

Penerapan Metode *Short Time Fourier Transform* (STFT) dalam Menentukan Frekuensi Dasar Alat Musik Talempong Minangkabau

Fachri Hernanda, Meqorry Yusfi*

Laboratorium Fisika Instrumentasi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 15 Juni 2024
Direvisi: 10 Juli 2024
Diterima: 30 Agustus 2024

Kata kunci:

Frekuensi
Musik
Short Time Fourier Transform
Talempong

Keywords:

Frequency
Musical
Short Time Fourier Transform
Talempong

Penulis Korespondensi:

Meqorry Yusfi
Email:
meqorryusfi@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dilakukan penentuan frekuensi dasar alat musik talempong dengan menggunakan metode *Short Time Fourier Transform* (STFT). Penelitian dibagi menjadi tiga tahap yakni pengambilan dataset rekaman, implementasi metode dan analisis frekuensi dasar. Dalam penelitian ini rekaman suara talempong dikumpulkan menjadi sebuah dataset yang terbagi atas beberapa frekuensi tertentu kemudian dilakukan sintesis dengan menggunakan metode STFT untuk menentukan frekuensi dari sinyal suara talempong. Nilai frekuensi dari proses STFT kemudian dibandingkan dengan frekuensi dasar secara umum untuk menentukan persentase akurasi sintesis suara talempong. Dari penelitian ini didapatkan hasil nilai rata-rata *error* sebesar 4,39% dan persentase akurasi sebesar 95,61%.

At this research has determined the fundamental frequency of talempong musical instruments using the Short Time Fourier Transform (STFT) method. The research is divided into three stages, namely recording dataset retrieval, method implementation and base frequency analysis. In this research, sound recordings of talempong are collected into a dataset which is divided into several frequencies and then synthesized using the STFT methods then synthesized using the STFT method to determine the frequency of the talempong sound signal to determine the frequency of the talempong sound signal. The frequency value from the STFT process is then compared with the general base frequency to determine the percentage of accuracy of the talempong sound synthesis. From this research, the results obtained average error value of 4,39% and an accuracy percentage of 95,61%.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki keindahan alam, keberagaman budaya serta kekayaan kesenian. Dari beragam kesenian di Minangkabau salah satunya adalah alat musik dan lagu. Alat musik di Minangkabau sangat banyak, salah satu diantara yang paling banyak ditemukan dalam acara-acara adat adalah alat musik talempong. Alat musik tersebut biasanya dimainkan dalam acara-acara adat atau perkawinan (Parmadi & Wimbrayardi, 2021).

Talempong adalah salah satu alat musik perkusi melodis khas dari Minangkabau, Sumatera Barat. Talempong memiliki bentuk lingkaran dengan tonjolan di bagian tengah yang menyerupai alat musik bonang yang digunakan pada gamelan Jawa. Talempong terbuat dari bahan tembaga atau kuningan, namun untuk saat ini talempong dengan bahan kuningan lebih banyak digunakan (Suhanda dkk., 2013). Talempong berbentuk lingkaran dengan diameter antara 14 cm sampai 16,5 cm, bagian bawah berlubang sedangkan pada bagian atas terdapat bagian lingkaran yang menonjol dengan diameter 5 cm yang biasa dipukul dengan menggunakan kayu kecil pada saat dimainkan.

Nada-nada pada alat musik erat kaitannya dengan frekuensi. Frekuensi merupakan salah satu komponen penting dalam fisika. Penelitian ini mengangkat talempong sebagai objek penelitian yang dikaji dalam sudut pandang fisika. Pemahaman tentang konsep fisika merupakan pemahaman yang dapat dikaji dari lingkungan sekitar maupun budaya masyarakat (Midroro dkk., 2022).

