



TESIS TE142599

TRANSKRIPSI MUSIK GAMELAN JAWA MENGUNAKAN SHORT TIME FOURIER TRANSFORM (STFT)

LIZA FITRIA
2213205006

Dosen Pembimbing:
Prof. Ir. Mauridhi Hery P., M.Eng, Ph.D
Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS TE142599

MUSIC TRANSCRIPTION OF JAVANESE GAMELAN USING SHORT TIME FOURIER TRANSFORM (STFT)

LIZA FITRIA
2213205006

Supervisors:
Prof. Ir. Mauridhi Hery P., M.Eng, Ph.D
Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc

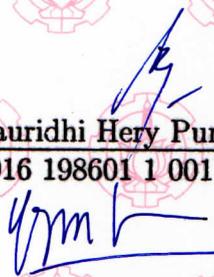
MASTER PROGRAM
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

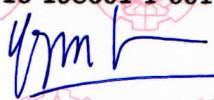
oleh :
Liza Fitria
NRP. 2213205006

Tanggal Ujian : 17 Juni 2015
Periode Wisuda : September 2015

Disetujui oleh:


Prof. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng, Ph.D.
NIP. 19580916 198601 1 001

(Pembimbing I)


Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc.
NIP. 19540925 197803 1 001

(Pembimbing II)


Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.
NIP. 19690730 199512 1 001

(Penguji I)


Dr. Adhi Dharma Wibawa, ST., MT.
NIP. 19760505 200812 1 003

(Penguji II)


Mengetahui,
Direktur Program Pascasarjana ITS
Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT.
NIP. 19640405 199002 1 001

TRANSKRIPSI MUSIK GAMELAN JAWA MENGUNAKAN *SHORT TIME FOURIER TRANSFORM* (STFT)

Nama Mahasiswa : Liza Fitria
NRP : 2213205006
Pembimbing I : Prof. Ir. Mauridhi Hery P., M.Eng, Ph.D.
Pembimbing II : Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc.

Abstrak

Panduan notasi musik yang digunakan untuk memainkan alat musik tradisional seperti Gamelan, sangat dibutuhkan oleh pemain dalam memainkan kembali alat musik tersebut. Pada umumnya, panduan notasi musik ini dibuat oleh seniman musik yang sudah banyak memiliki pengalaman dalam menciptakan karya musik Gamelan. Saat ini, seniman musik yang dapat menulis notasi musik Gamelan menjadi sebuah panduan musik sudah mulai berkurang. Berkurangnya seniman musik ini, menyebabkan adanya sebuah usulan penelitian mengenai transkripsi musik Gamelan yang bertujuan untuk menulis kembali notasi musik Gamelan dan dijadikan sebagai panduan notasi musik. Transkripsi musik yang dilakukan tersebut, yaitu mengubah suatu sinyal musik ke dalam representasi notasi angka. Proses pengubahan sinyal musik ke dalam representasi notasi angka ini dilakukan dengan menggunakan sebuah metode yang disebut STFT (Short Time Fourier Transform). Hasil representasi sinyal musik menjadi notasi angka dari STFT akan dibandingkan dengan notasi musik asli yang dimainkan, sehingga tingkat keberhasilan dari metode STFT dalam menghasilkan notasi musik tersebut menunjukkan bahwa notasi yang dihasilkan dapat dijadikan sebuah panduan musik. Tingkat keberhasilan yang diperoleh dari metode STFT dalam penelitian transkripsi musik menggunakan satu instrumen adalah 93.48% , sedangkan transkripsi menggunakan dua instrumen adalah 79.99%.

Kata-kunci: *Transkripsi musik, Gamelan, STFT (Short Time Fourier Transform)*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

MUSIC TRANSCRIPTION OF JAVANESE GAMELAN USING SHORT TIME FOURIER TRANSFORM (STFT)

Name : Liza Fitria
NRP : 2213205006
Promotor : Prof. Ir. Mauridhi Hery P., M.Eng, Ph.D.
Co-Promotor : Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc.

Abstract

Guide of music notation which used to play traditional instrument, such as Gamelan, is needed by players for playing back the instrument. In general, this musical notation guide created by musical artists who has been having a lot of experience in creating Gamelan music. At present, artists of music who can write notation of Gamelan music into a music guide have begun to diminish. The lack of artists who can add notation to represent gamelan, cause a research of transcription happens which aimed to rewrite the notation of Gamelan music and useful as a music notation guide. Music transcription which performed is to transform a music signal into number notation representation. The transformation process of a music signal into the number notation representation is performed using a method called STFT (Short Time Fourier Transform). Results representation of the music signal into numbers notation from STFT will be compared with the original musical notation being played, thus the success rate of STFT method in generating the music notation indicates that the notation which is generated can be used as a music guide. The success rate which obtained from STFT method in the research of music transcription using one instrument is 93.48%, while transcription using two instruments is 79.99%.

Key-words: *Music Transcription, Gamelan, STFT(Short Time Fourier Transform)*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
NOMENKLATUR	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat dan Kontribusi Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 <i>State of The Art</i>	5
2.2 Gamelan	7
2.2.1 Macam-macam Gamelan	7
2.2.2 Nada Dasar dan Notasi Gamelan	10
2.3 Suara Gamelan Sintetik	11
2.3.1 Jenis Suara Gamelan Sintetik	11
2.3.2 Pembuatan Suara Gamelan <i>Full Synthetic</i>	12
2.3.3 Pembuatan Suara Gamelan <i>Semi Synthetic</i>	17
2.4 Jarak Antar Notasi Musik	18
2.5 <i>Fourier Transform</i>	21
2.5.1 Fourier Transform yang Berkesinambungan	21
2.5.2 Inversi Fourier Transform untuk fungsi berkesinambungan	22
2.5.3 <i>Discrete Fourier Transform</i>	22
2.5.4 <i>Fast Fourier Transform</i>	22
2.6 STFT(<i>Short Time Fourier Transform</i>)	23
2.7 Teknik Perekaman Musik Akustik Gamelan	25
2.7.1 <i>Microphone</i>	25
2.7.2 Teknik Penggunaan <i>Microphone</i> dalam Perekaman Suara Musik Gamelan	26

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1	Data Penelitian	27
3.2	Desain Penelitian	28
3.2.1	Pengolahan Sinyal Musik Menggunakan STFT	29
3.2.2	<i>Filtering</i> Sinyal	32
3.2.3	<i>Threshold</i>	37
3.2.4	<i>Notation Generating</i>	38
3.2.5	<i>Evaluasi Kesalahan Hasil</i>	39
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Hasil Penelitian	41
4.1.1	Hasil Pengujian Menggunakan Sampel Suara Saron Slendro	41
4.1.2	Hasil Pengujian Menggunakan Sampel Suara Peking Slendro	45
4.1.3	Hasil Pengujian Menggunakan Sampel Suara Gabungan Saron dan Peking Slendro	48
4.2	Evaluasi Kesalahan Hasil Penelitian	52
4.2.1	Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Saron Slendro	52
4.2.2	Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Peking Slendro	59
4.2.3	Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Saron - Peking Slendro	66
4.3	Keakurasian Metode Penelitian	72
4.4	Pengujian Perbandingan Hasil Penelitian Sampel Suara Akustik dan <i>Full Synthetic</i>	75
4.4.1	Hasil Pengujian Pada Sampel Suara Satu Instrumen <i>Full Synthetic</i>	76
4.4.2	Hasil Pengujian Pada Sampel Suara Dua Instrumen <i>Full Synthetic</i>	79
4.4.3	Hasil Pengujian Pada Sampel Suara Tiga Instrumen <i>Full Synthetic</i>	83
4.4.4	Hasil Pengujian Pada Sampel Suara Empat Instrumen <i>Full Synthetic</i>	88
4.4.5	Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Satu Instrumen <i>Full Synthetic</i>	92
4.4.6	Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Dua Instrumen <i>Full Synthetic</i>	93
4.4.7	Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Tiga Instrumen <i>Full Synthetic</i>	93
4.4.8	Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Empat Instrumen <i>Full Synthetic</i>	94
4.4.9	Hasil Perbandingan dari Pengujian antara Jenis Musik Akustik dan <i>Full Synthetic</i>	95

BAB V	KESIMPULAN	97
5.1	Kesimpulan	97
5.2	Penelitian Lanjutan	98
DAFTAR PUSTAKA		99
LAMPIRAN		101
A	Prediksi Notasi Hasil STFT Musik Akustik Satu Instrumen	103
B	Prediksi Notasi Hasil STFT Musik Akustik Dua Instrumen	113
C	Biografi Penulis	119

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Frekuensi Dasar Saron dan Peking Slendro	11
Tabel 2.2	Tabel Perbandingan Jarak cent Musik pada Jenis Musik Slendro	19
Tabel 2.3	Tabel Perbandingan Jarak cent Musik pada Jenis Musik Pelog	20
Tabel 3.1	Notasi Musik yang Digunakan dalam Penelitian	27
Tabel 3.2	Frekuensi Dasar Saron dan Peking Slendro dari Beberapa Gamelan	33
Tabel 4.1	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 1	53
Tabel 4.2	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 2	53
Tabel 4.3	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 3	54
Tabel 4.4	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 4	55
Tabel 4.5	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 5	55
Tabel 4.6	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 6	56
Tabel 4.7	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 7	57
Tabel 4.8	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 8	57
Tabel 4.9	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 9	58
Tabel 4.10	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 10	59
Tabel 4.11	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 1	59
Tabel 4.12	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 2	60
Tabel 4.13	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 3	61
Tabel 4.14	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 4	61
Tabel 4.15	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 5	62

Tabel 4.16	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 6	63
Tabel 4.17	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 7	63
Tabel 4.18	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 8	64
Tabel 4.19	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 9	65
Tabel 4.20	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 10	65
Tabel 4.21	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 1)	66
Tabel 4.22	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 2)	67
Tabel 4.23	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 3)	67
Tabel 4.24	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 4)	68
Tabel 4.25	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 5)	69
Tabel 4.26	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 6)	69
Tabel 4.27	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 7)	70
Tabel 4.28	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 8)	71
Tabel 4.29	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 9)	71
Tabel 4.30	Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 10)	72
Tabel 4.31	Tabel Hasil Pengujian Terhadap Sampel Suara Satu Instrumen	74
Tabel 4.32	Tabel Hasil Pengujian Terhadap Sampel Suara Satu Instrumen	75
Tabel 4.33	Tabel Evaluasi Notasi Sampel Suara Saron <i>Full Synthetic</i>	92
Tabel 4.34	Tabel Evaluasi Notasi Sampel Suara Saron dan Peking <i>Full Synthetic</i>	93
Tabel 4.35	Tabel Evaluasi Notasi Sampel Suara Demung, Saron, dan Peking <i>Full Synthetic</i>	94
Tabel 4.36	Tabel Evaluasi Notasi Sampel Suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem <i>Full Synthetic</i>	94
Tabel 4.37	Tabel Perbandingan Tingkat Kesalahan Notasi yang Dihasilkan Antara Jenis Musik Akustik dan <i>Full Synthetic</i>	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Saron	8
Gambar 2.2	Bonang	8
Gambar 2.3	Celempong	9
Gambar 2.4	Gambang	9
Gambar 2.5	Gender	10
Gambar 2.6	Peking	10
Gambar 2.7	<i>Envelope</i> Sinyal Saron <i>Full Synthetic</i>	13
Gambar 2.8	Sinyal Saron Nada 1 <i>Full Synthetic</i>	14
Gambar 2.9	Contoh Sinyal Saron <i>Full Synthetic</i> dengan Notasi 3 2 3 2 1 2	15
Gambar 2.10	Contoh Sinyal Saron-Peking <i>Full Synthetic</i>	16
Gambar 2.11	Contoh Sinyal Saron <i>Semil Synthetic</i> dengan Notasi 3 2 3 2 1 2	17
Gambar 2.12	Grafik Perbandingan Jarak Notasi Musik Slendro	20
Gambar 2.13	Grafik Perbandingan Jarak Notasi Musik Pelog	21
Gambar 2.14	Bagan STFT Tanpa Overlap dan STFT Overlap	24
Gambar 2.15	Hasil Spektrum (a). STFT Tanpa Overlap (b). STFT Overlap	24
Gambar 2.16	<i>Microphone</i> TOA	25
Gambar 2.17	<i>E-MU 0404</i> USB	26
Gambar 3.1	Blok Diagram Tahapan Penelitian	28
Gambar 3.2	Sinyal Musik dalam Domain Waktu	29
Gambar 3.3	Tahapan STFT (<i>Short Time Fourier Transform</i>)	30
Gambar 3.4	Proses Pembagian Sinyal untuk Setiap <i>Frame</i> di dalam STFT	31
Gambar 3.5	Jalur Notasi Nada "Ji" Saron Slendro	35
Gambar 3.6	Nilai-nilai Amplitudo Maksimum Pada Jalur Notasi Nada "Ji"	36
Gambar 3.7	Jalur Terbanyak Mengandung Nilai Amplitudo Maksimum	36
Gambar 3.8	Sinyal yang Terbentuk dari Proses <i>Filtering</i>	37
Gambar 4.1	Sinyal Asli Suara Saron 1 Hasil Rekaman	42
Gambar 4.2	Hasil STFT dari Sinyal Asli Suara Saron 1	42
Gambar 4.3	Hasil <i>Filtering</i> Sinyal dari Sinyal STFT Suara Saron 1	43
Gambar 4.4	Hasil <i>Threshold</i> Sinyal Suara Saron 1 dari Hasil Tahap <i>Filtering</i>	44
Gambar 4.5	Hasil Sinyal Suara Saron 1 dari Tahap <i>Notation Gener-</i> <i>ating</i>	44

Gambar 4.6	Sinyal Asli Suara Peking 1 Hasil Rekaman	45
Gambar 4.7	Hasil STFT dari Sinyal Asli Suara Peking 1	46
Gambar 4.8	Hasil <i>Filtering</i> Sinyal dari Sinyal STFT Suara Peking 1	46
Gambar 4.9	Hasil <i>Threshold</i> Sinyal Suara Peking 1 dari Hasil Tahap <i>Filtering</i>	47
Gambar 4.10	Hasil Sinyal Suara Peking 1 dari Tahap <i>Notation</i> <i>Generating</i>	48
Gambar 4.11	Sinyal Asli Gabungan Suara Saron-Peking 1 Hasil Rekaman	49
Gambar 4.12	Hasil STFT dari Sinyal Asli Gabungan Suara Saron - Peking 1	49
Gambar 4.13	Hasil <i>Filtering</i> Sinyal STFT Suara Saron - Peking 1 . . .	50
Gambar 4.14	Hasil <i>Threshold</i> Sinyal Suara Saron - Peking 1	51
Gambar 4.15	Hasil Sinyal Suara Saron - Peking 1 dari Tahap <i>Notation Generating</i>	52
Gambar 4.16	Sinyal Asli Suara Saron <i>Full Synthetic</i>	76
Gambar 4.17	Hasil STFT dari Sinyal Asli Suara Saron <i>Full Synthetic</i>	77
Gambar 4.18	Hasil <i>Filtering</i> Sinyal STFT Suara Saron <i>Full Synthetic</i>	77
Gambar 4.19	Hasil <i>Threshold</i> Sinyal Suara Saron <i>Full Synthetic</i>	78
Gambar 4.20	Sinyal Saron <i>Full Synthetic</i> Hasil <i>Notation Generating</i> .	79
Gambar 4.21	Sinyal Asli Suara Saron dan Peking <i>Full Synthetic</i>	80
Gambar 4.22	Hasil STFT Suara Saron dan Peking <i>Full Synthetic</i>	80
Gambar 4.23	Hasil <i>Filtering</i> Sinyal Suara Saron - Peking <i>Full Synthetic</i>	81
Gambar 4.24	Hasil <i>Threshold</i> Sinyal Suara Saron dan Peking <i>Full</i> <i>Synthetic</i>	82
Gambar 4.25	Sinyal Saron-Peking 1 <i>Full Synthetic</i> Hasil <i>Notation</i> <i>Generating</i>	83
Gambar 4.26	Sinyal Suara Asli <i>Full Synthetic</i> dari Tiga Instrumen . . .	84
Gambar 4.27	Sinyal STFT dari Suara <i>Full Synthetic</i> Tiga Instrumen .	84
Gambar 4.28	Sinyal Suara <i>Full Synthetic</i> Tiga Instrumen Hasil <i>Filtering</i>	85
Gambar 4.29	Hasil <i>Threshold</i> Sinyal Suara <i>Full Synthetic</i> Tiga Instrumen	86
Gambar 4.30	Sinyal <i>Full Synthetic</i> Tiga Instrumen Hasil <i>Notation</i> <i>Generating</i>	87
Gambar 4.31	Sinyal Suara Asli <i>Full Synthetic</i> dari Empat Instrumen .	88
Gambar 4.32	Sinyal STFT dari Suara <i>Full Synthetic</i> Empat Instrumen	89
Gambar 4.33	Sinyal Hasil <i>Filtering</i> Suara <i>Full Synthetic</i> Empat Instrumen	89
Gambar 4.34	Hasil <i>Threshold</i> Sinyal Suara <i>Full Synthetic</i> Empat Instrumen	90
Gambar 4.35	Sinyal <i>Full Synthetic</i> Empat Instrumen Hasil <i>Notation</i> <i>Generating</i>	91

NOMENKLATUR

$A(max)_c$ = Amplitudo maksimum setiap jalur nada pada musik Gamelan

$Cent$ = Frekuensi antar notasi atau jarak antar notasi (cent)

$c(d)_{min}$ = Jalur notasi minimum nada

$c(d)_{maks}$ = Jalur notasi maksimum nada

d = Nada Slendro

f = Frekuensi (Hz)

$modus$ = Fungsi statistik yang digunakan untuk mencari jalur terbanyak

m = Lebar *window* sinyal STFT

n = Indeks waktu (ms)

N = Total Sampel

NER = *Note Error Rate*

$onset$ = Posisi awal dari sebuah sinyal

$offset$ = Posisi akhir dari sebuah sinyal

$X(f)$ = Deret *Fourier* dalam domain frekuensi (sinyal domain frekuensi)

$X(n)$ = Sinyal dalam domain frekuensi dan waktu

$x(n)$ = Deret *Fourier* dalam domain waktu (sinyal domain waktu)

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam sebuah karya musik, musik harus ditulis ke dalam bentuk notasi musik. Jika sebuah musik tidak ditulis ke dalam bentuk notasi, maka musik tersebut tidak dapat dimainkan kembali dan tidak dapat dijadikan sebuah panduan musik. Panduan musik selalu dibutuhkan oleh pemain musik untuk memainkan sebuah alat musik. Begitu pula dalam permainan musik Gamelan, pemain musik Gamelan membutuhkan sebuah panduan musik untuk memainkan alat musik Gamelan. Pada umumnya, notasi musik Gamelan ditulis dalam bentuk simbol atau angka dan dibuat oleh seniman yang memiliki pengalaman dalam menulis notasi musik Gamelan. Saat ini, kenyataan yang terjadi adalah seniman yang dapat menulis musik Gamelan menjadi sebuah notasi tersebut sudah mulai berkurang. Hal ini disebabkan oleh adanya kebudayaan asing yang sudah mulai tertanam di lingkungan masyarakat. Akibatnya adalah masyarakat kurang berminat dalam mempelajari kebudayaan nasional dan menciptakan karya musik yang berasal dari alat musik tradisional, seperti Gamelan. Melihat kenyataan yang terjadi, permasalahan tersebut dapat diselesaikan melalui penelitian yang disebut transkripsi musik.

Transkripsi musik merupakan kegiatan menulis notasi musik dari setiap nada yang menyusun karya musik tersebut. Transkripsi musik juga dapat diartikan sebagai kegiatan mentransformasikan sinyal musik ke dalam representasi simbol atau angka (Sumarsam, 2013). Adanya penelitian transkripsi musik ini diharapkan dapat menghasilkan notasi musik yang diperoleh dari proses transformasi sebuah sinyal musik menjadi representasi angka, sehingga dapat berguna sebagai panduan dalam memainkan musik. Sejauh ini, penelitian transkripsi musik telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Peneliti Zheng Guibin dan Liu Sheng pada tahun 2007 (Zheng G. dan Liu S., 2007) telah melakukan penelitian transkripsi musik *polyphonic* (musik yang menghasilkan banyak nada dalam satu waktu) menggunakan metode STFT (*Short Time Fourier Transform*) dan bantuan metode *Backpropagation Neural Network* dalam menghasilkan notasi musik dari rekaman musik

menggunakan alat musik barat piano yang umumnya memiliki kestabilan frekuensi, resonansi, dan amplitudo. Penelitian ini menggunakan metode STFT untuk kebutuhan analisis frekuensi dengan mengolah musik menjadi sinyal dalam domain frekuensi-waktu dan membagi sinyal tersebut menjadi beberapa segmen atau *frame*. Pada setiap *frame* ini akan diperoleh fitur-fitur berupa nilai energi, rasio nilai energi, dan perbedaan nilai frekuensi. Fitur-fitur ini akan dikalkulasi dan dijadikan inputan untuk proses pendeteksian *onset* (penentuan waktu mulai nada dalam sebuah rekaman musik) dan pengenalan notasi musik dalam setiap *frame* menggunakan bantuan metode *Backpropagation Neural Network*. Keberhasilan penggabungan metode STFT dan *Backpropagation Neural Network* dalam mendeteksi *onset* dan mengenali notasi musik dari alat musik piano menunjukkan tingkat akurasi 98.6%. Ini artinya, penggabungan metode STFT dan *Backpropagation Neural Network* mampu mengenali notasi musik dari alat musik piano dengan sangat baik.

Penelitian lainnya yang berkaitan dengan transkripsi musik dilakukan oleh Yoyon Kusnendar Suprpto pada tahun 2010 (Yoyon K., 2010). Yoyon Kusnendar Suprpto telah melakukan penelitian mengenai ekstraksi suara Saron (salah satu instrumen musik dalam Gamelan) berbasis *Spectral-Density* menggunakan multidimensi filter. Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah hasil ekstraksi suara Saron yang diperoleh, dapat digunakan untuk kepentingan pembuatan notasi musik atau transkripsi musik secara otomatis. Proses ekstraksi suara Saron untuk pembuatan notasi musik atau transkripsi musik secara otomatis dalam penelitian ini menggunakan beberapa metode, salah satu metode yang digunakan adalah metode STFT (*Short Time Fourier Transform*). Proses ekstraksi suara Saron menggunakan metode STFT tersebut dilakukan dengan memisahkan sinyal suara Saron ke masing-masing jalur notasi berdasarkan *range* nilai minimum dan maksimum dari frekuensi dasar setiap nada. Pembentukan jalur notasi ini dilakukan dengan mengambil nilai amplitudo maksimum sinyal pada setiap jalur dalam *range* minimum dan maksimum frekuensi dasar setiap nada yang diperoleh dari pengolahan suara Saron menggunakan STFT. Keberhasilan transkripsi suara Saron menggunakan hasil ekstraksi metode STFT yang membentuk jalur-jalur notasi berdasarkan nilai amplitudo maksimum sinyal dalam *range* minimum dan maksimum frekuensi dasar setiap nada, menunjukkan tingkat akurasi 91.95%.

Pada penelitian transkripsi musik yang diusulkan, penelitian tidak dilakukan pada musik yang berasal dari alat musik barat, tetapi dilakukan pada musik Gamelan menggunakan sampel musik Gamelan satu instrumen

(Saron) serta dua instrumen (Saron dan Peking) yang dipukul secara bersamaan. Penelitian ini menggunakan sampel musik Gamelan dikarenakan Gamelan memiliki sifat musik *monophonic* yang menghasilkan satu nada dalam satu waktu dan memiliki frekuensi, resonansi, amplitudo yang bervariasi. Frekuensi, resonansi, dan amplitudo Gamelan yang bervariasi ini disebabkan oleh proses pembuatan Gamelan yang tidak menggunakan aturan khusus dan tidak menggunakan bantuan mesin. Instrumen Gamelan seperti Saron, Peking, Demung, Bonang, Gong, dan instrumen Gamelan lainnya dibuat berdasarkan perasaan pengrajin alat musik ini. Berbeda dari alat musik barat yang memiliki kestabilan frekuensi, resonansi, dan amplitudo yang dikarenakan proses pembuatannya menggunakan bantuan mesin dan aturan khusus. Ini artinya, Gamelan memiliki keistimewaan dibandingkan dengan alat musik barat, seperti piano. Keistimewaan ini yang menjadi alasan musik Gamelan dijadikan topik penelitian pada penelitian ini.

Tujuan dari penelitian transkripsi musik Gamelan yang diusulkan ini adalah menghasilkan notasi musik Gamelan sesuai dengan notasi musik asli dari rekaman musik Gamelan yang sebelumnya dimainkan oleh pemain, menggunakan metode STFT (*Short Time Fourier Transform*) tanpa bantuan dari metode lain. Penelitian transkripsi musik Gamelan dengan hanya menggunakan metode STFT ini, diharapkan mampu mengolah musik akustik Gamelan ke sebuah sinyal yang sifatnya memiliki perubahan frekuensi terhadap waktu (*non-stationary*) menjadi sinyal *stationary*. Hal ini dikarenakan metode STFT memiliki kemampuan dalam mengubah sinyal *non-stationary* menjadi sinyal *stationary* (Yoyon K., 2010). Hasil notasi musik yang dikenali menggunakan metode STFT diharapkan juga dapat dijadikan panduan musik ketika musik tersebut ingin dimainkan kembali.

