

RANCANG BANGUN APLIKASI SINTESIS SUARA GAMELAN GERANTANG BALI MENGGUNAKAN METODE DOUBLE FREQUENCY MODULATION (DFM)

Made Agung Raharja¹, I Dewa Made Bayu Atmaja Darmawan²

^{1,2}Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana
Kampus Bukit, Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Sel, Badung, Indonesia

e-mail: made.agung@unud.ac.id¹, dewabayu@unud.ac.id²

Received : January, 2021

Accepted : March, 2021

Published : October, 2021

Abstract

Cultural traditions from the life of the Balinese people have given birth to various types of things, ranging from dances, traditional clothing, music and traditional musical instruments. One of the gamelan instruments in Bali is Gerantang. Everyone does not have the ability to adjust the tone of the greantang blades, so that the process of making the bushes cannot be done by just anyone. In the field of sound / audio processing, there is a method called speech synthesis. One method that can be used in implementing music or tone synthesis is the Double Frequency Modulation (DFM) method. Tests that have been carried out in the synthesis process of gamelan grantang sound using the DFM method have been successfully carried out with a total of 55 test tone data and from 11 basic tones and frequencies of several synthetic sound experiments in the output column and in the results column show 10 output results are within tolerance limits frequency and 1 (one) tone out of tolerance. It was found that 10 tones that have been synthesized produce tones that have frequencies within the frequency tolerance limit with an accuracy of 90.9%.

Keywords: *synthesis, gerantang, double frequency modulation*

Abstrak

Tradisi budaya dari kehidupan masyarakat Bali ini telah melahirkan berbagai jenis hal, mulai dari tarian, pakaian adat, musik dan alat musik khas daerah. Salah satu instrument gamelan yang ada di bali adalah Gerantang. Kemampuan untuk menyesuaikan nada pada bilah greantang tidak dimiliki oleh setiap orang, sehingga menyebabkan proses pembuatan gerantang tidak dapat dilakukan oleh sembarang orang. Dalam bidang pemrosesan suara/audio, terdapat metode yang disebut sintesis suara. Salah satu metode yang bisa digunakan dalam menerapkan sintesa musik atau nada adalah Metode Double Frequency Modulation (DFM). Pengujian yang telah dilakukan pada proses sintesis suara gamelan grantang dengan menggunakan metode DFM telah berhasil dilakukan dengan jumlah 55 data nada testing dan dari 11 nada dasar serta frekuensi beberapa percobaan bunyi sintetik pada kolom output dan pada kolom hasil menunjukkan 10 hasil output berada di dalam batas toleransi frekuensi dan 1 (satu) nada diluar batas toleransi. Didapatkan bahwa 10 nada yang telah disintesis menghasilkan nada yang memiliki frekuensi di dalam batas toleransi frekuensi dengan akurasi 90,9%.

Kata Kunci: *sintesis, gerantang, double frequency modulation*

1. PENDAHULUAN

Provinsi Bali merupakan salah satu daerah di Indonesia yang memiliki kebudayaan unik yang sudah menjadi pilar utama dalam kehidupan keseharian masyarakat Bali. Kebudayaan yang dimiliki oleh Pulau Bali masih dilestarikan sampai saat ini karena kebudayaan tersebut tidak dapat dilepaskan dari kegiatan kehidupan adat beragama dan kehidupan sehari-hari [1]. Hal-hal inilah yang menjadi daya tarik dari Bali bagi lokal maupun mancanegara.

