

Implementasi Sintesis Suara Saron Menggunakan Petikan Senar Gitar Dengan Metode *Pitch Shifting*

Andreas Febrillianto Primawan^{*1}, Yohannes Suyanto², Catur Atmaji³

¹Program Studi Elektronika dan Instrumentasi, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

^{2,3}Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: ^{*1}andreas.febrillianto@mail.ugm.ac.id, ²yanto@ugm.ac.id, ³catur_atmaji@ugm.ac.id

Abstrak

Gamelan adalah alat musik tradisional asli Indonesia yang sering dipakai dalam acara adat maupun pesta. Kebutuhan masyarakat akan ketersediaan gamelan sebenarnya meningkat, namun sayangnya harga gamelan sangat mahal dan susah untuk dipindahkan. Selain itu keterbatasan nada yang dapat dimainkan gamelan menurunkan tingkat ketertarikan masyarakat untuk memainkan alat musik ini. Perkembangan teknologi saat ini memungkinkan untuk melakukan sintesis suara dengan beberapa metode. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah pitch shifting.

Penelitian ini bertujuan untuk membangkitkan suara saron sintetis berdasarkan petikan senar gitar. Analisis sinyal suara saron dalam ranah frekuensi dilakukan untuk mendapatkan nilai semitone yang dibutuhkan dalam proses sintesis. Pembangkitan sinyal saron sintetis dilakukan dengan memanggil suara saron sintetis yang tersimpan dalam bentuk soundfont, dengan data referensi berupa tinggi rendahnya nada yang didapatkan dari pitch detection input gitar. Onset detection dari petikan gitar digunakan sebagai pemicu awal pemanggilan nada saron sintetis.

Pengujian dilakukan dengan mencari persamaan antara data suara saron asli dan saron sintetis menggunakan metode korelasi silang. Hasil pengujian didapatkan tingkat akurasi kemiripan sebesar 91.6%. Pada hasil pengujian sinyal petikan gitar dengan output pembangkitan, didapatkan rata-rata waktu penundaan pada tiap petikan sebesar 0,152 detik. Dari hasil yang didapat, sistem tergolong cukup cepat dan akurat untuk diimplementasikan dalam kehidupan sehari-hari.

Kata kunci—*gamelan, pitch shifting, onset detection, korelasi silang*

Abstract

Gamelan is traditional Indonesian musical instruments that is often used in traditional events and parties. The community's need for the gamelan has actually increased, but unfortunately the price of gamelan is very expensive and the gamelan itself is difficult to move from one place to another place. Besides that, the limited tones that can be played by gamelan reduce the level of public interest in playing this instrument. Current technological developments make it possible to perform voice synthesis with several methods. One method that can be used is pitch shifting.

This study aims to generate a synthetic saron sound based on plucking a guitar string. Analysis of the saron sound signal in the frequency domain is carried out to obtain the semitone values needed in the synthesis process. Synthetic saron signal generation is done by calling synthetic saron sounds that are stored in soundfont form, with reference data in the form of high and low pitch obtained from the guitar input pitch detection. Onset detection of guitar strokes is used as the initial trigger for calling out synthetic saron tones. The test was carried out by looking

for similarities between the sound data of the original saron and synthetic saron using the cross-correlation method. The test results obtained a similarity accuracy rate of 91.6%. On the results of testing the guitar strum signal with the generation output, the average delay time for each strum is 0.152 seconds. From the results obtained, the system is classified as fast and accurate enough to be implemented in everyday life.

Keywords—*gamelan, pitch shifting, onset detection, cross correlation*

1. PENDAHULUAN

Gamelan adalah salah satu alat musik tradisional asli Indonesia yang tidak memiliki nada dasar layaknya alat musik pada umumnya. Nada dasar gamelan disesuaikan dengan nada dasar lagu yang akan dinyanyikan oleh penyanyi pada suatu daerah tertentu.[1] Gamelan dimainkan pada acara khusus, seperti upacara agama, perayaan masyarakat, pertunjukan wayang, dan mengiringi tarian. Banyaknya pemanfaatan gamelan untuk acara-acara tersebut, membuat kebutuhan masyarakat pada alat musik ini meningkat. Kebutuhan masyarakat akan alat musik ini sayangnya tidak diimbangi dengan kemampuan daya beli, hal ini dikarenakan harga gamelan sangat mahal dan tidak mudah dipindah dari satu tempat ke tempat lainnya.[2]

Terdapat beberapa batasan masalah lain untuk memainkan dan mempelajari alat musik ini. Keterbatasan nada yang dapat dimainkan dengan alat musik ini juga mengurangi daya tarik masyarakat untuk mempelajari gamelan. Selama ini alat musik yang umum dimainkan oleh masyarakat mempunyai banyak tangga nada, contohnya piano dan gitar. Gamelan Jawa memiliki seperangkat alat musik yang unik yang memiliki ciri khas tersendiri dalam cara memainkannya. Terdapat dua jenis nada yang diatur dalam gamelan. Ada laras pelog dan laras slendro.[3] Laras adalah susunan nada-nada dalam satu gembyangan (oktaf) yang sudah tertentu tinggi rendah dan tata intervalnya. Laras Slendro terdiri dari 5 nada, sedangkan Laras Pelog dibagi menjadi 7 deret nada.