Pada penelitian ini, rekaman musik Gamelan akan diolah menjadi sebuah sinyal musik menggunakan metode STFT dan juga akan dipisahkan ke masing-masing jalur notasi berdasarkan *range* nilai minimum dan maksimum, seperti pada penelitian sebelumnya yaitu penelitian Yoyon Kusnendar Suprpto pada tahun 2010. Namun, pembentukan jalur notasi pada penelitian ini tidak mengambil nilai amplitudo maksimum sinyal pada setiap jalur dalam *range* minimum dan maksimum frekuensi dasar setiap nada. Pembentukan jalur notasi pada penelitian ini hanya mengambil nilai amplitudo maksimum pada jalur yang paling banyak mengandung nilai amplitudo maksimum dalam *range* minimum dan maksimum frekuensi dasar setiap nada.

1.2 Perumusan Masalah

Salah satu faktor penyebab berkurangnya seniman yang dapat menulis sebuah musik yang dimainkan dengan alat musik Gamelan menjadi bentuk notasi, yaitu pengaruh budaya asing yang sudah mulai tertanam di lingkungan masyarakat. Masyarakat lebih memilih menulis musik yang dimainkan dengan alat musik barat menjadi bentuk notasi, dibandingkan menulis musik yang dimainkan dengan alat musik tradisional Gamelan. Hal ini yang menyebabkan pustaka atau panduan untuk sebuah musik yang dimainkan dengan alat musik Gamelan tidak terlalu banyak dibandingkan dengan panduan musik yang dimainkan menggunakan alat musik barat. Berdasarkan permasalahan yang terjadi, dibutuhkan sebuah penelitian transkripsi untuk musik Gamelan yang dapat menghasilkan notasi dari musik tersebut, sehingga notasi musik Gamelan yang dihasilkan dari penelitian transkripsi ini, dapat digunakan sebagai panduan jika musik tersebut ingin dimainkan kembali.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan notasi musik angka yang sesuai dengan notasi musik asli dari musik Gamelan Jawa menggunakan metode STFT (*Short Time Fourier Transform*) yang sudah dimodifikasi dari penelitian sebelumnya. Dalam penelitian ini, metode STFT dimodifikasi pada proses penentuan calon notasi musik dengan membentuk sinyal calon notasi musik berdasarkan nilai amplitudo pada jalur yang paling banyak ditempati oleh nilai amplitudo maksimum hasil pengolahan sinyal musik menggunakan perhitungan STFT.

1.4 Manfaat dan Kontribusi Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan hasil transkripsi musik berupa notasi angka yang dapat dijadikan panduan dalam memainkan kembali musik tersebut menggunakan alat musik Gamelan. Penelitian ini berkontribusi bagi peneliti pengolahan sinyal sebagai referensi pengembangan metode yang digunakan dalam penelitian transkripsi musik Gamelan maupun yang lainnya. Kontribusi penelitian ini bagi khalayak umum adalah hasil transkripsi musik Gamelan dapat bermanfaat bagi pemain musik Gamelan sebagai pustaka musik Gamelan tambahan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini, definisi topik penelitian dan penelitian yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dijelaskan sebagai penunjang penelitian. Penjelasan dalam bab ini terdiri dari *state of the art* yang dijelaskan mengenai deskripsi penelitian yang diacu dan teori pembahasan yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

2.1 *State of The Art*

Penelitian yang diusulkan ini merujuk pada beberapa penelitian transkripsi sebelumnya. Beberapa penelitian tersebut antara lain, penelitian yang dilakukan oleh Zheng Guibin dan Liu Sheng (Zheng G. dan Liu S., 2007) mengenai transkripsi musik otomatis menggunakan metode STFT (*Short Time Fourier Transform*), metode *Backpropagation Neural Network*, dan metode *Comb Filter*. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan notasi musik dari alat musik barat yang bersifat *polyphonic*. Metode STFT (*Short Time Fourier Transform*) dalam penelitian ini digunakan untuk mentransformasikan sinyal inputan yang berdomain waktu ke dalam sinyal yang berdomain waktu-frekuensi dan membagi sinyal menjadi dua segmen atau *frame* menggunakan teknik *windowing*. Kedua *frame* tersebut terdiri dari beberapa fitur didalamnya, yaitu nilai energi untuk *frame1* dan *frame2*, rasio perubahan energi dari kedua *frame*, serta perbedaan spektrum frekuensi diantara *frame* yang merupakan hasil dari STFT. Setiap fitur ini diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan persamaan, sehingga hasil perhitungan yang menghasilkan fitur-fitur tersebut dijadikan inputan dalam metode *Backpropagation Neural Network* untuk mendeteksi *onset*(posisi awal dari sebuah sinyal) pada sinyal inputan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai energi dari kedua *frame* ditunjukkan dalam persamaan (2.1).

$$E_i = \sum_{j=bi}^{bi+window_length-1} |y(j)| / window_length \quad (2.1)$$

Variabel bi merupakan deklarasi sampel dari *window* i ($i = 1, 2$),

$y(j)$ dinyatakan sebagai sampel j yang berasal dari musik audio input, $window_length$ dinyatakan sebagai panjang dari $window$ yang digunakan dalam pembagian sinyal menjadi dua $frame$, dan $0 \leq E_i \leq 1$. Pada Penelitian ini, frekuensi sampling yang digunakan adalah 44.1 kHz, $window_length$ yang digunakan adalah 4096, dan ukuran resolusi waktu yang digunakan (hop) adalah 50 ms. Persamaan yang digunakan untuk menghitung perbandingan perubahan energi dari kedua $frame$ ditunjukkan dalam persamaan (2.2).

$$\Delta E = \max(E_2 - E_1, 0) / \max(E_2, E_1) \quad (2.2)$$

Pada persamaan (2.2), rasio perubahan energi dari $frame1$ dan $frame2$ diperoleh dengan menghitung nilai maksimum dari nilai energi $frame1$ dan $frame2$ yang diperoleh dari persamaan (2.1).

Persamaan yang digunakan untuk menghitung perbedaan spektrum frekuensi diantara $frame1$ dan $frame2$ ditunjukkan dalam (2.3).

$$Dist = 1 - \frac{\sum_{n=1}^{P/2} x_1(n) x_2(n)}{|X_1||X_2|} \quad (2.3)$$

Pada persamaan (2.3), $Dist$ merupakan perbedaan spektrum frekuensi, variabel $x_1(n) x_2(n)$ merupakan deret *Fourier* dalam domain waktu, variabel X_1 dan X_2 merupakan nilai absolut dari STFT untuk $frame 1$ dan $frame 2$, sedangkan P merupakan panjang dari fungsi *Fourier Transform*.

Setelah diperoleh nilai energi setiap $frame$, rasio perubahan energi dan perbedaan spektrum frekuensi antara kedua $frame$ yang menjadi inputan dalam metode *Backpropagation Neural Network* untuk mencari terjadinya *onset*, dilakukan tahap *multipitch estimation* menggunakan metode *Comb Filter* untuk mendeteksi atau memperkirakan notasi dari nada-nada yang ada di dalam musik tersebut, seperti nada Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, dan Do tinggi. Setelah itu, tahap mendeteksi perulangan notasi untuk setiap nada dalam waktu yang bersamaan pada audio input menggunakan metode *Backpropagation Neural Network*. Terakhir, memperkirakan panjang notasi dan *loudness* notasi (berhubungan dengan tinggi rendahnya nada) dari notasi-notasi yang dihasilkan pada tahap *multipitch estimation*, sehingga dari hasil tahap terakhir ini representasi simbol dari musik yang dimainkan menggunakan alat musik piano dapat dihasilkan.

Penelitian lainnya yang berkaitan dengan penelitian transkripsi yang diusulkan adalah penelitian ekstraksi suara Saron berbasis *Spectral-Density* menggunakan multidimensi filter. Penelitian ini dilakukan oleh Yoyon Kusnendar Suprpto (Yoyon K., 2010) yang bertujuan untuk mengekstraksi atau memisahkan sinyal suara saron menggunakan beberapa metode. Salah satu metode yang digunakan adalah metode STFT (*Short Time Fourier Transform*). Proses ekstraksi sinyal suara Saron menggunakan metode STFT ini dilakukan dengan membagi sinyal suara Saron menjadi beberapa segmen atau *frame* menggunakan teknik *windowing* untuk membatasi waktu sinyal agar frekuensi sinyal tidak selalu berubah terhadap waktu dan memisahkan sinyal suara Saron ke masing-masing jalur notasi berdasarkan *range* nilai minimum dan maksimum dari frekuensi dasar setiap nada. Pembentukan jalur notasi ini dilakukan dengan mengambil nilai amplitudo maksimum sinyal pada setiap jalur dalam *range* minimum dan maksimum frekuensi dasar setiap nada yang diperoleh dari pengolahan suara Saron menggunakan STFT. Hasil ekstraksi suara Saron yang diperoleh, dapat digunakan untuk kepentingan pembuatan notasi musik atau transkripsi musik secara otomatis.

2.2 Gamelan

Gamelan berasal dari kata *nggamel* (dalam bahasa Jawa) atau *gamel* yang berarti memukul (menabuh), diikuti akhiran “an” yang menjadikannya sebagai kata benda. Istilah gamelan mempunyai arti sebagai satu kesatuan alat musik yang dimainkan bersama (Anssi P., 2004).

Gamelan Jawa adalah satu set alat musik yang terdiri dari berbagai macam variasi bentuk dan ukuran, serta mempunyai bunyi yang berbeda-beda. Cara memainkannya juga bermacam-macam, namun kebanyakan diantaranya dipukul atau ditabuh. Alat musik Gamelan Jawa antara lain adalah gong, bonang, kempul, kenong, kethuk-kempyang, celempung, suling, kemanak, kendhang, rebab, saron, peking, demung, dan slenthem. Permainan gamelan biasa disebut dengan karawitan (Farabi, 2010). Pada penelitian ini, penelitian hanya dilakukan pada instrumen Saron dan Peking.

2.2.1 Macam-macam Gamelan

Komponen utama dari susunan alat-alat musik gamelan adalah bambu, logam, dan kayu. Masing-masing alat memiliki fungsi tersendiri dalam pagelaran musik gamelan, misalnya gong berperan menutup sebuah irama

musik yang panjang dan memberi keseimbangan setelah sebelumnya musik dihiasi oleh irama gending. Seperangkat gamelan terdiri dari beberapa macam instrumen antara lain (Sumarsam, 2013) :

1. Saron, saron merupakan instrumen yang berbentuk bilahan dengan enam atau tujuh bilah, yang ditumpangkan pada bingkai kayu yang juga berfungsi sebagai resonator. Instrumen ini ditabuh dengan tabuh yang terbuat dari kayu dan berbentuk seperti palu.



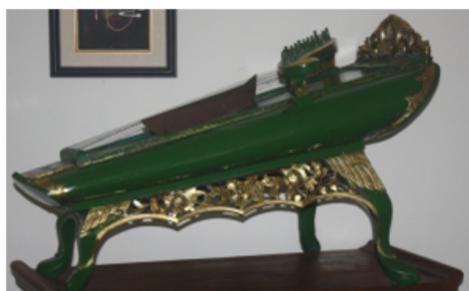
Gambar 2.1: Saron

2. Bonang, bonang terbagi dari 3 macam yaitu bonang barung, bonang panembung, dan bonang penerus. Bonang mempunyai bentuk seperti "ceret" atau "pot" yang ditempatkan secara horizontal ke string dalam bingkai kayu, baik satu atau dua baris lebar. Semua ceret memiliki bos pusat atau tonjolan di tengahnya. Jika bos pusat tersebut dipukul akan menimbulkan bunyi.



Gambar 2.2: Bonang

3. Celempung, celempung adalah instrumen kawat petik. Alat ini dibingkai pada semacam gerobongan (juga berfungsi sebagai resonator) yang berkaki dua pasang, bentuknya hampir mirip seperti belalang, dan di atasnya terdapat kawat-kawat vertikal seperti sikat gigi. Kawatnya terdiri dari tiga-belas pasang, ditegangkan antara paku untuk melaras (diatas) dan paku-paku kecil (dibawah). Kepingan metal diletakkan di sisi atas gerobongan, sebagai jembtan pemisah kawat-kawat. Celempung dimainkan dengan jari jempol tangan kiri dan kanan, sedangkan jari tangan lainnya dipakai sebagai penutup kawat-kawat yang tidak dipetik.



Gambar 2.3: Celempung

4. Gambang, gambang merupakan instrumen yang terbuat dari bilah-bilah kayu. Alat ini dibingkai pada gerobongan yang juga berfungsi sebagai resonator. Bentuknya hampir mirip batu nisan di makam-makam Jawa dan terdapat bilah-bilah kayu di atasnya. Bilahnya berjumlah tujuh-belas sampai dua-puluh bilah. Gambang dimainkan dengan tabuh berbentuk bundar dengan tangkai panjang biasanya dari tanduk, dan ditabuhkan di atas bilah-bilah kayu tersebut.



Gambar 2.4: Gambang

5. Gender, gender merupakan instrumen yang terdiri dari bilah-bilah metal dan ditegangkan dengan tali di atas bumbung-bumbung resonator. Bumbung resonator ini tercipta dari bambu-bambu yang bentuknya silinder dan ditata secara sejajar horizontal.



Gambar 2.5: Gender

6. Peking, peking merupakan instrumen yang ukurannya lebih kecil dari saron dan suaranya dua oktaf lebih tinggi dibandingkan saron. Fungsi peking didalam permainan musik Gamelan adalah sebagai pemberi warna melodi. Biasanya peking akan membunyikan melodi yang sama dengan yang dimainkan saron. Namun, alat musik ini dimainkan secara terus-menerus untuk mengisi ketukan, sehingga tidak ada tempo yang kosong. Peking dipukul oleh alat pemukul yang terbuat dari tanduk sapi. Cara memukul alat musik ini sama dengan alat musik saron, yang berbeda adalah tempo dalam memainkan musik.



Gambar 2.6: Peking

2.2.2 *Nada Dasar dan Notasi Gamelan*

Gamelan memiliki nada dasar yang berbeda dari peralatan musik barat. Gamelan jawa sendiri memiliki dua jenis standar nada, yaitu Pelog dan

Slendro. Slendro memiliki lima tingkat notasi (1 2 3 5 6), sedangkan Pelog memiliki tujuh tingkat notasi (1 2 3 4 5 6 7) (Yoyon K., 2010). Berkaitan dengan standar nada Slendro dan Pelog pada alat musik Gamelan Jawa, penelitian ini hanya menggunakan standar nada Slendro untuk instrumen Saron dan Peking. Perlu diketahui bahwa, Saron dan Peking memiliki frekuensi dasar yang berbeda pada standar nada Slendro atau Pelog. Frekuensi dasar Peking adalah dua kali frekuensi Saron. Hal ini dapat ditunjukkan dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1: Frekuensi Dasar Saron dan Peking Slendro

Notasi	Frekuensi Dasar (Hz)	
	Saron	Peking
1	504	1080
2	574	1239
3	688	1421
5	792	1652
6	926	1931

Notasi musik Gamelan pada jenis nada Slendro atau Pelog tersebut, ditulis dengan karakter khusus untuk setiap instrumen. Musik tidak dinotasikan dalam angka untuk setiap instrumen, sehingga secara umum merupakan balungan atau melodi. Selain angka, notasi gamelan ditunjukkan dengan tanda titik yang merupakan tanda diam, dan tanda bar yang menunjukkan bahwa instrumen dimainkan dengan lebih cepat dari biasanya. Tanda titik di atas angka menunjukkan satu oktaf yang lebih tinggi, sedangkan tanda titik di bawah angka menunjukkan satu oktaf lebih rendah. Beberapa simbol khusus dalam karawitan, misalnya: lingkaran untuk gong ageng dan tanda kurung untuk gong suwuk. Notasi umum yang lain adalah N untuk kenong dan P untuk kempul (Sumarsam, 2013).

2.3 Suara Gamelan Sintetik

Selain suara Gamelan yang bersifat akustik, suara Gamelan dapat dibuat secara sintetik. Beberapa penjelasan mengenai pembuatan suara gamelan secara sintetik dapat diuraikan dalam subbab-subbab berikut.

2.3.1 Jenis Suara Gamelan Sintetik

Jenis suara gamelan yang dibuat secara sintetik terdiri dari dua macam, yaitu (Aris T. dan Yoyon K., 2011):

1. Suara Gamelan *full synthetic*, merupakan suara Gamelan yang dibuat sendiri berdasarkan sinyal *envelope* dan sinyal referensi nada-nada dasar.
2. Suara Gamelan *semi synthetic*, merupakan suara Gamelan yang dibuat dari penggabungan rekaman sinyal nada-nada tunggal.

2.3.2 Pembuatan Suara Gamelan Full Synthetic

Pembuatan suara Gamelan secara *full synthetic* dapat dilakukan dengan membentuk sinyal dari hasil perkalian antara hasil *envelope* dan beberapa parameter yang ditentukan nilainya, seperti amplitudo, frekuensi dasar nada, frekuensi *sampling*, dan panjang sampel untuk sinyal yang ingin dibentuk. *Envelope* dari sinyal dapat dibentuk menggunakan persamaan (Yoyon K. dan Vincentius E., 2015) :

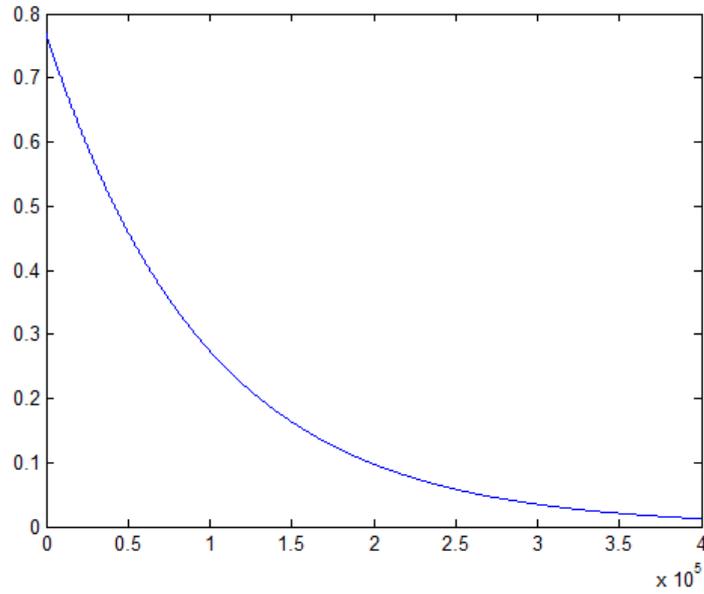
$$\overline{ENV}(h) = \alpha(h) * e^{\beta(h)} * N_s \quad (2.4)$$

Variabel h merupakan variabel yang dinyatakan sebagai instrumen Gamelan, seperti Demung, Saron, Peking, $\overline{ENV}(h)$ merupakan sebuah variabel yang menyatakan *envelope* dari sinyal untuk setiap instrumen Gamelan, dan N_s merupakan panjang sampel yang ditentukan.

Setiap instrumen Demung, Saron, dan Peking memiliki nilai α dan β yang berbeda. Nilai α dan β untuk Demung adalah $0.8223e^{-1.194x10^{-5}h}$, nilai α dan β untuk Saron adalah $0.7693e^{-1.03x10^{-5}h}$, sedangkan nilai α dan β untuk Peking adalah $0.7663e^{-1.709x10^{-5}h}$ (Yoyon K. dan Vincentius E., 2015). Berdasarkan nilai α yang dikalikan dengan eksponensial nilai β dan panjang sampel N_s yang digunakan untuk membentuk sinyal sepanjang N_s sampel (seperti yang ditunjukkan dalam persamaan), maka menghasilkan nilai-nilai magnitudo yang membentuk *envelope* sinyal sepanjang N_s sampel. Sebagai contoh, persamaan (2.4) dapat diterapkan untuk membentuk *envelope* sinyal Saron yang menggunakan nilai α dan $\beta = 0.7693e^{-1.03x10^{-5}h}$ dan panjang sampel yang ditentukan. Misal, sitentukan panjang sampel untuk sinyal yang akan dibentuk adalah sampel ke-1 hingga 400000, maka persamaan untuk pembentukan *envelope* sinyal Saron dapat ditunjukkan dalam persamaan (2.5).

$$\overline{ENV}(Saron) = 0.7693 * e^{-1.03x10^{-5}} * (1 : 400000) \quad (2.5)$$

Envelope sinyal Saron yang terbentuk dari hasil persamaan diatas, dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7: *Envelope Sinyal Saron Full Synthetic*

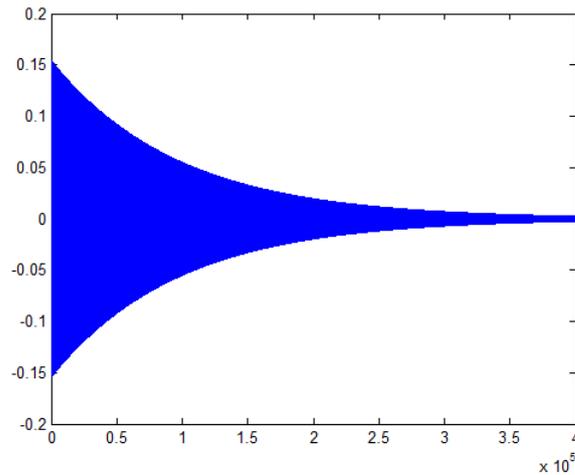
Hasil *Envelope* pada persamaan (2.4) tersebut, selanjutnya digunakan untuk membentuk sinyal *full synthetic* dengan menggunakan sebuah persamaan (Yoyon K. dan Vincentius E., 2015) :

$$X_p = \overline{ENV}(h) * A * \sin(2 * phi * (\frac{f}{f_s} * N_s)) \quad (2.6)$$

Jika persamaan (2.6) diterapkan pada pembentukan sinyal Saron *full synthetic*, maka sinyal Saron *full synthetic* tersebut dapat dibentuk dengan menentukan nilai amplitudo yang digunakan, nilai frekuensi dasar dari jenis nada Saron yang digunakan, frekuensi sampling, dan panjang sampel dari sinyal yang ingin dibentuk. Misal, nilai amplitudo yang ingin digunakan adalah 0.2, nilai frekuensi dasar nada Saron (Saron untuk nada 1 = 500 Hz), frekuensi sampling yang digunakan adalah 48000 Hz, dan panjang sampel yang digunakan adalah sampel ke-1 hingga sampel ke-400000, maka :

$$X_p \text{ Saron} = \overline{ENV}(Saron) * 0.2 * \sin(2 * phi * (\frac{500}{48000} * (1 : 400000))) \quad (2.7)$$

Sinyal Saron untuk nada 1 *full synthetic* yang terbentuk , dapat ditunjukkan pada Gambar 2.8.



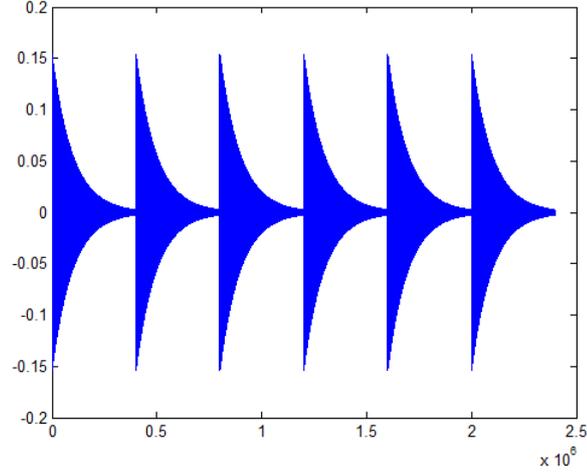
Gambar 2.8: Sinyal Saron Nada 1 *Full Synthetic*

Gambar 2.8 menunjukkan bahwa, sinyal Saron nada 1 *full synthetic* yang terbentuk berada pada amplitudo maksimum 0.2 dan panjang sampel sinyal hingga 400000 sampel. Dalam hal ini, ada beberapa hal penting yang harus diketahui dalam pembuatan sinyal *full synthetic*, yaitu :

1. Dalam pembuatan sinyal *full synthetic* untuk susunan nada dari jenis instrumen yang sama (seperti : Saron), sinyal akan dibentuk berdasarkan nilai α dan β yang sama, amplitudo yang sama, frekuensi *sampling* yang sama, panjang sampel yang sama, tetapi frekuensi dasar setiap nada yang berbeda.
2. Dalam pembuatan sinyal *full synthetic* untuk susunan nada dari jenis instrumen yang berbeda (seperti : Saron dan Peking), sinyal akan dibentuk berdasarkan amplitudo yang sama, frekuensi *sampling* yang sama, panjang sampel yang sama, tetapi frekuensi dasar setiap nada berbeda, dan nilai α dan β yang berbeda.

