

## BUNYI SULING BAMBU PADA GELOMBANG ALPHA: *MIXING BINAURAL DENGAN PRINSIP BRAINWAVE STATES*

**Dyah Murwaningrum, Satria Mulya, Jaka Gaumantara**  
Prodi Angklung dan Musik Bambu, Fakultas Seni Pertunjukan  
Institut Seni Budaya Indonesia Bandung  
e-mail: dyahmurwaningrum@gmail.com

### *Abstract*

*This study constitutes an exploration of the sound of the bamboo flute in the mixing of binaural beats. The exploration encompasses the recording phase through to the binaural mixing process, utilizing the principles of brainwave states. The objective of this study is to investigate the potential for the bamboo flute to be utilized as a primary instrument in music therapy within the framework of binaural beats. The discussion of this study is limited to the exploration of recording and mixing binaural beats, without any additional modifications. Analysis is conducted solely on the exploratory process and the resulting outputs.*

*This research employs a mixed-methods approach, incorporating both qualitative and quantitative methodologies throughout the research process and in the presentation of findings. The field of study is ethnomusicology, and the exploration utilizes brainwave state theory (from neuroscience) in the binaural format (binaural beats). The results of this study are presented as stereo audio in WAV format, which will subsequently be translated into written and visual formats, including spectrum meter visualizations and other measurement tools that can illustrate the audio outcomes.*

**Keywords:** Bamboo flute, Binaural beats, Brainwave State

### **Abstrak**

Penelitian ini merupakan eksplorasi mixing *binaural beats* pada bunyi suling bambu. Eksplorasi dilakukan mulai dari tahap perekaman hingga proses mixing binaural dengan menggunakan prinsip *brainwave state*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari kemungkinan bahwa suling bambu dapat digunakan dalam musik terapi sebagai intrumen utama dengan format *binaural beats*.

Pembahasan penelitian ini hanya dibatasi pada eksplorasi perekaman dan *mixing binaural beats*, tanpa melakukan modifikasi lainnya. Analisa hanya dilakukan pada eksplorasi dan hasil.

Jenis penelitian ini adalah mixed method yang menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif, baik dalam proses penelitian maupun pada tahap pemaparan hasil penelitian. Bidang penelitian ini adalah etnomusikologi. Dalam eksplorasinya, penelitian ini menggunakan teori *brainwave state* (dari bidang neuroscience) dalam format binaural (*binaural beats*)

Hasil penelitian ini berbentuk audio stereo dalam format wav, yang kemudian diterjemahkan ke dalam bentuk tertulis dan visual, misalnya visualisasi spektrum meter dan alat pengukur lain yang dapat menggambarkan hasil audio.

**Kata Kunci:** Suling bambu, Binaural Beats, Brainwave state

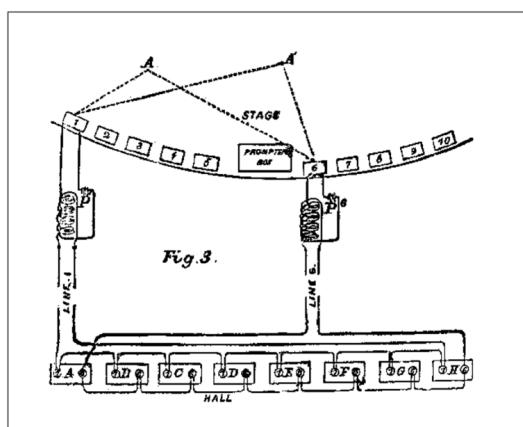
### **PENDAHULUAN**

Musik terapi menjadi pesat berkembang seiring dengan kondisi masyarakat dunia yang mengalami lonjakan pada masalah kesehatan mental. Banyaknya musik terapi yang digunakan untuk membantu para pasien dengan keluhan kesehatan

mental, umumnya menggunakan instrumen musik digital. Musik digital yang ditujukan untuk terapi lebih banyak dibentuk menggunakan *sound wave* yang berasal dari generator. Penggunaan generator, salah satunya disebabkan karena musik terapi

umumnya mengikuti konsep *binaural beats* yang harus dikondisikan menggunakan *oscillator*<sup>1</sup>.

