

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI *TUNER* GITAR BERBASIS *FAST FOURIER TRANSFORM* PADA PLATFORM *IOS*

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF GUITAR *TUNER* BASED ON *FAST FOURIER TRANSFORM* IN *IOS* PLATFORM

Daivalana Mahadika Priatama¹, Inung Wijayanto, S.T., M.T.², Eko Susatio, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹daivalana@students.telkomuniversity.ac.id ²iwijayanto@telkomuniversity.ac.id ³maharusdi@gmail.com

Abstrak

Salah satu alat musik yang paling populer di dunia adalah gitar. Gitar merupakan salah satu alat musik yang relatif mudah dimainkan. Namun terdapat permasalahan bagi para pemula yang ingin memainkan gitar, yaitu tiap senar pada gitar memiliki nada dasar tertentu dan jika tidak sesuai maka akan terdengar *fals*. Tentunya hal seperti ini akan menyulitkan bagi para pemula untuk menyesuaikan tiap senar pada gitar karena hanya mengandalkan kemampuan pendengaran.

Salah satu solusinya adalah menggunakan *tuner* gitar elektronik, namun alat ini relatif cukup mahal dan kurang fleksibel untuk dibawa kemana-mana. Dalam tugas akhir ini merancang dan mengimplementasikan sebuah *tuner* gitar berupa aplikasi berbasis *iOS* dengan menggunakan metode *Fast Fourier Transform*.

Hasil performansi pada aplikasi ini didapat dengan melakukan pengujian akurasi terhadap frekuensi referensi, *tuner* gitar elektrik, dan aplikasi sejenis pada perangkat *iOS*. Hasil terbaik mendapatkan akurasi diatas 99 % pada seluruh senar jika dibandingkan dengan frekuensi referensi. Hal ini menunjukkan aplikasi ini dapat membantu para pemain gitar pemula dan sistem ini dapat bersaing baik dengan *tuner* elektrik sesungguhnya ataupun aplikasi sejenis

Kata kunci : *Guitar Tuner*, FFT, Nada, *iOS*

Abstract

One of the most popular musical instrument in the world is the guitar. The guitar is a musical instrument that is relatively easy to play. But there are problems for the beginner who wants to play the guitar, the strings on the guitar each have certain basic tone and if appropriate, it will sound off-key. Of course, things like this would make it difficult for novices to customize each of the strings on the guitar as just rely on hearing ability.

One solution is to use an electronic guitar tuner, but this tool is relatively expensive and less flexible to carry anywhere. In this final task of designing and implementing a guitar tuner in the form of *iOS* applications using the *Fast Fourier Transform*.

The result of the application performance is obtained by testing the accuracy of the reference frequency, electric guitar tuner, and similar applications on *iOS* devices. The best results get 99% accuracy over the entire string when compared to the reference frequency. This indicates that these applications can help the beginner guitar players and this system can compete favorably with the actual electric tuner or similar applications.

Keywords: *Guitar tuner*, FFT, Tones, *iOS*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Gitar merupakan salah satu alat musik yang memiliki senar dimana senar tersebut memiliki nada dengan frekuensi tertentu [1]. Agar dalam memainkannya tidak terdengar *fals*, kita membutuhkan penalaan (*tuning*) pada senar – senar tersebut. *Tuning* atau menyetem adalah suatu teknik untuk menyesuaikan tiap senar pada alat musik agar nada yang dihasilkan oleh alat musik tersebut sesuai dengan nada dasar yang ada pada tangga nada.

Bagi beberapa orang yang sudah familiar dengan suara dari nada dasar memungkinkan untuk melakukan *tuning* secara manual menggunakan indera pendengarannya. Namun dengan terbatasnya pendengaran manusia khususnya bagi pemain gitar pemula maka menyetem gitar cukup sulit dilakukan untuk mendapatkan hasil nada yang akurat.