Sebagai contoh, pembuatan musik *full synthetic* dari instrumen Saron dengan notasi 3 2 3 2 1 2 yang disusun berdasarkan nilai α dan $\beta = 0.7693e^{-1.03 \times 10^{-5}h}$, amplitudo yang sama yaitu 0.2, frekuensi *sampling* yang sama yaitu 48000 Hz, panjang sampel yang sama yaitu dari 1 hingga sampel ke-400000, tetapi frekuensi dasar yang digunakan untuk menyusun sinyal dari notasi 3, 2, dan 1 tersebut adalah berbeda. Frekuensi dasar untuk notasi satu Saron adalah 500 Hz, notasi dua Saron adalah 600 Hz, notasi tiga Saron adalah 700 Hz, notasi lima Saron adalah 800 Hz, dan notasi enam Saron adalah

900 Hz. Sinyal Saron *full synthetic* dengan notasi 3 2 3 2 1 2 yang dibentuk berdasarkan parameter-parameter tersebut, dapat ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9: Contoh Sinyal Saron *Full Synthetic* dengan Notasi 3 2 3 2 1 2

Dalam pembuatan musik *full synthetic* dari dua jenis instrumen yang dianggap dipukul secara bersamaan (misalnya : Saron dan Peking), pembuatan sinyal *full synthetic* untuk dua instrumen ini, masing-masing menggunakan amplitudo yang sama, frekuensi *sampling* yang sama, panjang sampel yang sama, tetapi frekuensi dasar yang berbeda dan nilai α dan β yang berbeda. Frekuensi dasar yang dimiliki setiap nada pada instrumen Peking adalah 2 kali lebih besar dibandingkan frekuensi dasar yang dimiliki setiap nada pada instrumen Saron. Contoh deklarasi pembuatan sinyal *full synthetic* dua instrumen berdasarkan notasi musik 3 2 3 2 1 2, yaitu :

$$\begin{aligned} \overline{ENV}(Saron1) &= 0.7693 * e^{-1.03x10^{-5}} * (1 : 400000) \\ X_p \text{ Saron1} &= \overline{ENV}(Saron1) * 0.2 * \sin(2 * phi * (500/48000 * (1 : 400000))) \\ \text{Sinyal Full synthetic Saron1 (sr1)} &= \overline{ENV}(Saron1) * X_p \text{ Saron1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \overline{ENV}(Saron2) &= 0.7693 * e^{-1.03x10^{-5}} * (1 : 400000) \\ X_p \text{ Saron2} &= \overline{ENV}(Saron2) * 0.2 * \sin(2 * phi * (600/48000 * (1 : 400000))) \\ \text{Sinyal Full synthetic Saron2 (sr2)} &= \overline{ENV}(Saron2) * X_p \text{ Saron2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \overline{ENV}(Saron3) &= 0.7693 * e^{-1.03x10^{-5}} * (1 : 400000) \\ X_p \text{ Saron3} &= \overline{ENV}(Saron3) * 0.2 * \sin(2 * phi * (700/48000 * (1 : 400000))) \end{aligned}$$

$$\text{Sinyal Full synthetic Saron3 (sr3)} = \overline{ENV}(Saron3) * X_p \text{ Saron3}$$

$$\overline{ENV}(Peking1) = 0.7663 * e^{-1.709x10^{-5}} * (1 : 400000)$$

$$X_p \text{ Peking1} = \overline{ENV}(Peking1) * 0.2 * \sin(2 * phi * (1000/48000 * (1 : 400000)))$$

$$\text{Sinyal Full synthetic Peking1 (pk1)} = \overline{ENV}(Peking1) * X_p \text{ Peking1}$$

$$\overline{ENV}(Peking2) = 0.7663 * e^{-1.709x10^{-5}} * (1 : 400000)$$

$$X_p \text{ Peking2} = \overline{ENV}(Peking2) * 0.2 * \sin(2 * phi * (1200/48000 * (1 : 400000)))$$

$$\text{Sinyal Full synthetic Peking2 (pk2)} = \overline{ENV}(Peking2) * X_p \text{ Peking2}$$

$$\overline{ENV}(Peking3) = 0.7663 * e^{-1.709x10^{-5}} * (1 : 400000)$$

$$X_p \text{ Peking3} = \overline{ENV}(Peking3) * 0.2 * \sin(2 * phi * (1700/48000 * (1 : 400000)))$$

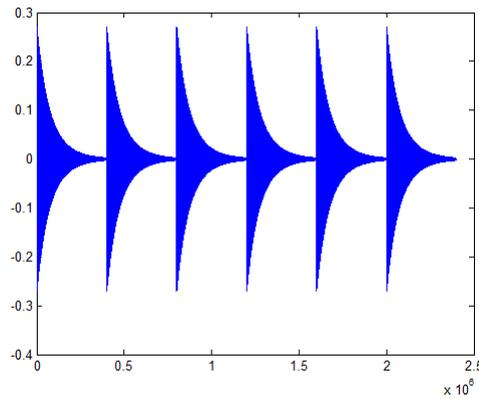
$$\text{Sinyal Full synthetic Peking3 (pk3)} = \overline{ENV}(Peking3) * X_p \text{ Peking3}$$

$$\text{Gabungan Saron} = [sr3 \text{ sr2} \text{ sr3} \text{ sr2} \text{ sr1} \text{ sr2}]$$

$$\text{Gabungan Peking} = [pk3 \text{ pk2} \text{ pk3} \text{ pk2} \text{ pk1} \text{ pk2}]$$

$$\text{Saron Peking} = \text{Gabungan Saron} + \text{Gabungan Peking}$$

Sinyal dua instrumen (Saron dan Peking) *full synthetic* dengan notasi 3 2 3 2 1 2 yang dibentuk berdasarkan parameter-parameter tersebut, dapat ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10: Contoh Sinyal Saron-Peking *Full Synthetic*

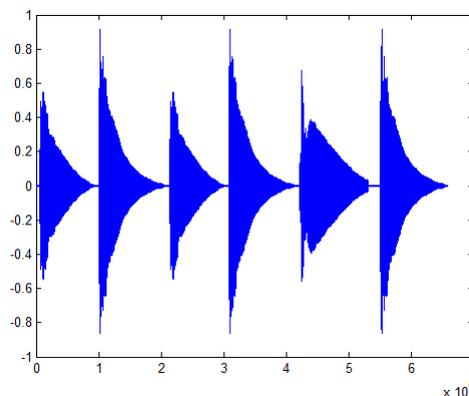
Setelah terbentuk sinyal *full synthetic* sesuai dengan nada yang ingin dibuat, maka sinyal tersebut akan dikonversikan dan disimpan ke dalam sebuah format *file.wav*. *File.wav* ini yang akan digunakan sebagai inputan untuk proses pengolahan sinyal suara.

2.3.3 Pembuatan Suara Gamelan *Semi Synthetic*

Pembuatan suara Gamelan secara *semi synthetic* dapat dilakukan dengan membentuk sinyal dari rekaman suara tunggal instrumen Gamelan. Hasil rekaman suara tunggal instrumen Gamelan yang sudah disimpan dalam bentuk *file.wav* disusun sehingga membentuk sinyal dalam notasi lebih dari satu. Sebagai contoh, sinyal *semi synthetic* yang ingin dibentuk adalah sinyal suara Saron dengan notasi 3 2 3 2 1 2. Sinyal suara Saron dengan notasi 3 2 3 2 1 2 ini akan dibentuk dengan hasil rekaman suara tunggal instrumen Saron, yaitu rekaman suara tunggal nada 1, rekaman suara tunggal nada 2, dan rekaman suara tunggal nada 3. Rekaman suara tunggal nada 1, 2 dan 3 tersebut disusun dengan memanggil *file.wav* dari masing-masing rekaman suara tunggal nada. Kemudian diurutkan sesuai dengan notasi nada yang ingin dibuat. Jika suara dengan notasi nada yang ingin dibuat lebih dari satu pukulan nada, misalnya dalam notasi 3 2 3 2 1 2, ada 2 kali pukulan nada 3 dalam notasi ini, maka rekaman suara tunggal dari nada 3 akan dipanggil sebanyak 2 kali. Hal ini dapat ditunjukkan dalam deklarasi program berikut :

```
Nada1 = NadaSaron1.wav  
Nada2 = NadaSaron2.wav  
Nada3 = NadaSaron3.wav  
Nada5 = NadaSaron5.wav  
Nada6 = NadaSaron6.wav  
Sinyal Saron = {Nada3, Nada2, Nada3, Nada2, Nada1, Nada2}
```

Berdasarkan deklarasi program tersebut, sinyal *semi synthetic* yang terbentuk adalah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11: Contoh Sinyal Saron *Semil Synthetic* dengan Notasi 3 2 3 2 1 2

2.4 Jarak Antar Notasi Musik

Dalam mengukur jarak antar notasi pada setiap musik, terdapat dua satuan yang umumnya digunakan yaitu satuan Hertz dan *cent music*. Kedua satuan tersebut merupakan satuan dari frekuensi musik. Frekuensi dasar notasi dalam sebuah musik yang dimainkan menggunakan instrumen tertentu, dapat terjadi kenaikan dua kali apabila frekuensi dasar notasi tersebut dibandingkan dengan frekuensi dasar pada notasi musik instrumen lainnya. Kenaikan dua kali frekuensi dasar notasi musik ini disebut dengan istilah *octave*. Satu *octave* sama dengan dua kali kenaikan frekuensi dasar setiap notasi musik pada suatu instrumen dibandingkan frekuensi dasar setiap notasi musik pada instrumen lainnya. Sebagai contoh, pada alat musik Gamelan yang memiliki banyak instrumen di dalamnya. Frekuensi dasar antar notasi musik dari suatu instrumen dengan frekuensi dasar antar notasi musik dari instrumen lainnya dapat berbeda dan terjadi dua kali kenaikan frekuensi dasar. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3.2, yang menunjukkan bahwa frekuensi dasar antar notasi Peking sama dengan dua kali frekuensi dasar antar notasi pada instrumen Saron. Satu *octave* sama dengan dua kali frekuensi dasar, dua kali frekuensi dasar sama dengan 1200 *cent* (jarak *cent* antar notasi musik) (Yoyon K., 2010).

Jika menghitung jarak antar notasi musik dalam satuan *cent* pada musik Gamelan, maka membutuhkan jarak *cent* musik antar notasi terdekat. Jarak antar notasi terdekat dapat dihitung berdasarkan jumlah tingkatan notasi pada standar nada Gamelan, yaitu tingkatan notasi pada musik Slendro dan Pelog. Perhitungan jarak antar notasi terdekat dalam satuan *cent music* pada musik Gamelan, dapat dilakukan dengan persamaan (2.8).

$$Cent_{(terdekat)} = \frac{1200}{tingkatan\ notasi\ Gamelan} \quad (2.8)$$

Berdasarkan persamaan (2.8) diatas, jarak antar notasi terdekat dalam satuan *cent* musik untuk standar nada Slendro yang memiliki 5 tingkatan notasi notasi 1 ke-notasi 2, notasi 2 ke-notasi 3, notasi 3 ke-notasi 5, notasi 5 ke-notasi 6, dan notasi 6 ke-notasi 1, yaitu :

$$Cent_{(terdekat)} = \frac{1200}{5} = 240 \quad (2.9)$$

Jarak antar notasi terdekat dalam satuan *cent music* untuk standar nada yang memiliki 8 tingkatan notasi notasi 1 ke-notasi 2, notasi 2 ke-notasi 3, notasi 3 ke-notasi 4, notasi 4 ke-notasi 5, dan notasi 5 ke-notasi 6, notasi 6

ke-notasi 7, notasi 7 ke-notasi 1, yaitu :

$$Cent_{(terdekat)} = \frac{1200}{8} = 150 \quad (2.10)$$

Jika menghitung perpindahan jarak *cent* musik di dalam sebuah musik, dapat dihitung menggunakan persamaan (2.11).

$$Cent = 1200 * \frac{\log(\frac{f_b}{f_a})}{\log(2)} \quad f_b = 2^{Cent_{(terdekat)}/1200} * f_a \quad (2.11)$$

Cent (perpindahan jarak) musik dihitung berdasarkan frekuensi notasi ke-*a* dan ke-*b*. Frekuensi notasi ke-*a* dapat diperoleh dari hasil pengamatan menggunakan FFT *Fast Fourier Transform* dan frekuensi notasi ke-*b* dapat dihitung menggunakan sebuah persamaan. Pada jenis nada Slendro, frekuensi notasi ke-*b* dapat dihitung dengan :

$$f_b = 2^{\frac{240}{1200}} * f_a \quad (2.12)$$

Pada jenis nada Pelog, frekuensi notasi ke-*b* dapat dihitung dengan :

$$f_b = 2^{\frac{150}{1200}} * f_a \quad (2.13)$$

Hasil perbandingan jarak notasi yang diharapkan dengan jarak notasi yang diperkirakan pada jenis musik Slendro, dapat ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.2: Tabel Perbandingan Jarak cent Musik pada Jenis Musik Slendro

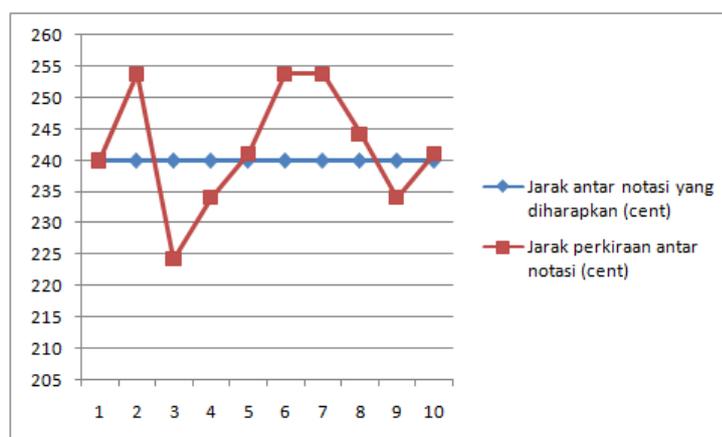
No	Nama Peralatan	Frekuensi Dasar	Jarak antar notasi yang diharapkan (cent)	Jarak Perkiraan antar notasi (cent)
1	Saron1	527.82	240	240
2	Saron2	611.16	240	253.8
3	Saron3	703.76	240	224.24
4	Saron5	805.62	240	234.02
5	Saron6	926.00	240	241.09
6	Peking1	1076.73	240	253.8
7	Peking2	1246.74	240	253.8
8	Peking3	1435.64	240	244.24
9	Peking5	1643.43	240	234.02
10	Peking6	1889.00	240	241.09

Hasil perbandingan jarak notasi yang diharapkan dengan jarak notasi yang diperkirakan pada jenis musik Pelog, dapat ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.3: Tabel Perbandingan Jarak cent Musik pada Jenis Musik Pelog

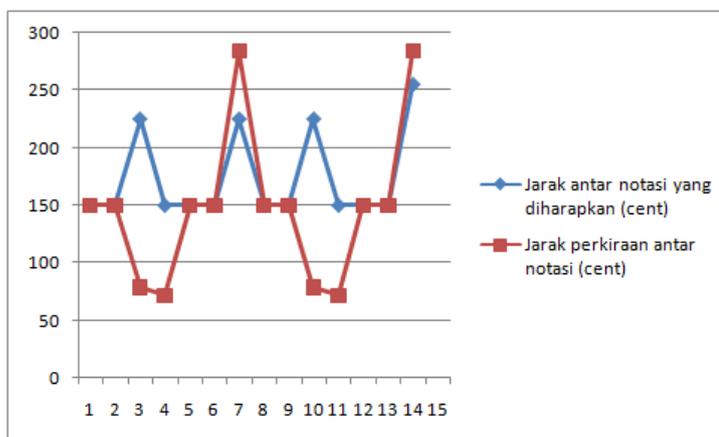
No	Nama Peralatan	Frekuensi Dasar	Jarak antar notasi yang diharapkan (cent)	Jarak Perkiraan antar notasi (cent)
1	Saron1	654.68	150	150
2	Saron2	713.94	150	150.01
3	Saron3	747.11	225	78.62
4	Saron5	770.77	150	71.85
5	Saron4	849.14	150	149.79
6	Saron6	926.00	150	150.01
7	Saron7	1090.86	225	283.65
8	Peking1	1335.52	150	150
9	Peking2	1456.41	150	150.01
10	Peking3	1496.41	225	78.62
11	Saron4	1586.76	150	71.85
12	Peking5	1732.21	150	149.77
13	Peking6	189.00	150	150.01
14	Peking7	2342	225	283.65

Grafik hasil perbandingan jarak notasi yang diharapkan dengan jarak notasi yang diperkirakan pada jenis musik Slendro, dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.12.



Gambar 2.12: Grafik Perbandingan Jarak Notasi Musik Slendro

Grafik hasil perbandingan jarak notasi yang diharapkan dengan jarak notasi yang diperkirakan pada jenis musik Pelog, dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13: Grafik Perbandingan Jarak Notasi Musik Pelog

Berdasarkan grafik Gambar 2.12 dan Gambar 2.13, hasil perbandingan antara jarak notasi yang diharapkan (*cent* yang diharapkan) dengan jarak notasi yang diperkirakan (*cent* yang diperkirakan), baik pada Slendro dan Pelog, menunjukkan bahwa hasil tidak terlalu sesuai dengan jarak notasi yang diharapkan. Hal ini disebabkan oleh pembuatan Gamelan yang dibuat secara manual dan tidak memiliki standar pembuatan, sehingga jarak antar notasi yang satu dengan yang lainnya tidak sama dan tidak sesuai dengan yang diharapkan.

2.5 *Fourier Transform*

Fourier Transform merupakan sebuah metode yang dapat mengubah sinyal dari domain waktu ke dalam domain frekuensi.

2.5.1 *Fourier Transform yang Berkesinambungan*

Fourier Transform untuk fungsi berkesinambungan :

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(n) e^{-jfn} dt \quad (2.14)$$

Keterangan :

f = frekuensi

n = indeks waktu

N = total sampel

$X(f)$ = deret *Fourier* dalam domain frekuensi

$x(n)$ = deret *Fourier* dalam domain waktu

Perlu diketahui bahwa nilai-nilai frekuensi yang membentuk suatu bunyi dapat diperoleh dari deret *Fourier*. Deret *Fourier* tersebut memiliki frekuensi dominan yang disebut sebagai frekuensi dasar tingkat nada suatu bunyi.

2.5.2 Inversi Fourier Transform untuk fungsi berkesinambungan

Sebuah deret *Fourier* dalam domain frekuensi dapat diubah kembali ke dalam domain waktu dengan menginversikan deret *Fourier* $x(n)$.

$$x(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(f) e^{jfn} dt \quad (2.15)$$

2.5.3 Discrete Fourier Transform

Sampling gelombang bunyi yang dilakukan pada komputer, pada umumnya menggunakan *Discrete Fourier Transform*. Persamaan yang digunakan dalam *Discrete Fourier Transform* adalah sebagai berikut.

$$X(f) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-\frac{j2\pi fn}{N}} \quad f = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (2.16)$$

Invers Fourier Transform untuk fungsi diskrit :

$$x(f) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X(n) e^{\frac{j2\pi fn}{N}} \quad f = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (2.17)$$

2.5.4 Fast Fourier Transform

Pada *Fast Fourier Transform*, metode perhitungan yang digunakan sedikit berbeda dibandingkan *Discrete Fourier Transform*. Komputasi dalam *Fast Fourier Transform* lebih cepat dibandingkan *Fourier Transform* yang lainnya. Hal ini bertujuan untuk mengurangi operasi perhitungan dalam jumlah yang banyak, sehingga dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan komputer dalam melakukan transformasi *fourier* diskrit.

$$X(f) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W^{fn} \quad f = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (2.18)$$

Keterangan : $W = e^{-j(2\pi/N)}$

Jika sebuah deret *Fourier* dengan $N = 8$, maka transformasi *Fourier* diskrit dapat dihitung dengan persamaan :

$$X(f) = \sum_{n=0}^{N-1=7} x(n) W^{fn} \quad f = 0, 1, 2, \dots, 7 \quad (2.19)$$

$$W = W^8 = e^{-j\pi/4} \quad (2.20)$$

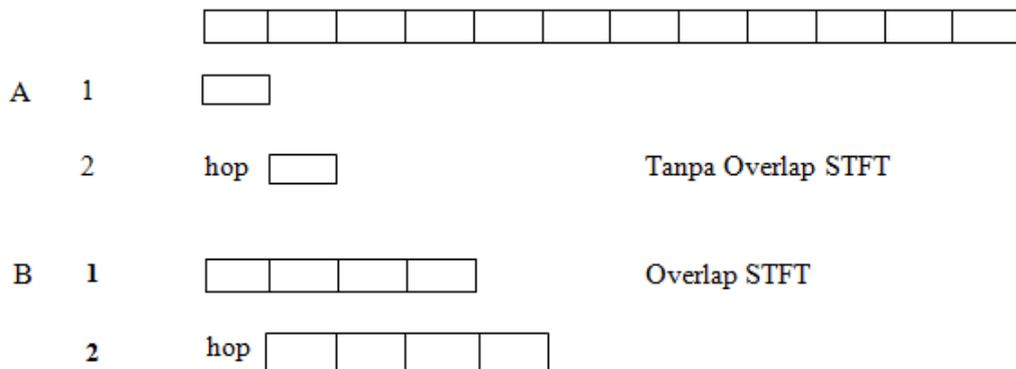
2.6 STFT(*Short Time Fourier Transform*)

STFT (*Short Time Fourier Transform*) merupakan sebuah metode yang dikembangkan dari metode *Fourier Transform*. Metode ini memiliki kemampuan menstransformasikan sinyal *non-stationary* menjadi sinyal *stationary*. Suatu sinyal yang selalu memiliki perubahan frekuensi terhadap waktu disebut sinyal *non-stationary* (Tulus, 2012). Sinyal suara yang termasuk sinyal *non-stationary* yaitu sinyal suara akustik. Sinyal suara akustik selalu memiliki perubahan frekuensi terhadap waktu, sehingga untuk menganalisa frekuensi dari sinyal akustik dibutuhkan sebuah metode seperti STFT yang membatasi waktu sinyal. Sinyal dengan batasan waktu ini diasumsikan sebagai sinyal *stationary*.

Adapun transformasi yang dilakukan menggunakan metode STFT ini terhadap sinyal *non-stationary* menjadi *stationary*, yaitu membagi sinyal masukan menjadi beberapa segmen atau *frame* dengan memasukkan suatu *window function*. Setiap *window* dibatasi dalam waktu yang relatif pendek, sehingga untuk setiap *window* akan diperoleh bentuk spektrum (frekuensi) yang berbeda. Metode ini menghasilkan analisa sinyal dalam dua dimensi, yaitu frekuensi dan waktu (Yoyon K., 2010).

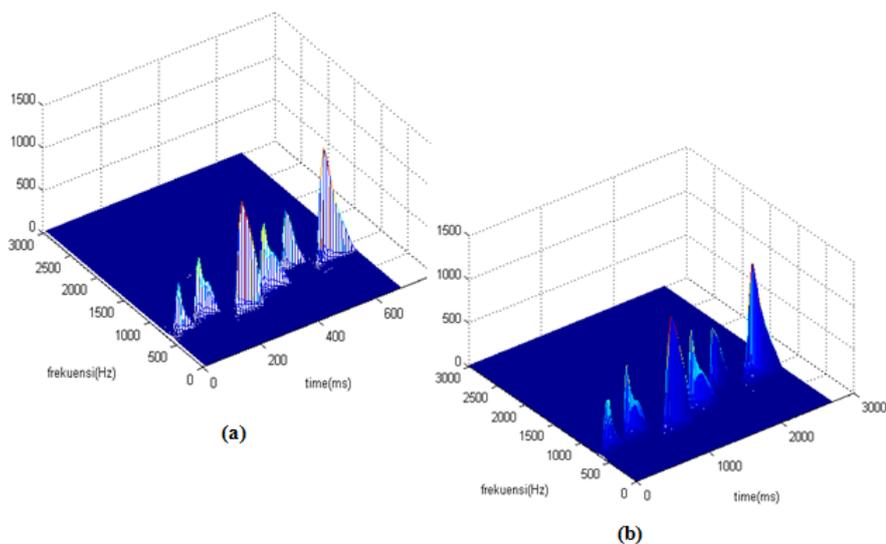
Sebagai informasi tambahan, di dalam STFT dikenal dengan istilah lain yaitu STFT *Overlap*. Metode STFT *Overlap* merupakan metode yang melakukan tahap *frame blocking* dengan menggunakan 25% tumpang tindih pada umumnya. Tahap *frame blocking* tersebut merupakan tahap yang digunakan untuk membatasi sinyal selama selang waktu tertentu. Jika di dalam STFT tanpa *Overlap* menggunakan ukuran sinyal untuk proses FFT sebesar 8000 sampel, maka tidak ada tumpang tindih dalam menentukan batasan-batasan sinyal di dalam selang waktu tertentu yaitu dengan cara

menggeser kerangka analisis sepanjang sinyal (gambar A). Jika menggunakan metode STFT *Overlap*, ukuran sinyal untuk proses FFT yang digunakan sebesar 8000 sampel, maka digunakan 25% tumpang tindih dari sampel yang ada untuk batasan sinyal berikutnya (Yoyon K., 2010).



