

Penentuan Akor Piano dengan Algoritma *Short Time Fourier Transform*

Theresia Angel Oktarina Pasaribu^{a1}, Luh Gede Astuti^{a2}

^aProgram Studi Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Udayana
Jalan Raya Kampus UNUD, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia
¹oktarinapasaribu4@gmail.com
²lg.astuti@unud.ac.id (Corresponding Author)

Abstract

This research aims to develop a system that is able to identify the key of piano chords in a piece of music using the Short Time Fourier Transform (STFT) method, which is carried out based on frequency analysis of the basic notes that form the piano chord. STFT is used to analyze the audio signal of a piano chord and decompose its frequency spectrum over time. This method is implemented in the Google Colab environment with the Python programming language. The data used is the Piano Triads Wavset dataset which contains combinations of notes in a piano chord. The analysis process begins with data exploration to understand the patterns in the chords, then the system carries out analysis to determine the key to the chords. Test results show that this system has an accuracy of 54.83% in determining piano chords.

Keyword: STFT, Chord, Piano, Frequency, Notes

1. Pendahuluan

Dalam dunia musik, pemahaman akan harmoni dan akor memegang peranan penting dalam menciptakan karya-karya yang memikat pendengar. Di antara berbagai instrumen musik, piano sering kali menjadi tulang punggung dalam menyusun melodi dan harmoni. Pengenalan akor pada piano menjadi tantangan tersendiri dalam pengembangan sistem yang mampu memahami dan memanfaatkan struktur harmonis dari karya musik. Berdasarkan teori musik, nada memiliki ketetapan nilai awal atau dasar nada, yaitu A4 pada frekuensi 440 Hz ($A4 = 440 \text{ Hz}$), yang menjadi fondasi dalam pembentukan harmoni [1]. Dalam konteks ini, penggunaan teknologi dan algoritma komputasi menjadi solusi yang menjanjikan. Salah satu algoritma yang telah terbukti efektif dalam menganalisis sinyal audio adalah *Short Time Fourier Transform* (STFT). *Short-Time Fourier Transform* (STFT) adalah algoritma yang digunakan untuk mengubah sinyal waktu menjadi sinyal frekuensi. STFT memungkinkan kita untuk menguraikan sinyal audio menjadi domain frekuensi serta memperhatikan perubahan-perubahan dalam spektrum frekuensi seiring berjalannya waktu [2]. Dalam konteks analisis sinyal, STFT membantu dalam mengidentifikasi frekuensi sinyal yang dominan dan membantu dalam mengenali pola-pola yang terdapat dalam sinyal. Dalam penentuan akor piano, STFT digunakan untuk mengubah sinyal audio menjadi sinyal frekuensi, sehingga memungkinkan analisis frekuensi yang lebih detail dan presisi. Dengan demikian, STFT membantu dalam mengenali akor piano dengan lebih baik dan akurat. Penggunaan Metode *Short Time Fourier Transform* (STFT) dalam penentuan akor sudah dibuktikan pada penelitian terdahulu, seperti pada penelitian mengenai Penentuan Akor gitar dengan Menggunakan Algoritma *Short Time Fourier Transform* [3] Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari window pada STFT terhadap penentuan nada berdasarkan frekuensi. Dari rancangan tersebut, hasil keakuratan system yang telah dibuat, mencapai 60% hingga 70%. Selain itu, pada penelitian lain terdapat pengembangan aplikasi pengenalan nada piano berbasis STFT [4]. Oleh karena itu, penelitian ini akan menerapkan algoritma *Short Time Fourier Transform* sebagai metode untuk menentukan akor piano. Penelitian ini merupakan gabungan dari penelitian sebelumnya yang membahas tentang penggunaan algoritma STFT

untuk menentukan akor gitar dan pengenalan nada piano, sehingga dalam penelitian ini, algoritma STFT akan digunakan untuk menentukan akor piano dengan lebih akurat dan efektif.