Binaural telah ditemukan sejak tahun 1881-an. Clemen Ader menemukan teknologi *stereophonic* yang mengadopsi sistem pendengaran manusia yaitu telinga kanan dan kiri (L R). Secara terminologi, binaural memiliki arti “bi” yaitu dua dan “aural” yaitu bunyi. Binaural dapat diartikan secara harafiah sebagai dua suara. Temuan binaural Clemen Ader kemudian digunakan pada peletakan speaker-speaker pada gedung-gedung teater yang menjadi sumber audio utama dalam pertunjukan teater atau film.



Gambar 1 Diagram stereophonic oleh Clement Ader tahun 1881 (Paul, 2009)

Selanjutnya, temuan Ader tersebut digunakan dan dikembangkan oleh para ahli elektroakustika seperti Fletcher, Blumein, dan Bartlet. Pada tahap lanjut, temuan ini diaplikasikan pada proses perakaman yaitu dengan cara merekam menggunakan dua *microphone* binaural dimana penempatan microphone tersebut disesuaikan dengan posisi telinga manusia dengan menggunakan kepala tiruan, seperti yang terlihat pada gambar 2. Secara berke-

lanjutan binaural digabungkan dengan temuan para neuroscientis yaitu prinsip *Brainwave States*.



Gambar 2 KU100 Neuman. Courtesy Neuman (Paul, 2009)

*Brainwave states* merupakan hasil pemindaian gelombang otak manusia saat melakukan beragam aktivitas melalui alat QEEG. Melalui pemindaian tersebut ditemukan kecenderungan pada aktivitas manusia. Gholam Sulthoni menjelaskan tentang pentingnya komunikasi antar neuron di otak. Komunikasi tersebut merupakan akar dari pikiran, emosi serta perilaku manusia. Gelombang otak merupakan hasil produksi dari pulsa listrik yang disinkronkan dengan massa neuron yang saling berkomunikasi. (Sultoni, 2023).

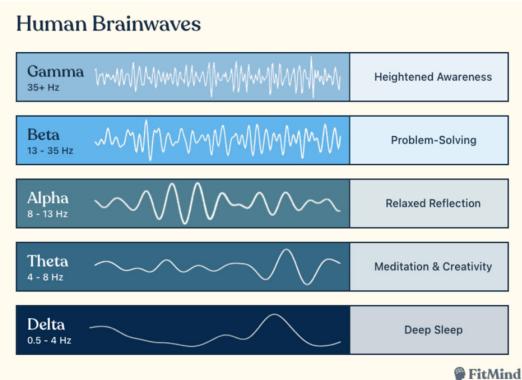
Dalam [www.scientificamerican.com](http://www.scientificamerican.com), Brainwave states terdiri dari lima kategori gelombang, yaitu Beta, Alpha, Theta, Delta dan Gamma. Gelombang beta adalah kondisi dimana seseorang berada dalam aktivitas pikiran dan emosi sekaligus. Misalnya saat seseorang bekerja yang melibatkan kelelahan pikiran serta emosi, berdebat, mengakses berita-berita yang membuat berpikir

1 Oscillator: “An audio oscillator serves as measurement tools and tone generators in music production. An oscillator is designed to convert direct current (DC) to alternating current (AC), which generates an alternating waveform. Furthermore, oscillators help to produce waveforms in a given frequency. A low-frequency oscillator produces waveforms that are less than 20Hz. There is a quick alternation of the electrical current between two states. This generates a waveform you can amplify and shape with different audio processors. Electronic oscillators are applicable in several industries like measurement, calibration tools, and equipment clocking” (Editor)

keras dan kondisi khawatir. Beta memiliki gelombang yang sangat rapat. Sedangkan alpha adalah gelombang saat seseorang sedikit rileks setelah bekerja, melakukan refleksi dan atau meditasi. Gelombang theta adalah saat seseorang bersantai tanpa memikirkan apapun, seperti melamun atau *day dreaming* serta melakukan kegiatan yang menjadi hobi kita misalnya menyanyi, memancing dan lain lain. Pada gelombang delta, seseorang berada dalam tidur lelap tanpa mimpi. (Anonim, 1997)

