

ANALISIS DAN SINTESIS BUNYI PETIKAN KALIMBA MENGUNAKAN TRANSFORMASI FOURIER

Abd. Djamil Husin*, Indriyanti Rahmi Setyani, Sidikrubadi Pramudito,
Sitti Yani, Ardian Arif Setiawan

Jurusan Fisika FMIPA Institut Pertanian Bogor

*E-mail korespondensi: abd.hu@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

This research aims to analyze the sound produced by kalimba plates using the Fourier transformation. This research went through two stages, namely the analysis stage and the synthesis stage. The kalimba plate is plucked with variations in the applied force of 2 N to 5.5 N. The sound of the kalimba pluck is recorded using a sound sensor connected to PASCO Capstone software so that a deviation graph is produced as a function of time. The data obtained was then analyzed using Octave software. The research results show that the frequency is directly proportional to the damping coefficient value. The higher the frequency, the higher the frequency spectrum will be widened. The resulting Fourier coefficients only capture the values of the fundamental harmonic frequencies. This is because the kalimba plate has high rigidity.

Keywords: Damping Coefficient, Fourier Coefficient, Frequency, Kalimba Plate.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bunyi yang dihasilkan pelat kalimba menggunakan transformasi fourier. Penelitian ini melalui dua tahapan, yaitu tahap analisis dan tahap sintesis. Pelat kalimba dipetik dengan variasi gaya yang diberikan sebesar 2 N hingga 5,5 N. Bunyi petikan kalimba direkam menggunakan sensor bunyi yang terhubung dengan software PASCO Capstone sehingga dihasilkan grafik simpangan sebagai fungsi waktu. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan software Octave. Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi berbanding lurus dengan nilai koefisien redaman. Semakin tinggi frekuensi akan menyebabkan pelebaran spektrum frekuensi yang semakin tinggi. Koefisien fourier yang dihasilkan hanya menangkap nilai dari frekuensi harmonik dasar. Hal ini disebabkan karena pelat kalimba memiliki ketegaran yang tinggi.

Kata kunci: Koefisien Redaman, Koefisien Fourier, Frekuensi, Pelat Kalimba.

Diterima 09-06-2023 | Disetujui 12-07-2023 | Dipublikasi 30-11-2023

PENDAHULUAN

Bunyi merupakan gelombang mekanik yang merambat melalui medium. Bunyi ini dihasilkan oleh getaran partikel-partikel penyusun medium tersebut yang memiliki frekuensi yang dinyatakan dalam hertz. Sedangkan gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yang dapat terjadi di medium cair, gas, dan padat. Gelombang bunyi dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan jangkauan frekuensinya yaitu infrasonik, audiosonik dan ultrasonik. Telinga manusia hanya dapat

mendengar bunyi secara langsung pada jangkauan bunyi audiosonik yang memiliki frekuensi antara 20 Hz sampai 20.000 Hz. Fenomena gelombang bunyi ini dapat ditemui dalam kehidupan sehari-hari, seperti suara orang berbicara dan bunyi alat musik.

Musik tercipta dari harmonisasi susunan tangga nada dalam bentuk gelombang bunyi [1]. Oleh karena itu, tidak semua bunyi dapat dikategorikan sebagai musik seperti suara klakson kendaraan di jalanan [2-4]. Alat musik memiliki bentuk dan ukuran yang beragam dan dapat dimainkan dengan cara yang berbeda.

Salah satunya adalah dengan cara dipetik. Kalimba merupakan contoh alat musik yang dimainkan dengan cara dipetik dan tergolong ke dalam jenis *lamellophone* (alat musik berpelat tipis) [5]. Harmonisasi dalam kalimba dihasilkan dari petikan pelat besi yang tersusun rapi. Pemanfaatan musik dalam kehidupan manusia sangat beragam. Mahatidanar dan Nisa (2017) meneliti pengaruh musik klasik terhadap penurunan tekanan darah pada lansia penderita hipertensi [6]. Selain itu, musik juga dapat digunakan sebagai sarana untuk menurunkan stress [7,8].