Solusi untuk permasalahan ini yaitu dengan menggunakan sebuah alat yaitu *tuner* gitar elektronik. *Tuner* ini dapat memberikan output berupa parameter nada setiap kita memetik satu senar pada gitar. Namun harga *tuner* di

pasaran relatif cukup mahal. Pemanfaatan aplikasi *mobile* dapat memudahkan para pemula untuk menggunakannya secara mudah dan mendapatkannya secara gratis.

Pada tugas akhir ini diimplementasikan sebuah aplikasi tuner pada dalam perangkat *Smartphone* yang berbasis iOS. Prinsip kerjanya menggunakan metode *Fast Fourier Transfom(FFT)* yaitu melakukan transformasi terhadap sinyal masukan yang berdomain waktu menjadi domain frekuensi. Kemudian mencari nilai frekuensi yang memiliki daerah *peak* diatas *threshhold* dimana daerah tersebut adalah daerah frekuensi yang dominan.

2. Dasar Teori

2.1 Nada

Nada adalah bunyi yang dihasilkan oleh sumber bunyi dan memiliki frekuensi yang teratur. Frekuensi adalah kecepatan perubahan amplitude terhadap waktu. Frekuensi dinyatakan dalam satuan Hertz [2]. Frekuensi dapat dihitung dengan menghitung jumlah getaran dalam satu detik atau dengan menghitung jarak relatif nada terhadap nada referensi (A4 = 440 Hz). Tinggi rendahnya nada dipengaruhi oleh nilai frekuensi. Semakin besar nilai frekuensinya, semakin tinggi nadanya.

Jarak antara dua nada disebut interval. Susunan nada dengan interval tertentu dapat membentuk suatu tangga nada. Tangga nada yang lazim dikenal diantaranya tangga nada kromatik, yang memuat semua nada. Interval tangga nada kromatik memiliki interval 1 jika dalam nada maka terdapat nada C - C# - D - D# - E - F - F# - G - G# - A - A# - B - C. Untuk tangga nada mayor maka intervalnya adalah (2 - 2 - 1 - 2 - 2 - 2 - 1) dan biasanya disebut tangga nada diatonis (C - D - E - F - G - A - B - C) [3].

Setiap nada memiliki frekuensi yang berbeda-beda. Untuk menyamakan nada pada setiap alat musik, maka ditentukanlah standar untuk nada dasar C pertama (C1) adalah 261 Hz (f). Nada C kedua (C2) adalah dua kali frekuensi C1 (2f). Begitu pun dengan nada C ketiga (C3), C3 sama dengan dua kali frekuensi C1 (4f). Urutan frekuensi nada (hanya dalam skala mayor dengan satuan Hz) adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Tangga Nada Kromatik dalam Hz

Not	Oktaf				
	1	2	3	4	5
C	32.703	65.406	130.81	261.63	523.25
C#/Db	34.648	69.296	138.59	277.18	554.37
D	36.708	73.416	146.83	293.66	587.33
D#/Eb	38.891	77.782	155.56	311.13	622.25
E	41.203	82.407	164.81	329.63	659.26
F	43.654	87.307	174.61	349.23	698.46
F#/Gb	46.249	92.499	185.00	369.99	739.99
G	48.999	97.999	196.00	392.00	783.99
G#/Ab	51.913	103.83	207.65	415.30	830.61
A	55.000	110.00	220.00	440.00	880.00
A#/Bb	58.270	116.54	233.08	466.16	932.33
B	61.735	123.47	246.94	493.88	987.77

Setiap nada pada senar gitar memiliki frekuensi yang berbeda , yaitu sebagai berikut

Tabel 2 Frekuensi pada Senar Gitar

Nada senar gitar	Frekuensi (Hz)
E (senar 1)	329.6
B (senar 2)	246.9
G (senar 3)	196.0
D (senar 4)	146.8
A (senar 5)	110.0
E (senar 6)	82.4

2.2 Discrete Fourier Transform

DFT merupakan salah satu jenis Transformasi Fourier, dengan input diskret dan dalam jumlah terbatas. Penggunaan DFT lazim untuk sinyal diskret dan periodik. Persamaan DFT dapat dituliskan sebagai berikut [4]:

$$X(K) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j2\pi kn/N} \tag{1}$$

Dengan $x[n]$ adalah fungsi waktu dalam bentuk diskret, dan $X[k]$ adalah hasil dari Transformasi Fouriernya, dan $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$, serta $k = 0, 1, 2, \dots, N-1$.