Salah satu jenis kesenian masyarakat Bali adalah gamelan khas Bali. Seni gamelan khas Bali memiliki nilai keunikan yang kuat. Salah satu instrument gamelan yang ada di Bali adalah Gerantang [2]. Gerantang adalah nama instrumen yang terbuat dari bambu yang secara khas ada dan mendominasi pada barungan gambelan Joged Bungbung. Seperti alat-alat gambelan bambu lainnya, gerantang dibuat dari bambu khusus dan cara pembuatan yang khusus pula. Bambu yang dipakai adalah yang berukuran sedang dan agak tipis, yaitu tiing tamblang. Gerantang adalah termasuk instrumen pukul yang mempergunakan resonator tetapi dibuat dengan cara khusus, yaitu resonator tersebut tidak terpisah dari instrumen pokok gerantang itu sendiri atau dengan kata lain menjadi satu. Alat ini sebagian berupa tabung, yaitu dibagian bawahnya dan sebagian lagi berupa bilahan yang agak melengkung di bagian atasnya.

Salah satu faktor yang memengaruhi eksistensi gamelan gerantang adalah pengerajin dari gamelan gerantang tersebut. Dalam proses pembuatan gamelan gerantang pengerajin gamelan gerantang mengandalkan indera pendengaran untuk menyesuaikan nada yang diinginkan dari setiap bilah dari gamelan gerantang. Kemampuan untuk menyesuaikan nada pada bilah gerantang tidak dimiliki oleh setiap orang, sehingga menyebabkan proses pembuatan gerantang tidak dapat dilakukan oleh sembarang orang. Selain itu, terdapat hambatan dalam melestarikan budaya. Globalisasi dapat mengancam kepunahan dari pengerajin gamelan gerantang. Jika tidak ada pengerajin gerantang yang tersisa, maka gamelan gerantang akan terancam punah. Dalam upaya untuk melestarikan dan meningkatkan minat masyarakat Bali kepada gamelan gerantang maka diperlukan suatu metode terobosan untuk mendigitasi gamelan

gerantang yang nantinya dapat digunakan sebagai pedoman dalam proses pembuatan dan penyetaraan nada pada gamelan gerantang mengingat kemampuan untuk menyetarakan nada pada gamelan gerantang tidak dimiliki oleh setiap orang. Sehingga generasi mendatang tidak kesulitan dalam melakukan penyetaraan bilah gerantang dan untuk menjaga kelangsungan jenis gamelan gerantang. Dalam bidang pengolahan suara, ada teknik yang dinamakan sintesis.

Sintesis merupakan teknik yang digunakan untuk membangkitkan suara [3]. Sintesis menggunakan algoritma tertentu untuk membangkitkan suara yang ingin ditiru atau membuat suara-suara yang unik. Seperti yang diketahui bahwa pada jaman teknologi saat ini, digitasi memberikan banyak pengaruh terhadap perkembangan seni, termasuk seni musik tradisional. Hingga saat ini telah ada usaha-usaha dari para peneliti untuk mencoba mengembangkan musik digital dengan melakukan sintesis suara. Para peneliti sebelumnya menggunakan metode sintesis suara untuk mengembangkan musik. Pada penelitian yang telah dilakukan dengan topik *Sound Design Learning*, didapatkan hasil bahwa metode frequency modulation (FM) dapat melakukan sintesis dengan algoritmanya yang cepat [4] [5]. Namun, suara hasil proses sintesis memiliki frekuensi harmoni yang terbatas yang mengakibatkan kurang kompleksnya suara yang dihasilkan [6].

Lebih lanjut dalam rangka untuk mendapatkan tingkat kemiripan yang lebih baik dengan suara instrumen aslinya, teknik sintesis dengan modulasi frekuensi telah dikembangkan, seperti *complex frequency modulation*, *asymmetric frequency modulation*, *double frequency modulation* dan *asymmetrical modulation waveform* [7]. Pengembangan-pengembangan tersebut berfokus pada peningkatan kompleksitas pola sebaran spektrum untuk menambah warna suara yang dapat diperoleh [8].