Semakin berkembangnya jaman, membuat perkembangan alat musik terutama alat musik digital semakin maju. Saat ini semua jenis suara alat musik dapat dimainkan dengan adanya proses sintesis. Proses sintesis suara alat musik adalah mengambil ciri dari suara alat musik, dan membentuk suara baru dengan memanfaatkan ciri yang sudah diekstraksi. Banyak metode yang dapat digunakan untuk mensintesis suara alat musik, contoh: *phase vocoder*,[4] *Modified Frequency Modulation (ModFM)*,[5] *Amplitude Modulation, pitch shifting*, dsb.

Selain perkembangan metode sintesis yang semakin banyak, terdapat pula suatu perangkat yang dapat digunakan untuk mensintesis suara, alat tersebut adalah *Synthesizer*. *Synthesizer* adalah sebuah perangkat elektronik yang memproduksi suara dalam bentuk sinyal suara dan mengirimkannya kepada pembangkit suara. Alat ini juga memungkinkan penggunaannya untuk mengganti karakteristik suara seperti tinggi rendahnya nada, warna suara, dan volume suara.[6]

Pengembangan sintesis suara gamelan sudah diterapkan pada beberapa penelitian sebelumnya. Pada penelitian sebelumnya, gamelan saron dibangkitkan dengan memanfaatkan bingkai/envelope pada data suara saron asli. Metode yang digunakan adalah *hillbert transform* dengan pra processing *curve fitting*, sehingga didapatkan nilai koefisien b pembentuk suara saron sintetis. Penelitian tersebut membandingkan suara saron asli dengan sintetis dan didapatkan koefisien *cross correlation* rata-rata sebesar 0,8961, di mana semakin nilainya mendekati 1 maka kedua data yang dibandingkan semakin mempunyai kesamaan.

Pada penelitian lainnya sintesis suara taganing adaptif dilakukan dengan metode *pitch shifting by delay line based* untuk standarisasi Gondang Batak Toba.[7] Pada penelitian ini metode *pitch shifting* dibagi menjadi 2 tahap, yaitu analisis dan sintesis. Tahap analisis berupa pengelompokan nilai frekuensi taganing dan frekuensi alat musik keyboard, dan hasil dari pengelompokan tersebut digunakan untuk proses sintesis dengan metode *pitch shifting delay line*

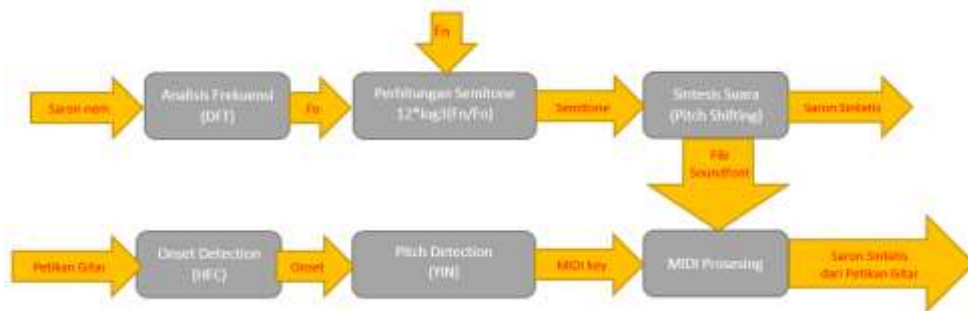
based. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah perbandingan frekuensi nada taganing dan nada standard pada keyboard dengan nilai rata rata sebesar 98,87%.

Dari banyaknya permasalahan yang ada, dan dari adanya beberapa sumber referensi penelitan yang didapat, penulis tergugah untuk membuat sebuah penelitian pembangkitan suara saron yang diimplementasikan secara *real time*, agar dapat dimanfaatkan secara langsung dalam kehidupan sehari hari. Konsep dari penelitian ini adalah mensitesis suara saron dengan metode *pitch shifting* dan membangkitkan kembali suara saron sintetis dengan referensi petikan nada gitar secara *real time*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisis Perancangan Sistem

Pada penelitian ini sistem dirancang untuk dapat membangkitkan suara saron dengan referensi petikan nada gitar secara *real time*. Rancangan sistem seperti ini diharapkan agar suara gamelan saron dapat dimainkan dengan rentang nada yang lebih luas mengikuti rentang nada yang dapat dimainkan pada gitar. Secara garis besar rancangan sistem pada penelitian ini terbagi menjadi 2, yaitu perancangan sistem sintesis suara saron, dan perancangan pembangkitan suara saron sintetis dengan referensi dari petikan nada gitar. Diagram perancangan sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1. Pada Gambar 1, suara saron disintesis dengan pemrosesan data secara *offline*, sedangkan sistem pembangkitan suara saron sintetis oleh gitar dilakukan secara *real time*.



