues, classical, country, disco, dan hiphop. Visualisasi ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang pola frekuensi dan distribusi energi dalam setiap genre musik. Dengan menampilkan waveform, dapat diamati fluktuasi amplitudo dari sinyal audio, sementara spektrogram memberikan informasi tentang bagaimana energi sinyal audio didistribusikan pada berbagai frekuensi sepanjang waktu. Analisis ini penting untuk mengidentifikasi karakteristik unik dari setiap genre yang dapat digunakan dalam proses klasifikasi. Berikut adalah sampel hasil visualisasi waveform dan spektrogram untuk masing-masing genre yang dianalisis.



Gambar 2. Sampel Waveform Dan Spektrogram Dari Lima Genre

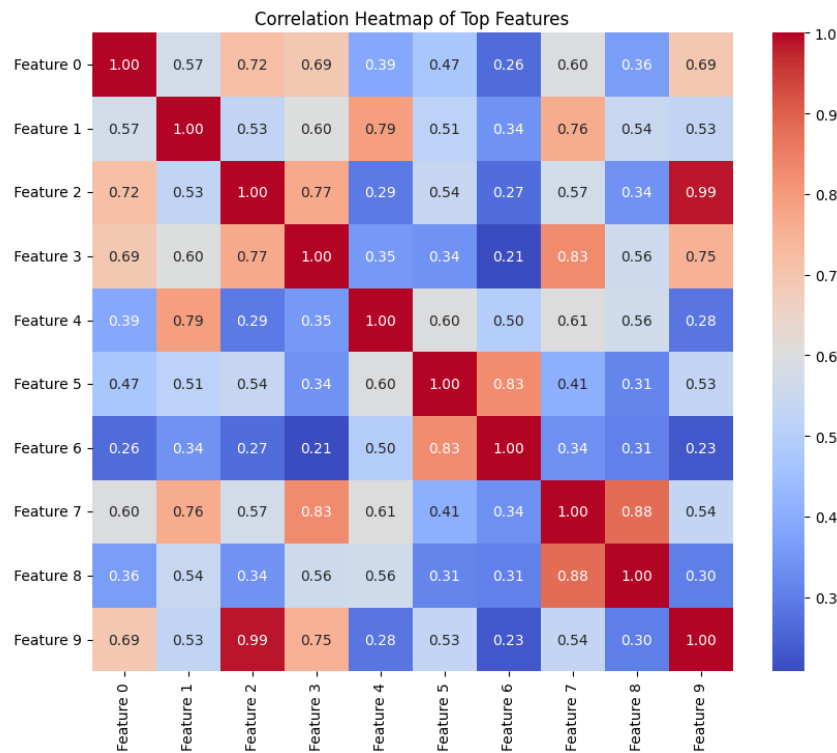
Gambar 2 menampilkan waveform dan spektrogram untuk sampel lagu dari masing-masing genre yang dianalisis, yaitu blues, classical, country, disco, dan hiphop. Waveform menggambarkan perubahan amplitudo sinyal audio dari waktu ke waktu, sedangkan spektrogram menunjukkan distribusi frekuensi dari sinyal audio tersebut. Dengan mengamati kedua representasi ini, dapat dipahami bagaimana pola frekuensi dan energi bervariasi di antara genre-genre musik yang berbeda. Genre blues menunjukkan pola frekuensi yang khas dengan fluktuasi amplitudo yang menonjol pada frekuensi rendah hingga menengah. Genre classical memperlihatkan pola yang lebih kompleks dan beragam dengan distribusi frekuensi yang luas, menunjukkan energi yang tersebar dari frekuensi rendah hingga tinggi. Genre country memiliki karakteristik yang mirip dengan genre blues, namun dengan pola frekuensi yang lebih terstruktur. Genre disco menunjukkan energi yang kuat pada frekuensi menengah hingga tinggi,

mencerminkan ritme dan tempo cepat yang khas dari genre ini. Sementara itu, genre hiphop memperlihatkan pola amplitudo yang berulang dengan energi yang terkonsentrasi pada frekuensi rendah, sesuai dengan karakteristik bass-heavy dari genre ini. Tahap selanjutnya adalah, sinyal audio dari setiap lagu dibagi menjadi segmen-segmen pendek yang saling tumpang tindih, kemudian setiap segmen diubah dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan Transformasi Fourier. Proses ini menghasilkan representasi waktu-frekuensi dari sinyal asli, yang memungkinkan penangkapan detail perubahan frekuensi seiring waktu. Fitur-fitur ini kemudian digunakan sebagai input untuk proses klasifikasi menggunakan algoritma Random Forest. Setelah fitur-fitur STFT diekstraksi, langkah selanjutnya adalah membentuk model klasifikasi menggunakan algoritma Random Forest. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya yang baik dalam menangani dataset yang kompleks dan beragam. Model Random Forest dibentuk dengan menggunakan parameter default, yang mencakup jumlah pohon keputusan (estimators) dan kedalaman maksimum pohon (max depth). Parameter-parameter ini dapat dioptimalkan lebih lanjut untuk meningkatkan performa model. Setelah model Random Forest dibentuk, langkah berikutnya adalah melatih model tersebut dengan menggunakan data latih (training data) yang terdiri dari fitur-fitur STFT dan label genre musik. Proses pelatihan ini memungkinkan model untuk belajar dari data dan membentuk pohon keputusan yang digunakan untuk memprediksi genre musik berdasarkan fitur-fitur yang ada.