*Brainwave states*, menjadi pijakan pada beragam musik terapi maupun musik pengobatan baik dalam bentuk *Binaural Beats* ataupun *Isochronic*<sup>2</sup>. Pada sebuah riset, Park dan kawan-kawan menemukan kesimpulan bahwa penerapan musik terapi sebagai pengobatan maupun terapi alternatif pada anak dan orang dewasa penyintas ADHD menunjukkan hasil positif baik secara psikologis maupun secara neurologis (Park, et al., 2023). Selain itu, Trimble menyimpulkan dalam risetnya, bahwa musik memiliki pengaruh yang kuat atas otak manusia. Pada pasien alzheimer, jejak syaraf yang dibangun bersama memori musical lebih bertahan terhadap pengaruh neurodegenerative (Trimble & Hesdorffer, 2017).

Dalam sebuah riset biomusikal lainnya, Thaut dalam dua tulisannya menyatakan bahwa ritme entrain, istilah untuk menyebut musik transcendental dalam bidang biomusikal, dapat memulihkan kemampuan gerak pada pasien stroke, Parkinson dan cerebral palsy serta cedera otak traumatis (Thaut M. , 2005). Sedangkan pada tulisan selanjutnya, Thaut menyampaikan bahwa otak yang tidak normal atau terluka dapat secara efektif dipengaruhi bahkan disembuhkan oleh proses pembelajaran musik. Musik secara kompleks dapat mempengaruhi sensori (Thaut M. H., 2010).



Gambar 3 Kategori Brainwave State (Lauriane, 2021)

Penelitian ini merupakan lanjutan dari riset penulis sebelumnya yang telah mengkaji tentang kecenderungan spektrum frekuensi pada musik terapi untuk ADHD. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa musik terapi baik yang menggunakan prinsip *Binaural Beats* maupun *Isochronic* memiliki kecenderungan yang searah dengan spektrum *brown noise* (Murwaningrum, Fausta, & Ginanjar, 2023). Kecenderungan musik terapi yang dikaji pada riset tersebut menggunakan instrumen digital yang dikondisikan atau dibentuk dengan generator (*oscillator*). Melalui riset ini penulis melanjutkan eksplorasi untuk mengkondisikan instrumen tradisional berbahan bambu (suling) melalui proses mixing binaural beats. Hal ini dilakukan untuk menambah varian instrumen yang digunakan pada musik terapi, sehingga dapat sedikit mengatasi gap antara selera musik masyarakat dan kebutuhan psikoterapi.

Eksplorasi pada suling dilatarbelakangi karena pada musik tradisi Indonesia, suling adalah salah satu instrumen yang digunakan di budaya Nusantara. Bali, Jawa, Minang, Sunda memiliki beragam jenis suling bambu dengan karakter musical yang berlainan. Peneliti menitikberatkan pada eksplorasi suling Sunda untuk mengekplorasinya ke dalam bentuk *binaural beats*. Fokus eksplorasi suling

2 Isochronic adalah bunyi dengan frekuensi tunggal (nada murni). Cara kerjanya adalah dengan menghidupkan bunyi tersebut, kemudian dimatikan, lalu beberapa waktu kemudian dihidupkan kembali (bunyi – hening – bunyi dan seterusnya). (Engelbregt, Mejiburg, Schulten, & Pogare, 2019)

bambu juga disebabkan karena suling memiliki bunyi tunggal.

Proses eksplorasi dilakukan dengan metode mixed method yang mengambil teori dari bidang neuroscience, yaitu *brainwave state*. *Brainwave state* dikolaborasikan dengan bidang etnomusikologi tepatnya adalah teori dalam elektroakustika yaitu binaural. Penggabungan antara *binaural* dan *brainwave state* menjadi konsep utama dalam riset ini yang diistilahkan dengan *binaural beats*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif dengan memperlakukan bunyi instrumen suling untuk dimixing dengan prinsip *binaural beats*. Penelitian ini hanya membatasi pada:

- Percobaan perekaman suling
- Percobaan mixing dengan prinsip binaural beats
- Mendeskripsikan hasil