Kebermanfaatan musik menjadikan pengetahuan analisis dan sintesis bunyi menjadi penting. Dengan adanya pengetahuan tersebut peneliti dapat mengkaji karakteristik dari sebuah bunyi, sehingga dapat membuat prediksi bunyi dengan karakteristik yang diinginkan berdasarkan data yang sudah ada. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dilakukan analisis dan sintesis bunyi pada kalimba agar dapat mengetahui karakteristik harmonik yang dihasilkan dari petikan kalimba. Kalimba digunakan sebagai sumber bunyi pada penelitian ini dikarenakan petikan kalimba menghasilkan gelombang bunyi yang periodik [9,10]. Gelombang bunyi yang periodik tersebut dapat diuraikan dalam deret Fourier sehingga dengan metode transformasi fourier dapat diketahui komponen-komponen penyusun bunyi kalimba.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik bunyi kalimba pada masing-masing pelat yang dapat ditinjau dari amplitudo, frekuensi, dan redaman bunyi yang dihasilkan. Transformasi Fourier merupakan metoda alternatif yang dapat digunakan untuk menganalisis sinyal periodik dari bunyi kalimba. Data hasil analisis kemudian disintesis menggunakan Octave. Bunyi petikan kalimba dideteksi dengan menggunakan sensor bunyi kemudian disalurkan ke *ScienceWorkshop 750 interface* dan data terbaca pada komputer.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

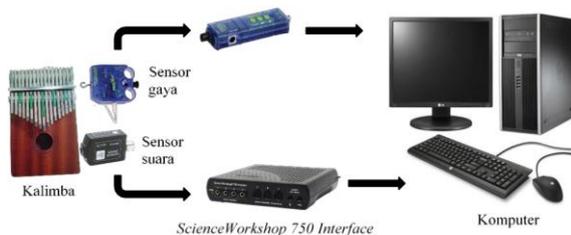
Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa kalimba (Gambar 1), perangkat keras dan perangkat lunak pengolahan data. Perangkat keras terdiri dari laptop Acer Aspire V5 dengan spesifikasi Processor IntelCeleron terinstal OS Windows 8.1 Pro, komputer, sensor bunyi, sensor gaya, *ScienceWorkshop 750 interface*, *CMA Interface* dan kalimba. Perangkat lunak yang digunakan adalah PASCO Capstone, Coach 7 Lite, Microsoft Excel dan Octave.



Gambar 1. Alat musik kalimba.

Tahap PengambilanData

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan sensor bunyi yang terhubung dengan *interface* dan dihubungkan dengan *software* PASCO pada komputer agar data dapat terbaca secara langsung. Tujuh belas pelat kalimba ditarik menggunakan benang yang terhubung dengan sensor gaya dan *interface*. Variasi gaya dilakukan menggunakan sensor gaya sebesar 2,0 N; 2,5 N; 3,0 N; 3,5 N; 4,0 N; 4,5 N; 5,0 N dan 5,5 N. Perbedaan bunyi yang dihasilkan oleh kalimba dengan variasi gaya ini ditangkap menggunakan sensor suara. Perekaman dilakukan selama 5 detik. Skema pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema pengambilan data.

Tahap Analisis

Data yang dihasilkan pada tahap pengambilan data yaitu berupa grafik simpangan terhadap waktu yang kemudian digunakan pada tahap analisis (Gambar 3). Bunyi yang dihasilkan kalimba berasal dari dua sumber yaitu sumber primer berasal dari pelat kalimba dan sumber sekunder berasal dari badan kalimba yang ikut bergetar. Grafik yang dihasilkan pada tahap pengambilan data menunjukkan adanya penurunan amplitudo seiring berjalannya waktu karena terjadi redaman [11]. Persamaan yang digunakan untuk mencari simpangan maksimum pada tahap analisis adalah:

$$A(t) = A_o e^{-kt} \quad (1)$$

dengan (t) = simpangan maksimum sebagai fungsi waktu (meter), A_o = simpangan maksimum awal (meter), k = koefisien redaman bunyi (1/s) dan t = waktu(s).