Gambar 2.14: Bagan STFT Tanpa Overlap dan STFT Overlap

Hasil spektrum dari metode STFT *Overlap* ini lebih halus dibandingkan spektrum yang dihasilkan dari metode STFT tanpa *Overlap*. Hasil dari kedua metode ini adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15: Hasil Spektrum (a). STFT Tanpa Overlap (b). STFT Overlap

2.7 Teknik Perekaman Musik Akustik Gamelan

Perekaman musik akustik Gamelan dilakukan dengan merekam suara musik yang dimainkan oleh seorang pemain musik menggunakan instrumen Gamelan, seperti Saron dan Peking berdasarkan notasi musik tertentu (contoh notasi yang dimainkan : 3 2 3 2 1 2). Suara musik yang dimainkan tersebut, ditangkap oleh sebuah *microphone* yang dipasangkan pada perangkat audio *interface* untuk dihubungkan ke komputer. Kemudian, suara musik tersebut direkam menggunakan aplikasi perekam suara dan dikonversi menjadi sebuah sinyal digital yang dapat diolah oleh komputer. Suara musik yang telah dicuplik dalam bentuk sinyal digital tersebut direkam dengan frekuensi *sampling* 48000 Hz. Hasil rekaman musik tersebut disimpan dalam bentuk *file.wav* yang kemudian dijadikan data inputan dalam penelitian ini.

Instrumen yang dimainkan untuk merekam suara Gamelan dalam penelitian ini adalah satu instrumen dan dua instrumen, *microphone* yang digunakan adalah *microphone* jenis TOA, perangkat audio *interface* yang digunakan adalah E-MU 0404 USB, dan aplikasi yang digunakan untuk merekam suara adalah Audacity versi Win-2.0.5.



Gambar 2.16: *Microphone* TOA

Sebagai informasi tambahan, perangkat audio *interface* E-MU 0404 USB merupakan sebuah perangkat yang dapat menghubungkan langsung sebuah *microphone* atau bahkan lebih dari satu *microphone* ke komputer.

2.7.1 *Microphone*

Pengertian dari *microphone* itu sendiri adalah sebuah konverter energi yang dapat menterjemahkan energi suara akustik setara dengan energi listrik dan dapat diterjemahkan menjadi sebuah sinyal musik menggunakan perangkat lunak perekam musik.



Gambar 2.17: *E-MU 0404 USB*

2.7.2 Teknik Penggunaan *Microphone* dalam Perekaman Suara Musik Gamelan

Prosedur umum yang harus diketahui dari penggunaan sebuah *microphone* dalam merekam suara musik Gamelan, yaitu :

1. Respon frekuensi *microphone* yang digunakan harus sesuai dengan rentang frekuensi suara, jika memungkinkan, sebaiknya diatur antara frekuensi tertinggi dan terendah dari suara.
2. *Microphone* ditempatkan pada berbagai jarak dan posisi, hingga suara dapat ditangkap oleh *microphone*. Jarak antara *microphone* dengan instrumen minimal 1 m. Hal ini berlaku umumnya pada penggunaan satu instrumen.
3. Jika suara musik Gamelan yang direkam menggunakan instrumen lebih dari satu, letak *microphone* berada pada jarak minimal 1.5 m dari instrumen yang dimainkan. Dalam penelitian ini, *microphone* yang digunakan adalah satu *microphone* dan jika digunakan untuk dua instrumen, *microphone* dapat diletakkan diantara dua instrumen atau diletakkan di depan instrumen dengan jarak minimal 1.5 m. Jarak kedua instrumen juga tidak boleh terlalu berjauhan satu sama lainnya.
4. Sinyal hasil rekaman tidak boleh terpotong, hal ini akan berpengaruh pada nilai amplitudo yang diperoleh. Cara untuk menghindari ini adalah mengurangi *Volume* input suara dari *microphone*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian. Bagian-bagian yang akan dijelaskan pada bab ini adalah data penelitian yang digunakan, dan blok diagram tahapan penelitian yang dijelaskan dalam desain penelitian.

3.1 Data Penelitian

Dalam penelitian ini, data inputan yang digunakan berupa *file audio wav* dari rekaman musik gamelan yang diambil dengan teknik perekaman menggunakan *microphone* (dijelaskan dalam bab 2). Musik Gamelan yang direkam tersebut hanya mengambil sampel rekaman musik dari suara Saron Slendro (10 buah sampel data), Peking Slendro (10 buah sampel data), serta suara Saron dan Peking Slendro yang dipukul bersamaan (10 buah sampel data). Keseluruhan sampel data yang digunakan pada penelitian ini adalah 30 sampel data suara yang masing-masing dari 10 rekaman musik dimainkan menggunakan notasi musik yang sama, baik pada 10 rekaman suara Saron Slendro, 10 rekaman suara Peking Slendro, dan 10 rekaman suara gabungan antara Saron dan Peking Slendro. Notasi musik yang digunakan dapat ditunjukkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Notasi Musik yang Digunakan dalam Penelitian

No.	Notasi Musik	Jumlah Notasi Nada
1	3 2 3 2 1 2	6
2	1 2 1 2 5 6	6
3	2 1 3 2 5 6	6
4	1 3 1 3 5 6	6
5	2 3 1 3 6 5	6
6	1 2 1 2 3 2 3 2	8
7	3 2 3 2 3 1 5	7
8	1 2 3 5 6 5 3 1	8
9	2 3 2 1 2 3 2 1	8
10	1 2 1 2 1 2 1	7

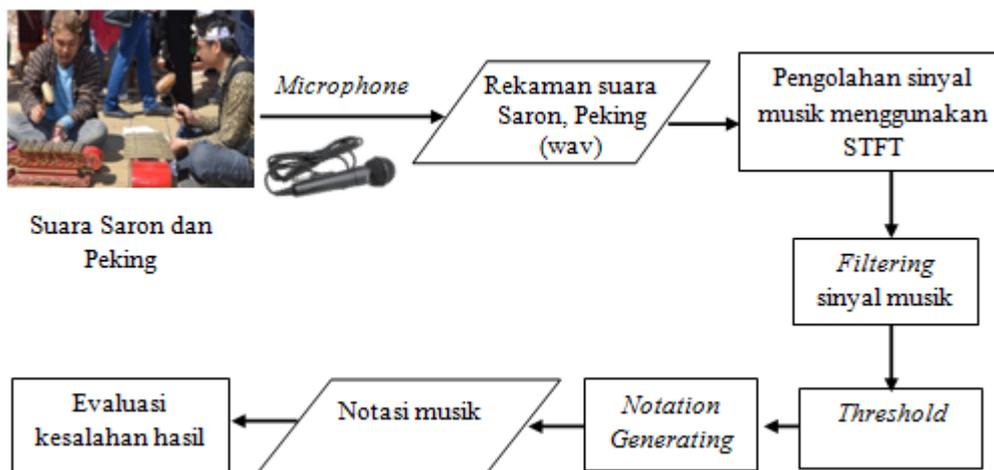
Musik Gamelan terdiri dari dua jenis, yaitu (Propila D., 2012) :

- Musik gamelan sintetik (*full synthetic* dan *semi synthetic*), yaitu musik gamelan yang dibuat sendiri nada-nada dasar yang ingin dibuat atau musik hasil penggabungan rekaman nada-nada tunggal.
- Musik gamelan akustik, yaitu musik gamelan yang merupakan rekaman dari permainan musik gamelan.

Musik inputan yang digunakan dalam penelitian ini adalah musik gamelan yang bersifat akustik. Musik ini diolah hingga menghasilkan notasi musik dalam representasi angka menggunakan metode STFT (*Short Time Fourier Transform*) dan sebagai bahan perbandingan untuk mencari tingkat akurasi hasil transkripsi pada jenis musik yang berbeda menggunakan metode STFT, penelitian menggunakan jenis musik sintetik "*full synthetic*".

3.2 Desain Penelitian

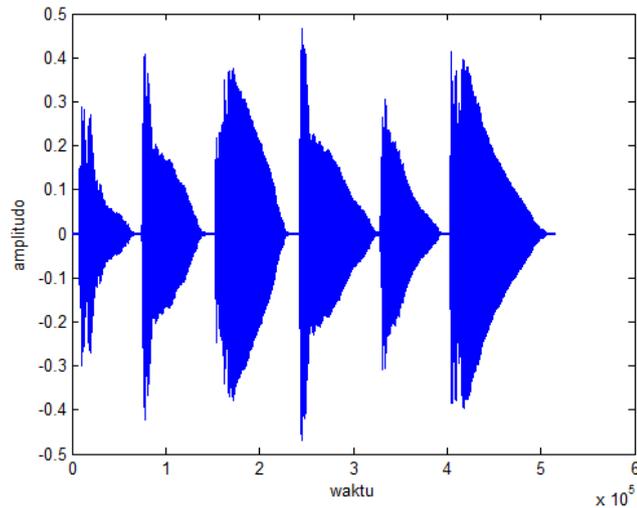
Tahapan yang dilakukan pada penelitian transkripsi sinyal musik Gamelan Jawa ini ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Blok Diagram Tahapan Penelitian

Blok diagram pada Gambar 3.1 menunjukkan bahwa tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, diawali dengan sebuah suara Saron dan Peking direkam menggunakan *micophone*. Rekaman suara Saron dan Peking (musik akustik) tersebut merupakan inputan dalam penelitian ini. Hasil rekaman yang pada saat direkam sudah dikonversi menjadi sebuah sinyal

digital yang berdomain waktu, kemudian diolah menggunakan metode STFT (*Shor Time Fourier Transform*) untuk ditransformasikan ke dalam sinyal berdomain frekuensi dan waktu. Sinyal digital berdomain waktu tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Sinyal Musik dalam Domain Waktu

Setelah sinyal ditransformasikan ke dalam domain waktu dan frekuensi, sinyal tersebut akan dipisah ke jalur notasi masing-masing notasi melalui proses *filtering*. Jika pada sinyal terdapat banyak *noise*, sinyal akan dilakukan *threshold*. Selanjutnya, hasil dari proses *filtering* dan *threshold* tersebut akan digunakan pada proses *notation generating* untuk menghasilkan notasi musik. Terakhir, notasi yang dihasilkan dari tahap *notation generating* tersebut dievaluasi tingkat kebenarannya untuk mengetahui persentase kesalahan dari notasi yang dihasilkan berdasarkan notasi asli yang ada.

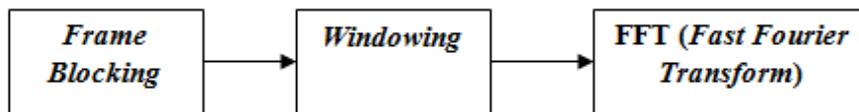
3.2.1 Pengolahan Sinyal Musik Menggunakan STFT

Proses awal pengolahan sinyal musik menggunakan metode STFT (*Short Time Fourier Transform*) pada penelitian ini bertujuan mengubah sinyal input berdomain waktu dari rekaman suara musik, menjadi sinyal dalam domain waktu dan frekuensi untuk memperoleh fitur-fitur seperti frekuensi, waktu, dan amplitudo yang dapat digunakan pada tahap selanjutnya, sehingga memperoleh hasil sesuai dengan tujuan penelitian. Tahap ini dilakukan dengan membagi sinyal input menjadi beberapa segmen menggunakan *window function*. Setiap segmen tersebut memiliki lebar sesuai dengan lebar *window* yang ditentukan. Lebar *window* ini ditentukan berdasarkan kelipatan jumlah

sampel per detik. Jika sebuah sinyal dengan frekuensi sampling 48000 Hz yang artinya ada 48000 sampel sinyal per detik, maka lebar *window* yang dapat digunakan adalah 8000 sampel per detik, 16000 sampel per detik, atau bahkan 32000 sampel per detik. Penentuan lebar *window* ini akan berpengaruh pada resolusi waktu dan frekuensi sinyal. Semakin lebar *window* yang ditentukan, maka resolusi frekuensi dari sinyal semakin tinggi tetapi untuk resolusi waktu sinyal semakin rendah. Semakin sempit lebar *window* yang ditentukan, maka resolusi frekuensi dari sinyal semakin rendah tetapi untuk resolusi waktu dari sinyal semakin tinggi. Penentuan lebar *window* tersebut, akan digunakan pada komputasi STFT. Komputasi STFT terdiri dari perulangan proses FFT (*Fast Fourier Transform*) yang ditunjukkan dalam persamaan (3.1). Jika lebar *window* ditentukan dengan 8000 sampel per detik, maka FFT akan dilakukan hingga 8000 sampel setiap *window*.

$$STFT \{X[n]\} (m, f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]w[n - m]e^{-jfn} \quad (3.1)$$

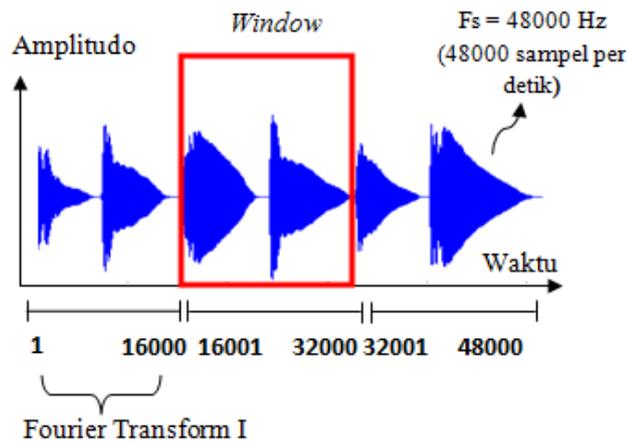
Persamaan (3.1) menunjukkan bahwa STFT $\{X[n]\}$ merupakan sinyal keluaran dalam domain frekuensi dan waktu, m dinyatakan sebagai variabel lebar *window*, dan $w[n]$ dinyatakan sebagai *window function* yang diambil berdasarkan hasil perhitungan *Fourier Transform* ($x[n]e^{-jfn}$) sepanjang lebar *window* yang ditentukan. Secara umum, metode STFT yang diimplementasikan dalam pengolahan sinyal terdiri dari tiga tahap. Tahap-tahap tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3: Tahapan STFT (*Short Time Fourier Transform*)

1. Tahap I : proses *frame blocking*, digunakan untuk membatasi sinyal selama selang waktu tertentu.
2. Tahap II : proses *windowing*, digunakan untuk meratakan sinyal.
3. Tahap III : proses FFT yang dilakukan pada setiap *frame* atau segmen dari hasil proses *windowing*.

Pada penelitian ini, frekuensi sampling yang digunakan untuk seluruh rekaman suara input adalah 48000 Hz (48000 sampel per detik) dan lebar *window* yang digunakan adalah 8000 sampel. Ini artinya, jika frekuensi sampling dibagi dengan lebar *window*, maka ada 6 buah segmen (*frame*) sinyal dan 6 kali proses FFT yang terjadi di dalam metode STFT pada penelitian ini, hingga 48000 sampel untuk setiap segmen atau *frame* tersebut. Proses FFT yang pertama dilakukan pada sampel suara 1 - 8000 sampel, selanjutnya proses FFT yang kedua dilakukan pada sampel suara 8001 - 16000 sampel, FFT yang ketiga dilakukan pada sampel suara 16001 - 24000 sampel, FFT yang keempat dilakukan pada sampel suara 24001 - 32000 sampel, FFT yang kelima dilakukan pada sampel suara 32001 - 40000 sampel, dan FFT yang keenam dilakukan pada sampel suara 40001 - 48000 sampel. Namun, jika lebar *window* yang digunakan adalah 16000 sampel pada sampel suara 48000 sampel per detik, maka artinya adalah proses FFT yang dilakukan di dalam STFT sebanyak 3 kali. Proses FFT pertama untuk lebar *window* 16000 sampel ini, akan dilakukan pada sampel suara 1-16000 sampel, selanjutnya proses FFT yang kedua dilakukan pada sampel suara 16001 - 32000 sampel, dan FFT yang ketiga dilakukan pada sampel suara 32001 - 48000. Penjelasan ini ditunjukkan pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4: Proses Pembagian Sinyal untuk Setiap *Frame* di dalam STFT

Setelah sinyal input terbagi menjadi beberapa segmen atau *frame* menggunakan FFT, dihasilkan nilai imajiner dan nilai *real* untuk setiap transformasi sinyal dalam domain waktu ke sinyal dalam domain frekuensi. Nilai imajiner dan nilai *real* tersebut digunakan untuk menghitung nilai amplitudo pada sinyal. Perhitungan nilai amplitudo sinyal ini dapat menggunakan sebuah

persamaan yang ditunjukkan pada persamaan (3.2) berikut.

$$\text{Amplitudo } X(f) = \sqrt{X(f)_{real}^2 + X(f)_{imaginer}^2} \quad (3.2)$$

$X(f)_{real}$ dan $X(f)_{imaginer}$ pada persamaan (3.2), dapat dihitung dengan persamaan (2.10) yang merupakan persamaan dari FFT.

Nilai amplitudo sinyal $X(f)$ yang dihasilkan dari persamaan (3.2) merupakan nilai di dalam matriks hasil komputasi STFT yang berada pada jalur frekuensi dan waktu tertentu. Hasil keseluruhan dari komputasi STFT berupa frekuensi sinyal, waktu terjadinya sinyal, dan amplitudo sinyal, dapat digunakan untuk memisahkan nada-nada pada sinyal rekaman suara ke jalur notasi masing-masing nada yang dibunyikan pada sampel musik dan mengestimasi nada-nada yang terkandung di dalam sampel musik untuk ditranskripsikan ke dalam notasi angka.

3.2.2 *Filtering Sinyal*

Proses *filtering* sinyal yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk memisahkan nada-nada pada sinyal rekaman suara Gamelan (Saron dan Peking Slendro) ke masing-masing jalur notasi nada, yaitu jalur notasi-1 untuk nada-1, jalur notasi-2 untuk nada-2, jalur notasi-3 untuk nada-3, jalur notasi-5 untuk nada-5, dan jalur notasi-6 untuk nada-6. Nada-nada dalam sinyal suara ini dipisahkan ke jalur notasi masing-masing nada berdasarkan *range* frekuensi dasar minimum dan maksimum setiap nada. Proses ini dilakukan dengan menggunakan hasil komputasi pengolahan sinyal dari metode STFT. Hasil komputasi pengolahan sinyal menggunakan metode STFT ini menghasilkan beberapa fitur dari setiap segmen atau *frame*. Fitur-fitur yang dihasilkan tersebut adalah frekuensi sinyal, waktu terjadinya sinyal, dan nilai amplitudo sinyal. Ketiga fitur yang dihasilkan ini, akan dijadikan inputan dalam proses (*filtering* sinyal) pada penelitian ini.

Dalam proses *filtering* sinyal ini, ada beberapa langkah yang harus dilakukan. Langkah awal dari proses ini adalah mencari *range* jalur notasi setiap nada berdasarkan frekuensi dasar minimum dan maksimum. Perlu diketahui bahwa frekuensi dasar yang dimiliki setiap nada Gamelan tidak sama, bahkan nada yang serupa untuk jenis instrumen yang sama dapat berbeda. Sebagai contoh, frekuensi dasar nada "Ji" (nada-1 dalam Bahasa Jawa atau "Do" dalam notasi musik umum) pada instrumen Saron yang satu

dengan frekuensi nada "Ji" pada instrumen Saron lainnya dalam satu perkusi Gamelan dapat memiliki frekuensi yang berbeda. Frekuensi dasar minimum dan maksimum untuk suara Saron dan Peking dapat dilihat dalam Tabel 3.2 sebagai referensi dalam penelitian ini (Yoyon K., 2010).

Tabel 3.2: Frekuensi Dasar Saron dan Peking Slendro dari Beberapa Gamelan

Nada	Frekuensi Dasar (Hz)				
	Gamelan 1	Gamelan 2	Gamelan 3	Min	Maks
Ji Saron	528	504	542	504	542
Ro Saron	610	574	624	574	624
Lu Saron	703	688	706	688	706
Mo Saron	797	792	810	762	810
Nem Saron	915	926	943	915	943

Nada	Frekuensi Dasar (Hz)				
	Gamelan 1	Gamelan 2	Gamelan 3	Min	Maks
JiPeking	1079	1080	1090	1079	1090
RoPeking	1238	1239	1260	1238	1260
LuPeking	1420	1421	1429	420	1429
MoPeking	1651	1652	1626	1626	1652
NemPeking	1930	1931	1889	1889	1931

Setelah mengetahui nilai frekuensi dasar minimum dan maksimum dari Saron dan Peking berdasarkan Tabel 3.2, nilai frekuensi dasar minimum dan maksimum dari setiap nada ini dimasukkan ke dalam dua buah persamaan untuk memperoleh *range* jalur notasi nada. Persamaan untuk memperoleh *range* jalur notasi minimum nada dapat ditunjukkan dalam persamaan (3.3).

$$Jalur\ Minimum = \frac{Frekuensi\ Minimum\ Nada}{Skala\ Frekuensi} \quad (3.3)$$

Persamaan untuk memperoleh *range* jalur notasi maksimum nada dapat ditunjukkan dalam persamaan (3.4).

$$Jalur\ Maximum = \frac{Frekuensi\ Maksimum\ Nada}{Skala\ Frekuensi} \quad (3.4)$$

Skala frekuensi dalam persamaan diatas dapat dihitung dengan persamaan (3.5) berikut.

$$\text{Skala Frekuensi} = \frac{\text{Frekuensi Sampling}}{\text{Lebar Window}} \quad (3.5)$$

Jika dalam penelitian ini menggunakan frekuensi *sampling* 48000 Hz dan lebar *window* yang digunakan adalah 8000 sampel, maka skala frekuensi yang diperoleh yaitu :

$$\text{Skala Frekuensi} = \frac{48000}{8000} = 6 \quad (3.6)$$

Kemudian, skala frekuensi yang diperoleh tersebut dimasukkan ke dalam persamaan pencarian *range* jalur notasi minimum dan maksimum nada, seperti pada penjelasan sebelumnya. Sebagai contoh, mencari *range* jalur notasi minimum dan maksimum nada "Ji" Saron Slendro. Frekuensi dasar minimum dari nada "Ji" Saron Slendro ini menurut Tabel 3.2 adalah 504 Hz dan frekuensi dasar maksimum dari nada "Ji" Peking Slendro adalah 542 Hz. Jalur notasi minimum dari nada "Ji" dapat diperoleh dari hasil perhitungan (3.7).

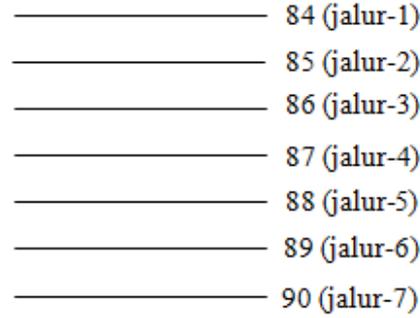
$$\text{Jalur Minimum Ji} = \frac{504}{6} = 84 \quad (3.7)$$

Jalur notasi maksimum dari nada "Ji" dapat diperoleh dari hasil perhitungan (3.8).

$$\text{Jalur Maksimum Ji} = \frac{542}{6} = 90.3 = 90 \text{ (dibulatkan)} \quad (3.8)$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka *range* jalur notasi nada "Ji" adalah 84 hingga 90. Jumlah jalur notasi nada "Ji" yang ada dalam *range* tersebut ada 7 jalur, terhitung dari jalur-1 sampai jalur-7. Ilustrasi jalur notasi nada "Ji" dalam gambar dapat ditunjukkan oleh Gambar 3.5 .

Jalur minimum Ji : Jalur maksimum Ji



Gambar 3.5: Jalur Notasi Nada "Ji" Saron Slendro

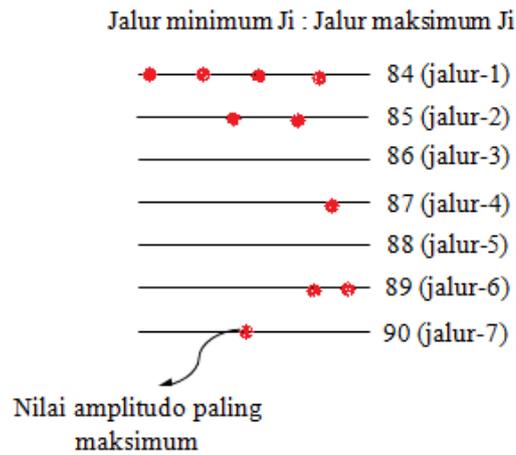
Langkah kedua adalah mencari nilai amplitudo paling maksimum dari hasil komputasi STFT berdasarkan *range* jalur notasi nada yang telah diperoleh dari setiap nada. Pencarian nilai amplitudo paling maksimum dari hasil komputasi STFT ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.9).

$$A(max)_c = \max \left(\sum_{n=0}^N STFT\{X[n]\} \right) \begin{cases} n = 0, 1, \dots, N \\ c(d)_{min} \leq STFT\{X[n]\} \leq c(d)_{max} \\ d = 1, 2, 3, 5, 6 \end{cases} \quad (3.9)$$

Pada persamaan (3.9), $A(max)_c$ merupakan amplitudo maksimum untuk setiap jalur notasi nada, $c(d)_{min}$ merupakan jalur notasi minimum nada, $c(d)_{max}$ merupakan jalur notasi maksimum nada, dan d merupakan nada Slendro.