### Metode

Pada penelitian eksploratif ini, riset mengacu pada jenis penelitian kualitatif-kuantitatif atau mixed method. Mixed Method secara pragmatis merupakan metode yang melengkapi satu sama lain, sehingga didapatkan jawaban yang objektif maupun subjektif serta lengkap (Creswell, 2016). Penggunaan metode mixed method dibutuhkan karena dalam penelitian ini terdapat proses pengukuran dan penggunaan aplikasi *frequency shifter* dan atau *oscillator* yang menekankan pada bentuk kerja penelitian kuantitatif. Sedangkan kerja kualitatif dibutuhkan untuk menerjemahkan hasil proses baik secara subjektif maupun objektif.

Penelitian ini adalah bagian dari bidang etnomusikologi, namun bidang keilmuan yang teorinya digunakan dalam penelitian ini adalah bidang neuromusikologi. Neuromusikologi umumnya berada pada wilayah persimpangan antara musik dan neurologi. Neuromusikologi adalah bagian

yang sering dikategorikan sebagai sub etno science. Dalam sejarah kajian musik awal abad 19 atau tepatnya pada tahun 1800-an, neuromusikologi atau kajian yang memayungi antara musik, neurologi dan psikologi memiliki titik fokus utama yaitu untuk mengamati bagaimana otak manusia memproses musik (Graziano & Johnson, 2015). Riset neuromusicology umumnya melacak kondisi syaraf pada tubuh manusia sebagai akibat dari kerja musik, atau sebaliknya. Secara spesifik penelitian ini menggunakan konsep *binaural beats* sebagai landasan konseptual utama. *Binaural beats* merupakan pembuatan gelombang bunyi yang menggunakan prinsip binaural state. State merupakan hasil pengukuran terhadap syaraf manusia melalui otak saat manusia sedang melakukan aktivitas (Dy, Ladera, Cabato, Librando, & Yao Jr, 2020)

### Pembahasan

Pada penelitian ini, proses eksplorasi perekaman dibagi menjadi tiga tahapan.

#### • Tahap proses perekaman.

Tahap perekaman dilakukan dalam satu kali percobaan, namun menggunakan beberapa jenis microphone dan penempatan microphone tertentu. Adapun alat-alat yang digunakan pada perekaman diantaranya adalah:

Microphone samson C01 (Pair)

Jenis kondensor.



Gambar 4 Mic Samson C01

Microphone AKG P120 silver (single mic)

Jenis kondensor.



Stereo microphone pair (zoom H5)



Jenis kondensor yang terpasang secara permanen pada alat perekam suara (dapat digunakan sebagai perekam ataupun soundcard). Microphone kembar dengan karakter sama persis terpasang dengan system stereophonic (ORTF)



Headphone ATH M40X  
Jenis open back



Stereo headphone DS 40  
Jenis open back



Soundcard Evo 2



Software perekaman "Studio One Pro 6.5"

### Posisi penempatan microphone pada proses perekaman dan alasannya

Penempatan microphone Samson C01 Pair (microphone utama), berada di dua titik. Titik tersebut disesuaikan dengan arah angin dari tiupan suling. Penempatan dua mic ini adalah titik dimana angin yang ditimbulkan paling minim dan bunyi suling terdengar jelas.

Penempatan microphone AKG P 120 tepat di depan (bagian tengah) badan pelaku. Penempatan ini hanya posisi yang random, dan diperkirakan bunyi dan ambience dapat tertangkap dengan cukup jelas. Kegunaan track dari mic ini adalah sebagai cadangan atau pembanding audio saja.

Penempatan microphone zoom H5 di bagian samping-depan pemain suling. Mic stereo ini menangkap bunyi yang terdengar sekaligus menangkap cukup banyak ambience. Fungsi dari track perekaman ini adalah sebagai pembanding hasil bunyi.