Gambar 1 Diagram alir keseluruhan sistem

2.2 Analisis Suara Saron

Analisis sinyal suara saron dilakukan untuk mengetahui komponen yang terkandung dalam setiap nada saron. Komponen tersebut akan digunakan sebagai dasar pembentukan sinyal suara saron sintetis. Analisis yang dilakukan adalah analisis frekuensi pembentuk sinyal suara saron. Analisis tersebut dilakukan dengan mengubah data sinyal suara saron dari domain waktu ke domain frekuensi dengan menggunakan *Fast Fourier Transform (FFT)*. Nilai frekuensi yang didapat dari proses ini, akan digunakan untuk menghitung rentang/jarak frekuensi dengan suara saron baru yang akan dibangkitkan. Nilai rasio rentang frekuensi ini disebut dengan nilai *semitone* yang dapat dihitung dengan persamaan 1.

$$n = 12 \times \log_3 (Fn/Fo) \quad (1)$$

Semitone dikenal sebagai setengah langkah atau setengah nada. *Semitone* adalah interval musik terkecil yang digunakan dalam musik Barat. Nilai *semitone* mewakili jarak antara dua nada berurutan. Contohnya pada tuts piano nada C ke nada C# mempunyai nilai 1 *semitone*, nada C ke nada D mempunyai nilai 2 *semitone*, dan nada C ke nada E mempunyai nilai 4 *semitone*. Nilai Fo pada persamaan 1 adalah nilai frekuensi dari data suara saron yang akan disintesis. Sedangkan nilai F_n adalah nilai frekuensi tujuan atau frekuensi nada saron baru yang akan dibangkitkan.

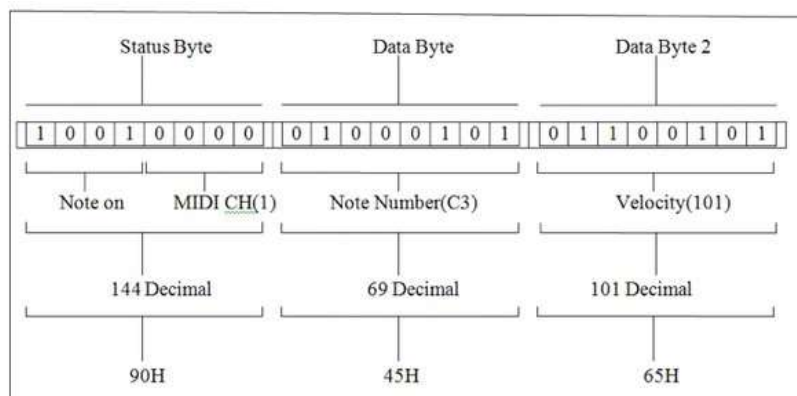
2. 3 Analisis Suara Gitar

Posisi nada gitar yang akan digunakan pada penelitian ini dibatasi dari *fret* 5 sampai *fret* 12 pada setiap senar gitar yang berjumlah 6 senar. Jika dihitung maka total ada 48 posisi *fret* senar yang dapat dipetik. Dari total 48 posisi yang dapat dipetik tersebut terdiri dari 32 nada gitar, hal ini dikarenakan adanya beberapa nada gitar yang sama atau harmonik di posisi *fret* dan senar tertentu, misalnya senar A *fret* ke-11 mempunyai nada yang sama dengan senar D *fret* ke-5.

Sinyal suara gitar dianalisis untuk mendapatkan komponen-komponen penting yang berperan sebagai referensi dalam proses pembangkitan suara saron sintesis. Secara garis besar dibutuhkan 2 komponen untuk menggunakan sinyal petikan gitar sebagai referensi pembangkitan suara. Komponen yang pertama adalah mendeteksi tinggi rendahnya nada atau *pitch detection*. *Pitch detection* dapat diterapkan dengan menggunakan metode FFT pada sinyal masukan gitar. Hasil dari analisis ini berupa nilai frekuensi nada gitar yang dipetik. Komponen berikutnya adalah mendeteksi adanya petikan gitar atau disebut dengan *onset detection*. Pada dasarnya *onset detection* adalah pendeteksi adanya perubahan puncak amplitudo pada suatu sinyal.

2. 4 MIDI Messages

Musical Instrument Digital Interface (MIDI) adalah standar untuk menghubungkan komputer, instrumen elektronik, dan berbagai perangkat terkait. MIDI mendefinisikan protokol untuk mengirim informasi musik antar perangkat. Data paling elemental dari MIDI disebut dengan *MIDI messages*. *MIDI messages* terdiri dari 3 *byte array*. [8] Penampakan dari 3 *byte array* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 MIDI Note Messages

Pada gambar 3 dapat diamati terdapat 3 byte data berupa status *byte*, data *byte*, dan data *byte* 2. Isi dari beberapa *byte* data tersebut merupakan sebuah pesan yang dapat digunakan dalam menghasilkan data suara pada MIDI. Status *byte* memiliki 2 data yang berisi *note on/off*, dan MIDI *channel* yang merepresentasikan kanal alat musik yang digunakan, total *channel* yang dapat digunakan berjumlah 16 *channel*. Data *byte* merepresentasikan nilai tinggi rendahnya nada yang akan dikirim sebagai pesan, banyaknya total rentang nada yang dapat dipakai adalah 0-127 nada. Data *byte* 2 berupa keras lembutnya suara yang akan dikirimkan sebagai pesan, data ini juga memiliki rentang 0-127. Jika data *byte* 2 bernilai 0 maka data tersebut juga dapat direpresentasikan sebagai *note off*. Pada contoh gambar 3 di atas pesan midi yang dikirim adalah *note on*, pada *channel* 1, dengan nada C3, dan dengan *volume* 101.

Pada penelitian ini digunakan modul *SCAMP (Suite for Computer-Assisted Music in Python)* untuk memproses data MIDI. [9] Pada penggunaan modul *SCAMP*, data *MIDI messages* dapat digunakan untuk memainkan data MIDI secara langsung pada program python, mengirim data MIDI ke DAW, maupun mengirim data MIDI ke perangkat lunak penulisan part musik berbentuk notasi balok. Pengiriman data MIDI dari program *SCAMP* ke DAW membutuhkan sebuah *port virtual MIDI*, di mana pada penelitian ini digunakan perangkat lunak *loopMIDI*.