Berdasarkan persamaan (3.9) diatas, dapat diuraikan bahwa amplitudo maksimum dicari dari hasil komputasi STFT. Hasil komputasi STFT ini, diambil dalam *range* jalur notasi minimum dan maksimum nada, sehingga menghasilkan nilai-nilai amplitudo dalam *range* jalur tersebut. Kemudian dari seluruh nilai amplitudo di dalam *range* jalur, diambil nilai amplitudo paling maksimum nilainya dengan menggunakan fungsi *max* dalam persamaan. Sebagai contoh, ilustrasi dari nilai amplitudo paling maksimum yang berada pada jalur notasi nada "Ji" dapat ditunjukkan dalam Gambar 3.6 .

Langkah ketiga adalah mencari jalur yang paling banyak mengandung nilai amplitudo maksimum di dalam *range* jalur notasi setiap nada. Nilai amplitudo maksimum yang dimaksud tersebut merupakan nilai amplitudo

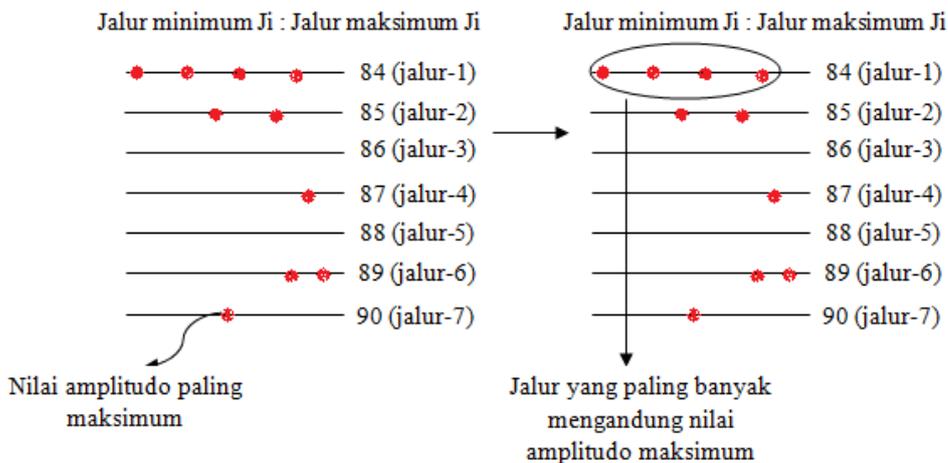


Gambar 3.6: Nilai-nilai Amplitudo Maksimum Pada Jalur Notasi Nada "Ji"

maksimum yang diperoleh dari langkah sebelumnya. Langkah ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (3.10).

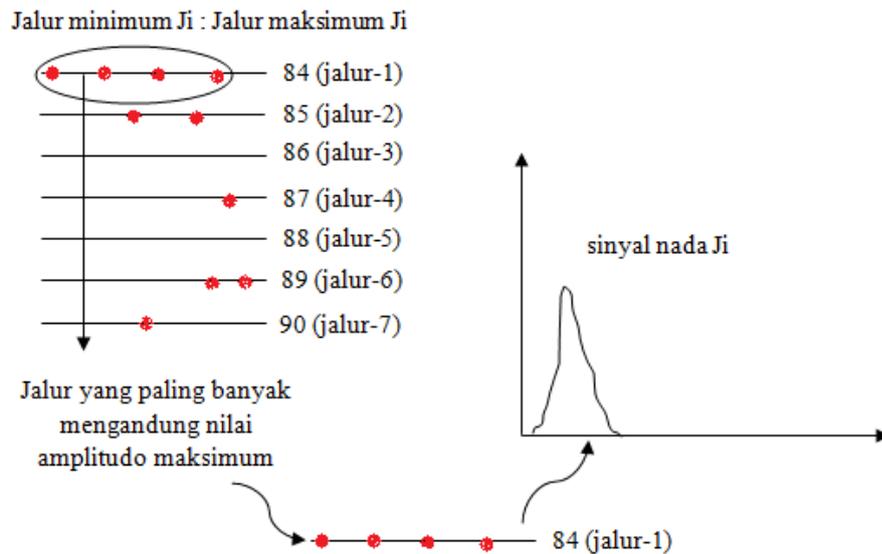
$$Jalur\ terbanyak = modus (P(A(max)_c)) \quad (3.10)$$

Pada persamaan (3.10), *modus* merupakan fungsi statistik yang digunakan untuk mencari jalur terbanyak yang mengandung paling banyak nilai amplitudo maksimum. Variabel P merupakan variabel yang menyatakan jalur dimana nilai amplitudo maksimum berada. Jadi, jalur terbanyak dalam langkah ini diperoleh berdasarkan jalur yang paling banyak ditempati oleh nilai amplitudo maksimum. Hal ini dapat ditunjukkan dalam Gambar 3.7 .



Gambar 3.7: Jalur Terbanyak Mengandung Nilai Amplitudo Maksimum

Apabila jalur terbanyak telah diperoleh dari langkah ketiga, maka jalur terbanyak yang ditempati nilai amplitudo maksimum tersebut diambil untuk membentuk sebuah jalur sinyal notasi nada. Hal ini dapat ditunjukkan dalam Gambar 3.8.



Gambar 3.8: Sinyal yang Terbentuk dari Proses *Filtering*

Pada Gambar 3.8, sinyal nada "Ji" yang terbentuk dari nilai amplitudo paling maksimum ini disebut dengan *envelope signal*. Sinyal nada-nada terbentuk sesuai dengan nada-nada yang terkandung di dalam sinyal asli. Jika nada yang terkandung di dalam sinyal asli 1 5 3 2 1, maka *envelope signal* yang terbentuk adalah sinyal dari jalur notasi 1, 5, 3, 2, dan 1.

3.2.3 *Threshold*

Setelah proses *filtering*, tahap selanjutnya adalah proses *threshold*. Proses *threshold* dilakukan dengan menggunakan hasil dari proses *filtering* berupa nilai-nilai amplitudo paling maksimum dari satu jalur sinyal yang paling banyak mengandung nilai amplitudo maksimum diantara jalur lainnya dalam *range* jalur notasi nada. Nilai-nilai amplitudo paling maksimum tersebut digunakan untuk mengurangi *noise* atau dengung pada sinyal dan memberikan nilai 0 pada sinyal di setiap jalur notasi nada yang dianggap *noise* dengan mendefinisikan nilai *threshold* (sebagai contoh : 100) sebagai nilai batas amplitudo. Hal ini berguna untuk memperoleh *onset* (posisi awal dari sebuah sinyal) dan *offset* (posisi akhir dari sinyal) dari sinyal, sehingga nilai *onset* dan

offset ini dapat digunakan di dalam proses *notation generating*.

Algoritma proses *threshold* dalam mengurangi *noise* dan memberikan nilai 0 pada sinyal yang dianggap *noise* tersebut, yaitu :

- 1: Jika nilai amplitudo di dalam jalur notasi nada ke - $i \leq \text{nilai threshold}$, maka nilai amplitudo pada jalur notasi nada ke i menjadi 0 (* Berlaku untuk seluruh jalur notasi nada)
- 2: $i = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, n$ (waktu kejadian sinyal)

Berdasarkan algoritma diatas, proses *threshold* yang dilakukan dengan menentukan nilai *threshold* sebagai nilai batas untuk setiap nilai amplitudo di jalur notasi nada disebut dengan *adaptive threshold*.

3.2.4 Notation Generating

Proses *Notation Generating* pada penelitian ini merupakan proses menghasilkan notasi dari sinyal input menjadi sinyal yang sudah diolah menggunakan metode STFT *Short Time Fourier Transform*. Proses *Notation Generating* dilakukan dengan menggunakan hasil dari proses *threshold* sebagai input untuk menentukan *onset* (posisi awal dari sebuah sinyal) dan *offset* (posisi akhir dari sinyal) dari sinyal. Ketika sinyal sudah dilakukan proses *threshold*, sinyal yang dianggap *noise* akan bernilai 0. Ini artinya, hanya bersisa sinyal yang dianggap sinyal nada. Berdasarkan ini, *onset* dapat ditentukan dengan mencari nilai amplitudo yang lebih besar dari 0. Jika amplitudo menunjukkan perubahan nilai lebih besar dari 0, maka nilai tersebut dianggap awal sinyal. *Offset* dapat ditentukan dengan mencari nilai amplitudo sebelum bernilai 0.

Apabila *onset* dan *offset* sinyal dari tiap jalur nada telah diketahui, maka dari *onset* dan *offset* dapat digunakan untuk menghitung lebar suatu sinyal. Perhitungan lebar sinyal dapat ditunjukkan dalam persamaan (3.11).

$$\text{Lebar sinyal} = \text{offset} - \text{onset} \quad (3.11)$$

Berdasarkan lebar sinyal yang diperoleh, maka dapat ditentukan dari sinyal yang terbentuk merupakan sebuah nada atau bukan nada. Namun sebelum menentukan nada atau bukan nada dari lebar sinyal yang diperoleh, terlebih dahulu mendefinisikan lebar minimum dari sinyal. Sebagai contoh, lebar minimum sebuah sinyal ditentukan dengan nilai 20, maka jika lebar sinyal yang diperoleh dari perhitungan persamaan (3.11) lebih besar atau sama

dengan nilai 20, sinyal tersebut merupakan notasi nada. Sebaliknya, jika lebih kecil dari nilai 20 maka sinyal tersebut bukan nada, sehingga dari proses ini dapat dideteksi oleh komputer nada-nada yang dituliskan ke dalam notasi angka. Proses penulisan kembali nada-nada yang telah terdeteksi dari sebuah sinyal oleh komputer menjadi notasi-notasi angka disebut transkripsi notasi musik.

3.2.5 Evaluasi Kesalahan Hasil

Proses evaluasi kesalahan hasil yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesalahan dari notasi yang dihasilkan dan keakuratan kinerja dari metode yang diterapkan pada penelitian ini. Notasi yang dihasilkan akan dibandingkan dengan notasi musik asli. Proses evaluasi kesalahan hasil ini menggunakan suatu pendekatan yang disebut dengan NER (*Note Error Rate*) dengan persamaan (4.38).

$$NER = \frac{insertion + deletion + substitution}{total\ notasi\ asli} \times 100\% \quad (3.12)$$

Berdasarkan persamaan (4.38) diatas, *insertion* merupakan jumlah notasi yang dikenali sebagai notasi, tetapi notasi tersebut tidak ada pada sinyal yang diamati. *Deletion* merupakan jumlah notasi yang tidak dikenali, sehingga notasi tersebut hilang. *Substitution* merupakan jumlah pergantian notasi yang tidak sesuai dengan notasi aslinya.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas tentang hasil percobaan yang dilakukan. Hasil pengujian yang dilakukan dilaporkan dalam bentuk tabel hasil pengujian, wujud visual sinyal, dan notasi angka yang telah dilakukan menggunakan metode STFT (*Short Time Fourier Transform*). Laporan dalam bentuk tabel merupakan hasil akurasi dari pengujian yang dilakukan, wujud visual sinyal adalah sinyal yang terbentuk setelah dilakukan seluruh tahap penelitian, dan notasi angka merupakan hasil perkiraan notasi yang dihasilkan.

4.1 Hasil Penelitian

Notasi musik dalam representasi angka yang dihasilkan dalam penelitian ini, diperoleh melalui empat tahap penelitian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Tahap-tahap tersebut dilakukan pada beberapa hasil rekaman suara yang ditransformasikan ke dalam sinyal suara sampai menghasilkan notasi musik. Pada bagian ini, akan dibahas hasil dari pengujian menggunakan sampel suara instrumen Gamelan yang menghasilkan notasi musik melalui tahap-tahap penelitian. Pengujian pada penelitian ini, menggunakan sampel musik dari tiga jenis suara instrumen. Pengujian pertama dilakukan pada suara instrumen Saron slendro, pengujian kedua dilakukan pada suara instrumen Peking slendro, dan pengujian ketiga dilakukan pada gabungan suara instrumen Saron dan Peking slendro. Pengujian dilakukan pada instrumen tunggal dan gabungan instrumen tersebut bertujuan untuk menguji persentase kelayakan metode dalam mentranskripsikan suara musik menjadi notasi musik. Pengujian-pengujian untuk mencapai persentase kelayakan metode ini akan diuraikan dalam pembahasan-pembahasan berikut ini, dalam beberapa contoh perwakilan sampel suara yang diujikan.

4.1.1 Hasil Pengujian Menggunakan Sampel Suara Saron Slendro

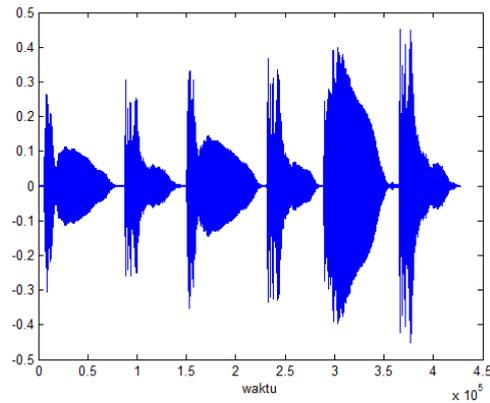
4.1.1.1 Sampel Suara Saron 1

Pengujian pertama, dilakukan pada sampel suara Saron 1 yang dimainkan dengan notasi musik berikut :

Notasi musik slendro 1

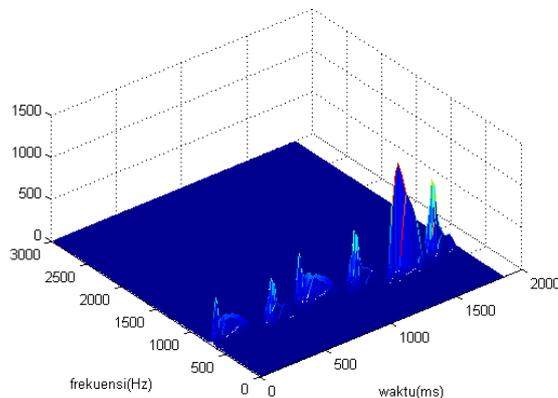
3 2 3 2 1 2

Notasi musik diatas dimainkan dengan instrumen Saron. Kemudian, suara yang dihasilkan dari instrumen Saron, direkam menggunakan *microphone*, sehingga menghasilkan rekaman suara *Saron1.wav* yang dicuplik ke dalam sebuah sinyal suara. Sinyal suara Saron 1 tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



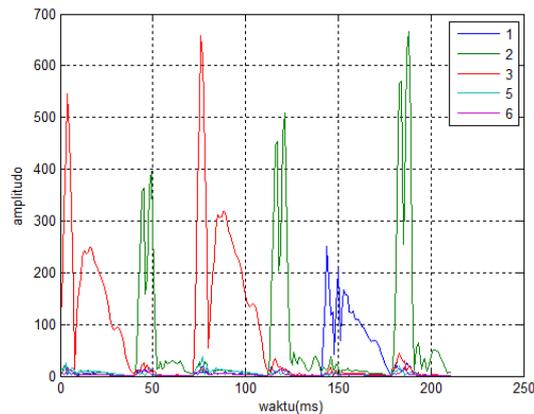
Gambar 4.1: Sinyal Asli Suara Saron 1 Hasil Rekaman

Selanjutnya, sinyal suara yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1, diolah menggunakan metode STFT yang mengubah sinyal berdomain waktu tersebut menjadi sinyal dalam domain frekuensi dan waktu. Hasil sinyal yang diperoleh dari pengolahan sinyal menggunakan metode STFT ini, yaitu dalam bentuk tiga dimensi. Bentuk tiga dimensi dari sinyal Saron 1 adalah sebagai berikut.



Gambar 4.2: Hasil STFT dari Sinyal Asli Suara Saron 1

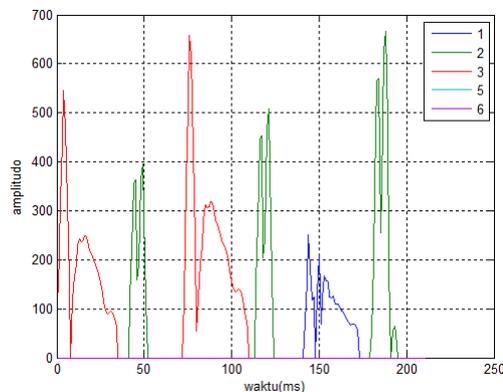
Hasil tiga dimensi Saron 1 dalam Gambar 4.2 diatas menunjukkan bahwa terdapat enam buah sinyal dengan frekuensi yang berbeda. *Range* frekuensi yang ditunjukkan dari sinyal-sinyal spektrum yang terbentuk adalah 500 Hz-1000 Hz sepanjang waktu tertentu. Frekuensi yang berbeda dari setiap 6 sinyal yang terbentuk tersebut dibutuhkan dalam tahap selanjutnya untuk memperkirakan calon-calon nada dari 6 sinyal yang terbentuk, sedangkan waktu yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2 dibutuhkan untuk mengetahui urutan nada-nada yang dimainkan, sehingga notasi yang diperkirakan nanti sesuai dengan notasi aslinya. Berdasarkan frekuensi dan waktu ini, sinyal Saron1 dapat dipisahkan ke jalur notasi masing-masing nada. Tahap ini disebut dengan tahap *filtering* sinyal. Pada tahap *filtering* sinyal, sinyal akan terpisah ke beberapa jalur notasi sesuai dengan notasi nada yang ada. Jika notasi dari suara Saron 1 adalah 3 2 3 2 1 2, maka sinyal dari suara Saron 1 akan terpisah ke jalur notasi 3, jalur notasi 2, dan jalur notasi 1. Hal ini dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3: Hasil *Filtering* Sinyal dari Sinyal STFT Suara Saron 1

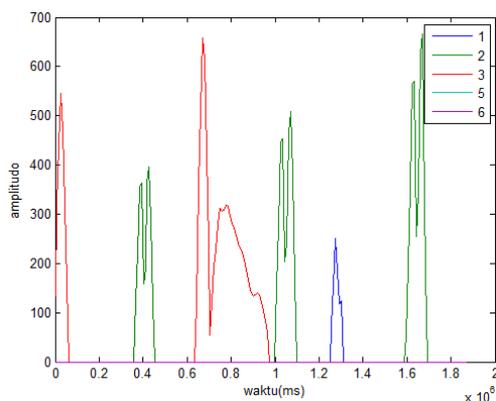
Berdasarkan hasil dari tahap *filtering* sinyal dalam Gambar 4.3 dapat ditunjukkan bahwa terdapat tiga jalur yang berbeda untuk 6 buah sinyal di dalam sampel suara Saron 1. Jalur sinyal yang terbentuk adalah merah-hijau-merah-hijau-biru-hijau. Jika dilihat dari penandaan warna untuk setiap jalur, maka jalur sinyal yang terbentuk pada sampel suara Saron 1 menunjukkan adanya notasi 3, 2, 3, 2, 1, 2. Namun, hasil penelitian pada sampel suara Saron 1 tidak cukup sampai pada proses ini. Hasil yang ditunjukkan dari tahap *filtering* sinyal ini masih banyak mengandung *noise*. Oleh sebab itu, dibutuhkan tahap yang disebut dengan *threshold process*. Tahap *threshold* ini dilakukan untuk menghapus sinyal yang dianggap *noise*. Hal ini dikarenakan

akan mengganggu kualitas hasil dari sinyal yang diolah. Hasil *threshold* sinyal suara Saron 1 yang sudah terbentuk dalam jalur-jalur notasi tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4: Hasil *Threshold* Sinyal Suara Saron 1 dari Hasil Tahap *Filtering*

Setelah *noise* di dalam jalur-jalur notasi suara Saron 1 hilang, maka tahap selanjutnya adalah mencari notasi musik yang sesuai dengan notasi musik asli suara Saron 1. Tahap ini disebut dengan tahap *notation generating*. Tahap *notation generating* merupakan tahap menghasilkan notasi. Jadi, dari sinyal yang sudah dipisahkan ke jalur notasi masing-masing tersebut, notasi musik dapat dideteksi berdasarkan lebar dari sinyal pada jalur setiap notasi nada, seperti yang dijelaskan pada bab metodologi penelitian. Hasil sinyal akhir suara Saron 1 dari tahap *notation generating* dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.15.



Gambar 4.5: Hasil Sinyal Suara Saron 1 dari Tahap *Notation Generating*

Berdasarkan sinyal yang terbentuk, notasi musik yang terdeteksi pada tahap ini untuk sampel suara Saron 1, yaitu :

3 2 3 2 1 2

(Perkiraan notasi musik Saron 1 menggunakan metode STFT)

Menurut hasil perkiraan notasi musik dari metode STFT, jika dibandingkan dengan notasi aslinya adalah hasil yang dihasilkan sesuai dengan notasi asli. Tidak ada nada yang hilang, tidak ada nada yang tergantikan dengan nada yang lain, dan tidak ada nada tambahan yang seharusnya bukan nada.

4.1.2 Hasil Pengujian Menggunakan Sampel Suara Peking Slendro

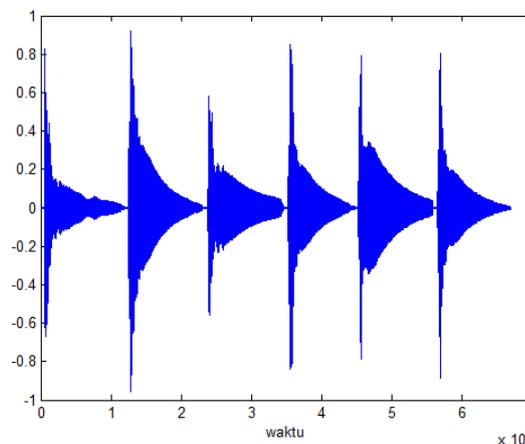
4.1.2.1 Sampel Suara Peking 1

Pengujian kedua, dilakukan pada sampel suara Peking dengan notasi musik yang sama, yaitu sebagai berikut :

Notasi musik slendro 1

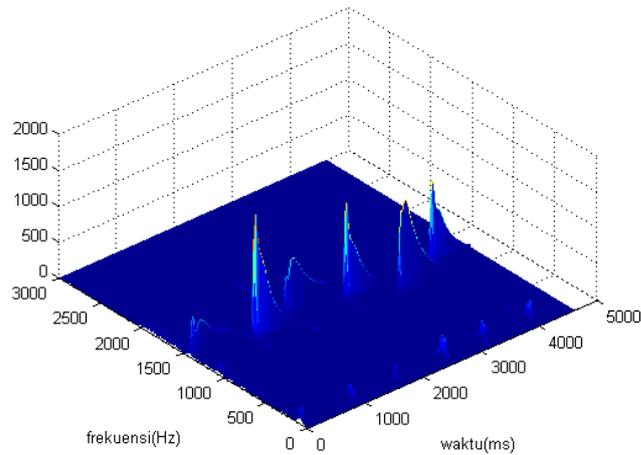
3 2 3 2 1 2

Pada pengujian kedua, notasi musik dimainkan dengan instrumen Peking. Selanjutnya, suara yang dihasilkan dari instrumen Peking, juga direkam menggunakan *microphone*, sehingga menghasilkan rekaman suara *Peking1.wav* yang dicuplik ke dalam sebuah sinyal suara. Sinyal suara Peking 1 tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



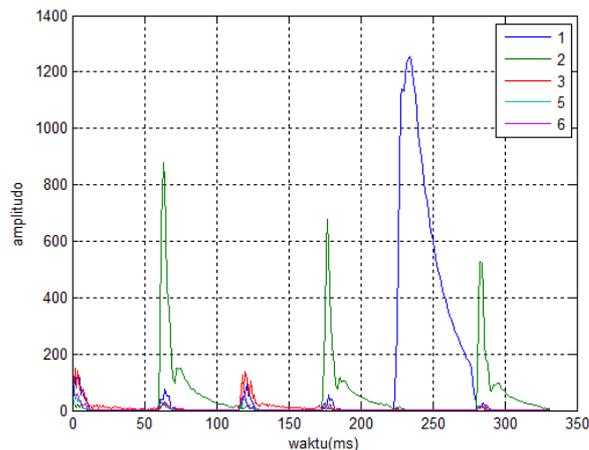
Gambar 4.6: Sinyal Asli Suara Peking 1 Hasil Rekaman

Kemudian, sinyal suara pada Gambar 4.1, diolah menggunakan metode STFT yang dapat mengubah sinyal dalam domain frekuensi dan waktu. Hasil sinyal yang diperoleh dari tahap ini adalah sinyal tiga dimensi. Hasil sinyal tiga dimensi dari sinyal Peking 1 adalah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7: Hasil STFT dari Sinyal Asli Suara Peking 1