Analisis transformasi Fourier dilakukan menggunakan fungsi *fast fourier transform* (FFT) yang terdapat pada aplikasi Octave. Nilai koefisien redaman didapatkan berdasarkan perhitungan menggunakan Microsoft Excel dan aplikasi Octave yaitu dengan melakukan konversi data simpangan terhadap waktu ke dalam bentuk tabel kemudian menyaring simpangan maksimum berdasarkan Persamaan (1) menggunakan Octave sehingga diperoleh nilai koefisien redaman.

Hasil yang diperoleh pada tahap analisis adalah nilai koefisien redaman setiap pelat kalimba, lebar spektrum frekuensi dan koefisien fourier berdasarkan hasil transformasi fourier dari (t) sebagai fungsi waktu ke (ω) sebagai

fungsi frekuensi untuk seluruh sinyal yang dihasilkan oleh petikan kalimba (Gambar 3).

Tahap Sintesis

Tahap sintesis dilakukan dengan menggunakan data yang didapatkan pada tahap analisis. Langkah-langkah pada tahap sintesis adalah:

1. Membuat persamaan fungsi frekuensi sehingga dapat menghasilkan model pulsa berbentuk segitiga.
2. Melakukan substitusi nilai koefisien fourier, lebar frekuensi dan frekuensi harmonik yang diperoleh ke dalam persamaan fungsi frekuensi:

$$\chi(\omega) = Ak \left\{ \begin{array}{l} \frac{\omega - (f_i - d_i)}{d_i} ; (f_i - d_i) < \omega \leq f_i \\ \frac{\omega - (f_i + d_i)}{d_i} ; f_i < \omega \leq (f_i + d_i) \\ 0 ; \omega \leq (f_i - d_i) \end{array} \right\} \quad (2)$$

dengan $\chi(\omega)$ = fungsi frekuensi, A = amplitudo relatif, f_i = frekuensi harmonik ke- i (Hz), k_i = koefisien fourier ke- i (1/s), d_i = lebar spektrum frekuensi.

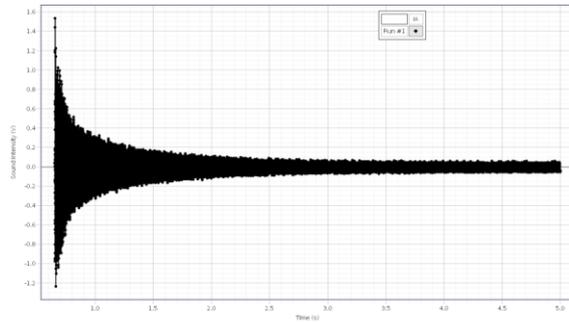
3. Merepresentasikan persamaan (2) menjadi grafik simpangan sebagai fungsi waktu petikan kalimba menggunakan Octave.
4. Melakukan transformasi hasil pada tahap (4) dari (ω) sebagai fungsi frekuensi ke dalam (t) sebagai fungsi waktu menggunakan Octave.
5. Membandingkan grafik hasil sintesis dengan hasil rekaman pada tahap analisis untuk petikan kalimba yang bersesuaian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

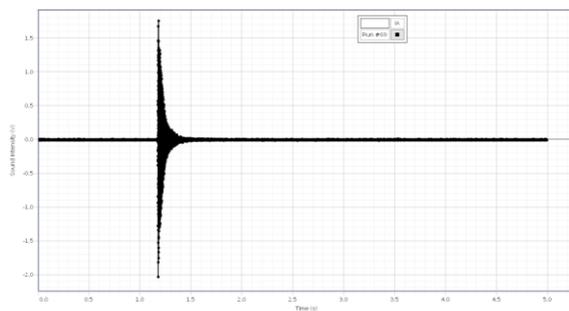
Simpangan Bunyi terhadap Waktu pada Hasil Rekaman Bunyi Kalimba