Hasil dari DFT adalah koefisien-koefisien kompleks yang tersebar sepanjang domain frekuensi berjumlah sebanyak titik yang kita gunakan untuk transformasi tersebut. Koefisien-koefisien tersebut memiliki *magnitude* dan fasa tertentu. Hasil pemetaan nilai *magnitude* terhadap titik-titik DFT dapat menghasilkan spektrum frekuensi.

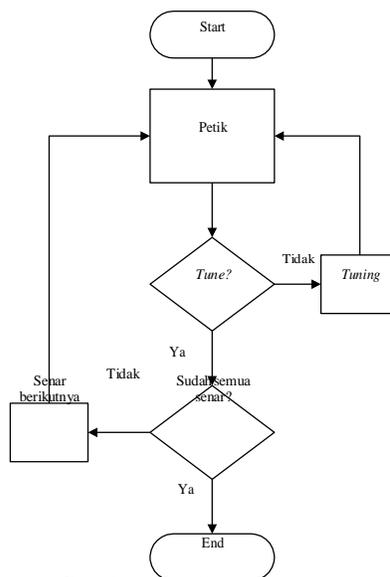
2.3 Fast Fourier Transform

FFT merupakan algoritma yang efisien untuk menghitung DFT dan inversnya. Dalam operasi penjumlahan dan perkalian, DFT memiliki kompleksitas yang cukup tinggi terkait dengan banyaknya data. Dengan adanya algoritma FFT, maka perhitungan DFT menjadi lebih efektif dan efisien [3]. Secara fungsional, FFT menguraikan set data menjadi sebuah set data baru yang lebih kecil. Pada setiap tahap pemrosesan, hasil dari tahap sebelumnya digabungkan dengan cara khusus, yang pada akhirnya ekuivalen dengan proses DFT untuk data set yang kecil. Sebagai contoh, data FFT berukuran 32 diubah menjadi 2 buah data FFT berukuran 16. Kemudian diubah lagi menjadi 4 buah data FFT berukuran 8. Lalu diproses lagi menjadi 8 data FFT berukuran 4, sampai akhirnya menjadi 2 buah data FFT berukuran 16. Pada akhirnya, hanya akan dilakukan proses DFT terhadap 2 data, dan ini akan menghemat waktu komputasi.

DFT melakukan sebanyak N^2 operasi untuk N titik. Dengan pertimbangan pada setiap tahap komputasi untuk mengkombinasikan DFT yang lebih kecil menjadi DFT yang lebih besar sebanding dengan N , dan ada sebanyak $\log_2(N)$ tahap (untuk radix 2). Sehingga total komputasi akan ada sebanyak $N \cdot \log_2(N)$. Maka, rasio perhitungan DFT dengan FFT untuk panjang N yang sama adalah $N/\log_2(N)$. Pada kondisi dimana nilai N cukup kecil, perbandingan rasio ini tidak terlalu signifikan. Tapi jika kita memperbesar nilai N , rasio ini akan sangat mempengaruhi waktu komputasi (setiap menggandakan nilai N , maka numerator akan berlipat ganda, sementara denominator meningkat).

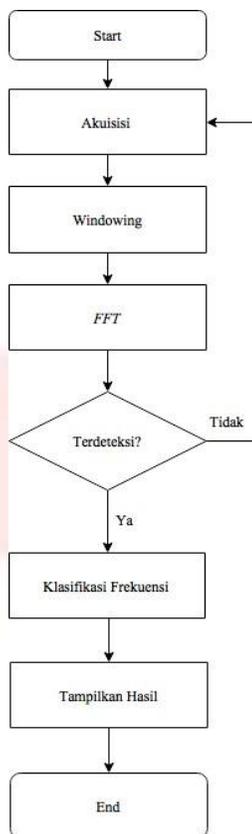
3. Perancangan dan Implementasi Sistem

Sistem *tuning* yang dilakukan mengikuti diagram alir berikut.