2. Metode Penelitian

2.1. Akor Piano

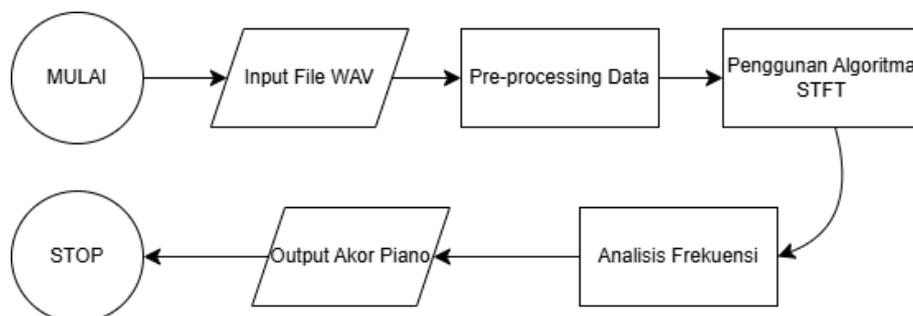
Akor adalah perpaduan beberapa nada yang apabila dimainkan secara bersama maka akan terdengar harmonis. Dalam pembuatan akor, dapat dimainkan secara bersama-sama atau serentak atau bergantian (Arpeggio). Paduan nada sebagai penyerta melodi. Keterpaduan nada-nada dalam akor terlihat pada aransemen lagu dengan banyak alat musik dan aransemen lagu untuk untuk paduan suara. Nada-nada yang berasal dari instrumen musik atau berbagai jenis suara yang dibunyikan Bersama-sama akan membentuk suatu akor [5]. Jenis-jenis akor dapat dikelompokkan berdasarkan karakteristik nada-nada yang membentuk akor tersebut. Berikut adalah beberapa jenis akor yang umum digunakan dalam teori musik:

- a. Akor Mayor (Major Chord)
Akor mayor adalah akor yang terdiri dari nada akor, nada ketiga mayor, dan nada kelima. Notasi umum untuk akor mayor adalah menggunakan huruf tanpa tambahan tanda atau angka, misalnya C untuk akor C mayor.
- b. Akor Minor (Minor Chord)
Akor minor adalah akor yang memiliki nada akor, nada ketiga minor (selisih satu setengah nada dari nada Akor Dim (Diminished Chord) Akor diminished adalah akor yang tmayor), dan nada kelima. Notasi umum untuk akor minor adalah menggunakan huruf diikuti dengan "m" atau tanda "-", misalnya Am atau A- untuk akor A minor.
- c. Terdiri dari nada akor, nada ketiga minor, dan nada kelima diminis (selisih satu setengah nada dari nada kelima minor). Notasi umumnya menggunakan huruf diikuti dengan "dim," misalnya Cdim untuk akor C diminished.

Dalam notasi akor, rumus dapat ditulis menggunakan huruf dan simbol musik tertentu. Berikut adalah contoh rumus akor untuk akor mayor dan minor pada piano:

- a. **Rumus Akor Mayor**
Untuk akor mayor, rumus umumnya ditulis sebagai 1-3-5, yang mengindikasikan bahwa akor tersebut terdiri dari nada akar (1), nada ketiga (3), dan nada kelima (5). Sebagai contoh, pada akor C mayor, rumusnya adalah C-E-G.
- b. **Rumus Akor Minor**
Untuk akor minor, rumus umumnya ditulis sebagai 1-b3-5, yang mengindikasikan bahwa akor tersebut terdiri dari nada akar (1), nada ketiga minor (b3), dan nada kelima (5). Sebagai contoh, pada akor A minor, rumusnya adalah A-C-E.

2.2. Desain Penelitian



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada penelitian ini, hal yang pertama kali dilakukan adalah melakukan pengumpulan data. Data yang dipakai dalam penelitian ini berupa File audio WAV yang diinput ke dalam system. File Audio tersebut merupakan audio piano yang belum diketahui jenisnya. Namun, untuk mempermudah penelitian ini, dataset yang diambil merupakan audio WAV yang telah dilabeli dengan jenis akor pianonya tersendiri. Setelah dilakukan pengumpulan data, system akan melakukan pre-processing data. Data sinyal audio diolah untuk menghilangkan noise dan mengoptimalkan kualitas sinyal. Langkah ini membantu dalam meningkatkan akurasi analisis frekuensi. Langkah selanjutnya yaitu penggunaan Algoritma STFT. Algoritma STFT digunakan untuk mengubah sinyal audio menjadi sinyal frekuensi. STFT menghitung perkalian kompleks dari sinyal waktu dengan fungsi windowing untuk menghasilkan sinyal frekuensi. Setelah mendapatkan frekuensinya, akan dilakukan analisis frekuensi untuk menentukan sinyal yang lebih dominan. Frekuensi sinyal yang dominan kemudian digunakan untuk mengidentifikasi akor piano yang dihasilkan. Lalu hasil akhir atau output dari system ini berupa akor piano yang telah diidentifikasi berdasarkan frekuensinya.