Bunyi yang dihasilkan oleh kalimba direkam menggunakan sensor bunyi yang terhubung pada *software* PASCO seperti pada Gambar 5. Sedangkan untuk menghasilkan bunyi, pelat kalimba dipetik menggunakan benang yang telah dikaitkan dengan sensor gaya. Sensor

gaya menampilkan besar gaya dari tarikan benang terhadap pelat dan benang yang akan digunting ketika sensor gaya menampilkan besar gaya yang sesuai. Penelitian ini mengambil data dari nada 1 hingga 93 dengan variasi gaya yang diberikan pada pelat dari 2,0 N hingga 5,5 N.



Gambar 3. Grafik hasil rekaman nada 1 pada gaya 2,0 N.

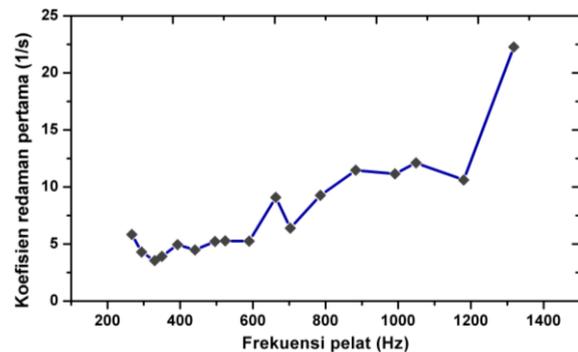


Gambar 4. Grafik hasil rekaman nada 93 pada gaya 2,0 N.

Data hasil rekaman yaitu berupa grafik simpangan terhadap waktu yang kemudian akan digunakan untuk melakukan analisis karakteristik bunyi, seperti frekuensi. Hasil yang didapatkan pada Gambar 3 dan 4 terlihat bahwa terjadi penurunan simpangan bunyi seiring dengan berjalannya waktu. Penurunan simpangan bunyi yang terjadi pada Gambar 4 lebih besar dibandingkan dengan penurunan simpangan bunyi yang terjadi pada Gambar 3. Hal ini dikarenakan perbedaan nada dimana nada 93 memiliki tangga nada lebih tinggi dibandingkan dengan nada 1. Simpangan bunyi akan lebih besar padatanangga nada yang tinggi dan akan mengalami penurunan yang lebih cepat [12].

Faktor Redaman pada Bunyi Petikan Kalimba

Sensor suara dapat mengubah bunyi yang direkam menjadi energi listrik sehingga simpangan yang diperoleh pada proses pengambilan data dapat dianalogikan sebagai tegangan. Data tegangan tersebut digunakan untuk menghitung koefisien redaman pada petikan masing-masing pelat kalimba (Gambar 5). Data petikan pelat kalimba direkam selama 5 detik, akan tetapi nilai koefisien redaman dihitung selama 0,3 detik ketika bunyi terdengar. Pengambilan data ini dikarenakan selama 0,3 detik sejak bunyi terdengar terjadi penurunan yang signifikan pada simpangan maksimum.



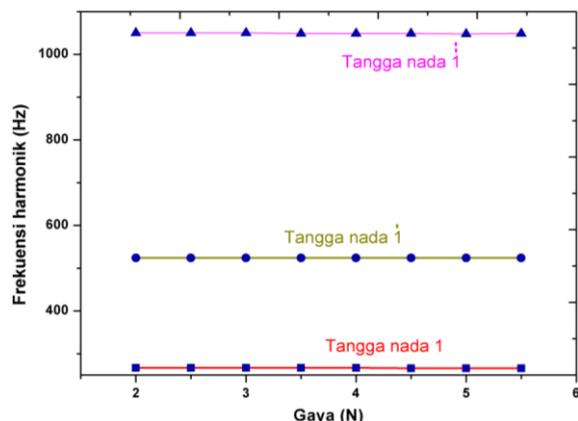
Gambar 5. Grafik koefisien redaman petikan kalimba sebagai fungsi frekuensi.