Penelitian terkait dengan menggunakan metode STFT telah dilakukan oleh Trifena dkk. (2009) dalam penentuan akor gitar dengan menggunakan metode *Short Time Fourier Transform* (STFT). Metode STFT digunakan untuk mengenali akor gitar dengan cara mengamati komponen frekuensi tiap saat dari sinyal dan menghitung frekuensi tertinggi tiap saat. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil keakuratan sebesar 60%-70%. Fajar Permana dkk. (2022) melakukan klasifikasi suara sirene dengan metode STFT dan didapatkan hasil nilai amplitudo maksimal tertinggi sebesar 0,29 (-11dB) pada frekuensi 800 Hz milik sirene ambulan. Sedangkan nilai amplitudo maksimal terendah sebesar 0,03 (-30 dB) pada frekuensi 1,3 kHz milik sirene kendaraan pemadam kebakaran. Hasil ujicoba memiliki tingkat keberhasilan sebesar 98,44%. Fitria (2015) melakukan transkripsi atau perubahan suatu sinyal musik ke dalam representasi notasi angka dengan metode STFT. Hasil representasi sinyal musik menjadi notasi angka dari STFT dibandingkan dengan notasi musik asli yang dimainkan untuk mengukur tingkat keberhasilan dari metode STFT. Tingkat keberhasilan yang diperoleh dari metode STFT dalam penelitian transkripsi musik menggunakan satu instrumen adalah 93,48% , sedangkan transkripsi menggunakan dua instrumen adalah 79,99%.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya penelitian ini bertujuan untuk menentukan frekuensi dasar alat musik talempong dengan menggunakan metode STFT. Hasil frekuensi dasar dari metode STFT akan dibandingkan dengan frekuensi nada standar yang digunakan secara umum untuk tingkat akurasi frekuensi alat musik talempong.

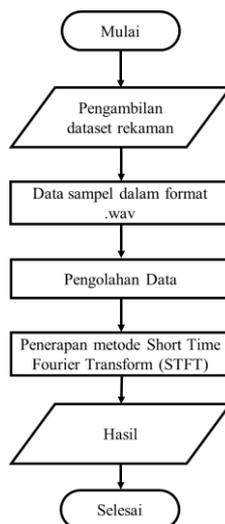
II. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat musik talempong, mikrofon kondensor, *speaker*, *software Python* versi 3.11, dan *software Audacity*. Penelitian ini menggunakan satu bahan utama yaitu *dataset* rekaman suara talempong dalam format WAV.

2.2 Perancangan Sistem

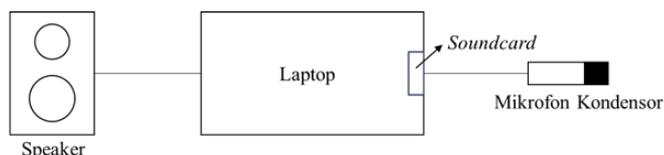
Perancangan sistem merupakan urutan langkah-langkah yang digunakan dalam membuat sistem. Proses ini digunakan untuk mendesain sistem yang terstruktur untuk melakukan sintesis suara talempong. Tahapan perancangan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Perancangan Sistem

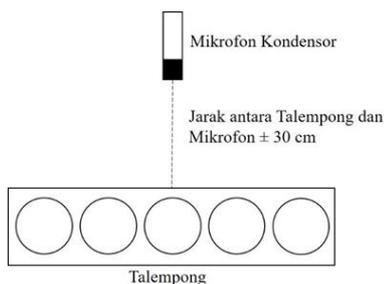
2.3 Perancangan Pengambilan Dataset Rekaman

Dataset rekaman suara diambil secara langsung dengan menggunakan mikrofon kondensor dan disimpan dalam format WAV pada laptop. Speaker pada skema perekaman ini berfungsi sebagai keluaran untuk meninjau hasil rekaman. Skema perangkat perekaman dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema Perangkat Rekaman

Dalam pengambilan *dataset* rekaman mikrofon kondensor diletakkan di depan talempong dengan jarak 50 cm. Jarak tersebut merupakan jarak ideal agar nada-nada talempong terdengar jelas (Muhammady & Simanjuntak, 2022). Skema peletakan mikrofon terhadap talempong dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Skema peletakan mikrofon terhadap talempong

Rekaman suara talempong diambil satu per satu secara berurutan dengan cara diketuk bergantian. Pada satu talempong diambil sebanyak lima buah data rekaman dengan durasi sekitar 2 s per satu rekaman. Jumlah talempong yang akan diambil rekaman suaranya berjumlah 16 talempong sehingga akan didapatkan 80 data rekaman suara talempong.