2.3. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder, yakni Piano Triads Wavset yang diperoleh dari website kaggle.com [6]. Data ini berupa file ".wav" dengan 248 files dan file ".csv" dengan 1 file. Dimana 248 files ini berisi chord piano yang memiliki nada dasar pembentuknya

	Chord	Note1	Note2	Note3
0	C_maj_2_0	C_2	E_2	G_2
1	C_maj_3_0	C_3	E_3	G_3
2	C_maj_4_0	C_4	E_4	G_4
3	C_maj_5_0	C_5	E_5	G_5
4	C_maj_6_0	C_6	E_6	G_6

Gambar 2. Dataset Akor Piano

2.4. Preprocessing Data

Preprocessing adalah proses persiapan data sebelum dilakukan analisis atau pemodelan lebih lanjut. Tahapan *preprocessing* ini penting untuk memastikan data siap digunakan secara optimal oleh model atau algoritma yang akan diterapkan. Dalam program untuk menentukan akor piano menggunakan *Short Time Fourier Transform*, *preprocessing* diperlukan tergantung pada kualitas dan karakteristik data audio yang digunakan. Tahapan *preprocessing* dalam program ini adalah pemrosesan dan pembersihan Audio, yaitu memastikan bahwa audio yang digunakan memiliki kualitas yang baik dan bebas dari noise yang tidak diinginkan. Menghilangkan noise atau gangguan yang dapat mempengaruhi analisis frekuensi akor piano.

2.5 Short Time Fourier Transform (STFT)

STFT adalah metode analisis sinyal yang digunakan untuk menganalisis bagaimana amplitude dan frekuensi sinyal bervariasi seiring waktu. Prinsip dasar STFT ialah dengan cara mengambil sinyal ke dalam beberapa segment waktu yang lebih pendek dan menerapkan *Fourier Transform* pada setiap segment sehingga diperoleh spektrum frekuensi. Tahapan Berikutnya adalah analisis dengan STFT.[2] Secara matematis, STFT dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$STFT(t_n, f_k) = \sum_{l=t_n D - \frac{T}{2}}^{t_n D + \frac{T}{2} - 1} w(t_n D - l) x(l) e^{-j2\pi f_k l / T} \quad (1)$$

Secara sederhana proses implementasi STFT terdiri dari frame blocking, windowing dan NFFT. Proses frame blocking digunakan untuk membatasi sinyal selama selang waktu tertentu,

kemudian windowing untuk meratakan sinyal. Window yang digunakan dalam penelitian ini adalah window rectangular [3]. Tahap selanjutnya adalah NFFT, sinyal tiap frame di NFFT dengan rumus:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j2\pi nk/N} \quad (2)$$

Karena $X(k)$ merupakan bilangan kompleks maka diambil nilai magnitude-nya sebagai masukan tahap selanjutnya. Sinyal ini akan memberikan informasi tentang komponen frekuensi sinyal siap saat [4]. Untuk menentukan persentase standar piano tipe keyboard berdasarkan teori musik, diperlukan metode analisis yang menggunakan algoritma pengukuran frekuensi. Algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) adalah transformasi yang umum digunakan untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Dengan menggunakan FFT, dapat diukur frekuensi suara dalam satuan *hertz* (Hz), sehingga dengan mengimplementasikan algoritma ini, dapat dipahami seberapa tingkat keteraturan frekuensi tangga nada piano berdasarkan standar teori musik.[1] *Short-Time Fourier Transform* (STFT) adalah pengembangan dari *Fast Fourier Transform* (FFT), di mana pada STFT, sinyal diolah secara frame demi frame, dengan jumlah sampel yang tertentu. Masing-masing frame tersebut oleh STFT diterjemahkan ke dalam domain frekuensi. Dengan melakukan transformasi sinyal frame demi frame, maka posisi waktu terhadap frekuensi dapat dengan mudah dipahami [7].

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
C	16.35	32.7	65.41	130.81	261.63	523.25	1046.5	2093	4186
C#	17.32	34.65	69.3	138.59	277.18	554.37	1108.73	2217.46	4434.92
D	18.35	36.71	73.42	146.83	293.66	587.33	1174.66	2349.32	4698.63
D#	19.45	38.89	77.78	155.56	311.13	622.25	1244.51	2489	4978
E	20.6	41.2	82.41	164.81	329.63	659.25	1318.51	2637	5274
F	21.83	43.65	87.31	174.61	349.23	698.46	1396.91	2793.83	5587.65
F#	23.12	46.25	92.5	185	369.99	739.99	1479.98	2959.96	5919.91
G	24.5	49	98	196	392	783.99	1567.98	3135.96	6271.93
G#	25.96	51.91	103.83	207.65	415.3	830.61	1661.22	3322.44	6644.88
A	27.5	55	110	220	440	880	1760	3520	7040
A#	29.14	58.27	116.54	233.08	466.16	932.33	1864.66	3729.31	7458.62
B	30.87	61.74	123.47	246.94	493.88	987.77	1975.53	3951	7902.13

Gambar 3. Frekuensi Nada Piano

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Pengujian Sistem

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kunci dari akor-akor piano yang dimasukkan ke dalam sistem menggunakan bahasa pemrograman *Python* yang dirancang di Google Colab. Dataset yang digunakan berisi informasi mengenai kombinasi nada-nada dalam sebuah akor piano. Proses analisis dimulai dengan memuat dataset ke dalam lingkungan Google Colab dan melakukan eksplorasi data untuk memahami pola-pola yang terdapat dalam akor-akor tersebut.