Bunyi petikan kalimba yang dihasilkan mengalami penurunan simpangan akibat adanya redaman yang besarnya ditunjukkan oleh nilai koefisien redaman. Nilai koefisien redaman petikan kalimba dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal dari pelat. Faktor internal yang memengaruhi nilai koefisien redaman yaitu keadaan fisis pelat seperti bahan pembentuk pelat, densitas, panjang dan ketegaran pelat. Keadaan pelat pendek dan ketegaran yang tinggi menghasilkan frekuensi bunyi kalimba yang semakin tinggi. Sedangkan faktor eksternal yang memengaruhi nilai koefisien redaman yaitu keadaan lingkungan kalimba, seperti adanya interferensi dari pelat lainnya dan resonator atau badan kalimba. Nilai koefisien redaman yang diperoleh dari penelitian ini secara umum cenderung

meningkat, hal ini menunjukkan bahwa bunyi yang dihasilkan oleh frekuensi yang tinggi akan cenderung lebih cepat teredam.

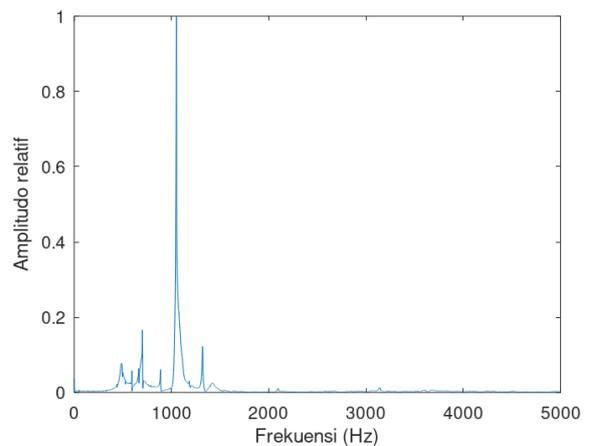
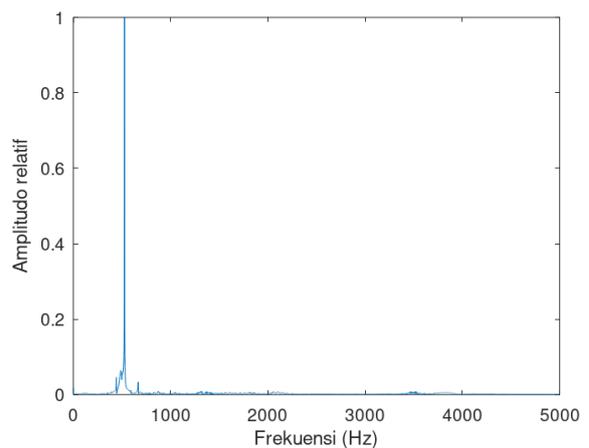
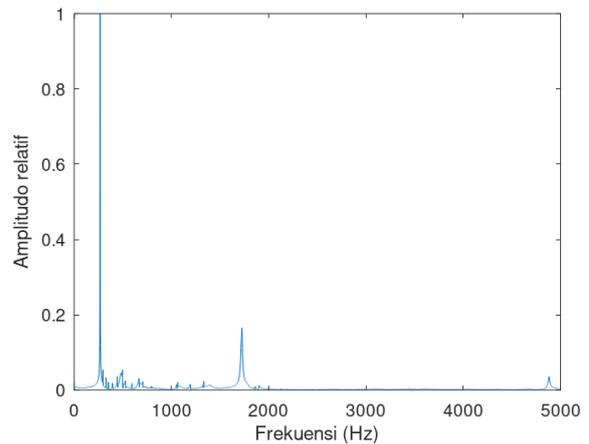
Nilai koefisien redaman dipengaruhi oleh tinggi rendahnya frekuensi. Pelat kalimba yang lebih pendek dan memiliki ketegaran tinggi akan menghasilkan bunyi dengan frekuensi tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi maka nilai koefisien redaman akan cenderung meningkat. Hal ini disebabkan karena setiap pelat menghasilkan resonansi bunyi berbeda-beda. Koefisien redaman yang kecil mengindikasikan adanya resonansi yang besar, begitu pun sebaliknya. Resonansi memiliki keterkaitan dengan interferensi. Ketika salah satu pelat dipetik maka dapat membuat pelat lainnya ikut bergetar dan menghasilkan gelombang bunyi secara bersamaan.

