

## ANALISA HUBUNGAN FREKUENSI DASAR ANTAR BILAH GAMELAN GANGSA PADA HASIL SINTESIS MENGGUNAKAN METODE MODIFIED FREQUENCY MODULATION

Dewa Made Sri Arsa<sup>1</sup>, I Made Widiartha<sup>2</sup>, Agus Muliantara<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Ilmu Komputer

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana

dewamade.sriarsa@cs.unud.ac.id<sup>1</sup>, imadewidiartha@cs.unud.ac.id<sup>2</sup>, muliantara@cs.unud.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Gamelan gangsa warisan budaya turun temurun daerah Bali. Dengan kurangnya media pembelajaran mengakibatkan berkurangnya minat untuk memainkan gamelan gangsa. Teknik sintesis dapat digunakan untuk mengatasi hal ini. Proses sintesis menggunakan metode Modified Frequency Modulation. Sebelum dilakukan sintesis dilakukan analisis 100 buah suara gamelan gangsa untuk mendapatkan rentang frekuensi dasar masing-masing bilah dan pencarian bungkus sinyal dari suara gamelan gangsa. Hasil sintesis berupa suara gamelan gangsa yang mirip atau sama dengan suara gamelan gangsa yang sebenarnya. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa hubungan yang dimiliki berupa perbandingan bilah dimana perbandingan yang dimiliki berbeda-beda. Suara hasil sintesis dengan menggunakan perbandingan ini 100% masuk kedalam rentang frekuensi dasar masing-masing bilah.

**Kata kunci** : Sintesis, Frekuensi Dasar.

### ABSTRACT

*Gamelan gangsa hereditary cultural heritage of Bali. With the lack of media interest resulting in reduced learning to play the gamelan gangsa. Synthesis techniques can be used to deal with this. Synthesis process using Modified Frequency Modulation. Before performing synthesis, the analysis of 100 pieces of gamelan gangsa sounds do to get the fundamental frequency range of each bar and wrap the search envelope signal from the sound of gamelan gangsa. The results of a gamelan gangsa sound synthesis similar or identical to the actual sound of the gamelan gangsa. From the test results showed that the relationship held in the form of comparisons owned bar where the comparison is different. Sound synthesis results using the ratio are 100% in range of fundamental frequencies each bar.*

**Keywords** : Synthesis, Fundamental Frequency

### 1. Pendahuluan

Alat musik tradisional daerah Bali adalah gamelan. Gamelan merupakan warisan budaya turun temurun. Salah satu gamelan Bali adalah gangsa. Berbagai upaya telah dilakukan pemerintah daerah untuk melestarikan permainan gamelan gangsa. Upaya tersebut seperti mengadakan pelatihan di setiap desa maupun mengadakan perlombaan antar banjar maupun antar sanggar. Namun beberapa tahun yang akan datang akan mengalami masalah yaitu berkurangnya minat masyarakat dalam memainkan gamelan gangsa. Hal ini dikarenakan kurangnya media untuk mempelajari bermain gamelan gangsa [2]. Sebagai contoh alat musik piano dapat dipelajari dengan menggunakan perangkat lunak komputer.

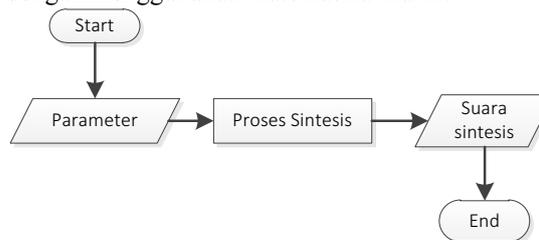
Setiap suara memiliki frekuensi dasar yang membentuk suara tersebut. Begitu juga halnya dengan gamelan gangsa. Gamelan gangsa kantil menggunakan titi nada pentatonic dengan 5 titi nada. Dalam penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian hanya difokuskan pada sintesis suara seperti yang dilakukan pada penelitian Aris Tjahyanto [1] dan Lazzarini [5]. Untuk itu perlu dicari hubungan antara frekuensi bilah pertama

dengan bilah lainnya sehingga hubungan ini dapat memudahkan dalam melakukan analisis dan sintesis suara.

### 2. Landasan Teori

#### 2.1. Sintesis

Sintesis merupakan sebuah strategi atau teknik untuk membangkitkan suatu suara dengan menggunakan suatu parameter untuk mengontrol suara yang dibangkitkan [3]. Teknik paling lama yang digunakan untuk melakukan sintesis adalah dengan menggunakan matematika murni.