Pada penelitian sebelumnya tentang perbandingan antar model pada metode FM. Ada tiga model FM yang dibandingkan, yaitu *double frequency modulation (DFM)*, *nested frequency modulation (NFM)* dan *asymmetrical frequency modulation (AFM)*. Dari penelitian tersebut, disebutkan bahwa metode DFM memiliki kelebihan berupa beban komputasional yang lebih ringan dibandingkan

metode NFM dan AFM, dan memiliki kelebihan berupa kemampuan menghasilkan suara yang lebih kompleks dibandingkan metode FM [3]. Dengan memperhatikan kelebihan dari metode DFM tersebut, maka penelitian ini menggunakan metode DFM untuk melakukan sintesis suara gamelan gerantang. Penelitian ini akan menghasilkan kombinasi yang optimum dari sinyal pembungkus, sinyal pemodulasi pertama dan sinyal pemodulasi kedua yang nantinya digunakan untuk membangun perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menilai keselarasan nada dari suara input dari bilah gerantang dengan patokan dari dataset yang telah ada [1].

DFM merupakan metode perbaikan pada metode FM. Pada metode DFM jumlah sinyal pemodulasi yang digunakan berjumlah dua buah, hal ini akan menghasilkan suara sintesis yang lebih baik dari metode FM [9]. Seperti yang telah diketahui formula FM pada persamaan dengan modulasi gelombang sinusoidal, dengan memodifikasi persamaan

tersebut yaitu dengan menambahkan satu lagi sinyal pemodulasi, maka persamaan sintesis suara dengan menggunakan metoda DFM dapat dilihat pada persamaan (1).

$$x(t) = A \sin(2\pi f_c t + I_1 \sin(2\pi f_{m1} t) + I_2 \sin(2\pi f_{m2} t)) \quad (1)$$

[1]

dimana pada persamaan (1) ditentukan bahwa:

$x(t)$: sinyal telah temodulasi dengan DFM

f_c : frekuensi sinyal pembawa

f_{m1} : frekuensi sinyal pemodulasi pertama

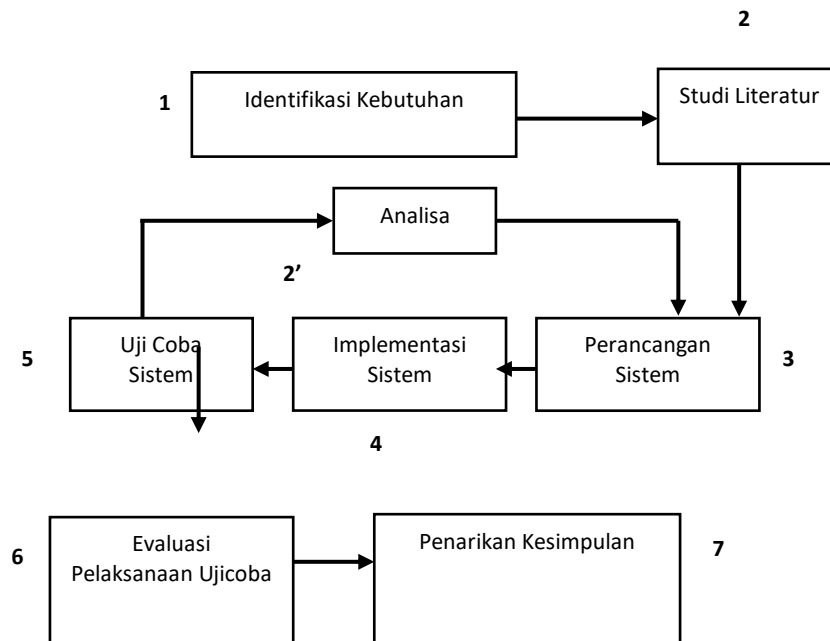
f_{m2} : frekuensi sinyal pemodulasi kedua

I_1 : indeks pemodulasi pertama

I_2 : indeks pemodulasi kedua

2. METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian menggunakan tahapan dari metode implementasi perangkat lunak SDLC [10].