Penggunaan modul SCAMP untuk mengirim MIDI *messages* sebenarnya menggunakan protokol pada umumnya, namun terdapat sedikit modifikasi. Data status MIDI tidak selalu dideklarasikan dalam pengiriman *note* MIDI *messages*. *Channel* yang berupa kanal alat musik akan dideklarasikan satu kali. Pada code pemrograman untuk memainkan nada MIDI secara internal di program python, *channel* tidak perlu dideklarasikan, namun diganti dengan pendeklarasian *file* soundfont yang digunakan. Sedangkan data *note on/off* direpresentasikan dengan besaran waktu durasi data tersebut akan dikirim. Besarnya nilai volume yang akan dikirim sebagai pesan adalah bilangan *float* antara 0-1 yang merepresentasikan data 0-127 dari protokol MIDI *messages* pada umumnya. Nilai data *byte* yang merepresentasikan tinggi rendahnya nada yang akan dikirimkan, didapatkan dari hasil deteksi pitch gitar yang berbentuk frekuensi lalu dikonversi oleh modul aubio ke dalam bentuk MIDI key. Pada Gambar 3 menunjukkan contoh potongan program dalam penggunaan modul SCAMP.

2. 5 Perancangan Sintesis Suara Saron

Metode *pitch shifting* berbasis *time stretch* dan *resampling* digunakan dalam proses sintesis suara saron. *Pitch Shifting* adalah operasi yang terdiri dari mengubah nada tanpa mengubah durasi suara. Sedangkan *time stretch* adalah sebaliknya, *time stretch* mengubah durasi dari suara tanpa mengubah nada. Dua operasi tersebut serupa, dan banyak algoritma *pitch shifting* didasarkan pada algoritma *time stretch* yang dikombinasikan dengan *resampling*. [10] Pembangkitan sinyal sintetis suara saron dilakukan dengan menggunakan parameter yang telah didapatkan pada proses sebelumnya, yaitu analisis frekuensi untuk mendapatkan rasio pergeseran frekuensi (nilai *semitone*).

Pada penelitian ini suara saron sintetis dibagi menjadi 2 kelompok data. Kelompok data tersebut adalah *file* saron sintetis yang telah dibangkitkan sesuai dengan nilai rata-rata frekuensi pada tiap bilah suara saron asli, dan *file* saron sintetis yang dibangkitkan sesuai dengan nilai frekuensi gitar yang akan digunakan. *File* saron sintetis sesuai dengan frekuensi nada gitar akan disimpan ke dalam bentuk *file* soundfont (.sf2), proses ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Polyphone*. *File* soundfont adalah kumpulan *file* suara yang dapat digunakan untuk memainkan *file* MIDI atau *note* MIDI *messages*. Jika suatu *file* MIDI dimainkan menggunakan *file* soundfont piano maka suara piano akan didengar sesuai dengan data-data referensi, baik tinggi rendahnya nada, durasi, volume, dsb sesuai dengan informasi pada *file* MIDI yang dimainkan.

2. 6 Perancangan Sistem Pembangkitan Suara Saron Sintetis dari Petikan Gitar

Perancangan sistem pembangkitan suara saron dari petikan gitar dibuat sebisa mungkin untuk bekerja secara *real time*, dengan tujuan sistem ini dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Metode-metode yang membutuhkan komputasi ringan dan cepat, sangat dibutuhkan dalam sistem ini. Dengan metode seperti itu, sistem diharapkan mampu memberi data referensi untuk membangkitkan suara saron sintetis dengan cepat, dan memiliki waktu tunda yang minim antara *input* petikan gitar dengan pemrosesan data referensi.

Pada penelitian ini dipilih *pitch detection* dan *onset detection* yang mempunyai ketepatan deteksi dan waktu eksekusi terbaik. Penerapan YIN FFT dipilih karena mempunyai perhitungan yang cepat dengan tingkat akurasi yang baik. [11] Sedangkan untuk *onset detection* metode yang digunakan adalah dengan menggunakan algoritma *HFC* (*High Frequency Content*). Metode ini menghitung Konten Frekuensi Tinggi dari bingkai spektral *input*. Fungsi yang dihasilkan efisien dalam mendeteksi perkusi. [12]

Nilai *onset* yang didapatkan dari metode *onset detection* akan digunakan sebagai sinyal adanya petikan gitar, dan sebagai sinyal untuk memulai pembangkitan suara saron sintetis. *Onset* yang digunakan untuk membangkitkan suara saron sintetis dibatasi pada *level* tertentu agar system hanya mendeteksi petikan gitar dan menahan sinyal lain. Nilai *pitch* yang didapatkan dari metode *pitch detection* berupa nilai frekuensi dari petikan gitar. Frekuensi yang didapatkan pada tiap petikan gitar dikonversi ke dalam *note* MIDI. *Note* MIDI yang didapatkan, digunakan untuk menentukan tinggi rendahnya nada saron sintetis dalam bentuk *soundfont* yang akan dimainkan.