2.4 Pengolahan Data

Pengolahan data menggunakan metode *Short Time Fourier Transform* (STFT). STFT merupakan sebuah metode transformasi sinyal pengembangan dari metode *Fast Fourier Transform*. Kelebihan utama dari STFT adalah kemampuannya untuk mentransformasi *non-stationary signal* (Hayadi dkk., 2013). *Non-stationary signal* merupakan sinyal yang memiliki frekuensi berubah-ubah

dalam waktu tertentu, contohnya seperti sinyal musik yang memiliki variasi frekuensi dalam setiap waktu. Penerapan metode STFT secara umum dapat dilihat pada Persamaan (1)

$$f(\tau, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) g(t - \tau) e^{i\omega t} dt \quad (1)$$

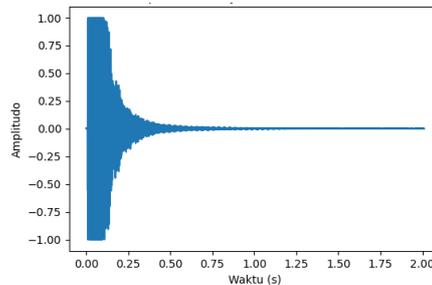
Dalam pengolahan sinyal fungsi f dirubah menjadi Y untuk domain frekuensi terhadap waktu tertentu atau waktu singkat dan fungsi f diubah menjadi fungsi w atau fungsi *window*. Perubahan persamaan STFT dalam pengolahan sinyal dapat dilihat pada Persamaan (2)

$$Y(\tau, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) w(t - \tau) e^{i\omega t} dt \quad (2)$$

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengambilan Dataset Rekaman

Suara alat musik talempong direkam menggunakan mikrofon kondensor dan *software* Audacity kemudian disimpan dalam format WAV. Rekaman dilakukan sebanyak 5 kali pada tiap talempong dengan durasi 2 s tiap rekaman. Sinyal suara hasil rekaman alat musik talempong dapat dilihat pada Gambar 4.

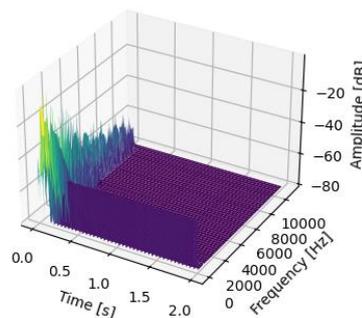


Gambar 4 Sinyal rekaman suara talempong

3.2 Implementasi Metode

Pada proses implementasi metode *Short Time Fourier Transform* (STFT) dilakukan transformasi representasi sinyal suara talempong dari domain waktu ke domain waktu dan frekuensi. Sampel suara talempong direkam menggunakan mikrofon kondensor dan disimpan menjadi sebuah *dataset* pada laptop. Setelah data sampel suara talempong terkumpul lalu masuk ke tahap *frame blocking*, yaitu memotong sampel suara berdasarkan pola sinyal suara dengan durasi terpendek. Kemudian dilakukan proses *windowing* dengan menggunakan *Hamming Window*. Jendela (*window*) digeser sepanjang sinyal dengan langkah tertentu (*hop size*), yang menentukan seberapa banyak *overlap* antara segmen-segmen berdekatan. Tahap terakhir yakni menerapkan *fourier transform* atau *Fast Fourier Transform* (FFT) pada setiap segmen yang telah dikalikan dengan *windowing*.

Hasil dari implementasi metode STFT berupa spektrogram 3D seperti pada Gambar 5.

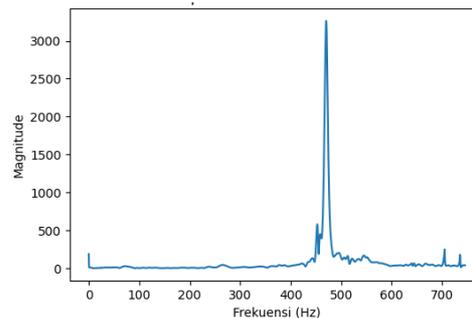


Gambar 5 Hasil STFT dari rekaman suara talempong

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa sinyal suara hasil implementasi dengan menggunakan metode STFT memiliki amplitudo maksimal sekitar 3.263 (-10 dB) pada frekuensi 470,39 Hz.