Karakteristik Bunyi dan Koefisien Fourier pada Bunyi Petikan Kalimba



Gambar 6. Grafik frekuensi harmonik dasar terhadap gaya pada nada 1, 1!, dan 91.

Setiap jenis alat musik akan memiliki karakteristik bunyi yang berbeda-beda. Karakteristik bunyi pada kalimba dihasilkan sesuai dengan frekuensi harmonik dan amplitudo relatif. Grafik spektrum amplitudo relatif sebagai fungsi frekuensi merupakan hasil transformasi Fourier dari grafik tegangan sebagai fungsi waktu. Koefisien Fourier diperoleh dari nilai amplitudo relatif pada grafik spektrum amplitudo relatif sebagai fungsi frekuensi. Setiap frekuensi memiliki koefisien Fourier yang berbeda-beda.



Gambar 7. Spektrum frekuensi pada nada (a) 1, (b) 1!, dan (c) 91.

Karakteristik bunyi dapat ditunjukkan dengan adanya pergeseran frekuensi harmonik dari frekuensi dasarnya. Pengaruh tegangan yang diberikan pada petikan kalimba terhadap frekuensi harmonik ditunjukkan oleh Gambar 6. Pengaruh tegangan terhadap bunyi petikan kalimba cenderung kecil, ditunjukkan dengan hasil frekuensi harmonik yang tidak mengalami pergeseran signifikan baik pada nada 1, 1!,

maupun 91. Nilai pergeseran frekuensi Gambar 6 menunjukkan bahwa frekuensi harmonik pada nada 1! dan 91 cenderung meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dari kalimba cukup stabil sehingga ketika pelat diberikan gaya petik yang besar, pergeseran frekuensinya tidak nampak dengan jelas.

Kalimba merupakan alat musik yang memiliki pelat *clamped-free* (terikat-bebas) sehingga akan menghasilkan gelombang berdiri dengan frekuensi harmonik ganjil [13,14]. Gambar 7 (a) merupakan grafik hasil analisis frekuensi menggunakan FFT pada nada 1. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hanya muncul frekuensi dasar sebagai koefisien Fourier sedangkan frekuensi harmonik lainnya tidak terlihat. Hal ini menunjukkan bahwa pelat kalimba memiliki ketegaran yang cukup tinggi sehingga ketika dipetik hanya muncul gelombang yang berada pada frekuensi dasar sedangkan gelombang untuk frekuensi harmonik lainnya sulit terbentuk. Selain itu, terdapat frekuensi sebesar 50 Hz yang muncul sebelum frekuensi dasar. Frekuensi ini dapat berasal dari faktor eksternal yang ikut terekam ketika pengambilan suara dilakukan. Spektrum frekuensi pada nada lainnya terlihat pada Gambar 7 (b) dan (c).

Tabel 1. Lebar spektrum frekuensi.