Gambar 1. Kerangka Penelitian dengan Model SDLC

2.1 Tahap Identifikasi Kebutuhan Sistem

Bagian ini akan menjelaskan tentang analisis kebutuhan dalam pembangunan aplikasi sintesis suara gamelan Gerantang. Adapun analisis kebutuhan yang dilakukan adalah

analisis kebutuhan fungsional dan non fungsional.

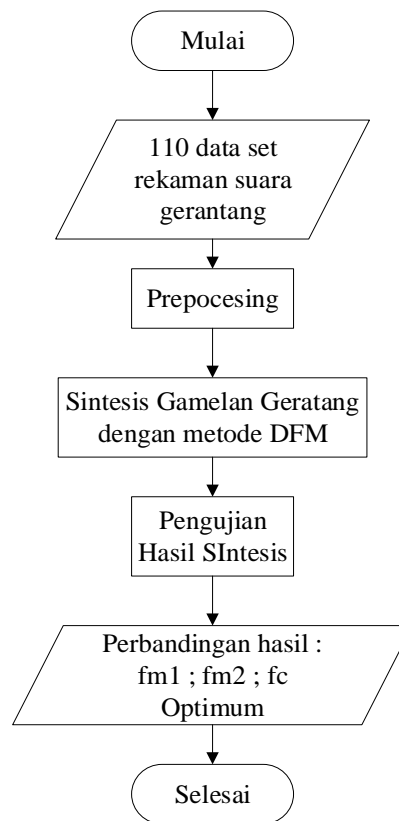
Tahap perencanaan sistem merupakan langkah pertama dalam proses pengembangan sistem, yang terdiri dari identifikasi, seleksi dan

perencanaan sistem. Mengidentifikasi kebutuhan user, yaitu Didapatkan dengan melakukan wawancara dan survei kebutuhan sistem dan pengambilan data set gamelan gerantang. Analisis kebutuhan dan tahap rancangan penelitian dilakukan dengan melaksanakan tahap-tahap sebagai yaitu Inisialisasi kebutuhan (perangkat lunak dan perangkat keras) dan analisis spesifikasi kebutuhan.

Metode pengumpulan data yang digunakan disini adalah metode wawancara dan metode observasi. Wawancara ini dilakukan dengan mencari narasumber yang ahli untuk mendapatkan data-data dari objek penelitian sedangkan metode observasi dilakukan dengan cara mencari data-data set, perancangan diagram alir sistem serta perancangan antar muka sistem sintesis suara Gamelan Gerantang Bali menggunakan metode *Double Frequency Modulation* (DFM) [11].

2.2 Tahap Analisis Suara

Bagian ini akan membahas mengenai tahapan yang akan dilalui dalam penelitian ini setelah mendapatkan data penelitian. Pertama akan diinputkan dataset suara gamelan Gerantang yang akan melalui tahap preprocessing terlebih dahulu. Tahap preprocessing terdiri dari tiga subproses, yaitu pencarian frekuensi dasar (*fundamental frequency*) tiap dataset, pencarian bungkus sinyal (*envelope*) dan penghalusan bungkus sinyal [1]. Setelah melalui tahap preprocessing, tahap selanjutnya yaitu tahap sintesis menggunakan DFM. Tahap sintesis akan menggunakan inputan berupa frekuensi dasar tiap dataset dan bungkus sinyal tiap dataset yang didapat dari tahap preprocessing, dan diinputkan juga perbandingan antara frekuensi pemodulasi pertama, frekuensi pemodulasi kedua dan frekuensi pembawa (fm1:fm2:fc). Setelah tahap sintesis selesai, tahap berikutnya yaitu tahap pengujian hasil sintesis. Pada tahap ini akan dicari suara hasil sintesis yang paling mendekati suara aslinya. Tahap ini akan menghasilkan perbandingan fm1:fm2:fc yang paling optimum untuk melakukan sintesis suara Gerantang. Tahap terakhir adalah tahap pembuatan aplikasi penilaian keselarasan nada sederhana. Tahap ini akan menggunakan perbandingan fm1:fm2:fc yang optimum yang didapat dari tahap pengujian.