3.3 Analisis Frekuensi Dasar

Frekuensi dasar merupakan frekuensi terendah dari suatu gelombang sinyal periodik (Timoney & Lazzarini, 2010). Analisis frekuensi pada penelitian ini dilakukan dengan melihat spektrum FFT pada proses STFT. Metode FFT digunakan untuk mengekstraksi fitur dari sebuah audio dengan cara melakukan transformasi sinyal analog menjadi sinyal frekuensi (Kusuma, 2020). Penentuan frekuensi dasar dilakukan dengan cara melihat frekuensi terendah dengan amplitudo tertinggi dari spektrum FFT tersebut. Spektrum FFT yang digunakan untuk menentukan frekuensi dasar dapat dilihat pada Gambar 6. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa amplitudo tertinggi berada di frekuensi 470,39 Hz.



Gambar 6 Spektrum FFT dari rekaman suara talempong

Selanjutnya data hasil frekuensi dasar dimasukkan ke dalam tabel frekuensi dasar seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Frekuensi dasar talempong 1-8

Dataset Rekaman	Frekuensi Dasar Talempong (Hz)							
	1 (A#4)	2 (D#5)	3 (B4)	4 (G#5)	5 (C#5)	6 (F#5)	7 (A#5)	8 (D6)
1	470,39	516,79	453,03	809,91	533,13	734,28	934,73	1169,83
2	470,94	516,99	452,81	809,83	533,40	733,95	935,42	1169,51
3	470,82	517,05	452,88	809,78	533,38	733,52	935,40	1168,95
4	470,22	516,91	452,87	809,66	532,98	733,59	935,50	1169,68
5	470,30	517,13	452,98	809,98	532,83	733,96	934,90	1169,56
Min	470,22	516,79	452,81	809,66	532,83	733,52	934,73	1169,51
Max	470,94	517,13	453,03	809,98	533,40	734,28	935,50	1169,83
Rata-rata	470,53	516,97	452,91	809,83	533,14	733,86	935,19	1169,67

Tabel 2 Frekuensi dasar talempong 9-16

Dataset Rekaman	Frekuensi Dasar Talempong (Hz)							
	9 (C5)	10 (E5)	11 (D5)	12 (F5)	13 (G5)	14 (A5)	15 (B5)	16 (C6)
1	505,10	637,31	640,66	671,88	752,74	841,11	938,72	1012,96
2	504,80	637,57	640,89	672,22	753,18	840,71	938,93	1013,15
3	504,48	637,06	640,82	672,09	753,17	848,08	938,38	1013,15
4	504,76	636,65	641,12	672,17	753,22	840,66	938,17	1011,52
5	504,94	636,98	640,87	671,77	753,02	840,74	938,77	1012,87
Min	504,80	636,65	640,66	671,77	752,74	840,66	938,17	1011,52
Max	505,10	637,57	641,12	672,22	753,22	848,08	938,93	1013,15
Rata-rata	504,95	637,11	640,87	672,03	753,07	842,26	938,59	1012,73

Frekuensi alat musik talempong menggunakan standar frekuensi *pitch* Amerika. Frekuensi *pitch* Amerika umumnya terdiri dari frekuensi oktaf C tengah sampai C4 dan C5 (Backus, 1977). Berdasarkan nilai rata-rata hasil frekuensi dasar yang didapatkan dengan metode FFT kemudian dilakukan perbandingan antara nada dan frekuensi yang telah didapatkan dengan nada frekuensi dasar standar yang digunakan secara umum.

Perbandingan nilai frekuensi ini dapat dilihat pada Tabel 3. Perbandingan antara frekuensi dasar hasil rekaman talempong dan frekuensi dasar digunakan untuk menentukan persentase *error* dan persentasi akurasi dari penelitian ini. Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan antara frekuensi nada standar dan frekuensi nada rekaman talempong. Dari hasil ini didapatkan nilai rata-rata *error* sebesar 4,39% dan persentase akurasi sebesar 95,61%. Persentase *error* tertinggi pada talempong 2 (D#5) diakibatkan oleh perbedaan nilai frekuensi pada rekaman dan frekuensi nada standar. Perbedaan nilai frekuensi yang terpaut cukup jauh mengakibatkan tingginya nilai *error* pada talempong 2 (D#5).