**Gambar 1** : Alur Proses Sintesis Suara Secara Umum

Gambar 1 menunjukkan proses secara umum dari teknik sintesis suara. Parameter yang biasa

digunakan adalah bungkus sinyal dan frekuensi dasar dari suatu suara yang ingin disintesis. Suara yang dihasilkan adalah suara sintesis berdasarkan parameter yang telah ditentukan dan dapat didengarkan.

**2.2. Gamelan Gangsa**

Gamelan gangsa merupakan salah satu jenis alat musik tradisional di Bali. Instrumen gangsa terdiri dari 10 wilah yang terbuat dari kuningan atau perunggu yang menggantung di atas tabung bambu beresonansi. Gangsa berbeda dari gender yang merupakan alat music tradisional didaerah Jawa. Suara dari wilah gangsa lebih keras dan mampu membuat lebih banyak harmoni. Di Bali, gangsa digunakan pada gamelan Gong Kebyar.

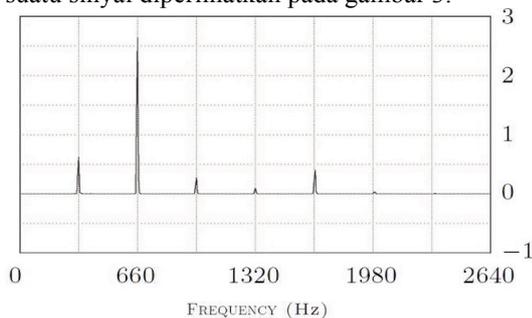
Gambar 2 menunjukkan penomoran dari bilah gangsa. Bilah terpanjang berada paling kiri dan merupakan bilah pertama dengan nomor 1. Semakin kekanan panjang bilah akan berkurang dan diikuti kenaikan nada suara.



Gambar 2 : Penomoran Bilah Gangsa

**2.3. Frekuensi Dasar dan Frekuensi Harmoni**

Perlu diketahui bahwa sinyal yang sebenarnya tidak berupa gelombang sinus. Sinyal asli memiliki berbagai frekuensi, amplitude yang berbeda, dan gangguan. Frekuensi yang dimiliki suatu sinyal ada dua, yaitu frekuensi dasar dan frekuensi harmoni. Frekuensi dasar merupakan frekuensi terendah dari suatu gelombang sinyal periodic. Sedangkan frekuensi harmoni adalah komponen frekuensi dari sinyal yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasar [4]. Sebagai contoh dari frekuensi dasar dan frekuensi harmoni dari suatu sinyal diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3 : Domain Frekuensi Sinyal Suara Piano Note E4 [4]

Dari gambar 3 terdapat puncak pada frekuensi 330 Hz, 660 Hz, 990 Hz, 1320 Hz, dan 1620 Hz. Dapat dilihat bahwa nilai-nilai tersebut merupakan kelipatan dari puncak frekuensi pertama, yaitu 330 Hz. Frekuensi 330 Hz dinamakan frekuensi dasar dan sekaligus sebagai harmoni pertama. Untuk frekuensi 660 Hz merupakan harmoni kedua dan merupakan overtone pertama dari frekuensi dasar. Overtone merupakan frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi dasar dan memiliki nilai kelipatan frekuensi dasar.

**2.4. Modified Frequency Modulation (ModFM)**

ModFM merupakan metode perbaikan dari metode Frequency Modulation. ModFM dikemukakan oleh Victor Iazzarini dan Joseph Timoney pada tahun 2010. Metode FM dimodifikasi dengan melakukan normalisasi pada fungsi Bessel dan menghasilkan persamaan ModFM yang diperlihatkan pada persamaan 1.

$$s(t) = \frac{A}{e^k} \sum_{n=-\infty}^{\infty} I_n(k) \cos(\omega_c t + n\omega_m t) \dots(1)$$

Keterangan :

s(t) : sinyal yang telah termodulasi

A : sinyal envelope

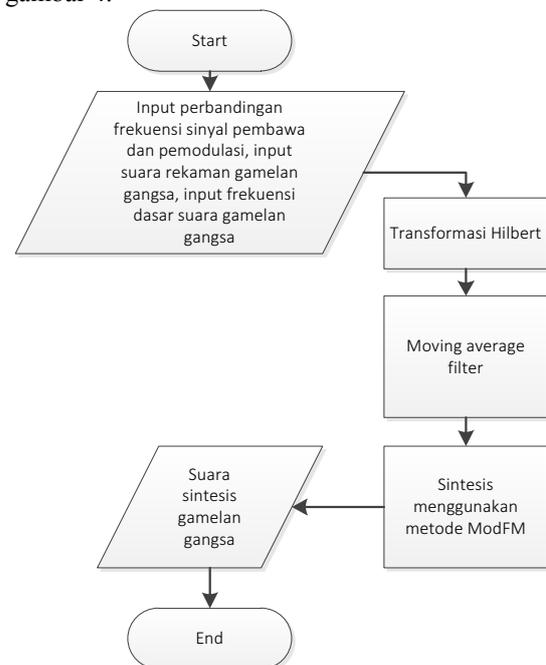
I : fungsi bessel yang telah ternormalisasi