2. 7 Perancangan Pengujian Sistem

Pengujian sistem pada penelitian ini terbagi menjadi 2, yaitu pengujian data saron sintetis yang dianalisis dengan data suara saron asli, dan pengujian sinyal *input* gitar dengan suara saron sintesis yang di *dibangkitkan*. Pada pengujian saron, digunakan *file* suara saron asli berjumlah 21 data, dengan suara saron sintetis hasil dari *pitch shifting*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan 3 data suara dari tiap bilah saron dengan 1 suara saron sintesis pada nama bilah yang sama. Pengujian yang dilakukan adalah mencari nilai kesamaan dari 2 data dengan menghitung koefisien korelasi silang. Jika nilai koefisien mendekati 1 maka ke-2 data yang dibandingkan mempunyai nilai kesamaan yang tinggi.

Hal yang akan diuji pada pengujian gitar sebagai referensi pembangkitan saron sintetis, yaitu menguji waktu penundaan dengan menganalisis *file* rekaman gitar asli dengan *file* MIDI yang merepresentasikan data referensi untuk membangkitkan suara saron sintetis. Pada pengujian penundaan waktu, petikan gitar dengan hasil data referensi suara saron sintetis dianalisis menggunakan bantuan *software DAW Reaper (Digital Audio Workstation)*. *Software* tersebut adalah *software* yang dapat digunakan untuk perekaman dan pemrosesan data suara. Dari *software* tersebut dapat diamati nilai penundaan dengan melakukan *trim* (memilih *part*) antara *track audio* gitar dan *track MIDI*. Hasil dari *trim* tersebut akan menampilkan panjang penundaan yang dapat diamati dalam satuan waktu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1 Hasil Saron Sintetis

Dari 21 data saron yang digunakan dalam penelitian ini, dipilih data saron yang memiliki ciri terdekat dengan semua nada saron. Nada saron yang terpilih digunakan sebagai data utama pada proses sintesis saron. Pada penelitian ini dipilih nada saron nem sebagai data utama, alasannya adalah mengacu pada penelitian[1]. Dari penelitian tersebut didapatkan nilai rata-rata koefisien *curve fitting* pembentuk ciri suara saron sebesar -1,5283. Nada nem ditetapkan sebagai data utama pada proses sintesis saron dikarenakan memiliki nilai terdekat dari rata-rata koefisien tersebut, yaitu sebesar -1,6506.

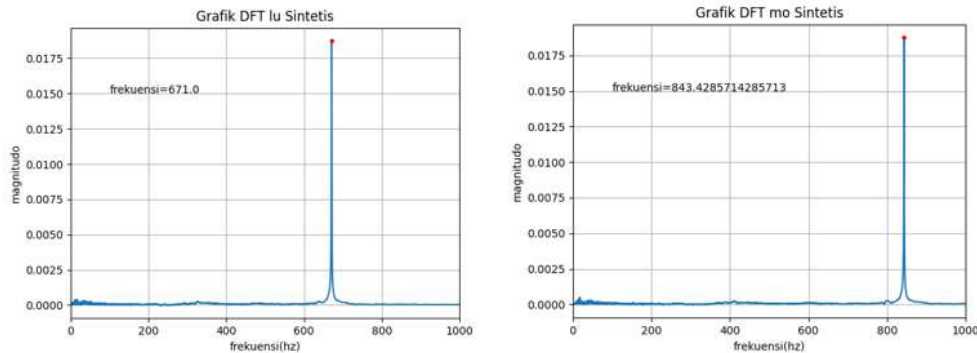
Penerapan sintesis saron menggunakan metode *pitch shifting* dilakukan dengan menggunakan fungsi *librosa.effects.pitch_shift* dari modul *librosa* pada pemrograman *python*. Fungsi tersebut membutuhkan parameter berupa sinyal *audio* yang berbentuk data *array*, frekuensi sampling, dan nilai *semitone*. Sinyal *audio* didapatkan dari hasil pembacaan *file* dengan menggunakan fungsi *librosa.load*. Frekuensi sampling ditentukan sebesar 44100 *Hz* sesuai dengan nilai frekuensi sampling standard audio. Nilai *semitone* didapatkan dari proses perhitungan pada persamaan 1. Gambar 3 adalah contoh potongan penulisan kode program sintesis yang dapat dijalankan dengan bahasa *python* menggunakan modul *librosa*.

```
6 #file saron yang akan disintesis
7 path = 'F:/SKRIPSI 2022/File Penting/Data saron/saron_3_fix/06 nem-3.wav'
8
9 #membaca file saron dan ditentukan frekuensi sampling sebesar 44100hz
10 sinyal,fs = librosa.load(path,fs = 44100)
11
12 #kode pitch shifting dengan sinyal merupakan data array dari hasil pembacaan,
13 fs=44100hz, dan nilai semitone adalah rasio pergeseran frekuensi.
14 hasil = librosa.effects.pitch_shift(sinyal, sr=fs, n_steps=Semitone)
```

Gambar 3 Potongan *code* program sintesis menggunakan modul *Librosa*

Untuk memastikan keberhasilan dalam proses sintesis, analisis sinyal suara saron sintetis dilakukan menggunakan metode *DFT (Discrete Fourier Transform)*, untuk menampilkan sinyal pada domain frekuensi. Beberapa hasil dari analisis frekuensi ditunjukkan pada Gambar 4. Pada Gambar 4 didapatkan nilai frekuensi pada nada saron lu sintetis sebesar 671 *Hz* dan nada mo sintetis sebesar 843.43 *Hz*. Sedangkan pada Tabel 1, ditunjukkan rangkuman dari rata-rata nilai

frekuensi fundamental setiap data saron asli dibandingkan dengan frekuensi saron sintetis. Dari Tabel 1 didapatkan nilai rata-rata selisih frekuensi antara nada saron asli dengan saron sintetis sebesar 0,082 Hz. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa proses sintesis berjalan dengan baik dan menghasilkan *output* dengan kemiripan frekuensi yang baik.