Penempatan Microphone AKG, hanya ditempatkan satu titik tepat di center searah dengan resonator sumber bunyi

Penempatan Microphone Zoom H5, adalah untuk menangkap bunyi suling secara keseluru-

han. Tujuan penggunaan mic ini hanya sebagai perbandingan tangkapan saja. Hal ini dikarenakan setiap pengambilan stereo umumnya tidak menghasilkan dua file yang sama persis. Hal ini terjadi karena posisi mic, medium perantara bunyi, dan kecepatan rambat bunyi dari mic satu akan berbeda dengan mic lainnya.

Dari proses perekaman ini didapat hasil tangkapan yang memiliki amplitude sedikit berbeda dari tiap microphone. Pada akhirnya diputuskan bahwa bunyi yang akan dimanipulasi yaitu bunyi dari salah satu perekaman mic Samson CO 1. Hal ini dikarenakan bunyi yang paling jernih dan kuat serta solid.

#### • Tahap Mixing Binaural Beats

##### Alat yang digunakan

DAW. Dalam penelitian ini digunakan Logic Pro X, namun pada dasarnya semua DAW dapat digunakan (Cubase, protools, audacity, studio one dll)



Gambar 12 DAW Logic pro x

##### Aplikasi oscillator Tone Generator



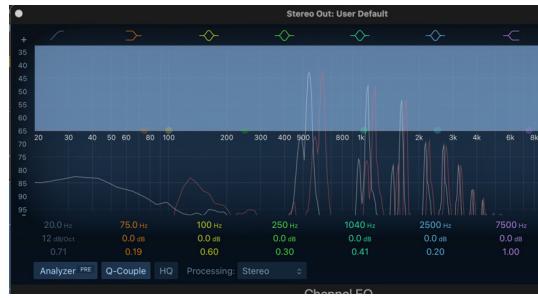
Gambar 13 Tone Generator

Aplikasi oscillator penggeser frekuensi dari Kilohearts yaitu Frequency Shifter



Gambar 14 Frequency Shifter by Kilohearts

Aplikasi EQ parameter dari penyedia Audio Unit Apple



#### Cara penggunaan/cara mixing

Import audio pada DAW logic dengan format WAV (48Khz), stereo.

Audio tersebut diduplikasi sehingga terdapat dua track dengan format dan jenis yang sama persis. Hal ini dilakukan karena dalam proses pembentukan binaural beats diperlukan dua audio yang sama persis sebagaimana sinyal sine wave yang umumnya dibentuk menjadi binaural beats melalui generator. Dua track harus dipastikan untuk dikondisikan PAN (panoramicnya). Satu track di atahkan ke kiri, dan track lainnya diarahkan ke kanan.

Dua track yang telah dibuat tersebut, dapat diolah pada salah satu tracknya ataupun keduanya.

Cara lain dapat juga dikondisikan dengan membuat satu track saja, yang terdiri dari 2 bunyi sama persis (L dan R), sehingga terdengar dari sisi telinga kiri dan kanan sama persis. Dengan cara ini, kita tidak perlu mengkondisikan panningnya, karena sudah dapat dipastikan bahwa bunyi ada di sisi kanan dan kiri secara otomatis.

Proses selanjutnya adalah menambahkan effect dari plug in Kilohearts (frequency shifter).

Frequency shifter dapat ditambahkan pada track yang ingin diubah frekuensinya. Jika kita memiliki dua track yang sama persis, maka plug in ini dapat diinputkan pada salah satu track saja.

Jika kita menggunakan satu track yang berisi file stereo, maka kita perlu menempatkan plug in frequency shifter pada track tersebut, dengan setting dual mono. Dengan menggunakan pilihan dual mono, kita dapat menggeser frekuensi di bagian L saja atau R saja. Hal ini bertujuan untuk membangun file stereo yang memiliki selisih frekuensi.

Frequency shifter dapat disetting sesuai dengan kebutuhan manipulasi. Dalam konteks barainwave state, pada percobaan ini dilakukan pada gelombang alpha.

Gelombang alpha dipilih karena umumnya kondisi insomnia, stress, anxiety adalah saat manusia berada pada gelombang beta. Dan Alpha adalah satu step di atas beta, dimana pada kondisi tersebut manusia dapat sedikit menurunkan kepanikan, melenturkan ketegangan berpikirnya. Gelombang Alpha dapat mentrigger otak untuk berada pada kondisi rileks. Gelombang alpha yang dibentuk yaitu dengan menggeser audio di telinga kiri (L) 8-13 Hertz lebih besar atau lebih kecil dibanding frekuensi di telinga kanan (R).