Gambar 2 Diagram *Tuning*

Sedangkan proses *tuning*-nya sendiri mengikuti diagram alir berikut.



Gambar 3 Diagram Alir Sistem Tuner

4. Pengujian Sistem

4.1 Analisis Perbandingan Frekuensi yang dihasilkan dengan Frekuensi Referensi

Untuk mengetahui tingkat akurasi nada yang dihasilkan senar gitar, diperlukan perbandingan didapat dengan frekuensi referensinya, yang mana tertera pada Tabel. Sebelum melakukan pengujian, semua senar gitar berada pada kondisi *tune*. Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali dan didapatkan rata-rata frekuensi tiap senar sebagai berikut.

Tabel 1 Perbandingan Frekuensi Referensi dan Frekuensi Rata - Rata

Senar	Frekuensi Rata - Rata	Frekuensi Referensi	Δ frekuensi	Error %	Akurasi %
1	328.38	329.6	1.22	0.37	99.63
2	246.02	246.9	0.88	0.36	99.64
3	195.59	196	0.41	0.21	99.79
4	145.44	146.8	1.36	0.93	99.07
5	110.36	110	0.36	0.33	99.67
6	82.72	82.4	0.32	0.39	99.61

Dari Tabel 1 terlihat bahwa hasil yang ditunjukkan oleh sistem terdapat perbedaan yang tidak cukup jauh. Ini dapat disebabkan dari dari seberapa banyak akurasi yang direkayasa oleh sistem tersebut.

Setelah membandingkan frekuensi yang dihasilkan oleh aplikasi dengan frekuensi standar, maka didapat persentase akurasi dan *error* sebagai berikut.



Gambar 4 Grafik Akurasi dengan Frekuensi Referensi

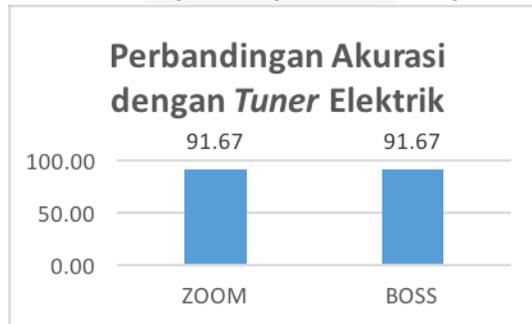


Gambar 5 Grafik Error dengan Frekuensi Referensi

Dari Gambar diatas dapat kita lihat bahwa presentase akurasi dengan frekuensi standar lebih besar dari 95%. Kemudian terlihat Grafik Presentasi Error yang berbeda - beda. Persentase error terburuk ada pada senar empat, yaitu 0.99%. Dengan tingkat akurasi yang besar dan persentase *error* yang kecil seperti yang terlihat pada grafik, didapatkan hasil bahwa sistem ini menghasilkan frekuensi yang sesuai dengan frekuensi standar senar gitar.

4.2 Analisis Perbandingan Sistem dengan Tuner Gitar Elektrik

Kemudian aplikasi *tuner* gitar ini diuji dengan tuner gitar elektrik yang sesungguhnya untuk mendapatkan hasil tune yang lebih baik. *Tuner* gitar elektrik yang digunakan untuk menguji sistem adalah ZOOM Multistomp MS-70CDR dan BOSS Chromatic Tuner TU-3. Pengujian dilakukan pada waktu yang bersamaan dimana gitar elektrik akustik memberikan output melalui jack kepada *tuner* BOSS dan dilakukan *bypass* ke *tuner* ZOOM. Untuk aplikasi diberikan inputan berupa suara dari gitar akustik - elektrik yang dipetik. Berikut merupakan grafik perbandingan akurasi dan persentase *error* sistem bila dibandingkan dengan kedua *tuner* gitar elektrik diatas.