Selanjutnya, sistem akan melakukan analisis untuk menentukan kunci dari akor-akor tersebut berdasarkan kombinasi nada-nada yang muncul secara konsisten.

```
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Fs_min_4_1.wav: F#5/Gb5
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/D_maj_2_1.wav: C#4/Db4
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Gs_dim_4_1.wav: G#5/Ab5
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Cs_min_6_1.wav: E6
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/G_maj_6_0.wav: G6
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Eb_min_4_1.wav: D#5/Eb5
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/D_maj_3_1.wav: G4
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/F_min_6_0.wav: F6
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/F_maj_5_0.wav: C6
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/E_min_6_1.wav: G6
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Fs_maj_7_1.wav: C8
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/A_min_5_0.wav: E6
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Eb_dim_6_0.wav: F#6/Gb6
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/B_min_7_0.wav: C8
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/A_maj_5_0.wav: E6
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Eb_maj_5_0.wav: A#5/Bb5
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/A_min_7_1.wav: C8
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/E_dim_4_1.wav: E5
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Bb_maj_3_0.wav: F5
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Gs_dim_7_1.wav: C8
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Gs_min_3_1.wav: A#3/Bb3
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Gs_min_6_1.wav: B6
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/G_dim_7_1.wav: C8
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Gs_dim_6_0.wav: G#6/Ab6
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/A_dim_7_0.wav: C8
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/B_dim_3_0.wav: A#3/Bb3
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Fs_maj_4_0.wav: C#6/Db6
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/F_min_6_1.wav: F7
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/E_dim_7_0.wav: E7
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Eb_maj_4_1.wav: D#5/Eb5
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/F_min_2_1.wav: G3
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/C_min_3_0.wav: A3
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/F_maj_5_1.wav: F6
Nada dasar pembentuk akor untuk /piano/Fs_min_5_0.wav: C#6/Db6
```

Gambar 4. Beberapa Hasil Data Yang Diujikan

3.2. Akurasi System

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka akurasi system penentuan akor piano menggunakan metode *Short Time Fourier Transform* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah Data yang benar diprediksi sistem}}{\text{Total semua data yang diujikan}} \quad (3)$$

Pada data audio akor piano yang diuji, ditemukan 136 prediksi benar dan 112 prediksi salah. Dengan menerapkan rumus ini, maka didapatkan hasil akurasi sebesar 54,83%

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa akurasi penentuan akor piano dengan menggunakan metode *Short Time Fourier Transform* berada pada 54,83% akurat. Meskipun demikian, terdapat ruang untuk meningkatkan akurasi system dalam menentukan kunci akor. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi landasan bagi pengembangan lebih lanjut dalam

memahami dan memanfaatkan struktur harmonis dari karya musik, serta meningkatkan kemampuan system dalam mengenali dan menganalisis akor akor musik dengan lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] H. C. Palondongan, E. Budiman, dan M. Taruk, "Analisis Frekuensi Nada Piano Menggunakan Algoritma Fast Fourier Transform," *JURTI*, vol. 3, no. 1, 2019.
- [2] B. Kamiel dan M. R. Fadilah, "Aplikasi *Short Time Fourier Transform* (STFT) untuk Diagnosa Kerusakan Bantalan Gelinding," *Aplikasi Short Time Fourier Transform (STFT) untuk Diagnosa Kerusakan Bantalan Gelinding*, vol. 7, no. 2, hlm. 118–127, 2023, doi: 10.18196/jmpm.v7i2.19813.
- [3] A. Trifena, D. Saragih, A. Rizal, dan R. Magdalena, "Penentuan Akor Gitar Dengan Menggunakan Algoritma *Short Time Fourier Transform*," *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, 2009.
- [4] I. Putu dkk., "Pengenalan Nada Piano dengan Algoritma *Short Time Fourier Transform* (STFT)," 2024.
- [5] Candra Novitasari, "Pengertian Akor | Nama, Simbol, Fungsi, Gambar, Rumus," <https://pelajarindo.com/pengertian-akor/>.
- [6] David Roberts, "Piano Triads Wavset," <https://www.kaggle.com/datasets/davidbroberts/piano-triads-wavset/data>.
- [7] K. Yani, A. Rizal, dan B. Prasetya, "Analisis Kinerja Algoritma *Short Time Fourier Transform* (Stft) Untuk Deteksi Sinyal Carrier Frequency Hopping Spread Spectrum (Fhss) Cdma," 2008.