Gaya (N)	Lebar Pulsa Frekuensi (Hz)		
	1	1!	91
2,0	36	40	108
2,5	42	43	112
3,0	40	43	123
3,5	40	41	125
4,0	33	43	133
4,5	40	40	120
5,0	40	41	142
5,5	38	44	138

Karakteristik bunyi lainnya yang teramati adalah adanya pelebaran frekuensi padanada. Tabel 1 menunjukkan bahwa nada 91 memiliki pelebaran frekuensi yang paling besar. Semakin tinggi tangga nada menyebabkan pelebaran frekuensi yang semakin besar. Hal ini dapat disebabkan karena adanya hubungan antara

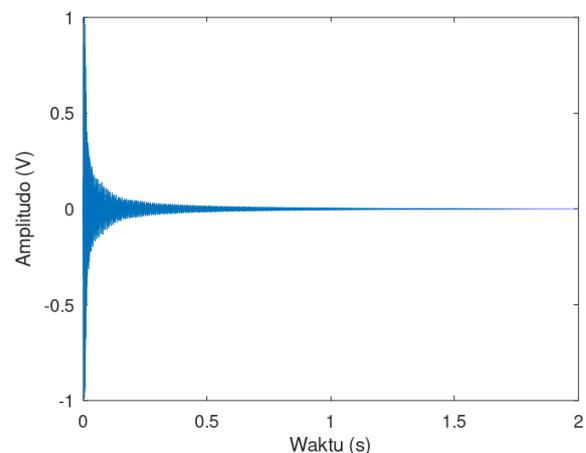
ukuran panjang pelat dengan frekuensi seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan (3) berikut:

$$f_n = n \frac{v}{4L} = n f_1 \quad n = 1, 3, 5, \dots \quad (3)$$

dengan f_n merupakan frekuensi harmonik ke- n yang dihasilkan oleh kalimba untuk n bilangan ganjil, v merupakan laju gelombang pada pelat kalimba (m/s), L merupakan panjang pelat kalimba (m) dan f_1 sebagai frekuensi nada dasar.

Persamaan (3) ini menunjukkan frekuensi bunyi dengan panjang pipa organa tertutup memiliki hubungan berbanding terbalik [15]. Hal tersebut juga berlaku untuk bunyi kalimba. Tangga nada yang tinggi memiliki ukuran pelat lebih pendek. Semakin pendek ukuran pelat kalimba, maka frekuensi bunyi yang dihasilkan semakin tinggi dan pelebaran frekuensi semakin besar.

Sintesis Bunyi Petikan Kalimba



Gambar 8. Grafik simpangan hasil sintesis bunyi sebagai fungsi waktu pada petikan pelat kalimba nada 1.

Tahap sintesis merupakan tahap yang menghasilkan grafik simpangan sebagai fungsi waktu dari transformasi pada fungsi frekuensi. Tahap sintesis bunyi dilakukan berdasarkan data yang telah diperoleh dari tahap analisis seperti nilai koefisien Fourier, frekuensi dan lebar spektrum frekuensi. Nilai tersebut digunakan pada Persamaan (2) kemudian diolah menggunakan Octave sehingga didapatkan

keluaran bunyi sintesis. Keluaran dari tahap sintesis yaitu berupa grafik simpangan sebagai fungsi waktu dan bunyi dari petikan kalimba yang disintesis (Gambar 8).

Tahapan sintesis pada penelitian ini mengambil sebanyak 8 koefisien Fourier untuk masing-masing pelat kalimba. Nilai koefisien Fourier diambil dari puncak yang terlihat pada grafik hasil analisis FFT. Frekuensi dari koefisien Fourier terkait dibutuhkan sehingga bunyi dan grafik sintesis yang dihasilkan sesuai dengan frekuensi hasil rekaman yang sebenarnya. Pada tahap ini digunakan juga data lebar frekuensi dari setiap pelat kalimba dikarenakan setiap frekuensi pelat memiliki pelebaran yang berbeda-beda, semakin tinggi frekuensi maka pelebaran spektrum frekuensi juga semakin besar.

Tahap sintesis menghasilkan bunyi dan grafik sebagai fungsi waktu. Grafik yang dihasilkan tahap sintesis dibandingkan dengan grafik hasil rekaman. Bentuk gelombang yang terdapat pada Gambar 8 memiliki perbedaan yang cukup signifikan dibandingkan dengan Gambar 3 hasil rekaman asli. Hal ini dapat disebabkan karena gelombang bunyi yang dimiliki kalimba cukup kompleks sehingga kualitas nada yang terbentuk masih kurang sempurna.