Gambar 2. Flowchart Tahapan Analisis Suara dengan Metode DFM

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Analisis Suara

Tahap proses analisis suara akan menjelaskan mengenai tahapan analisis suara rekaman bilah gerantang dimana proses ini dilakukan sebelum proses pembuatan aplikasi penilaian keselarasan nada bilah gerantang. Output dari proses analisis suara ini akan menjadi input dari proses selanjutnya. Adapun tahapan-tahapan yang dilalui dalam proses analisis suara meliputi tahap preprocessing, tahap sintesis suara dengan metode DFM dan tahap optimasi suara.

3.2. Tahap Preprocessing

Tahap Preprocessing merupakan tahapan mempersiapkan dataset sebelum digunakan sebagai input dalam tahap selanjutnya, yaitu tahap sintesis suara dengan DFM. Pada tahap preprocessing terdapat dua subproses, yaitu pencarian frekuensi dasar dataset, pencarian bungkus sinyal dataset dan penghalusan bungkus sinyal dataset.

Pencarian Frekuensi Dasar Dataset pada penelitian ini menggunakan 165 data suara rekaman gerantang yang terdiri dari 110 data suara rekaman untuk data pelatihan dan 55 data suara untuk testing. Untuk mencari frekuensi dasar dari dataset, maka pertama-tama perlu dicari frekuensi tertinggi dari setiap dataset. Proses pencarian frekuensi tertinggi dari setiap dataset dilakukan dengan menggunakan aplikasi yang sudah di buat dengan Bahasa python.

3.3 Tahap Sintesis Suara dengan DFM

Tahap Sintesis Suara dengan DFM merupakan tahap untuk membangkitkan suara gamelan gerantang kantonan sintesis dengan menggunakan metode DFM.

Input dalam Proses Sintesis dengan DFM, terdapat tiga buah input dalam proses sintesis dengan DFM. Input tersebut terdiri dari frekuensi dasar dan sinyal pembungkus yang telah didapatkan pada tahap preprocessing sebelumnya. Selain itu, terdapat satu inputan lain, yaitu inputan berupa perbandingan antara frekuensi sinyal pembawa, sinyal pemodulasi pertama dan sinyal pemodulasi kedua ($f_c:f_{m1}:f_{m2}$).

Proses Sintesis dengan DFM dilakukan menggunakan aplikasi sistesis dengan Bahasa pemrograman Python. Proses sintesis dilakukan dengan menggunakan perulangan sebanyak 160 terhadap seluruh frekuensi dasar dan sinyal pembungkus.

1) Implementasi Sistem

Aplikasi penilaian keselarasan nada bilah gerantang merupakan aplikasi berbasis

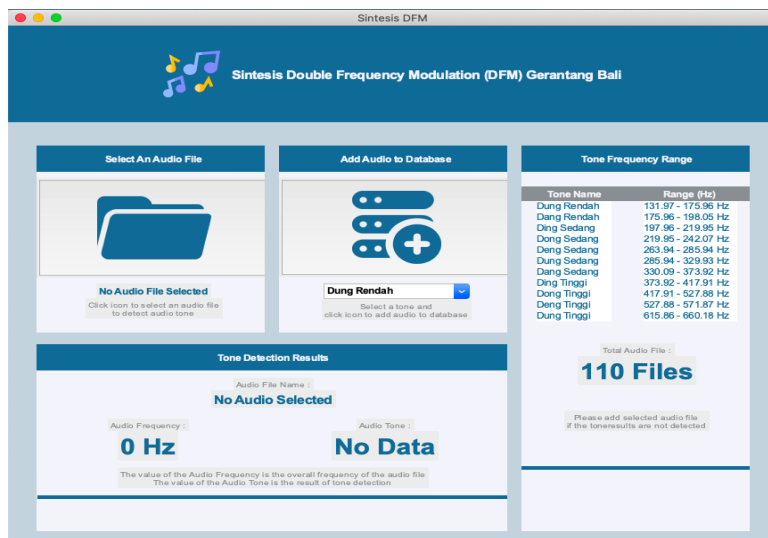
desktop yang dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman Python. Sub bab proses pembuatan aplikasi penilaian keselarasan nada bilah gerantang ini dibahas ke dalam empat poin bahasan yang terdiri dari tampilan awal aplikasi, proses input data dan kriteria pengujian, proses pengujian keselarasan nada bilah gerantang, dan output aplikasi penilaian keselarasan nada bilah gerantang.