Gambar 4 Grafik analisis suara saron sintetis dalam domain frekuensi

Tabel 1 Selisih nilai frekuensi saron sintetis dengan rata-rata frekuensi saron asli

Nama file	Frekuensi	Rata-Rata Frekuensi saron asli	selisih
shifted_ji.wav	570.857	570.714	0.143
shifted_ro.wav	619.286	619.381	0.095
shifted_lu.wav	671	670.857	0.143
shifted_pat.wav	787.429	787.571	0.143
shifted_mo.wav	843.429	843.476	0.048
shifted_nem.wav	899.857	899.857	0.000
shifted_pi.wav	997.286	997.286	0.000
Rata-rata			0.082

Tahap selanjutnya setelah dipastikan saron sintetis memiliki frekuensi yang mendekati frekuensi saron asli, maka proses sintesis saron dilakukan kembali dengan nilai frekuensi tujuan dari nada gitar yang akan dipakai sebagai referensi pembangkitan suara saron. Penelitian ini menggunakan 32 nada gitar dari nada A2 pada posisi senar E *fret* ke 5 (5^E) sampai nada e5 pada posisi senar e *fret* ke 12. Pada tahap akhir, hasil saron sintetis sesuai dengan 32 nada gitar tersebut akan dikonversi menjadi *file soundfont* dengan bantuan perangkat lunak *Polyphone*.

3. 2 Hasil Deteksi Gitar Sebagai Pembangkit Suara Saron

Nilai *onset* dari deteksi petikan gitar, yang dipakai sebagai *threshold trigger* pembangkitan suara saron sintetis adalah sebesar 0,3. Penentuan batasan ini bervariasi, tergantung pada perangkat keras yang dipakai dan pengaturan *volume input* gitar yang digunakan. Pada penelitian ini *volume input* yang digunakan pada *input soundcard* adalah sebesar 40%. Tujuan dari pembatasan nilai *onset* yang digunakan adalah untuk memfilter suara petikan gitar dan memblokir suara lain selain dari petikan gitar. Dari hasil *onset detection* didapatkan nilai yang bervariasi antara 0,5-2. Variasi ini terjadi berdasarkan kuat lembutnya petikan senar gitar dan pengaturan *input volume* gitar.

Pada penelitian ini *pitch detection* bekerja sangat baik. Setiap petikan senar gitar yang dideteksi oleh metode YIN FFT menghasilkan *output* berupa nilai *pitch* yang berbentuk nilai frekuensi. Nilai frekuensi yang didapat dikonversi menjadi MIDI *key* sebagai referensi pembangkitan saron sintetis. Dalam proses konversi frekuensi menjadi MIDI *key* digunakan fungsi *aubio.freq2note* lalu dilanjutkan oleh fungsi *aubio.note2midi*. Jika dilihat pada program fungsi *aubio.freq2note*, nilai frekuensi yang dideteksi sebagai nilai dengan tipe data float akan ditambah dengan 0,5 dan dikonversi menjadi int. Dengan menambahkan 0,5 *hz* artinya fungsi ini memberikan nilai koreksi sebesar 0,5 *hz*. Hal ini cukup berguna dalam mengatasi pembacaan *pitch* nada gitar yang terkadang kurang tepat, karena faktanya senar gitar cenderung akan sedikit mengalami tuning nada ke bawah. Dilihat dari Gambar 5 pada pembacaan ke-3 *pitch detection*

sinyal gitar didapatkan nilai frekuensi sebesar 154.57 Hz dan *note* MIDI 51. Nilai frekuensi dari *note* MIDI 51 seharusnya adalah 155 Hz . Dengan demikian dapat dibuktikan bahwa terjadi koreksi nilai pada proses konversi frekuensi ke *note* MIDI sebesar 0.5 Hz .

```
f:/SKRIPSI 2022/Python code sendiri/FIX_FOLDER/000G
rprisingly on unicode inputs. Use frombuffer instead
samples = np.fromstring(data, dtype=np.float32)
frekuensi terdeteksi: 139.70480 note midi: 49
frekuensi terdeteksi: 143.8249 note midi: 50
frekuensi terdeteksi: 154.57625 note midi: 51
frekuensi terdeteksi: 142.60002 note midi: 50
frekuensi terdeteksi: 151.0154 note midi: 50
frekuensi terdeteksi: 155.46284 note midi: 51
frekuensi terdeteksi: 149.84421 note midi: 50
Finished recording.
```

Gambar 5 Hasil *Running Program Python* untuk mendeteksi frekuensi gitar dan *note* midi