Gambar 6 Grafik Akurasi dengan Tuner Elektrik

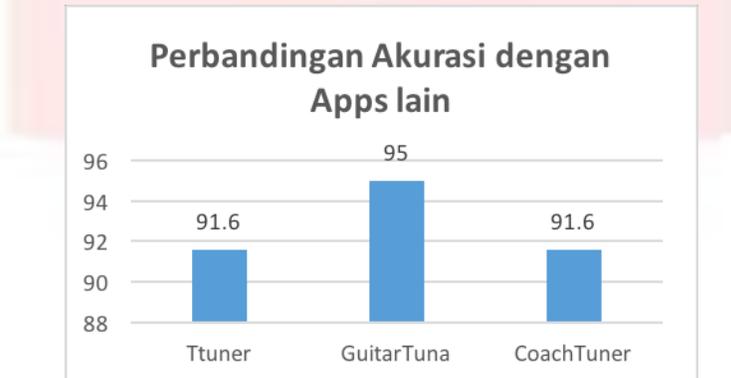
Pada grafik diatas menampilkan akurasi rata-rata sistem ketika dilakukan pengujian terhadap *tuner* gitar elektrik.

Akurasi dan persentase *error* yang didapatkan dari percobaan terhadap kedua *tuner* gitar elektrik identik. Akurasi untuk *tuner* ZOOM dan BOSS adalah 91.67%, sedangkan persentase *error*-nya adalah sebesar 8.33%.

Pada senar ke-6 terdapat *error* yang cukup besar dimana hasil yang didapatkan dari kedua *tuner* elektronik tersebut adalah *tune*, sedangkan hasil yang didapatkan pada aplikasi menunjukkan *flat*. *Error* ini terjadi karena adanya ketidaksesuaian antar aplikasi terhadap *tuner* elektronik yang ada. *Tuner* elektronik mempunyai tingkat akurasi yang lebih baik dikarenakan sinyal inputan berasal dari kabel yang terhubung dengan *tuner* sedangkan aplikasi menggunakan *microphone* sebagai alat untuk mengakuisisi suara.

4.3 Analisis Perbandingan Akurasi Sistem dengan Aplikasi

Agar suatu Apps dapat bersaing dengan apps lainnya yang beredar di pasaran dibutuhkan tingkat kelayakan pada sistem. Untuk apps yang dijadikan perbandingan adalah *GuitarTuna*. Dimana *GuitarTuna* ini merupakan aplikasi *tuner* yang paling populer untuk saat ini di *apps store*. Perbandingan akurasi sistem terhadap kedua aplikasi tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Akurasi dengan Aplikasi Lain

Berdasarkan hasil yang diperlihatkan grafik diatas, terdapat berbagai perbedaan pada akurasi setiap aplikasi. Akurasi pada sistem sama dengan salah satu aplikasi yang lain. Terdapatnya perbedaan terjadi karena perbedaan algoritma yang digunakan aplikasi tersebut. Namun sistem masih bisa mendekati akurasi yang cukup baik dengan akurasi aplikasi lainnya.

4.4 Analisis Perbandingan Jumlah Titik FFT dengan Hasil Frekuensi

Pada pengamatan awal diatas menggunakan jumlah titik sebanyak 16384 yang merupakan *power of 2*. Pada analisis ini diujikan jumlah titik yang lebih tinggi, yaitu 32768 dan 65536 titik [2]. Pengaruh jumlah titik terhadap akurasi dapat dilihat pada grafik berikut.

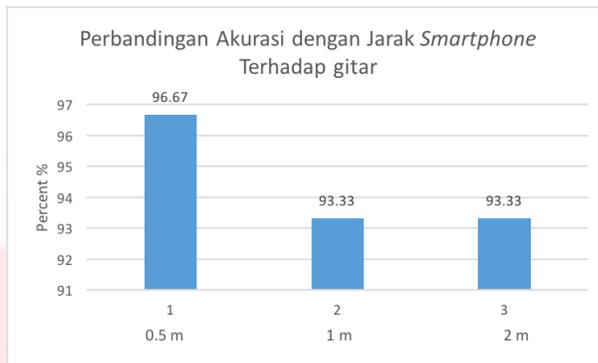


Gambar 8 Grafik Perbandingan Jumlah Titik FFT

Akurasi tertinggi didapatkan pada penggunaan jumlah titik sebanyak 65536. Hal ini disebabkan oleh besarnya resolusi dari spektrum sinyal yang dihasilkan. Pada jumlah titik ini didapatkan jarak antar sampel sebesar 0.67 Hz. Dengan jarak tersebut, didapatkan penalaan yang baik pada senar - senar gitar [1].