Untuk mengetahui bentuk perubahan setelah dimanipulasi, dapat dilihat menggunakan aplikasi *frequency meter* atau EQ meter. Untuk memudahkan pengamatan maka dipilih jenis visual “spektrum” pada *frequency meter*. Frequency meter dapat ditempatkan pada “main” atau master untuk memantau hasil akhir.

Setelah memastikan bahwa seluruh prosesnya sesuai, maka seluruh proses tersebut dapat dieksport ke dalam bentuk wav, stereo, 48Khz.

- **Tahap tiga.**

Deskripsi audio dari hasil mixing binaural beats pada gelombang Alpha.

Dari audio hasil mixing dapat diperoleh hasil sebagai berikut:

- Pada proses mixing binaural beats diperlukan dua file audio yang sama persis untuk dapat dibentuk agar memiliki selisih frekuensi tertentu.
- Hasil audio pada binaural beats bunyi suling bambu yang dikondisikan di gelombang alpha, mendapatkan hasil bahwa:
- Bunyi terdengar masih jelas nadanya (tidak menghadirkan suara disonan yang berlebihan).
- Terdapat kesan bunyi seperti berdenyut sangat cepat, atau seperti bervibrasi secara konstan
- Kesan dua bunyi yang sama namun dikondisikan dengan selisih 8-13 Hertz membentuk sedikit kesan ruang (reverb) yang cukup (tidak berlebihan).
- Kesan bunyi menjadi lebih terasa luas di ruang kepala kita, bukan hanya terdengar di sisi tengah

Jika bunyi dikondisikan pada frekuensi di atas 13 Hertz, atau di atas gelombang alpha, maka bunyi disonan akan cukup terasa. Semakin besar selisih, semakin kuat kesan disonannya, dan bunyi terasa seperti bunyi digital yang bergema seperti suara robot. Umumnya ini akan menimbulkan rasa tidak nyaman bagi pendengar secara umum berasal dari kalangan awam musik. Dalam konteks riset ini, para pasien terapi berasal dari beragam latar belakang.

Jika selisih terlalu kecil, atau di bawah 1 Hertz maka dampak dari selisih bunyi pada telinga kiri atau kanan, tidak terlalu terasa. Beberapa telinga manusia mungkin tidak merasakan perbedaan selisih tersebut.

Berikut adalah visualisasi spektrum pada gelombang alpha dari bunyi suling yang telah diolah.



Bunyi hasil mixing binaural beats pada gelombang alpha ini tentunya memiliki manfaat, namun seberapa efektivitasnya tidak dapat dilacak pada penelitian ini. Pelacakan tentang efektivitas musik dengan binaural beats dari alat musik suling ini akan lebih optimal jika dilakukan oleh periset dari bidang ilmu psikologi dan bidang ilmu neuroscience.

## PENUTUP

Pada penelitian, ini eksplorasi yang dilakukan menemukan bahwa audio pada bunyi suling dapat dimanipulasi dengan prinsip brainwave state, dengan syarat file yang dimanipulasi bukanlah file yang direkam dengan teknik stereophonic atau menggunakan dua microphone. Perekaman dengan dua microphone dapat dipastikan akan menghasilkan bunyi audio sisi kiri (L) dan sisi kanan (R) berbeda. Jika keduanya dimanipulasi dengan konsep brainwave state maka selisih antara keduanya mungkin saja sudah tidak sesuai lagi dengan prinsip brainwave state atau lebih besar dari selisih yang kita kondisikan.

Percobaan pada gelombang yang memiliki selisih di atas 40 Hertz menghasilkan bunyi yang jauh dari bunyi asli suling. Hal ini mungkin agak sulit diterima oleh telinga yang terbiasa dengan bunyi suling. Ini terjadi karena selisih frekuensi antara bunyi kiri dan kanan cukup besar, sehingga menimbulkan kesan disonan yang kuat.