3. 3 Hasil Pengujian Sistem

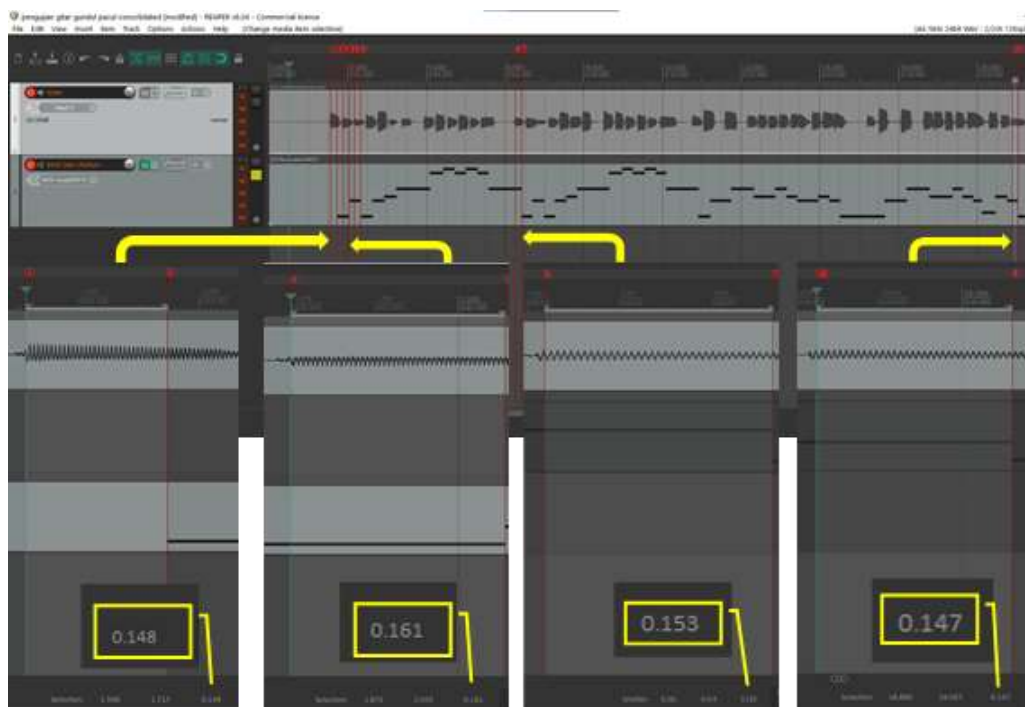
Hasil pengujian pada penelitian ini berupa pengujian data saron sintetis dan pengujian deteksi sinyal gitar sebagai referensi pembangkitan suara. Pengujian data saron dilakukan dengan membandingkan nilai kesamaan saron sintetis dengan data saron asli menggunakan metode korelasi silang. Sedangkan pengujian gitar dilakukan dengan melakukan analisis penundaan dengan membandingkan sinyal *input* gitar dan *output* sistem yang berbentuk *MIDI track*.

Data saron sintetis yang diuji dengan data suara saron asli pada sistem ini menghasilkan nilai koefisien korelasi silang yang baik. Koefisien korelasi silang tertinggi terdapat pada *file* ke-3 nada nem (nem-3) dengan nilai 1, dan nilai terendah adalah *file* nada ro-1 dengan nilai 0,824. Nilai 1 pada perbandingan nada nem-3 didapatkan karena data tersebut digunakan sebagai sumber data utama pada proses *pitch shifting*. Dengan kata lain, data nem-3 mempunyai perhitungan *semitone* 0, yang artinya tidak terjadi proses *pitch shifting* pada nada tersebut. Nilai rata-rata koefisien korelasi silang dari semua hasil pengujian ke-21 suara saron asli dibanding dengan suara saron sintetis adalah 0,916. Hal ini menunjukkan bahwa suara saron sintesis memiliki kemiripan yang tinggi dengan suara aslinya. Tabel hasil pengujian suara saron asli dengan saron sintetis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengujian koefisien korelasi silang saron asli dan sintetis

Nama Bilah	Saron Sintetis	Koefisien <i>xcorr</i>
01 ji-1.wav	Ji_sintetis.wav	0.927
01 ji-2.wav		0.926
01 ji-3.wav		0.926
02 ro-1.wav	Ro_sintetis.wav	0.824
02 ro-2.wav		0.846
02 ro-3.wav		0.842
03 lu-1.wav	Lu_sintetis.wav	0.924
03 lu-2.wav		0.911
03 lu-3.wav		0.919
04 pat-1.wav	Pat_sintetis.wav	0.926
04 pat-2.wav		0.922
04 pat-3.wav		0.907
05 mo-1.wav	Mo_sintetis.wav	0.923
05 mo-2.wav		0.919
05 mo-3.wav		0.917
06 nem-1.wav	Nem_sintetis.wav	0.973
06 nem-2.wav		0.969
06 nem-3.wav		1.000
07 pi-1.wav	Pi_sintetis.wav	0.922
07 pi-2.wav		0.924
07 pi-3.wav		0.899
Tertinggi		1.000
Terendah		0.824
Rata rata		0.916

Pada pengujian sinyal gitar sebagai referensi pembangkitan suara saron dilakukan dengan menentukan waktu penundaan antara *input* petikan gitar dengan nada saron sintetis yang berhasil dibangkitkan. Proses pengujian dilakukan dengan menganalisis selisih panjang *track* antara nada-nada dari hasil rekam *input* gitar, dengan hasil rekam *track* MIDI menggunakan *software* DAW *Reaper*. Pengujian ini dilakukan dengan memainkan lagu gundul-gundul pacul. Hasil rekaman gitar merupakan data dari suara *input* gitar asli, sedangkan hasil rekaman MIDI berasal dari akumulasi data berbentuk MIDI *message*, yang dikirim dari program deteksi sinyal gitar. Hasil pengujian penundaan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Hasil pengujian penundaan sinyal gitar dan *output* sistem