$$(I_n(k) \approx \frac{e^k}{\sqrt{2\pi k}})$$

k : indeks modulasi

**2.5. Proses Sintesis**

Alur proses sintesis diperlihatkan pada gambar 4.



Gambar 4 : Alur proses analisis hingga sintesis suara gamelan gangsa

Transformasi Hilbert dan Moving Average Filter digunakan untuk mencari bungkus sinyal dari suara gamelan gangsa. Kemudian dilakukan sintesis menggunakan metode ModFM dan menghasilkan suara gamelan gangsa. Ratio yang digunakan adalah 1:7.

### 3. Frekuensi Dasar Gamelan Gangsa

Untuk mendapatkan rentang dari frekuensi dasar gamelan gangsa kantil, dikumpulkan data suara gamelan gangsa kantil sebanyak 100 suara dengan jumlah suara berasal dari 10 gamelan gangsa kantil yang berbeda dimana masing-masing gamelan memiliki 10 buah bilah. Dari 10 suara gamelan gangsa kantil tersebut diketahui 6 buah gamelan pengumbang dan 4 buah gamelan pengisep. Dari pengolahan awal menggunakan program Sound Forge 10.0 didapatkan frekuensi tertinggi dari masing suara pengumbang dan pengisep. Dengan pendekatan *overtone*, didapatkan frekuensi dasar dari gamelan gangsa pengumbang dan pengisep terletak pada rentang frekuensi seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2.

**Tabel 1 : Rentang Frekuensi Dasar Gamelan Gangsa Kantil Pengumbang**

Bilah	Min (Hz)	Max (Hz)
1	66,3	69,5
2	72,5	75,8
3	91,6	96
4	99,1	102,5
5	125,8	128
6	132,9	141,3
7	146,8	153,1
8	183,5	196,9
9	195,8	209
10	249,6	260,4

**Tabel 2 : Rentang Frekuensi Dasar Gamelan Gangsa Kantil Pengisep**

Bilah	Min (Hz)	Max (Hz)
1	74,3	75,6
2	80,9	83,3
3	100,8	103,6
4	107,8	110,3
5	138,5	139,6
6	146	148,6
7	157,9	161,4
8	195,8	200,8
9	208,9	214,4
10	266,5	276,9

### 4. Analisa Perbandingan Frekuensi Dasar

Dari tabel 1 dan tabel 2 dihitung perbandingan antara bilah ke-enam dengan bilah pertama, bilah ketujuh dengan bilah kedua, dan seterusnya. Tabel 3 memperlihatkan hasil perbandingan yang didapat untuk gangsa kantil pengumbang dan tabel 4 memperlihatkan hasil perbandingan untuk gangsa kantil pengisep.

**Tabel 3 : Perbandingan Frekuensi Bilah Gamelan Gangsa Pengumbang**

Perbandingan Frekuensi Bilah	Perbandingan
6:1	$132,9:66,3 = 2,01:1$
7:2	$146,8:72,5 = 2,03:1$
8:3	$183,5:196,5 = 2:1$
9:4	$195,8:99,1 = 1,98:1$
10:5	$249,6:125,8 = 1,98:1$

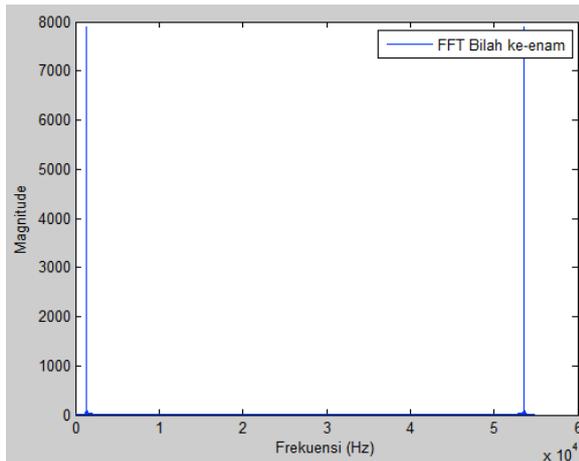
**Tabel 4 : Perbandingan Frekuensi Bilah Gamelan Gangsa Pengisep**