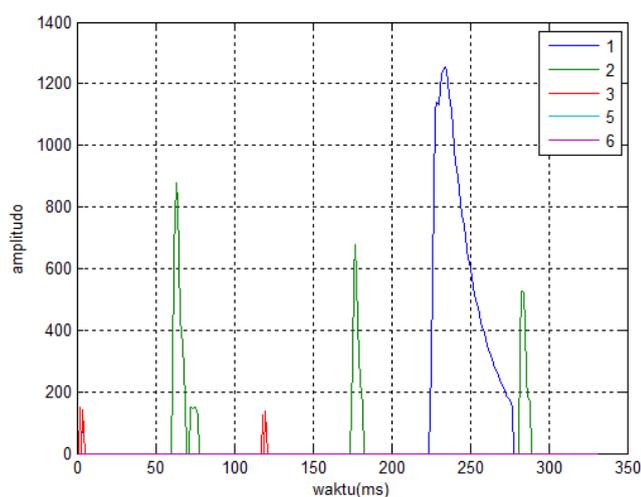
Dilihat berdasarkan hasil tiga dimensi Peking 1 yang ditunjukkan pada Gambar 4.7, terdapat enam buah sinyal dengan frekuensi yang berbeda juga. *Range* frekuensi yang ditunjukkan dari sinyal-sinyal spektrum suara Peking 1 yang terbentuk berbeda dengan Saron 1. Range frekuensi dari suara Peking 1 adalah 1000 Hz-1500 Hz sepanjang waktu tertentu. Berdasarkan frekuensi dan waktu, sinyal Peking1 dipisahkan ke jalur notasi masing-masing nada pada tahap *filtering sinyal*. Hasil pemisahan sinyal suara Peking 1 ke masing-masing jalur notasi nada dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8: Hasil *Filtering* Sinyal dari Sinyal STFT Suara Peking 1

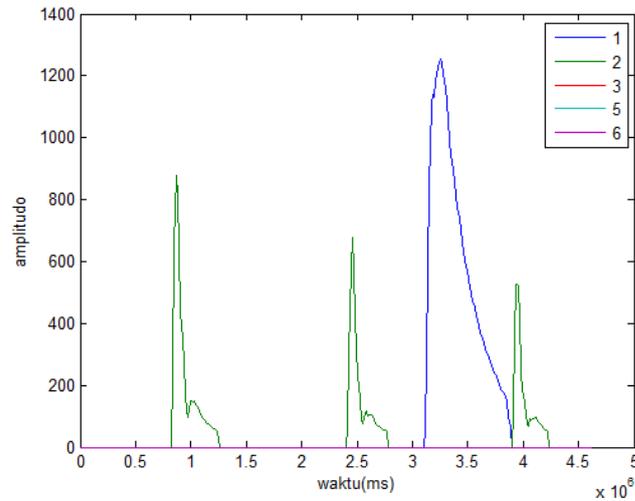
Hasil yang diperoleh dari tahap *filtering* sinyal dalam Gambar 4.8 menunjukkan bahwa terdapat tiga jalur yang berbeda untuk 6 buah sinyal di dalam sampel suara Peking 1. Jalur sinyal yang terbentuk adalah merah-hijau-merah-

hijau-biru-hijau, sama seperti pada suara Saron 1. Jika dilihat dari penandaan warna untuk setiap jalur, maka jalur sinyal yang terbentuk pada sampel suara Peking 1 juga 3, 2, 3, 2, 1, 2. Namun masih banyak terdapat *noise* di dalam sinyal, maka sinyal tersebut butuh upaya untuk mempertahankan kualitas hasil keluaran dengan melakukan *threshold* process. Hasil *threshold* sinyal suara Peking 1 yang sudah terbentuk dalam jalur-jalur notasi tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9: Hasil *Threshold* Sinyal Suara Peking 1 dari Hasil Tahap *Filtering*

Setelah *noise* di dalam jalur-jalur notasi suara Peking 1 hilang, maka tahap selanjutnya adalah mencari notasi musik yang sesuai dengan notasi musik asli suara Peking 1. Tahap ini disebut dengan tahap *notation generating*. Tahap *notation generating* merupakan tahap menghasilkan notasi. Jadi, dari sinyal yang sudah dipisahkan ke jalur notasi masing-masing tersebut, notasi musik dapat dideteksi berdasarkan lebar dari sinyal pada jalur setiap notasi nada, seperti yang dijelaskan pada bab metodologi penelitian. Hasil sinyal akhir suara Peking 1 dari tahap *notation generating* dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



Gambar 4.10: Hasil Sinyal Suara Peking 1 dari Tahap *Notation Generating*

Berdasarkan sinyal yang terbentuk, notasi musik yang terdeteksi pada tahap ini untuk sampel suara Peking 1, yaitu :

3 (hilang) 2 3 (hilang) 2 1 2

(Perkiraan notasi musik Peking 1 menggunakan metode STFT)

Menurut hasil perkiraan notasi musik dari metode STFT, jika dibandingkan dengan notasi aslinya adalah hasil yang dihasilkan belum sesuai dengan notasi asli. Terdapat 2 buah nada yang hilang, yaitu nada 3.

4.1.3 Hasil Pengujian Menggunakan Sampel Suara Gabungan Saron dan Peking Slendro

4.1.3.1 Sampel Suara Saron dan Peking 1

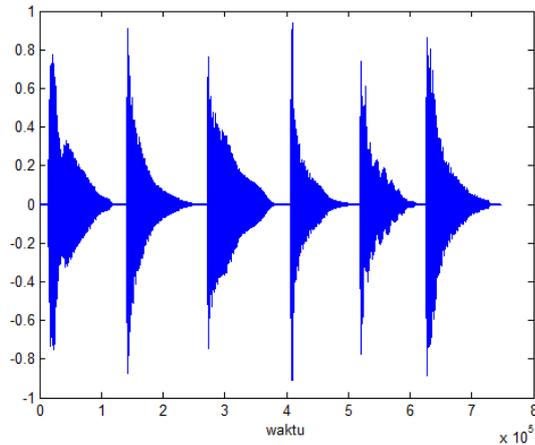
Pengujian ketiga, dilakukan pada sampel suara Saron dan Peking 1 yang dimainkan dengan notasi musik berikut :

Notasi musik slendro 1

3 2 3 2 1 2

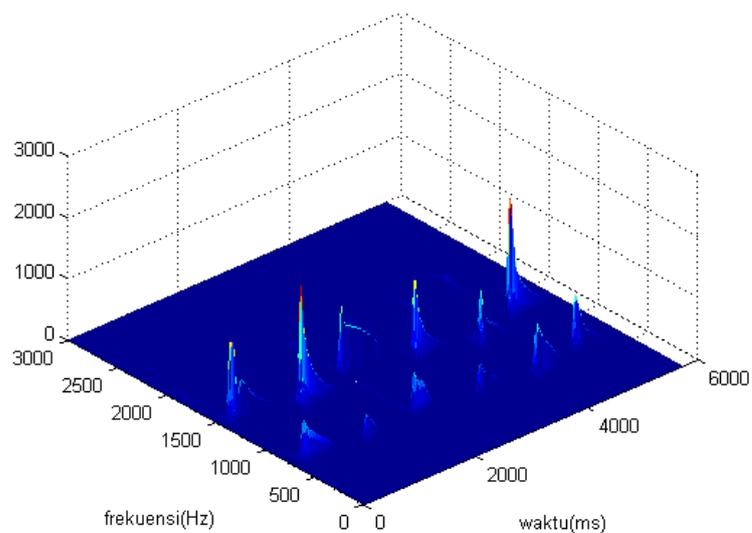
Notasi musik yang dimainkan menggunakan gabungan instrumen Saron dan Peking ini adalah notasi yang sama dengan pengujian sebelumnya. Tetapi dalam pengujian ini, notasi musik dimainkan menggunakan dua buah instrumen yaitu Saron dan Peking yang dimainkan dalam waktu yang bersamaan. Kemudian, suara yang dihasilkan dari gabungan instrumen Saron dan Peking, direkam menggunakan *microphone*, sehingga menghasilkan

rekaman suara *Saron-Peking1.wav* yang dicuplik ke dalam sebuah sinyal suara. Sinyal suara Saron dan Peking 1 tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.11.



Gambar 4.11: Sinyal Asli Gabungan Suara Saron-Peking 1 Hasil Rekaman

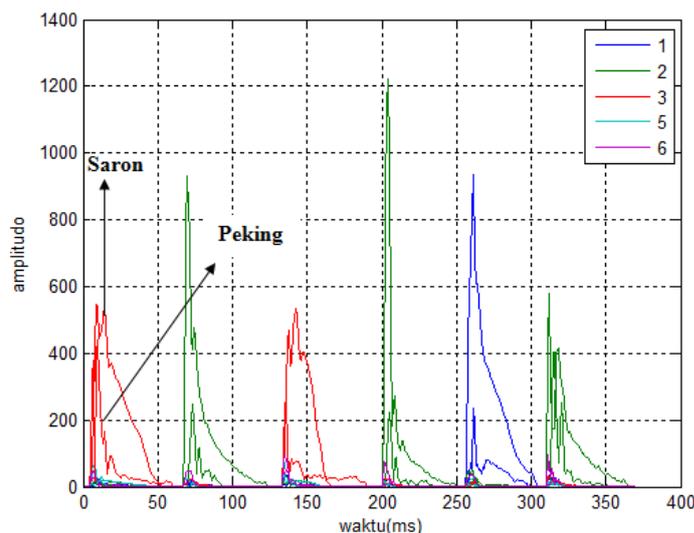
Selanjutnya, sinyal suara yang ditunjukkan dalam Gambar 4.11, diolah juga menggunakan metode STFT yang mengubah sinyal berdomain waktu tersebut menjadi sinyal dalam domain frekuensi dan waktu. Hasil sinyal yang diperoleh dari pengolahan sinyal menggunakan metode STFT ini, yaitu dalam bentuk tiga dimensi. Bentuk tiga dimensi dari sinyal Saron dan Peking 1 adalah sebagai berikut.



Gambar 4.12: Hasil STFT dari Sinyal Asli Gabungan Suara Saron - Peking 1

Hasil tiga dimensi Saron dan Peking 1 dalam Gambar 4.2 diatas menunjukkan bahwa terdapat dua belas buah spektrum sinyal dengan frekuensi yang berbeda. Dua belas buah spektrum sinyal yang dihasilkan, berada pada *range* frekuensi yang berbeda. *Range* frekuensi yang pertama untuk 6 buah spektrum sinyal yang dihasilkan adalah 500 Hz - 1000 Hz dan *range* frekuensi yang kedua untuk 6 buah spektrum sinyal lagi, berada pada 1000 Hz-1500 Hz. Hal ini menunjukkan ada dua buah jenis suara yang memiliki *range* jalur frekuensi berbeda, yaitu Saron dan Peking.

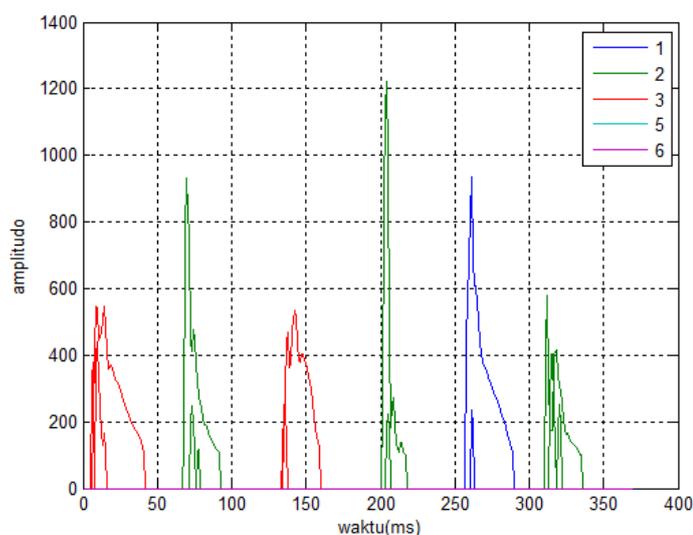
Setelah sinyal hasil STFT diperoleh dari gabungan suara Saron dan Peking 1, maka selanjutnya adalah melakukan *filtering* sinyal untuk memisahkan sinyal ke masing-masing jalur notasi dari nada. Hasil yang diperoleh untuk tahap ini dari gabungan suara Saron dan Peking 1 dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.13.



Gambar 4.13: Hasil *Filtering* Sinyal STFT Suara Saron - Peking 1

Berdasarkan hasil dari tahap *filtering* sinyal dalam Gambar 4.13 dapat ditunjukkan bahwa terdapat tiga jalur yang berbeda untuk 6 buah sinyal di dalam sampel suara Saron dan Peking 1. Tetapi, berdasarkan hasil yang terlihat pada Gambar 4.13, setiap jalur sinyal yang terbentuk terdapat jalur sinyal lagi di dalamnya. Ini artinya, ada dua buah instrumen yang digunakan dalam memainkan notasi musik slendro 1 dan dimainkan secara bersamaan. Jalur sinyal yang terbentuk adalah merah-hijau-merah-hijau-biru-hijau. Jika dilihat dari penandaan warna untuk setiap jalur, maka jalur sinyal yang terbentuk pada sampel suara Saron 1 menunjukkan adanya notasi 3, 2, 3,

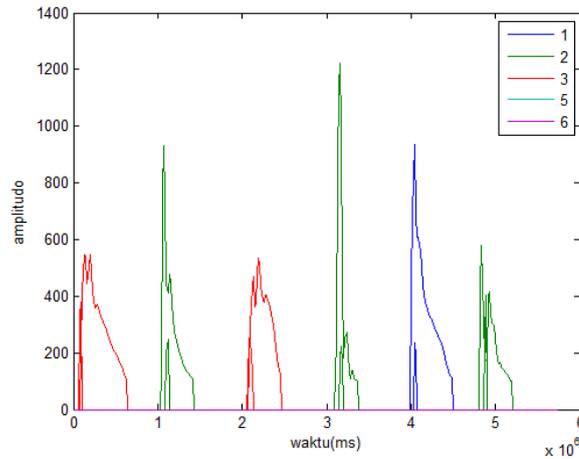
2, 1, 2. Namun, hasil penelitian pada sampel suara Saron dan Peking 1 tidak cukup sampai pada proses ini. Hasil yang ditunjukkan dari tahap *filtering* sinyal ini masih banyak mengandung *noise*. Oleh sebab itu, dibutuhkan tahap yang disebut dengan *threshold process*. Tahap *threshold* ini dilakukan untuk menghapus sinyal yang dianggap *noise*. Hal ini dikarenakan akan mengganggu kualitas hasil dari sinyal yang diolah. Hasil *threshold* sinyal suara Saron dan Peking 1 yang sudah terbentuk dalam jalur-jalur notasi tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.14.



Gambar 4.14: Hasil *Threshold* Sinyal Suara Saron - Peking 1

Setelah *noise* di dalam jalur-jalur notasi suara Saron dan Peking 1 hilang, maka tahap selanjutnya adalah mencari notasi musik yang sesuai dengan notasi musik asli suara Saron dan Peking 1. Tahap ini disebut dengan tahap *notation generating*. Tahap *notation generating* merupakan tahap menghasilkan notasi. Jadi, dari sinyal yang sudah dipisahkan ke jalur notasi masing-masing tersebut, notasi musik dapat dideteksi berdasarkan lebar dari sinyal pada jalur setiap notasi nada, seperti yang dijelaskan pada bab metodologi penelitian. Hasil sinyal akhir suara Saron dan Peking 1 dari tahap *notation generating* dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.15.

Berdasarkan sinyal yang terbentuk, notasi musik yang terdeteksi pada tahap ini untuk sampel suara Saron dan Peking 1, yaitu :



Gambar 4.15: Hasil Sinyal Suara Saron - Peking 1 dari Tahap *Notation Generating*

3 (seharusnya tidak ada) 3 2 3 2 1 2

(Perkiraan notasi musik Saron 1 menggunakan metode STFT)

Menurut hasil perkiraan notasi musik dari metode STFT, jika dibandingkan dengan notasi aslinya adalah hasil yang dihasilkan tidak sesuai dengan notasi asli. Terdapat nada yang bukan notasi tetapi dikenali sebagai notasi.

4.2 Evaluasi Kesalahan Hasil Penelitian

Evaluasi kesalahan hasil penelitian adalah bagian terpenting dalam penelitian. Hal ini disebabkan oleh kelayakan metode dalam melakukan penelitian dan persentase tingkat akurasi dari hasil yang diperoleh dalam penelitian dapat diketahui dari hasil evaluasi ini. Hasil evaluasi ini akan diuraikan dari keseluruhan sampel yang digunakan. Dimulai dari 10 sampel suara Saron, 10 sampel suara Peking, dan gabungan sampel suara Saron dan Peking.

4.2.1 Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Saron Slendro

4.2.1.1 Sampel Suara Saron 1

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron 1 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.36. Notasi musik asli : 3 2 3 2 1 2.

Tabel 4.1: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 1

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	3		3				3	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	6						6	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

i = *insertion*, d = *deletion*, s = *substitution*

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 0\% \quad (4.1)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.1.2 Sampel Suara Saron 2

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron 2 dapat ditunjukkan dalam Tabel

4.2. Notasi musik asli : 1 2 1 2 5 6.

Tabel 4.2: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 2

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	2		2				2	0	0	0	
3	0			0			0	0	0	0	
5	1				1		1	0	0	0	
6	1					0	0	0	1	0	
Total	6						5	0	1	0	16.67 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 1 + 0}{6} \times 100\% = 16.67\% \quad (4.2)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 16.67\% = 83.33\%$.

4.2.1.3 Sampel Suara Saron 3

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron 3 dapat ditunjukkan dalam Tabel

4.3. Notasi musik asli : 2 1 3 2 5 6.

Tabel 4.3: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 3

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	2		2				2	0	0	0	
3	1			1			1	0	0	0	
5	1				1		1	0	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	6						6	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 0\% \quad (4.3)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.1.4 Sampel Suara Saron 4

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron 4 dapat ditunjukkan dalam Tabel

4.4. Notasi musik asli : 1 3 1 3 5 6.

Tabel 4.4: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 4

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	0		0				0	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	1				1		1	0	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	6						6	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion$, $d = deletion$, $s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 0\% \quad (4.4)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.1.5 Sampel Suara Saron 5

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron 5 dapat ditunjukkan dalam Tabel

4.5. Notasi musik asli : 2 3 1 3 6 5.

Tabel 4.5: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 5

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	1		1				1	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	1				1		1	0	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	6						6	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 0\% \quad (4.5)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.1.6 Sampel Suara Saron 6

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron 6 dapat ditunjukkan dalam Tabel

4.6. Notasi musik asli : 1 2 1 2 3 2 3 2.

Tabel 4.6: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 6

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	4		4				4	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	8						8	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{8} \times 100\% = 0\% \quad (4.6)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.1.7 Sampel Suara Saron 7

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron 7 dapat ditunjukkan dalam Tabel

4.7. Notasi musik asli : 3 2 3 2 3 1 5.

Tabel 4.7: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 7

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	2		2				2	0	0	0	
3	3			3			3	0	0	0	
5	1				1		1	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	7						7	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

i = *insertion*, d = *deletion*, s = *substitution*

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{7} \times 100\% = 0\% \quad (4.7)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.1.8 Sampel Suara Saron 8

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron 8 dapat ditunjukkan dalam Tabel

4.8. Notasi musik asli : 1 2 3 5 6 5 3 1.

Tabel 4.8: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 8

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	1		1				1	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	2				2		2	0	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	8						8	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{8} \times 100\% = 0\% \quad (4.8)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.1.9 Sampel Suara Saron 9

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron 9 dapat ditunjukkan dalam Tabel

4.9. Notasi musik asli : 2 3 2 1 2 3 2 1.

Tabel 4.9: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 9

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	4		4				4	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	8						8	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{8} \times 100\% = 0\% \quad (4.9)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.1.10 Sampel Suara Saron 10

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron 10 dapat ditunjukkan dalam Tabel

4.10. Notasi musik asli : 1 2 1 2 1 2 1.

Tabel 4.10: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Saron 10

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	4	4					4	0	0	0	
2	3		3				3	0	0	0	
3	0			0			0	0	0	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	7						7	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli, JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion$, $d = deletion$, $s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{7} \times 100\% = 0\% \quad (4.10)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.2 Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Peking Slendro

4.2.2.1 Sampel Suara Peking 1

Hasil evaluasi dari sampel suara Peking 1 dapat ditunjukkan dalam Tabel

4.11. Notasi musik asli : 3 2 3 2 1 2.

Tabel 4.11: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 1

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	3		3				3	0	0	0	
3	2			0			0	0	2	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	6						4	0	2	0	33.33%

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 2 + 0}{6} \times 100\% = 33.33\% \quad (4.11)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 33.33\% = 66.67\%$.

4.2.2.2 Sampel Suara Peking 2

Hasil evaluasi dari sampel suara Peking 2 dapat ditunjukkan dalam Tabel

4.12. Notasi musik asli : 1 2 1 2 5 6.

Tabel 4.12: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 2

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	2		2				2	0	0	0	
3	0			0			0	0	0	0	
5	1				1		1	0	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	6						6	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 0\% \quad (4.12)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.2.3 Sampel Suara Peking 3

Hasil evaluasi dari sampel suara Peking 3 dapat ditunjukkan dalam Tabel

4.13. Notasi musik asli : 2 1 3 2 5 6.

Tabel 4.13: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 3

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	2		2				2	0	0	0	
3	1			1			1	0	0	0	
5	1				1		1	0	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	6						6	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

i = *insertion*, *d* = *deletion*, *s* = *substitution*

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 0\% \quad (4.13)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.2.4 Sampel Suara Peking 4

Hasil evaluasi dari sampel suara Peking 4 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.14. Notasi musik asli : 1 3 1 3 5 6.

Tabel 4.14: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 4

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	0		0				0	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	1				1		1	0	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	6						6	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 0\% \quad (4.14)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.2.5 Sampel Suara Peking 5

Hasil evaluasi dari sampel suara Peking 5 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.15. Notasi musik asli : 2 3 1 3 6 5.

Tabel 4.15: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 5

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	1		1				1	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	1				1		1	0	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	6						6	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 0\% \quad (4.15)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.2.6 Sampel Suara Peking 6

Hasil evaluasi dari sampel suara Peking 6 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.16. Notasi musik asli : 1 2 1 2 3 2 3 2.

Tabel 4.16: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 6

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	4		4				4	0	0	0	
3	2			1			1	0	1	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	8						7	0	1	0	12.5%

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

i = *insertion*, d = *deletion*, s = *substitution*

$$NER = \frac{0 + 1 + 0}{8} \times 100\% = 12.5\% \quad (4.16)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 12.5\% = 87.5\%$.

4.2.2.7 Sampel Suara Peking 7

Hasil evaluasi dari sampel suara Peking 7 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.17. Notasi musik asli : 3 2 3 2 3 1 5.

Tabel 4.17: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 7

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	2		2				2	0	0	0	
3	3			3			3	0	0	0	
5	1				1		1	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	7						7	0	0	0	0%

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{7} \times 100\% = 0\% \quad (4.17)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.2.8 Sampel Suara Peking 8

Hasil evaluasi dari sampel suara Peking 8 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.18. Notasi musik asli : 1 2 3 5 6 5 3 1.

Tabel 4.18: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 8

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	1		1				1	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	2				2		2	0	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	8						8	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{8} \times 100\% = 0\% \quad (4.18)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.2.9 Sampel Suara Peking 9

Hasil evaluasi dari sampel suara Peking 9 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.19. Notasi musik asli : 2 3 2 1 2 3 2 1.

Tabel 4.19: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 9

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	4		4				4	0	0	0	
3	2			0			0	0	2	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	8						6	0	2	0	25%

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

i = *insertion*, d = *deletion*, s = *substitution*

$$NER = \frac{0 + 2 + 0}{8} \times 100\% = 25\% \quad (4.19)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 25\% = 75\%$.

4.2.2.10 Sampel Suara Peking 10

Hasil evaluasi dari sampel suara Peking 10 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.20. Notasi musik asli : 1 2 1 2 1 2 1.

Tabel 4.20: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi Sampel Suara Peking 10

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	4	4					4	0	0	0	
2	3		0				0	0	3	0	
3	0			0			0	0	0	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	7						4	0	3	0	42.86 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 3 + 0}{7} \times 100\% = 42.86\% \quad (4.20)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 42.86\% = 57.14\%$.

4.2.3 Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Saron - Peking Slendro

4.2.3.1 Sampel Suara Saron - Peking 1

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron - Peking 1 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.21. Notasi musik asli : 3 2 3 2 1 2.

Tabel 4.21: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 1)

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	3		3				3	0	0	0	
3	2			3			3	1	0	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	6						7	1	0	0	16.67 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli, JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 1 + 0}{6} \times 100\% = 16.67\% \quad (4.21)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 16.67\% = 83.33\%$.

4.2.3.2 Sampel Suara Saron - Peking 2

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron - Peking 2 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.22. Notasi musik asli : 1 2 1 2 5 6.

Tabel 4.22: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 2)

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	2		4				4	2	0	0	
3	0			0			0	0	0	0	
5	1				2		2	1	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	6						9	3	0	0	50 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

i = *insertion*, d = *deletion*, s = *substitution*

$$NER = \frac{3 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 50\% \quad (4.22)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 50\% = 50\%$.

4.2.3.3 Sampel Suara Saron - Peking 3

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron - Peking 3 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.23. Notasi musik asli : 2 1 2 3 5 6.

Tabel 4.23: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 3)

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	2		2				2	0	0	0	
3	1			5			5	4	0	0	
5	1				1		1	0	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	6						10	4	0	0	66.67 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{4 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 66.67\% \quad (4.23)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 33.33\%$.

4.2.3.4 Sampel Suara Saron - Peking 4

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron - Peking 4 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.24. Notasi musik asli : 1 3 1 3 5 6.