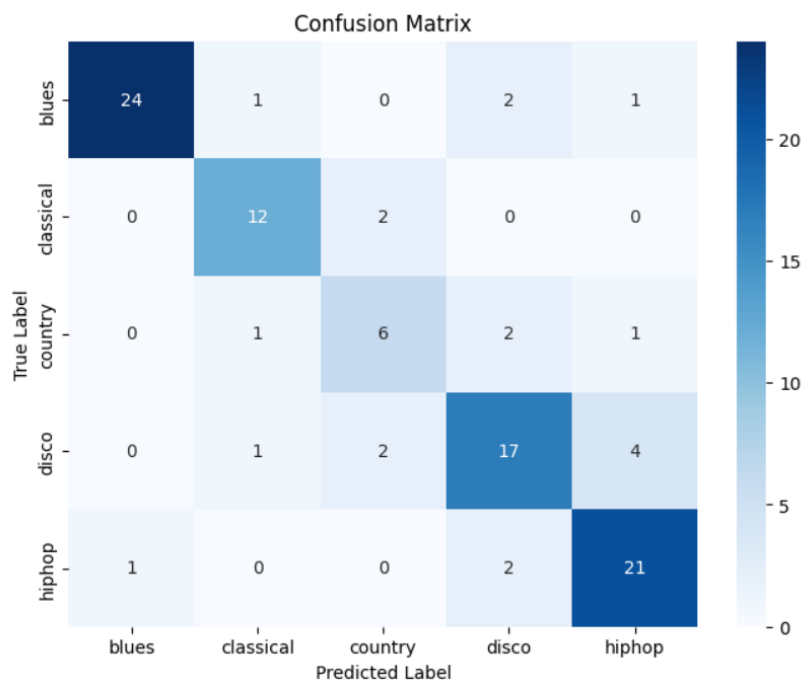
Gambar 3. Feature Importance

Tahap selanjutnya adalah analisis pentingnya fitur-fitur yang digunakan dalam model klasifikasi dengan algoritma Random Forest. Feature importance dihasilkan oleh model Random Forest, yang menunjukkan kontribusi setiap fitur dalam proses klasifikasi genre musik. Gambar 3 menunjukkan ranking fitur berdasarkan tingkat kepentingannya. Fitur-fitur yang paling penting memberikan kontribusi terbesar terhadap akurasi model dalam mengklasifikasikan genre musik. Analisis ini membantu memahami fitur mana yang paling berpengaruh dan bagaimana model menggunakan informasi tersebut untuk membuat prediksi.



Gambar 4. Correlation Heatmap

Untuk memahami hubungan antara berbagai fitur yang digunakan dalam model, diperlukan heatmap korelasi dari sepuluh fitur teratas berdasarkan ranking feature importance. Heatmap ini menunjukkan korelasi antara setiap pasangan fitur, yang membantu dalam mengidentifikasi fitur-fitur yang mungkin redundan atau yang sangat berkaitan satu sama lain. Korelasi tinggi antara beberapa fitur menunjukkan bahwa ada fitur yang menyampaikan informasi yang mirip, yang dapat berguna dalam proses optimasi model untuk mengurangi redundansi dan meningkatkan efisiensi model.



Gambar 5. Confusion Matrix

Untuk mengevaluasi kinerja model dalam mengklasifikasikan genre musik, digunakan confusion matrix. Confusion matrix di atas memberikan gambaran visual tentang bagaimana model yang telah dibuat memprediksi kelas dibandingkan dengan label yang sebenarnya. Setiap baris dalam matriks menunjukkan contoh dari kelas sebenarnya, sementara setiap kolom menunjukkan contoh dari kelas yang diprediksi oleh model. Dengan menggunakan confusion matrix, dapat diidentifikasi seberapa sering model salah mengklasifikasikan genre tertentu dan seberapa akurat model dalam memprediksi setiap genre.