Tabel 3 Frekuensi dasar talempong 1-16

Nada tertulis pada talempong	Nada dan Frekuensi Dasar (Hz)		Persentase <i>error</i> (%)	Persentase akurasi (%)
	Hasil rekaman talempong	Nada standar		
1 (A#4)	A#4 = 470,53	A#4 = 466,16	0,94	99,06
2 (D#5)	C5 = 516,97	D#5 = 622,25	16,92	83,08
3 (B4)	A4 = 452,91	B4 = 493,88	8,30	91,70
4 (G#5)	G#5 = 809,83	G#5 = 830,61	2,50	97,50
5 (C#5)	C5 = 533,14	C#5 = 554,37	3,83	96,17
6 (F#5)	F#5 = 733,86	F#5 = 739,99	0,83	99,17
7 (A#5)	A#5 = 935,19	A#5 = 932,33	0,31	99,69
8 (D6)	D6 = 1169,67	D6 = 1174,66	0,42	99,58
9 (C5)	B4 = 504,95	C5 = 523,25	3,50	96,50
10 (E5)	D#5 = 637,11	E5 = 659,25	3,36	96,64
11 (D5)	E5 = 640,87	D5 = 587,33	9,12	90,88
12 (F5)	F5 = 672,03	F5 = 698,46	3,78	96,22
13 (G5)	G5 = 753,07	G5 = 783,99	3,94	96,06
14 (A5)	G#5 = 842,26	A5 = 880,00	4,29	95,71
15 (B5)	B5 = 938,59	B5 = 987,77	4,98	95,02
16 (C6)	C#6 = 1012,73	C6 = 1046,50	3,23	96,77
	Rata-rata (%)		4,39	95,61

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa metode *Short Time Fourier Transform* (STFT) dapat digunakan dalam proses penentuan frekuensi dasar. Hasil frekuensi dasar dari alat musik talempong didapatkan hasil memiliki nilai rata-rata *error* sebesar 4,39% dan persentase akurasi sebesar 95,61%. Perbedaan frekuensi dasar nada pada talempong dan frekuensi nada standar terjadi karena talempong merupakan alat musik tradisional yang memiliki susunan tangga nada atau nada-nada pada setiap daerah mempunyai frekuensi dan karakter musik yang berbeda sesuai dengan kebutuhan dimana talempong itu tumbuh dan hidup dalam kehidupan masyarakatnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Backus, J. (1977). *The Acoustical Foundations of Music* (Second Edition).
 Fajar Permana, M., Alif, F. F., & Arie, D. W. (2022). Klasifikasi Suara Sirene Menggunakan STFT (Short-Term Fourier Transform). *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi (JUSI)*, 1(3), 44–58.
 Fitria, L. (2015). *Transkripsi Musik Gamelan Jawa Menggunakan Short Time Fourier Transform (STFT)*.

- Hayadi, T., Suprpto, Y. K., & Sumpeno, S. (2013). Estimasi sinyal gamelan menggunakan Kalman Filter untuk transkripsi. *Jurusan Teknik Elektro. Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Kusuma, D. T. (2020). Fast Fourier Transform (FFT) Dalam Transformasi Sinyal Frekuensi Suara Sebagai Upaya Perolehan Average Energy (AE) Musik. *PETIR*, 14(1), 28–35. <https://doi.org/10.33322/petir.v14i1.1022>
- Midroro, J. N., Prastowo, S. H. B., & Nuraini, L. (2022). The Development of an Integrated Interactive Digital Physics Module for the Larung Sesaji Culture of the Coastal Community of Jember Regency. *Journal of Natural Science and Integration*, 5(1), 136. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v5i1.12640>
- Muhammady, M. N., & Simanjuntak, J. A. (2022). Evaluasi Subyektif Teknik Perekaman Stereo Talempong. *Jurnal Seni Musik*, Vol.12(No.2), 1–10.
- Parmadi, B., & Wimbrayardi. (2021). Variabilitas Tangga Nada Talempong Pacik Dalam Konteks Kesenian Tradisi Minangkabau. *Jurnal Seni Budaya*, Vol.36(No.2), 135–139.
- Suhanda, Marzam, & Wimbrayardi. (2013). *Fungsi Talempong Pacik dalam Upacara Perkawinan Masyarakat Nagari Koto Anau*. Vol.2(No.2), 64–72.
- Timoney, J., & Lazzarini, V. (2010). Theory and Practice of Modified Frequency Modulation Synthesis. *J. Audio Eng. Soc*, Vol.58(No.6), 459–471.
- Trifena, A., Saragih, D., Rizal, A., & Magdalena, R. (2009). Penentuan Akor Gitar dengan Menggunakan Algoritma Short Time Fourier Transform. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*.