Tabel 4.24: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 4)

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	3					3	1	0	0	
2	0		0				0	0	0	0	
3	2			3			3	1	0	0	
5	1				2		2	1	0	0	
6	1					2	2	1	0	0	
Total	6						10	4	0	0	66.67 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{4 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 66.67\% \quad (4.24)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 66.67\% = 33.33\%$.

4.2.3.5 Sampel Suara Saron - Peking 5

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron - Peking 5 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.25. Notasi musik asli : 2 3 1 3 6 5.

Tabel 4.25: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 5)

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	1		1				1	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	1				1		1	0	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	6						6	0	0	0	0%

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

i = *insertion*, d = *deletion*, s = *substitution*

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 0\% \quad (4.25)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.3.6 Sampel Suara Saron - Peking 6

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron - Peking 6 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.26. Notasi musik asli : 1 2 1 2 3 2 3 2.

Tabel 4.26: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 6)

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	4		4				4	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	8						8	0	0	0	0%

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 1 + 0}{8} \times 100\% = 0\% \quad (4.26)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.3.7 Sampel Suara Saron - Peking 7

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron- Peking 7 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.27. Notasi musik asli : 3 2 3 2 3 1 5.

Tabel 4.27: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 7)

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	2		3				3	1	0	0	
3	3			4			4	1	0	0	
5	1				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	7						8	2	0	0	28.57%

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{7} \times 100\% = 0\% \quad (4.27)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.3.8 Sampel Suara Saron - Peking 8

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron - Peking 8 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.28. Notasi musik asli : 1 2 3 5 6 5 3 1.

Tabel 4.28: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 8)

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	1		1				1	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	2				2		2	0	0	0	
6	1					1	1	0	0	0	
Total	8						8	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

i = insertion, d = deletion, s = substitution

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{8} \times 100\% = 0\% \quad (4.28)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.3.9 Sampel Suara Saron - Peking 9

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron - Peking 9 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.29. Notasi musik asli : 2 3 2 1 2 3 2 1.

Tabel 4.29: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 9)

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	2	2					2	0	0	0	
2	4		4				4	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	8						8	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{8} \times 100\% = 0\% \quad (4.29)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.2.3.10 Sampel Suara Saron - Peking 10

Hasil evaluasi dari sampel suara Saron - Peking 10 dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.30. Notasi musik asli : 1 2 1 2 1 2 1.

Tabel 4.30: Tabel Evaluasi Kesalahan Hasil Notasi (Saron - Peking 10)

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	4	4					4	0	0	0	
2	3		3				3	0	0	0	
3	0			0			0	0	0	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	7						7	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

$i = insertion, d = deletion, s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{7} \times 100\% = 0\% \quad (4.30)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.3 Keakurasian Metode Penelitian

Pencapaian tingkat akurasi yang tinggi dari metode penelitian STFT sangat diharapkan dalam penelitian ini. Persentase tingkat akurasi metode

STFT dalam melakukan transkripsi musik menjadi sebuah notasi musik kembali, dapat dihitung menggunakan sebuah persamaan. Persamaan ini digunakan untuk mencari persentase tingkat akurasi metode STFT dalam melakukan transkripsi musik pada sampel satu instrumen dan dua instrumen. Persentase tingkat akurasi untuk satu instrumen, dapat ditunjukkan dalam persamaan (4.31).

$$PA (1 Instrumen) = \frac{Total PHB}{Total Sampel Suara Satu Instrumen} \quad (4.31)$$

Persentase tingkat akurasi untuk dua instrumen, dapat ditunjukkan dalam persamaan (4.32).

$$PA (2 Instrumen) = \frac{Total PHB}{Total Sampel Suara Dua Instrumen} \quad (4.32)$$

Keterangan :

-PA = Persentase Akurasi

-Total PHB (Persentase Hasil Benar) = total keseluruhan persentase hasil benar yang diperoleh pada setiap sampel (persentase hasil benar sampel ke-1...+ persentase hasil benar sampel ke - n)

-Total Sampel Suara Satu Instrumen = total sampel menggunakan instrumen Saron (10 sampel) dan Peking (10 sampel) = 20 sampel

-Total Sampel Suara Dua Instrumen = total sampel menggunakan instrumen Saron - Peking (dipukul secara bersamaan) = 10 sampel

Secara keseluruhan, tingkat akurasi metode STFT dalam melakukan transkripsi musik pada satu instrumen yang dihitung menggunakan persamaan (4.31), dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.31.

Tabel 4.31: Tabel Hasil Pengujian Terhadap Sampel Suara Satu Instrumen

No	Sampel suara (.wav)	NER (%)	Hasil Benar (%)	Akurasi(%)
1	Saron1	0	100	
2	Saron2	16.67	83.33	
3	Saron3	0	100	
4	Saron4	0	100	
5	Saron5	0	100	
6	Saron6	0	100	
7	Saron7	0	100	
8	Saron8	0	100	
9	Saron9	0	100	
10	Saron10	0	100	
11	Peking1	33.33	66.67	
12	Peking2	0	100	
13	Peking3	0	100	
14	Peking4	0	100	
15	Peking5	0	100	
16	Peking6	12.5	87.5	
17	Peking7	0	100	
18	Peking8	0	100	
19	Peking9	0	75	
20	Peking10	42.86	57.14	
Total	20 sampel		1869.64	93.48

Pada Tabel 4.31, tingkat akurasi metode STFT dalam melakukan transkripsi musik berdasarkan pengujian terhadap sampel suara satu instrumen, diperoleh dengan cara menghitung berdasarkan (4.31). Perhitungan akurasi tersebut yaitu :

$$PA (1 \text{ Instrumen}) = \frac{1869.64\%}{20} = 93.48\% \quad (4.33)$$

Selanjutnya, keseluruhan tingkat akurasi metode STFT dalam melakukan transkripsi musik pada dua instrumen yang dihitung menggunakan persamaan (4.32), dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.32.

Tabel 4.32: Tabel Hasil Pengujian Terhadap Sampel Suara Satu Instrumen

No	Sampel suara (.wav)	NER (%)	Hasil Benar (%)	Akurasi (%)
1	SaronPeking1	16.67	83.33	
2	SaronPeking2	50	50	
3	SaronPeking3	66.67	33.33	
4	SaronPeking4	66.67	33.33	
5	SaronPeking5	0	100	
6	SaronPeking6	0	100	
7	SaronPeking7	0	100	
8	SaronPeking8	0	100	
9	SaronPeking9	0	100	
10	SaronPeking10	0	100	
Total	10 sampel		799.99	79.99

Pada Tabel 4.32, tingkat akurasi metode STFT dalam melakukan transkripsi musik berdasarkan pengujian terhadap sampel suara dua instrumen, diperoleh dengan cara menghitung berdasarkan (4.32). Perhitungan akurasi tersebut yaitu :

$$PA (2 Instrumen) = \frac{799.99\%}{10} = 79.99\% \quad (4.34)$$

4.4 Pengujian Perbandingan Hasil Penelitian Sampel Suara Akustik dan *Full Synthetic*

Perbandingan hasil penelitian sampel suara akustik dengan sampel suara *full synthetic* ini bertujuan untuk membandingkan hasil transkripsi yang diperoleh menggunakan metode STFT pada kedua jenis sampel suara tersebut. Perbandingan ini dilakukan dengan menghitung hasil evaluasi kesalahan dari notasi yang dihasilkan pada kedua jenis suara, sehingga berdasarkan hasil evaluasi tersebut dapat diketahui tingkat akurasi transkripsi musik yang dilakukan dengan menggunakan metode STFT pada kedua jenis suara. Dalam hal ini, untuk memperoleh hasil perbandingan antara penggunaan metode STFT terhadap sampel suara *full synthetic* dengan penggunaan metode STFT terhadap sampel suara sintetik, maka perlu dilakukan beberapa pengujian terhadap sampel suara sintetik. Beberapa hasil pengujian yang dilakukan

pada sampel suara *full synthetic* menggunakan metode STFT, dapat dijelaskan dalam uraian-uraian hasil pengujian berikut.

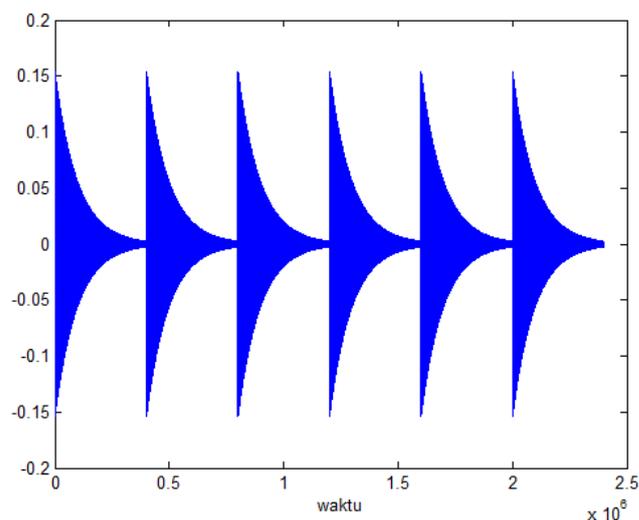
4.4.1 Hasil Pengujian Pada Sampel Suara Satu Instrumen *Full Synthetic*

4.4.1.1 Sampel Suara Saron *Full Synthetic*

Notasi musik yang dimainkan adalah sebagai berikut :

3 2 3 2 1 2

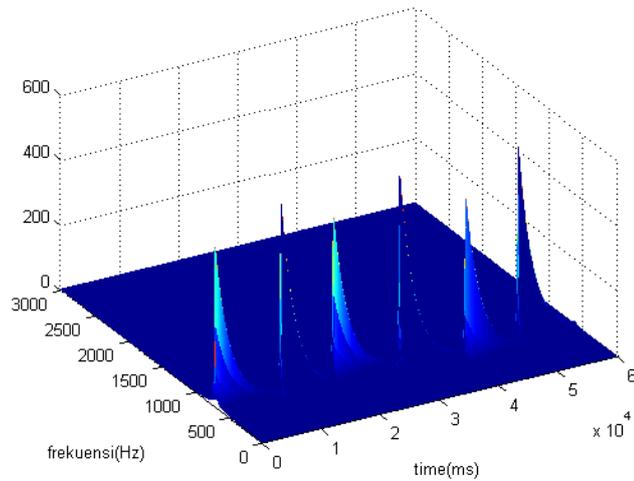
Suara Saron *full synthetic* yang telah disusun berdasarkan notasi musik 3 2 3 2 1 2 diatas dan disimpan ke dalam format *file.wav*, dicuplik ke dalam sebuah sinyal domain waktu. Sinyal yang terbentuk dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.16.



Gambar 4.16: Sinyal Asli Suara Saron *Full Synthetic*

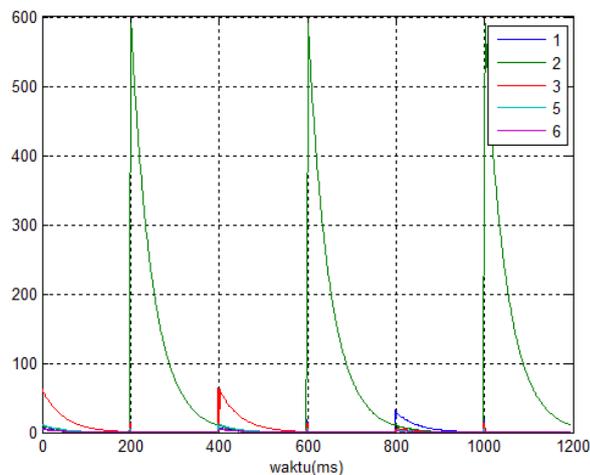
Pada Gambar 4.16, terlihat bahwa sinyal domain waktu yang terbentuk memiliki ampiltudo antar sinyal yang sama. Ini dikarenakan, dalam pembentukan sinyal suara jenis *full synthetic*, nilai amplitudo setiap sinyal dari nada yang ingin dibentuk ditentukan. Penentuan nilai amplitudo antar sinyal tersebut harus bernilai sama.

Kemudian, sinyal suara *full synthetic* pada Gambar 4.16 tersebut, diolah menggunakan metode STFT yang dapat mengubah sinyal dalam domain frekuensi dan waktu. Hasil sinyal yang diperoleh dari tahap ini adalah sinyal tiga dimensi. Hasil sinyal tiga dimensi dari sinyail *full synthetic* Saron adalah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.17.



Gambar 4.17: Hasil STFT dari Sinyal Asli Suara Saron *Full Synthetic*

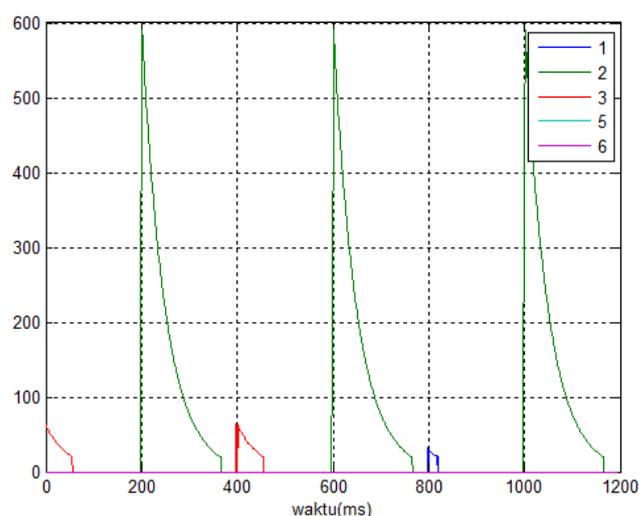
Dilihat berdasarkan hasil tiga dimensi sinyal suara Saron *full synthetic* yang ditunjukkan pada Gambar 4.17, terdapat enam buah spektrum sinyal dengan frekuensi yang berbeda. Enam buah spektrum sinyal yang terbentuk pada hasil STFT tersebut, terbentuk berdasarkan bentuk sinyal domain waktu suara Saron *full synthetic* yang disusun berdasarkan notasi 3 2 3 2 1 2. Selanjutnya, dari hasil informasi frekuensi dan waktu yang ditunjukkan pada sinyal hasil STFT, spektrum sinyal yang terbentuk tersebut dipisahkan ke jalur notasi masing-masing nada pada tahap *filtering sinyal*. Hasil pemisahan sinyal suara Saron *full synthetic* ke masing-masing jalur notasi nada dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.18.



Gambar 4.18: Hasil *Filtering* Sinyal STFT Suara Saron *Full Synthetic*

Hasil yang diperoleh dari tahap *filtering* sinyal dalam Gambar 4.18 menunjukkan bahwa terdapat tiga jalur yang berbeda untuk 6 buah sinyal di dalam sampel suara Saron *full synthetic*. Jalur sinyal yang terbentuk adalah merah-hijau-merah-hijau-biru-hijau, sama seperti pada suara Saron akustik. Jika dilihat dari penandaan warna untuk setiap jalur, maka jalur sinyal yang terbentuk pada sampel suara Saron *full synthetic* juga 3, 2, 3, 2, 1, 2. Namun, untuk memperoleh spektrum sinyal yang terhindar dari spleteran frekuensi harmonik sinyal lain, maka dibutuhkan proses *threshold* untuk menghapus sinyal lain yang bukan termasuk sinyal nada.

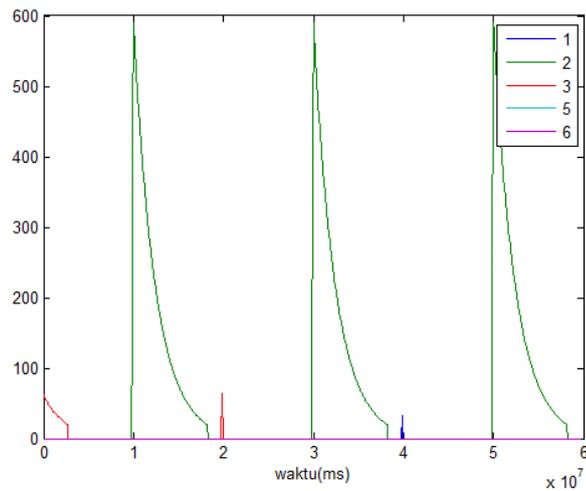
Hasil *threshold* sinyal suara Saron *full synthetic* yang sudah terbentuk dalam jalur-jalur notasi tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.19.



Gambar 4.19: Hasil *Threshold* Sinyal Suara Saron *Full Synthetic*

Setelah dilakukan proses *threshold* pada sinyal suara Saron *full synthetic*, maka tahap selanjutnya adalah mencari notasi musik yang sesuai dengan notasi musik asli yang disusun di dalam suara Saron *full synthetic*. Tahap ini disebut dengan tahap *notation generating*. Tahap *notation generating* merupakan tahap menghasilkan notasi yang diperkirakan sama dengan notasi asli musik yang dimainkan.

Jadi, dari sinyal yang sudah dipisahkan ke jalur notasi masing-masing tersebut dan dilakukan proses *threshold*, notasi musik dapat dideteksi berdasarkan lebar dari sinyal pada jalur setiap notasi nada. Hasil sinyal akhir suara Saron *full synthetic* dari tahap *notation generating* dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.20.



Gambar 4.20: Sinyal Saron *Full Synthetic* Hasil *Notation Generating*

Berdasarkan sinyal yang terbentuk, notasi musik yang terdeteksi pada tahap ini untuk sampel suara Saron *full synthetic*, yaitu :

3 2 3 2 1 2

(Perkiraan notasi musik Saron *full synthetic* menggunakan metode STFT)

Menurut hasil perkiraan notasi musik dari metode STFT, jika dibandingkan dengan notasi aslinya adalah hasil yang dihasilkan sesuai dengan notasi asli. Tidak ada nada yang hilang, tidak ada nada yang tergantikan dengan nada yang lain, dan tidak ada nada tambahan yang seharusnya bukan nada.

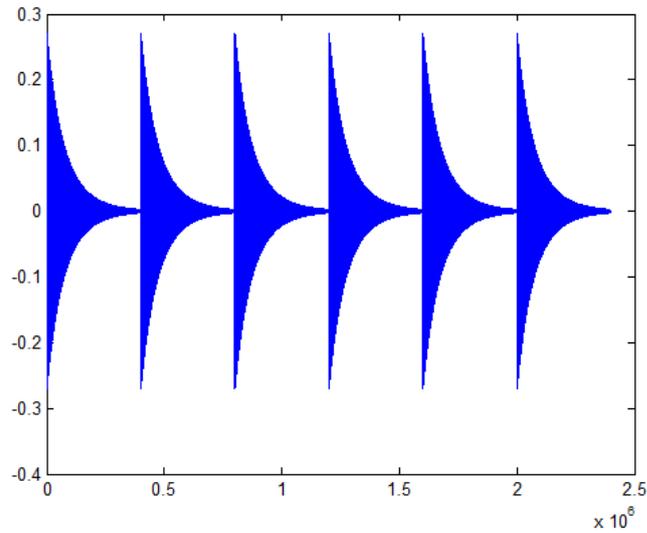
4.4.2 Hasil Pengujian Pada Sampel Suara Dua Instrumen *Full Synthetic*

4.4.2.1 Sampel Suara Saron dan Peking *Full Synthetic*

Notasi musik yang dimainkan adalah sebagai berikut :

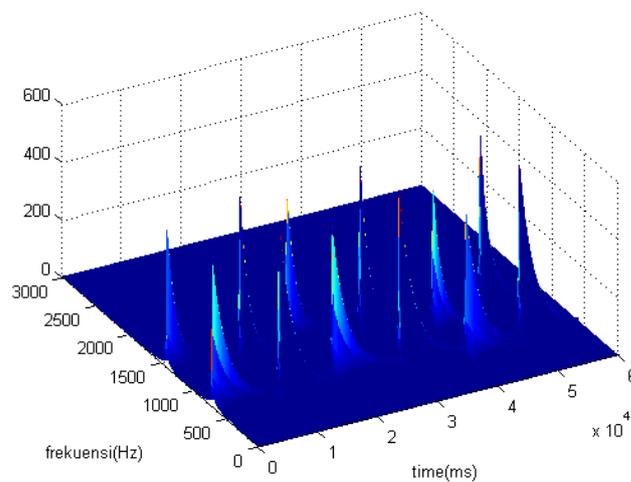
3 2 3 2 1 2

Suara Saron dan Peking *full synthetic* yang telah disusun berdasarkan notasi musik 3 2 3 2 1 2, membentuk sinyal musik dalam domain waktu yang memiliki nilai amplitudo sama untuk setiap sinyal nada. Sinyal yang terbentuk ini, dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.21.



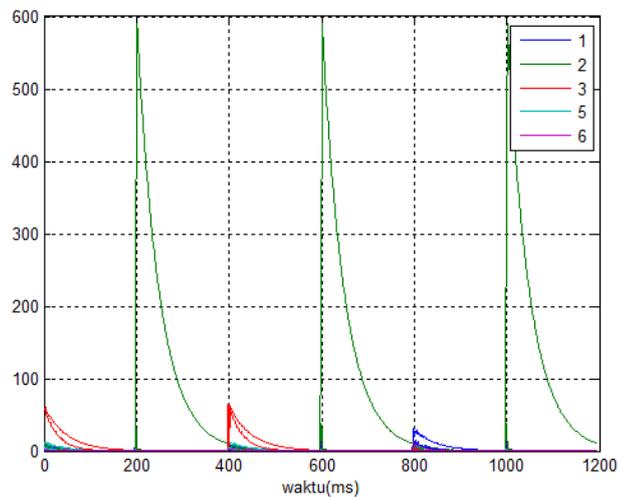
Gambar 4.21: Sinyal Asli Suara Saron dan Peking *Full Synthetic*

Pada Gambar 4.21, terlihat bahwa cuplikan sinyal dalam domain waktu dari gabungan sinyal Saron dan Peking terbentuk dalam waktu yang bersamaan. Hal ini dikarenakan sinyal Saron dan Peking disusun seolah-olah dipukul secara bersamaan seperti sampel suara Saron dan Peking pada musik Gamelan akustik. Selanjutnya, sinyal suara *full synthetic* pada Gambar 4.21 tersebut, diolah menggunakan metode STFT yang dapat mengubah sinyal dalam domain frekuensi dan waktu. Hasil sinyal yang diperoleh dari tahap ini adalah sinyal tiga dimensi. Hasil sinyal tiga dimensi dari sinyal *full synthetic* Saron dan Peking adalah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.22.



Gambar 4.22: Hasil STFT Suara Saron dan Peking *Full Synthetic*

Dilihat berdasarkan hasil tiga dimensi sinyal suara Saron dan Peking *full synthetic* yang ditunjukkan pada Gambar 4.22, terdapat enam buah spektrum sinyal dengan frekuensi yang berbeda. Enam buah spektrum sinyal yang terbentuk pada hasil STFT tersebut, terbentuk berdasarkan bentuk sinyal domain waktu suara Saron dan Peking *full synthetic* yang disusun berdasarkan notasi 3 2 3 2 1 2. Selanjutnya, dari hasil informasi frekuensi dan waktu yang ditunjukkan pada sinyal hasil STFT, spektrum sinyal yang terbentuk tersebut dipisahkan ke jalur notasi masing-masing nada pada tahap *filtering sinyal*. Hasil pemisahan sinyal suara Saron dan Peking 1 *full synthetic* ke masing-masing jalur notasi nada dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.23.

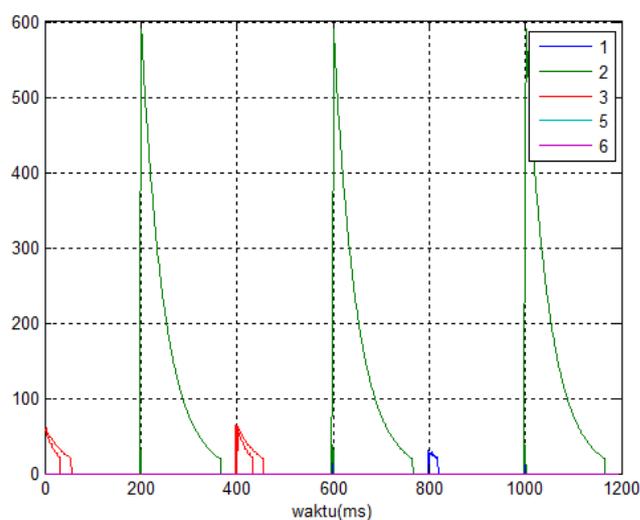


Gambar 4.23: Hasil *Filtering* Sinyal Suara Saron - Peking *Full Synthetic*

Hasil yang diperoleh dari tahap *filtering* terhadap sinyal STFT sampel suara Saron dan Peking dalam Gambar 4.23, menunjukkan bahwa terdapat tiga jalur notasi untuk 6 buah spektrum sinyal yang dihasilkan dari proses pengolahan sinyal asli pada sampel suara dua instrumen menggunakan metode STFT. Tiga buah jalur notasi ini, ditandai dengan warna biru sebagai jalur notasi nada 1, warna hijau sebagai jalur notasi nada 2, dan warna merah sebagai jalur notasi 3. Tiga buah jalur notasi ini disebut dengan sinyal *envelope*. Berdasarkan sinyal *envelope* yang terbentuk, terdapat dua buah sinyal *envelope*. Masing-masing sinyal *envelope* ini menunjukkan *envelope* dari sinyal Saron dan *envelope* dari sinyal Peking. Kedua sinyal *envelope* yang terbentuk tersebut terjadi pada waktu yang bersamaan dan dibentuk berdasarkan notasi musik yang sama, yaitu 3 2 3 2 1 2. Jika dilihat dari penandaan warna untuk setiap jalur notasi, maka jalur notasi yang terbentuk

pada sampel suara Saron dan Peking *full synthetic* adalah 3, 2, 3, 2, 1, 2. Hasil jalur notasi yang terbentuk ini, dapat digunakan pada proses menghasilkan notasi. Namun, untuk memudahkan dalam menghasilkan notasi musik, jalur notasi harus terhindar dari spleteran frekuensi harmonik sinyal lain yang dianggap *noise*. Salah satu cara untuk menghindari adanya sinyal akibat spleteran dari sinyal lain adalah dengan melakukan proses *threshold*.