Dari Gambar 6, dapat diamati terdapat beberapa tanda garis merah yang dibuat dalam *track workspace*. Beberapa tanda tersebut ditempatkan di 2 titik di mana suatu nada mulai bersuara. Titik pertama ditempatkan di awal nada sinyal *input* gitar dan titik berikutnya ditempatkan di awal nada *note* MIDI dimainkan. Dengan menghitung jarak antara ke-2 titik yang sudah dibuat maka waktu penundaan dapat dianalisis. Pada penelitian ini digunakan 4 *sample* data jarak yang ditempatkan pada awal, pertengahan, dan akhir dari keseluruhan *track* rekaman. Dari 4 *sample* yang dianalisis didapatkan nilai penundaan sebesar 0.148, 0.161, 0.153, dan 0.147 detik. Dengan begitu nilai rata-rata penundaan antara sinyal *input* gitar dengan *output* sistem sebesar 0.152 detik. Dengan waktu penundaan rata-rata sebesar 0.152 detik, implementasi sistem pembangkitan suara saron sintetis dengan petikan gitar dapat diterapkan dalam permainan musik dengan tempo lambat ke sedang dan dapat digunakan untuk perekaman *file* MIDI.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah implementasi sintesis suara saron menggunakan petikan senar gitar dengan metode *pitch shifting* telah berhasil dibuat, dengan hasil kemiripan nada saron dengan nada sintetis sebesar 91.6% dan rata-rata waktu penundaan pembacaan *input* sinyal gitar dengan *output* sistem sebesar 0.152 detik. Dengan hasil tersebut sistem pembangkitan saron sintetis ini dapat digunakan dalam permainan musik dengan tempo rendah atau sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. I. Hasan and U. G. Mada, "Pembangkitan Warna Suara Saron Sintetis Berdasarkan Petikan Senar Gitar (Synthesis of Saron Timbre Based on Guitar String Picking) Berdasarkan Petikan Senar Gitar Based on Guitar String Picking," no. October 2017, 2019, [Online]. Available: http://etd.repository.ugm.ac.id/home/detail_pencarian/129657 [Accessed: 20 Oktober 2019]
- [2] B. Oscar, Y. K. Suprpto, and S. Hardiristanto, "Pembangkitan Suara Sintetik Berbasis Spectrum Density pada Gamelan Kelompok Balungan," pp. 1–6, 2014, [Online]. Available: <https://docplayer.info/35996267-Pembangkitan-suara-sintetik-berbasis-spectrum-density-pada-gamelan-kelompok-balungan.html> [Accessed: 7 Juni 2019]
- [3] Y. Pramudya, L. Widayanti, and F. Melliagrina, "Frequency Measurement of Bonang Barung and Peking in Javanese Gamelan using Audacity," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1075, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1075/1/012047.
- [4] L. M. Craig and R. Mitchell Parry, "A real-time audio effect plug-in inspired by the processes of traditional Indonesian gamelan music," *Proc. Int. Conf. Digit. Audio Eff. DAFx*, pp. 75–82, 2019, [Online]. Available: https://www.dafx.de/paper-archive/2019/DAFx2019_paper_52.pdf [Accessed: 21 April 2021]
- [5] I. M. Widiartha and A. A. I. N. Karyawati, "Aplikasi Gamelan Caruk Berbasis Mobile Menggunakan Metode Sintesis Suara Modified Frequency Modulation," *J. Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 1, p. 37, 2018, doi: 10.24843/jik.2018.v11.i01.p05.
- [6] M. Ichwan, M. Gustiana, and A. Syafiudin, "Implementasi Metoda Unit Selection Synthesizer Dalam Pembuatan Speech Synthesizer Suara Suling Recorder," *MIND J.*, vol. 3, no. 1, pp. 77–92, 2019, doi: 10.26760/mindjournal.v3i1.77-92.
- [7] P. J. A. Malau and Y. Suyanto, "Sintesis Taganing Adaptif Menggunakan Metode Pitch Shifting by Delay-Line Based untuk Standardisasi Gondang Batak Toba," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 10, no. 2, p. 131, 2020, doi: 10.22146/ijeis.37659.
- [8] E. M. Budi and A. S. Sarwono Hermawan K. Dipojono, Andrianto Handojo, Joko, "Improved MIDI Message for Robotic Angklung Choir," *Second Int. Conf. Informatics Eng. Inf. Sci.*, no. November, pp. 155–162, 2013, [Online]. Available: <http://sdiwc.net/digital-library/improved-midi-message-for-robotic-angklung-choir> [Accessed: 5 Oktober 2019]
- [9] M. P. Evanstein, "SCAMP : Suite for Computer-Assisted Music in Python," no. July, 2019, [Online]. Available: http://marcevanstein.com/Writings/Evanstein_MAT_Thesis_SCAMP.pdf [Accessed: 22 Maret 2021]
- [10] T. Royer, "Pitch-shifting algorithm design and applications in music," pp. 1–93, 2019, [Online]. Available: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1381398/FULLTEXT01.pdf> [Accessed: 29 Maret 2021]
- [11] A. de Cheveigné and H. Kawahara, "YIN, a fundamental frequency estimator for speech and music," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 111, no. 4, pp. 1917–1930, 2002, doi: 10.1121/1.1458024.
- [12] S. Böck, A. Arzt, F. Krebs, and M. Schedl, "Online real-time onset detection with recurrent neural networks," *Proc. Int. Conf. Digit. Audio Eff. DAFx*, pp. 15–18, 2012, [Online]. Available: https://www.dafx12.york.ac.uk/papers/dafx12_submission_4.pdf [Accessed: 18 April 2021]