2) Tampilan Menu Utama Sistem

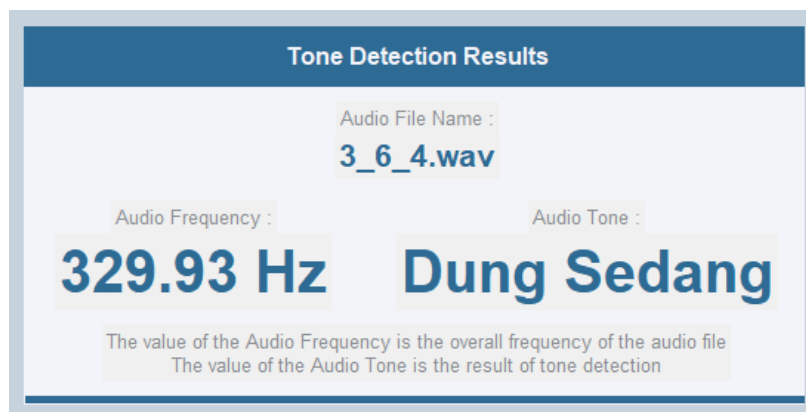
Menu utama dari sistem sintesis *Duble Frequency Modulation (DFM)* gerantang Bali terdiri dari beberapa menu, diantaranya adalah menu pilih data audio, menu tambah data latih, menu rentang nada, dan menu hasil yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.

3) Menu Hasil Deteksi Nada

Menu hasil deteksi nada merupakan menu yang menampilkan nilai frekuensi dan jenis nada yang telah dideteksi dari sistem dari berkas audio yang telah diinputkan pengguna melalui menu pilih berkas audio. Menu hasil deteksi nada berisi nama berkas audio, nilai frekuensi hasil sintesis DFM dan hasil deteksi nada. Gambar 2 merupakan tampilan awal dari menu hasil deteksi nada. Ketika pengguna membuka sistem. Sebelum pengguna memilih berkas audio pada menu pilih data uji maka bagian nama berkas audio, nilai frekuensi dan jenis nada tidak bernilai. Untuk melakukan deteksi nada, pengguna terlebih dahulu memilih berkas audio pada menu pilih data uji. Gambar 4 merupakan tampilan menu hasil deteksi nada setelah pengguna memilih berkas audio.



Gambar 3. Tampilan utama sistem sintesis Duple Frequency Modulation (DFM) Gamelan Gerantang Bali.



Gambar 4. Tampilan menu hasil deteksi nada setelah pengguna memilih berkas audio

3.3 Hasil dan Pengujian

Pada subbab ini membahas mengenai hasil pengujian sistem yang telah dilakukan pada penelitian ini. Proses pengujian sintesis FM dilakukan dengan menguji frekuensi hasil proses sintesis terhadap rentang toleransi frekuensi pada bunyi aslinya, Berikut adalah hasil dari pengujian sistem.

Pengujian Sintesis Bunyi dengan metode *Double Frequency Modulation* dapat melakukan sintesis bunyi pada instrumen

grantang Bali. Dari hasil analisis frekuensi pada grantang Bali didapatkan bahwa frekuensi dasar dan frekuensi harmoni memiliki kenaikan dengan kelipatan yang tetap atau dengan kata lain dapat dikatakan bahwa sinyal bunyi dari gamelan grantang Bali bersifat harmonis. Pengujian sintesis DFM dilakukan dengan menguji frekuensi rata-rata bunyi sintetis hasil sintesis terhadap nilai toleransi frekuensi tersebut. Data percobaan dengan 55 data nada. Tabel 1 adalah pengujian sintesis DFM.