4.5 Analisis Jarak Smartphone dengan gitar

Pada pengamatan ini dilakukan pengujian akurasi pada jarak 0.5 meter, 1 meter dan 2 meter. Pengujian ini dilakukan untuk melihat daya tangkap yang dihasilkan *microphone* terhadap suara senar gitar. Pengaruh jarak *smartphone* terhadap gitar yaitu



Gambar 9 Perbandingan Akurasi Jarak Smartphone dengan Gitar

Akurasi yang tertinggi terdapat pada jarak 0.5 meter sebesar 96.67%. Pada jarak 1 meter dan 2 meter diperoleh akurasi yang lebih rendah dibanding dengan jarak 0.5 meter. Hal ini disebabkan oleh daya tangkap *microphone* dan *noise* yang ditangkap disekitar *microphone*

5. Kesimpulan

Dari hasil analisis pengujian sistem tuner gitar berbasis *Fast Fourier Transform*, didapatkan hasil bahwa:

1. Akurasi tertinggi saat diuji dengan membandingkan dengan frekuensi referensi adalah 99.79% untuk senar ke-3. Sedangkan persentase *error* terburuknya adalah 0.93% pada senar ke-4. Sistem ini memperlihatkan bahwa senar 3 memiliki tingkat kemiripan frekuensi yang mendekati frekuensi referensi
2. Akurasi yang diperoleh ketika membandingkan dengan *tuner* gitar elektronik adalah 91.67% dengan persentase *error* 8.33%. Beberapa *Error* terjadi pada senar ke-6 yang merupakan senar dengan nada yang paling rendah. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kurang akurat dalam mendeteksi frekuensi yang rendah bila dibandingkan dengan *tuner* elektrik
3. Akurasi yang didapatkan sistem jika dibandingkan dengan aplikasi sejenis yang sudah ada di *appstore*, tidak jauh berbeda dimana sistem memiliki akurasi sebesar 91.6%, Guitartuna memiliki akurasi sebesar 95% dan CoachTuner memiliki akurasi sebesar 91.6%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu untuk menjadi alternatif dari aplikasi - aplikasi sejenis yang sudah ada, namun masih perlunya pengembangan lebih lanjut.
4. Jumlah titik *FFT* berpengaruh terhadap besarnya akurasi yang dihasilkan oleh sebuah sistem. Diperoleh akurasi sebesar 99.84% pada jumlah titik sebesar 65536. Hal ini disebabkan oleh besarnya resolusi dari spektrum sinyal yang dihasilkan.
5. Akurasi yang didapatkan sistem pada jarak *smartphone* dengan gitar berpengaruh pada keakuratan sistem tersebut. akurasi tertinggi diperoleh saat melakukan penalaan pada jarak 0.5 meter dengan akurasi sebesar 96.67%. Hal ini disebabkan oleh daya tangkan *microphone* dan *noise* yang berada disekitar *smartphone*.

Daftar Pustaka

- [1] A. K. S. Mary Lourde R, "A Digital Tuner," *International Journal of Computer Science and Information Security*, vol. 6, no. 2, p. 82, 2009.
- [2] Y. Maulana, Implementasi Tuner Gitar Berbasis Fast Fourier Transform, Bandung: Telkom University, 2011.
- [3] S. Wiguna, "Frequency Detection of Piano Basic Tone Based on Correlation, Discrete Cosine Transform, and Fast Fourier Transform," 2009.
- [4] C. L. d. A. I. N. Sanchez, Digital Filtering vs DSP for acoustic Echo and Noise Cancelling, Salzburg: Salzburg University of Applied Science and Technologies.