Akurasi Model : 0.86
 Laporan Klasifikasi :

	precision	recall	f1-score	support
blues	0.93	0.96	0.95	28
classical	0.87	0.93	0.90	14
country	0.86	0.60	0.71	10
disco	0.83	0.79	0.81	24
hiphop	0.81	0.88	0.84	24
accuracy			0.86	100
macro avg	0.86	0.83	0.84	100
weighted avg	0.86	0.86	0.86	100

Gambar 6. Laporan Klasifikasi

Dalam evaluasi klasifikasi yang dilakukan, model yang dikembangkan berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 86%. Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam mengklasifikasikan genre musik berdasarkan fitur-fitur yang diekstraksi. Dengan nilai akurasi sebesar ini, model dapat secara tepat memprediksi sebagian besar genre musik yang ada dalam dataset. Tingkat presisi, recall, dan F1-score yang terdapat dalam laporan klasifikasi memberikan gambaran lebih rinci tentang kinerja model untuk setiap kelas genre.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil melakukan analisis dan klasifikasi genre musik menggunakan algoritma STFT dan Random Forest. Model klasifikasi yang dikembangkan mencapai tingkat akurasi sebesar 86%, menunjukkan kemampuannya dalam memprediksi genre musik dengan tepat berdasarkan fitur-fitur yang diekstraksi. Hasil evaluasi juga mengungkapkan variasi performa model di antara kelas genre musik yang berbeda. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi dalam memahami dan mengimplementasikan teknik analisis musik yang efektif untuk klasifikasi genre, dengan potensi untuk diterapkan dalam berbagai aplikasi dalam industri musik dan rekayasa audio.

Daftar Pustaka

- [1] KBBI. "Kamus Besar Bahasa Indonesia". [Online] Tersedia di: <https://kbbi.kemdikbud.go.id/>. [Diakses pada 5 Mei 2024]
- [2] Thoriq. Nurhaidir, Widodo. and Bambang. Prasetya. Adhi, "Klasifikasi Genre Musik Menggunakan Algoritma Naïve Bayes Classifier Untuk Layanan Streaming Youtube" *Jurnal PINTER*, vol. 7, no. 1, p. 1-6, 2023.
- [3] Hilarius. C, Catherine. Olivia. S, Lanny. W. Pandjaitan dan Maria. Angela. Kartwidjaja, "Klasifikasi Genre Musik Dengan Menggunakan Metode Machine Learning" *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 21, no. 1, p. 71-82, 2023.
- [4] I. Putra, I. Gusti. Kadyanan, "Pengenalan Nada Piano dengan Algoritma Short Time Fourier Transform (STFT)" *Jurnal Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya*, vol. 2, no. 2, p. 409-413, 2024.
- [5] Muhammad. Sarofi, Irhamah dan Adatul. Makurromah, "Identifikasi Genre Musik dengan Menggunakan Metode Random Forest" *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, vol. 9, no. 1, p. D79-D86, 2020.
- [6] Sally. Lutfiani, Triando. Hamonangan. Saragih, Friska. Abadi, Mohammad. Reza. Faisal dan Dwi. Kartini, "Perbandingan Metode Extreme Gradient Boosting Dan Metode Decision Tree Untuk Klasifikasi Genre Musik" *JIP (Jurnal Informatika Polinema)*, vol. 9, no. 4, p. 373-382, 2023.
- [7] Danny. Lionel, Rudy. Adipranata dan Endang. Setyati, "Klasifikasi Genre Musik Menggunakan Metode Deep Learning Convolutional Neural Network dan Mel-Spekrogram" *JURNAL INFRA*, vol. 7, no. 1, p. 1-5, 2019.
- [8] Gst. Giri, Made. Leo. Radhitya, "Klasifikasi Genre Musik Menggunakan Teknik Pembelajaran Mesin" *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 9, no. 1, p. 1-9, 2023.
- [9] Yisti. Via, Intan. Yuniar. Purbasari dan Aditya. Putra. Pratama, "Analisa Algoritma Convolution Neural Network (Cnn) Pada Klasifikasi Genre Musik Berdasar Durasi Waktu" *SCAN Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. XVII, no. 1, p. 35-41, 2022.
- [10] PPandu. Prasetyo, I. Gede. Wijaya dan Ario. Yudo. Husodo, "Klasifikasi Genre Musik Menggunakan Metode Mel Frequency Cepstrum Coefficients (Mfcc) Dan K-Nearest Neighbors Classifier" *JTIKA*, vol. 1, no. 2, p. 189-197, 2019.
- [11] cCarl. Wairata, Ericks. Rahmat. Swedia dan Margi. Cahyanti, "Pengklasifikasian Genre Musik Indonesia Menggunakan Convolutional Neural Network" *Jurnal SEBATIK*, vol. 25, no. 1, p. 255-261, 2021.

Halaman ini sengaja dibiarkan kosong