Tabel 1: Hasil Analisis Frekuensi Tertinggi Seluruh Bilah Gamelan Gerantang

Nomor Data Set	Frekuensi Dasar Bilah Ke- (Hz)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	110,03	197,96	197,96	219,95	307,93	307,93	373,92	417,91	440,12	484,13	659,85
2	589,88	175,96	198,05	241,95	307,93	307,93	374,1	461,9	461,9	637,86	659,85
3	571,87	175,96	198,05	241,95	329,93	308,08	329,93	417,91	440,12	528,14	615,86
4	549,88	175,96	197,96	219,95	285,94	418,11	352,1	418,11	506,14	527,88	615,86
5	571,87	175,96	197,96	241,95	285,94	373,92	351,92	373,92	439,9	528,14	638,17
Mak	589,88	197,96	198,05	241,95	329,93	418,11	374,1	461,9	506,14	637,86	659,85
Min	110,03	175,96	197,96	219,95	285,94	307,93	329,93	373,92	439,9	484,13	615,86
Rata-rata	478,71	180,36	198	233,15	303,53	343,19	356,39	417,95	457,64	541,23	637,92

Tabel 2: Hasil Pengujian Sintesis Frequency Modulation

No	Tone Name	Frekuensi (Hz)			Hasil
		Min	Mak	Output	
1	Dung Rendah	131,97	175,96	110,03	Salah
2	Dang Rendah	175,96	198,05	197,96	Benar
3	Ding Sedang	197,96	219,95	198,05	Benar
4	Dong Sedang	219,95	242,07	241,95	Benar
5	Deng Sedang	263,94	285,94	285,94	Benar
6	Dung Sedang	285,94	329,93	307,93	Benar
7	Dang Sedang	330,09	373,92	329,93	Benar
8	Ding Tinggi	373,92	417,91	417,91	Benar
9	Dong Tinggi	417,91	527,88	506,14	Benar
10	Deng Tinggi	527,88	517,87	528,14	Benar
11	Dung Tinggi	615,86	660,18	638,17	Benar

Tabel 2 atas menunjukkan nilai toleransi minimum dan maksimum yang harus dipenuhi bunyi sintetis agar sesuai dengan bunyi asal.

Dari jumlah 11 nada serta frekuensi beberapa percobaan bunyi sintetis pada kolom output dan pada kolom hasil menunjukkan 10 hasil output berada di dalam batas toleransi frekuensi dan 1 (satu) nada diluar batas toleransi. Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan bahwa 10 nada yang telah disintesis menghasilkan nada yang memiliki frekuensi di

dalam batas toleransi frekuensi dengan akurasi 90,9%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian Sintesis Suara Gamelan Gerantang Bali Menggunakan Metode *Double Frequency Modulation (DFM)*. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Proses sintesis suara gamelan grantang dengan menggunakan metode Double Frequency Modulation telah berhasil

dilakukan dengan menggunakan 110 data training dan 55 data testing.

- 2) Berdasarkan jumlah 55 data nada testing dan dari 11 nada dasar serta frekuensi beberapa percobaan bunyi sintetik pada kolom output dan pada kolom hasil menunjukkan 10 hasil output berada di dalam batas toleransi frekuensi dan 1 (satu) nada diluar batas toleransi. Didapatkan bahwa 10 nada yang telah disintesis menghasilkan nada yang memiliki frekuensi di dalam batas toleransi frekuensi dengan akurasi 90,9%.
- 3) Aplikasi penilaian keselarasan nada bilah gerantang telah berhasil dibangun dengan input berupa file audio bertipe .wav salah satu bilah yang ingin diuji, nomor bilah dan patokan uji.