Percobaan pada gelombang alpha menghasilkan bunyi yang tidak terlalu disonan (masih seperti bunyi asli), hanya terdengar memberi kesan yang meruangs (luas) di kepala, atau bisa disebut

seperti efek reverb, juga terdengar seperti ada bunyi bergetar (berdenyut), nampak seperti vibrasi. Sedangkan pada bunyi dengan selisih frekuensi yang sangat kecil, misalnya bunyi dengan selisih 0,5 Hertz diperoleh hasil bahwa bunyi terkesan tidak ada perubahan yang berarti. Untuk menyadari perbedaan pada gelombang yang sangat kecil se- lisihnya, diperlukan monitoring dengan seksama dan fokus.

Penelitian ini hanya fokus pada penyampaian hasil dari metode mixing binaural pada percobaan gelombang alpha. Efektivitas dari manipulasi gelombang alpha pada suling, masih perlu dilakukan percobaan lanjutan yaitu dengan membuat sound bank bunyi yang kemudian diaplikasikan pada pembuatan musik. Selanjutnya, proses penelitian ini harus melibatkan disiplin ilmu lain seperti Psikologi dan neuroscience serta pembuktian perubahan gelombang otak menggunakan alat-alat seperti QEEG dan MRI.

## DAFTAR PUSTAKA

- Murwaningrum, D., Fausta, E., & Ginanjar, G. (2023). Brown Noise, Pendekatan Instrumen-tasi dan Post Produksi “Musik Terapi untuk ADHD Dewasa”: Sebuah Tawaran. *Paraguna*, 15-35.
- Thaut, M. H. (2010, April). Neurologic Music Therapy in Cognitive Rehabilitation. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 27 (4), 281-285.
- Trimble, M., & Hesdorffer, D. (2017, April). Music and the brain: the neuroscience of music and musical appreciation. *BJPSYCH International*, 14(2).
- Thaut, M. (2005). The Future of Music in Therapy and Medicine. . *Annals of The New York Academy of Science*, (pp. 303-308).
- Park, J.-I., Lee, H. I., Lee, S. J., Kwon, R. W., Cho, E. A., Nam, H. W., & Lee, J. B. (2023). Effect of Music Therapy as an Alternative

- Treatment on Depression in Children and Adolescent with ADHD by Activating Serotonin and Improving Stress Coping Ability. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 23(73), 1-14.
- Anonim. (1997, December 22). *What is the function of the various brainwaves?* Retrieved from scientificamerican: <https://www.scientificamerican.com/article/what-is-the-function-of-t-1997-12-22/>
- Creswell, J. W. (2016). *Research Design: Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Graziano, A. B., & Johnson, J. K. (2015). Music, Neurology and Psychology in The Nineteenth Century. *Progres in Brain Research*, 216, 33-49.
- Dy, J. A., Ladera, A. R., Cabato, J. P., Librando, M. O., & Yao Jr, J. J. (2020, August). Beta Binaural Beats and its effects on the Cognition of Nursing Students in a Private Higher Education Institution. *Jurnal Keperawatan Padjadjaran*, 8(2), 130-136.
- Paul, S. T. (2009, September/October). Binaural Recording Technology: A Historical Review and Possible Future Developments. *Acta Acustica united with Acustica*, 95(5), pp. 767-788(22).
- Editor. (n.d.). *Types and Applications of an Audio Oscillator*. Retrieved from <https://www.raypcb.com/>: <https://www.raypcb.com/audio-oscillator/>
- Sultoni, G. (2023, Januuary 18). Artificial Intelligence and Conscious Brain Waves. *American Journal of Biomedical Science and Research*, 17(6).
- Lauriane, S. (2021, Februari 1). *Brainwaves: Altered States & Technologies*. Retrieved from fitmind.org: <https://fitmind.org/blog-collection/brainwaves-in-meditation-brain-wave-frequencies>
- Engelbregt, H., Mejiburg, N., Schulten, M., & Pogare, O. (2019). The Effects of Binaural and Monoaural Beat Stimulation on Cognitive Functioning in Subjects with Different Levels of Emotionality. *Advences in Cognitive Psichology*, 5(3), 199-207.