KESIMPULAN

Frekuensi pelat memiliki hubungan berbanding terbalik dengan ukuran panjang pelat. Sehingga semakin pendek ukuran pelat kalimba, maka frekuensi bunyi yang dihasilkan semakin tinggi dan pelebaran frekuensi semakin besar. Nilai koefisien redaman berbanding lurus dengan frekuensi. Koefisien Fourier yang dihasilkan petikan kalimba hanya muncul pada frekuensi harmonik dasar. Hal ini dapat disebabkan karena pelat kalimba memiliki ketegaran yang tinggi sehingga gelombang frekuensi harmonik lainnya sukar terbentuk. Hasil sintesis bunyi kalimba menggunakan transformasi Fourier masih memiliki perbedaan yang cukup besar yang diakibatkan oleh bunyi yang dihasilkan

oleh kalimba sangat kompleks sehingga membutuhkan perlakuan data lebih lanjut.

REFERENSI

1. Kurnia, A., Ngatelan, N., & Hidayatno, A. (2011). *Penala nada alat musik menggunakan alihragam fourier*. Doctoral dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik.
2. Sankoh, A. S., Musthafa, A. R., Rosadi, M. I., & Arifin, A. Z. (2015). Klasterisasi Jenis Musik Menggunakan Kombinasi Algoritma Neural Network, K-Means dan Particle Swarm Optimization. *Jurnal Buana Informatika*, **6**(3).
3. Abdullah M. (2017). *Fisika Dasar II*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
4. Tipler, P. A. (2001). *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
5. Rahman, S., & Gusmanto, R. (2020). Pemanfaatan Batok Kelapa Sebagai Media Pembuatan Bio-Instrumen Musik. *Besaung: Jurnal Seni Desain Dan Budaya*, **5**(2).
6. Mahatidanar, A., & Khairun, N. B. (2017). Pengaruh musik klasik terhadap penurunan tekanan darah pada lansia penderita hipertensi. *Agromedicine*, **4**(2), 264–268.
7. Dewi, M. P. (2009). Studi Metaanalisis: Musik untuk menurunkan stres. *Jurnal Psikologi*, **36**(2), 106–115.
8. Anwar, K., Isnaini, M., & Utami, L. S. (2014). Analisis Akord Dmayor Pada Alat Musik Gitar Acoustik. *Jurnal Fisika Indonesia*, **18**(54), 77–81.
9. Blacking, J. (1961). Patterns of Nsenga kalimba music. *African Music: Journal of the International Library of African Music*, **2**(4), 26–43.
10. Chapman, D. M. (2012). The tones of the kalimba (African thumb piano). *The Journal of the Acoustical Society of America*, **131**(1), 945–950.
11. Bakrun, B. (2013). *Pengaruh Variasi Putaran Roll Gulungan Kertas Terhadap Panjang Gelombang Amplitudo Pada Alat*

- Peredam Getaran*. Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
12. Fletcher, N H., & Rossing, T. D. (2005). *The Physics of Musical Instruments Second Edition*. New York: Springer Science & Business Media.
 13. Garrett, S. L. (2020). *Understanding Acoustics An Experimentalist's View of Sound and Vibration Second Edition*. Pine Grove Mills: ASA Press.
 14. Fetra, N., & Irsyad, M. (2015). Aplikasi Pencarian Chord dalam Membantu Penciptaan Lagu Menggunakan Algoritma Fast Fourier Transform (FFT) dan Metode Klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN). *Jurnal CoreIT: Jurnal Hasil Penelitian Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, **1**(1), 30–36.
 15. Nurhidayati, A., Lesmono, A. D., & Nuraini, L. (2022). Analisis Frekuensi Bunyi dan Cepat Rambat Gelombang Bunyi pada Alat Musik Tradisional Angklung. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, **11**(3), 85–92.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)