PERNYATAAN PENGHARGAAN

Penelitian ini adalah hasil Penelitian Unggulan Program Studi (PUPS) pendanaan tahun anggaran 2020. Atas dipublikasikannya penelitian ini, maka pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada LP2M Universitas Udayana atas bantuan dana yang dibiayai pada DIPA BLU Universitas Udayana Tahun Anggaran 2020 serta para anggota tim peneliti baik dosen maupun tim mahasiswa Program Studi Informatika, F.MIPA Universitas Udayana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Sri Arsa, I. Widiartha, dan A. Muliantara, "Analisa Hubungan Frekuensi Dasar Antar Bilah Gamelan Gangsa Pada Hasil Sintesis Menggunakan Metode Modified Frequency Modulation," *J. Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, hal. 7–10, 2014.
- [2] "Seni Pertunjukan Bali dalam Kemasan Pariwisata (Seri Kajian Budaya)."
- [3] I. M. Widiartha dan A. A. I. N. Karyawati, "Aplikasi Gamelan Caruk Berbasis Mobile Menggunakan Metode Sintesis Suara Modified Frequency Modulation," *J. Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 1, hal. 37, 2018, doi: 10.24843/jik.2018.v11.i01.p05.
- [4] "Terompong Basic Tone Synthesis with Frequency Modulation Method | JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana)." <https://ocs.unud.ac.id/index.php/JLK/a>

rticle/view/64462 (diakses Mar 06, 2021).

- [5] "Frequency Modulation : Modulation Index, Bandwidth & Applications." <https://www.elprocus.com/frequency-modulation-and-its-applications/> (diakses Mar 06, 2021).
- [6] B. T. G. Tan, S. L. Gan, S. M. Lim, dan S. H. Tang, "Real-time implementation of double frequency modulation (DFM) synthesis," *AES J. Audio Eng. Soc.*, vol. 42, no. 11, hal. 918–926, 1994.
- [7] B. Winduratna, A. Susanto, dan R. Hidayat, "Pemodelan Isyarat Musik Berbasis pada Modulasi Frekuensi (FM)," no. September, hal. 321–326, 2015.
- [8] A. I. HASAN, "PEMBANGKITAN WARNA SUARA SARON SINTETIS BERDASARKAN PETIKAN SENAR GITAR," 2017.
- [9] L. J. S. M. Alberts, "Sound Reproduction Using Evolutionary Methods: A Comparison of FM Models," no. June, 2005, [Daring]. Tersedia pada: <http://www.personeel.unimaas.nl/westra/PhDMaBa-teaching/GraduationStudents/Ba/LaurensAlbertsBaFINAL2005.pdf>.
- [10] P. K. Ragunath, S. Velmourougan, P. Davachelvan, S. Kayalvizhi, dan R. Ravimohan, "Evolving A New Model (SDLC Model-2010) For Software Development Life Cycle (SDLC)," 2010.
- [11] P. Burk, "Direct Synthesis vs Wavetable Synthesis. Mobile. Chowning, J. M. (1973). The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation. Stanford Artificial Intelligence Laboratory, 522. - Penelusuran Google," 2004. [https://www.google.com/search?rlz=1C5CHFA_enID891ID891&q=Burk,+P.++\(2004\).+Direct+Synthesis+vs+Wavetable+Synthesis.+Mobile.+Chowning,+J.+M.++\(1973\).+The+Synthesis+of+Complex+Audio+Spectra+by+Means+of+Frequency+Modulation.+Stanford+Artificial+Intelligence+La](https://www.google.com/search?rlz=1C5CHFA_enID891ID891&q=Burk,+P.++(2004).+Direct+Synthesis+vs+Wavetable+Synthesis.+Mobile.+Chowning,+J.+M.++(1973).+The+Synthesis+of+Complex+Audio+Spectra+by+Means+of+Frequency+Modulation.+Stanford+Artificial+Intelligence+La) (diakses Okt 17, 2020).