Perbandingan Frekuensi Bilah	Perbandingan
6:1	$146:74,3 = 1,97:1$
7:2	$157,9:80,9 = 1,95:1$
8:3	$195,8:100,8 = 1,94:1$
9:4	$208,9:107,8 = 1,94:1$
10:5	$266,5:138,5 = 1,92:1$

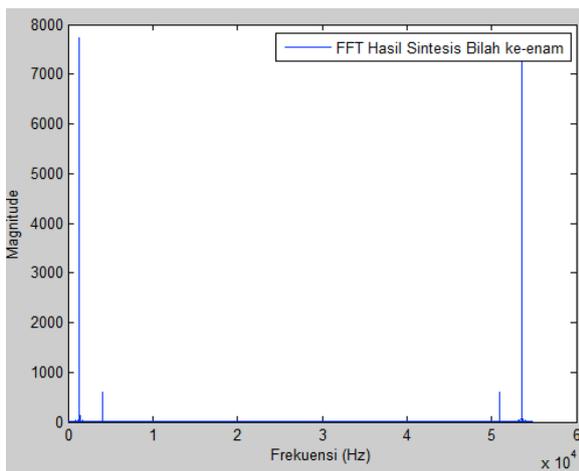
Perbandingan yang didapat dari tabel 3 dan 4 akan digunakan dalam proses sintesis.

### 5. Hasil Sintesis dan Pembahasan

Perbandingan yang didapatkan pada tabel 3 dan 4 telah berhasil diimplementasikan. Suara yang telah disintesis menggunakan metode ModFM [5] dibandingkan dengan suara asli dalam domain frekuensi. Gambar 5 menunjukkan frekuensi domain dari suara asli dari bilah ke-enam. Gambar 6 menunjukkan frekuensi domain dari suara hasil sintesis. Terlihat bahwa ada dua puncak frekuensi baru yang muncul. Frekuensi yang muncul ini memberikan dampak pada warna suara hasil sintesis.



Gambar 5 : Frekuensi Domain Sinyal Suara Bilah ke-enam Pengumbang



Gambar 6 : Frekuensi Domain Dari Suara Hasil Sintesis Pengumbang Bilah ke-enam

Frekuensi dasar yang dihasilkan hasil sintesis juga mendekati suara asli. Hasilnya diperlihatkan pada tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 5 : Frekuensi Dasar Gangsa Pengumbang Hasil Sintesis

Suara Sintesis Bilah	Frekuensi Dasar
6	135,6
7	149,1
8	188,1
9	200,5
10	253,3

Tabel 6 : Frekuensi Dasar Hasil Sintesis Gangsa Pengisep

Suara Sintesis Bilah	Frekuensi Dasar
6	147,3
7	159,4
8	197,6
9	210,9
10	269,6

Seluruh frekuensi dasar dari suara hasil sintesis pengumbang maupun pengisep yang ditunjukkan pada tabel 6 dan 7 berada pada rentang toleransi yang ditunjukkan pada tabel 1 dan 2.

## 6. Kesimpulan

Dari hasil analisa hasil sintesis dapat disimpulkan bahwa perbandingan bilah ke-enam dengan bilah pertama, perbandingan bilah ketujuh dengan bilah kedua, perbandingan bilah kedelapan dengan bilah ketiga, perbandingan bilah kesembilan dengan ke-empat, dan perbandingan bilah kesepuluh dengan kelima adalah unik. Perbandingan yang dimiliki berbeda-beda. Suara hasil sintesis menggunakan perbandingan ini telah mendekati atau sama dengan suara aslinya yang dapat dilihat dari frekuensi dasar yang dihasilkan.

## 7. Daftar Pustaka

- [1] Aris Tjahyanto, Y. K. (2011). Model Analysis-By-Synthesis Aplikasi Pembangkit Suara Gamelan Sintetik. Yogyakarta: Seminar nasional Aplikasi Teknologi Informasi.
- [2] Arisma, Y. R. (2013). Pembuatan Media Pembelajaran Alat Musik Gamelan Berbasis Multimedia di SDN Maguwoharjo 1.
- [3] Jaffe, D. (1995). Ten Criteria for Evaluating Synthesis Techniques. *Computer Music Journal*, 76-87.
- [4] Jeremy F., J. S. (2002). Time-Frequency Analysis of Musical Instruments\*. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, 457-476.
- [5] Lazzarini, V. T. (2010). Theory and Practice of Modified Frequency Modulation Synthesis. (p. 459). J. Audio Eng. Soc.