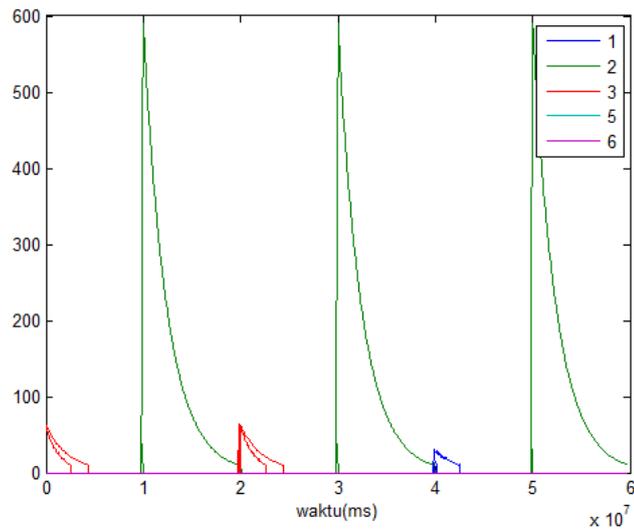
Hasil *threshold* sinyal suara Saron dan Peking *full synthetic* yang sudah terbentuk dalam jalur-jalur notasi tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.24.



Gambar 4.24: Hasil *Threshold* Sinyal Suara Saron dan Peking *Full Synthetic*

Setelah dilakukan proses *threshold* pada sinyal suara Saron dan Peking *full synthetic*, maka tahap selanjutnya adalah mencari notasi musik yang sesuai dengan notasi musik asli yang disusun di dalam suara Saron dan Peking *full synthetic*. Tahap ini disebut dengan tahap *notation generating*. Tahap *notation generating* merupakan tahap menghasilkan notasi yang diperkirakan sama dengan notasi asli musik yang dimainkan.

Jadi, dari sinyal yang sudah dipisahkan ke jalur notasi masing-masing tersebut dan dilakukan proses *threshold*, notasi musik dapat dideteksi berdasarkan lebar dari sinyal pada jalur setiap notasi nada. Hasil sinyal akhir suara Saron dan Peking *full synthetic* dari tahap *notation generating* dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.25.



Gambar 4.25: Sinyal Saron-Peking 1 *Full Synthetic* Hasil *Notation Generating*

Berdasarkan sinyal yang terbentuk, notasi musik yang terdeteksi pada tahap ini untuk sampel suara Saron dan Peking *full synthetic*, yaitu :

3 2 3 2 1 2

(Perkiraan notasi musik Saron dan Peking *full synthetic* menggunakan metode STFT)

Berdasarkan hasil perkiraan notasi musik yang diperoleh, hasil metode STFT dalam melakukan transkripsi musik sintetik dua instrumen adalah menghasilkan notasi musik yang sesuai dengan notasi asli. Tidak ada nada yang hilang, tidak ada nada yang tergantikan dengan nada yang lain, dan tidak ada nada tambahan yang seharusnya bukan nada.

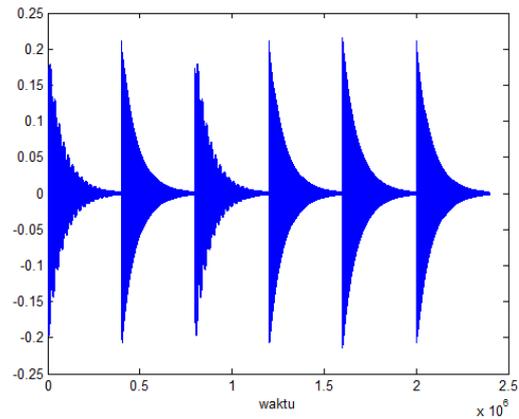
4.4.3 Hasil Pengujian Pada Sampel Suara Tiga Instrumen *Full Synthetic*

4.4.3.1 Sampel Suara Demung, Saron, dan Peking *Full Synthetic*

Notasi musik yang dimainkan adalah sebagai berikut :

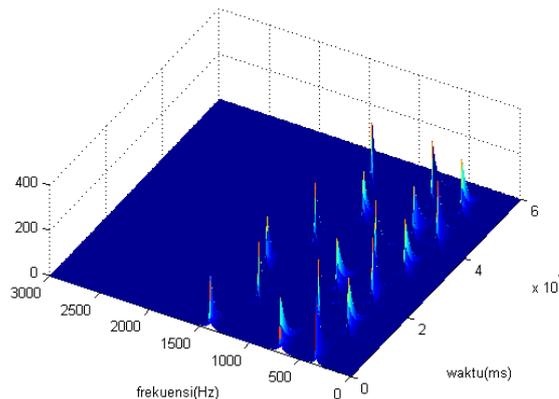
3 2 3 2 1 2

Suara dari tiga instrumen Gamelan *full synthetic* yang telah disusun berdasarkan notasi musik 3 2 3 2 1 2, membentuk sinyal musik dalam domain waktu yang memiliki nilai amplitudo sama untuk setiap sinyal nada. Sinyal yang terbentuk ini, dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.26.



Gambar 4.26: Sinyal Suara Asli *Full Synthetic* dari Tiga Instrumen

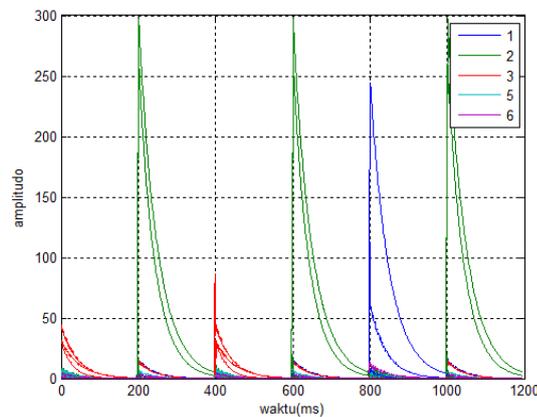
Pada Gambar 4.26, terlihat bahwa cuplikan sinyal dalam domain waktu dari gabungan sinyal Demung, Saron, dan Peking set 1 terbentuk dalam waktu yang bersamaan. Sama halnya dengan pengujian yang dilakukan pada sampel suara menggunakan dua instrumen, ini dikarenakan sinyal Demung, Saron, dan Peking disusun seolah-olah dipukul secara bersamaan. Selanjutnya, sinyal suara *full synthetic* pada Gambar 4.26 tersebut, diolah menggunakan metode STFT yang dapat mengubah sinyal dalam domain frekuensi dan waktu. Hasil sinyal yang diperoleh dari tahap ini adalah sinyal tiga dimensi. Hasil sinyal tiga dimensi dari sinyal *full synthetic* Demung, Saron, dan Peking adalah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.27.



Gambar 4.27: Sinyal STFT dari Suara *Full Synthetic* Tiga Instrumen

Berdasarkan hasil tiga dimensi gabungan sinyal suara Demung, Saron, dan Peking *full synthetic* yang ditunjukkan pada Gambar 4.27, terdapat enam buah spektrum sinyal yang dihasilkan. Terlihat bahwa, spektrum yang terjadi

berada pada jalur frekuensi yang berbeda. Spektrum sinyal Demung berada pada jalur frekuensi 250-500 Hz, Saron berada pada jalur frekuensi 500-1000 Hz, dan spektrum sinyal Peking berada pada jalur frekuensi 100-1500 Hz. Enam buah spektrum sinyal yang terbentuk pada hasil STFT tersebut, terbentuk berdasarkan bentuk sinyal domain waktu suara Demung, Saron, dan Peking *full synthetic* yang disusun berdasarkan notasi 3 2 3 2 1 2. Selanjutnya, dari hasil informasi frekuensi dan waktu yang ditunjukkan pada sinyal hasil STFT, spektrum sinyal yang terbentuk tersebut dipisahkan ke jalur notasi masing-masing nada pada tahap *filtering sinyal*. Hasil pemisahan sinyal suara Demung, Saron, dan Peking *full synthetic* ke masing-masing jalur notasi nada dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.28.

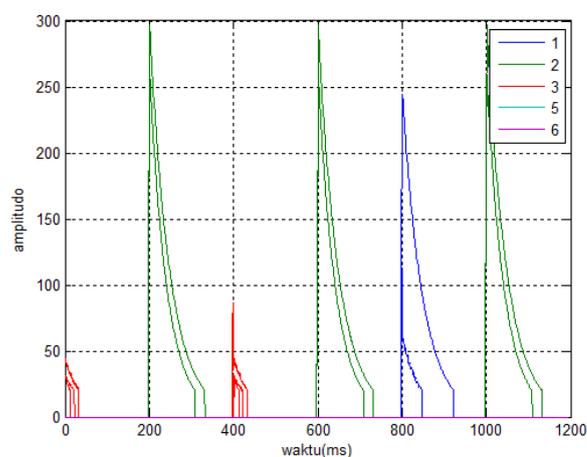


Gambar 4.28: Sinyal Suara *Full Synthetic* Tiga Instrumen Hasil *Filtering*

Hasil yang diperoleh dari tahap *filtering* terhadap sinyal STFT sampel suara Demung, Saron, dan Peking dalam Gambar 4.28, menunjukkan bahwa terdapat tiga jalur notasi untuk 6 buah spektrum sinyal yang dihasilkan dari proses pengolahan sinyal asli pada sampel suara tiga instrumen menggunakan metode STFT. Tiga buah jalur notasi ini, ditandai dengan warna biru sebagai jalur notasi nada 1, warna hijau sebagai jalur notasi nada 2, dan warna merah sebagai jalur notasi 3. Tiga buah jalur notasi ini disebut dengan sinyal *envelope*. Berdasarkan sinyal *envelope* yang terbentuk, terdapat tiga buah sinyal *envelope*. Masing-masing sinyal *envelope* ini menunjukkan *envelope* dari sinyal Demung, Saron, dan *envelope* dari sinyal Peking. Ketiga sinyal *envelope* yang terbentuk tersebut terjadi pada waktu yang bersamaan dan dibentuk berdasarkan notasi musik yang sama, yaitu 3 2 3 2 1 2. Jika dilihat dari penandaan warna untuk setiap jalur notasi, maka jalur notasi yang terbentuk pada sampel suara Demung, Saron, dan Peking *full synthetic* adalah 3, 2, 3,

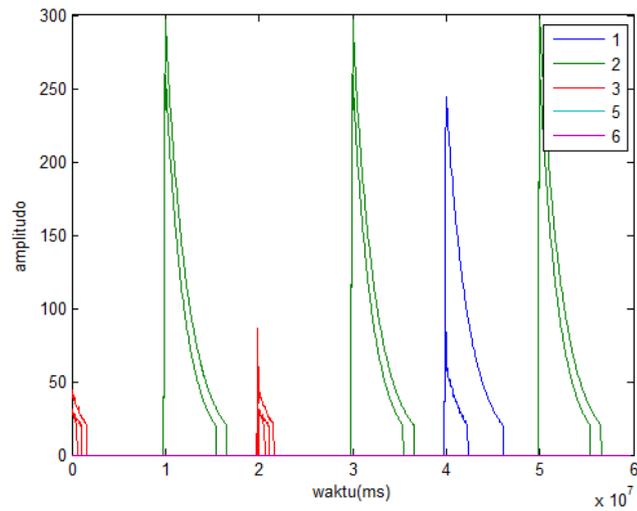
2, 1, 2. Hasil jalur notasi yang terbentuk ini, dapat digunakan pada proses menghasilkan notasi. Namun, untuk memudahkan dalam menghasilkan notasi musik, jalur notasi harus terhindar dari spleteran frekuensi harmonik sinyal lain yang dianggap *noise*. Salah satu cara untuk menghindari adanya sinyal akibat spleteran dari sinyal lain adalah dengan melakukan proses *threshold*.

Hasil *threshold* sinyal suara Demung, Saron, dan Peking *full synthetic* yang sudah terbentuk dalam jalur-jalur notasi tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.29.



Gambar 4.29: Hasil *Threshold* Sinyal Suara *Full Synthetic* Tiga Instrumen

Setelah dilakukan proses *threshold* pada sinyal suara Demung, Saron, dan Peking *full synthetic*, maka tahap selanjutnya adalah mencari notasi musik yang sesuai dengan notasi musik asli yang disusun di dalam suara Demung, Saron dan Peking *full synthetic*. Tahap ini disebut dengan tahap *notation generating*. Tahap *notation generating* merupakan tahap menghasilkan notasi yang diperkirakan sama dengan notasi asli musik yang dimainkan. Jadi, dari sinyal yang sudah dipisahkan ke jalur notasi masing-masing tersebut dan dilakukan proses *threshold*, notasi musik dapat dideteksi berdasarkan lebar dari sinyal pada jalur setiap notasi nada. Hasil sinyal akhir suara Demung, Saron, dan Peking *full synthetic* dari tahap *notation generating* dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.30.



Gambar 4.30: Sinyal *Full Synthetic* Tiga Instrumen Hasil *Notation Generating*

Berdasarkan sinyal yang terbentuk, notasi musik yang terdeteksi pada tahap ini untuk sampel suara Demung, Saron, dan Peking *full synthetic*, yaitu :

3 2(tidak dikenali) 3 2(tidak dikenali) 1(tidak dikenali) 2(tidak dikenali)

(Perkiraan notasi musik Demung, Saron, dan Peking *full synthetic* menggunakan metode STFT)

Berdasarkan hasil perkiraan notasi musik yang diperoleh, hasil metode STFT dalam melakukan transkripsi musik sintetis tiga instrumen adalah menghasilkan notasi musik yang tidak sesuai dengan notasi asli. Seharusnya notasi yang dihasilkan adalah 3 2 3 2 1 2, tetapi pada pengujian menggunakan sampel data sintetis tiga instrumen ini yang dikenali hanya 3 3. Meskipun pada sinyal yang dihasilkan terbentuk sinyal spektrum dari notasi 1 dan 2, tetapi terlihat pada Gambar 4.30 bahwa yang terbentuk hanya untuk dua instrumen, seharusnya tiga instrumen. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya sinyal spektrum dari salah satu instrumen untuk notasi 1 dan 2 berada pada jalur frekuensi yang dianggap bukan sinyal nada (*noise*), sedangkan sinyal spektrum dari notasi 3 terbentuk untuk tiga instrumen, sehingga yang dikenali hanya notasi 3.

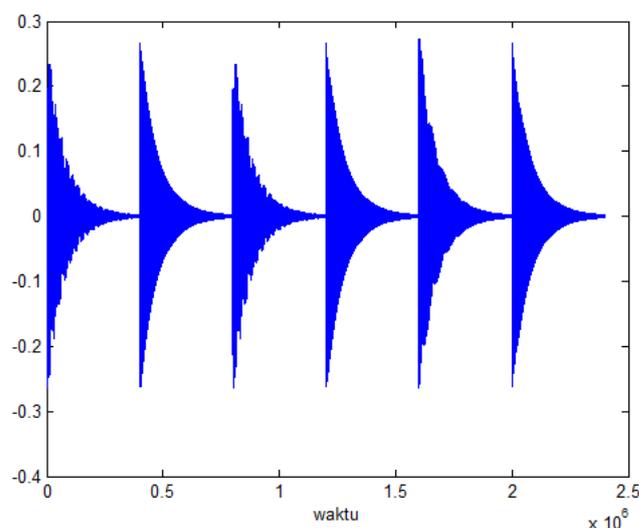
4.4.4 Hasil Pengujian Pada Sampel Suara Empat Instrumen *Full Synthetic*

4.4.4.1 Sampel Suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem *Full Synthetic*

Notasi musik yang dimainkan adalah sebagai berikut :

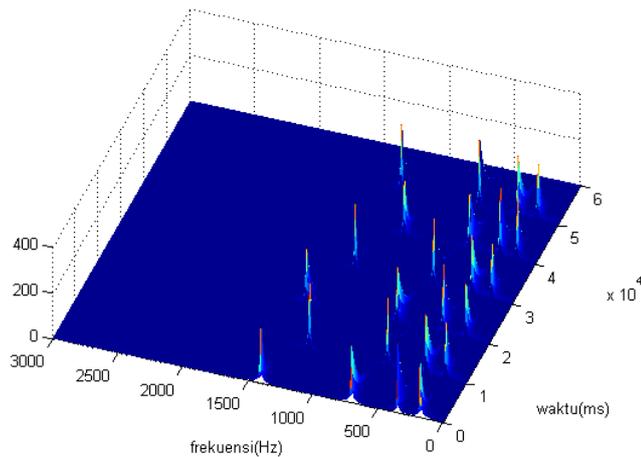
3 2 3 2 1 2

Suara dari empat instrumen Gamelan *full synthetic* yang telah disusun berdasarkan notasi musik 3 2 3 2 1 2, membentuk sinyal musik dalam domain waktu yang memiliki nilai amplitudo sama untuk setiap sinyal nada. Sinyal yang terbentuk ini, dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.31.



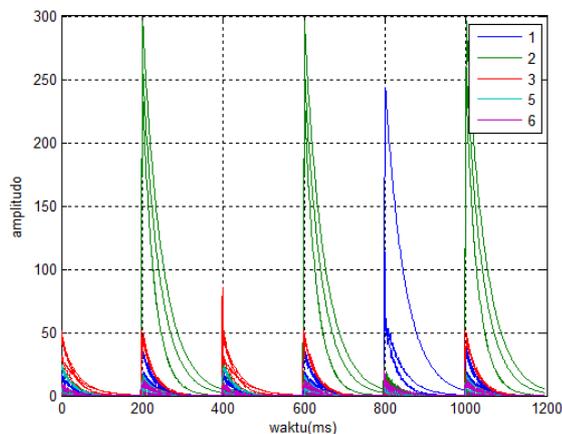
Gambar 4.31: Sinyal Suara Asli *Full Synthetic* dari Empat Instrumen

Pada Gambar 4.31, terlihat bahwa cuplikan sinyal dalam domain waktu dari gabungan sinyal Demung, Saron, Peking, dan Slenthem terbentuk dalam waktu yang bersamaan. Sama halnya dengan pengujian yang dilakukan pada sampel suara menggunakan tiga instrumen, ini dikarenakan sinyal Demung, Saron, Peking, dan Slenthem disusun seolah-olah dipukul secara bersamaan. Perlu diketahui bahwa instrumen Slenthem memiliki frekuensi dasar lebih rendah 1 oktaf dengan Demung, Demung lebih rendah 1 oktaf dari Saron, dan Saron lebih rendah 1 oktaf dari Peking. Selanjutnya, sinyal suara *full synthetic* pada Gambar 4.31 tersebut, diolah menggunakan metode STFT yang dapat mengubah sinyal dalam domain frekuensi dan waktu. Hasil sinyal yang diperoleh dari tahap ini adalah sinyal tiga dimensi. Hasil sinyal tiga dimensi dari sinyal *full synthetic* Demung, Saron, Peking, dan Slenthem adalah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.32.



Gambar 4.32: Sinyal STFT dari Suara *Full Synthetic* Empat Instrumen

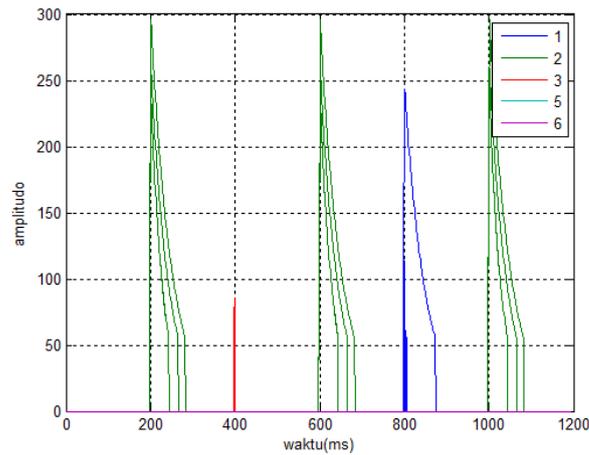
Berdasarkan hasil tiga dimensi gabungan sinyal suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem *full synthetic* yang ditunjukkan pada Gambar 4.32, terdapat enam buah spektrum sinyal yang dihasilkan. Terlihat bahwa, spektrum yang terjadi berada pada jalur frekuensi yang berbeda. Spektrum sinyal Slenthem berada pada jalur frekuensi 100-250 Hz, Demung berada pada jalur frekuensi 250-500 Hz, Saron berada pada jalur frekuensi 500-1000 Hz, dan Peking berada pada jalur frekuensi 100-1500 Hz. Selanjutnya, dari hasil informasi frekuensi dan waktu yang ditunjukkan pada sinyal hasil STFT, spektrum sinyal yang terbentuk tersebut dipisahkan ke jalur notasi masing-masing nada pada tahap *filtering sinyal*. Hasil pemisahan sinyal suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem *full synthetic* ke masing-masing jalur notasi nada dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.33.



Gambar 4.33: Sinyal Hasil *Filtering* Suara *Full Synthetic* Empat Instrumen

Hasil yang diperoleh dari tahap *filtering* terhadap sinyal STFT sampel suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem dalam Gambar 4.33, menunjukkan bahwa terdapat tiga jalur yang dihasilkan dari proses pengolahan sinyal asli pada sampel suara empat instrumen menggunakan metode STFT. Tiga buah jalur notasi ini, ditandai dengan warna biru sebagai jalur notasi nada 1, warna hijau sebagai jalur notasi nada 2, dan warna merah sebagai jalur notasi 3. Tiga buah jalur notasi ini disebut dengan sinyal *envelope*. Berdasarkan sinyal *envelope* yang terbentuk, terdapat beberapa sinyal *envelope*. Masing-masing sinyal *envelope* ini menunjukkan *envelope* dari sinyal Demung, Saron, Peking, dan Slenthem. Keempat sinyal *envelope* yang terbentuk tersebut terjadi pada waktu yang bersamaan dan dibentuk berdasarkan notasi musik yang sama, yaitu 3 2 3 2 1 2. Jika dilihat dari penandaan warna untuk setiap jalur notasi, maka jalur notasi yang terbentuk pada sampel suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem *full synthetic* adalah 3, 2, 3, 2, 1, 2. Hasil jalur notasi yang terbentuk ini, dapat digunakan pada proses menghasilkan notasi. Namun, untuk memudahkan dalam menghasilkan notasi musik, jalur notasi harus terhindar dari spleteran frekuensi harmonik sinyal lain yang dianggap *noise*. Salah satu cara untuk menghindari adanya sinyal akibat spleteran dari sinyal lain adalah dengan melakukan proses *threshold*.

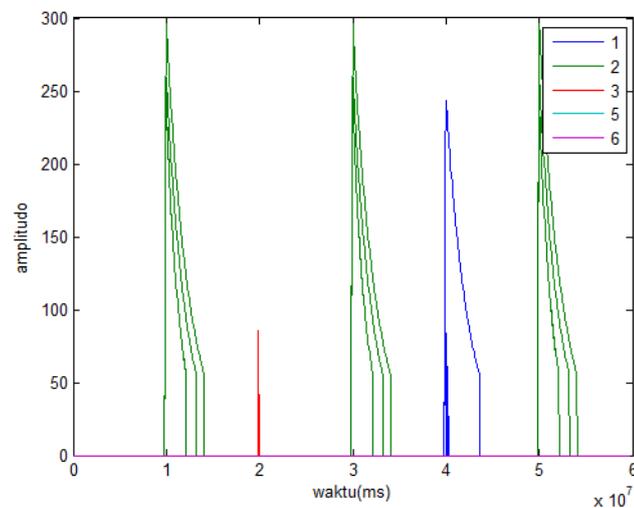
Hasil *threshold* sinyal suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem *full synthetic* yang sudah terbentuk dalam jalur-jalur notasi tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.29.



Gambar 4.34: Hasil *Threshold* Sinyal Suara *Full Synthetic* Empat Instrumen

Setelah dilakukan proses *threshold* pada sinyal suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem *full synthetic*, maka tahap selanjutnya adalah mencari

notasi musik yang sesuai dengan notasi musik asli yang disusun di dalam suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem *full synthetic*. Tahap ini disebut dengan tahap *notation generating*. Tahap *notation generating* merupakan tahap menghasilkan notasi yang diperkirakan sama dengan notasi asli musik yang dimainkan. Jadi, dari sinyal yang sudah dipisahkan ke jalur notasi masing-masing tersebut dan dilakukan proses *threshold*, notasi musik dapat dideteksi berdasarkan lebar dari sinyal pada jalur setiap notasi nada. Hasil sinyal akhir suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem *full synthetic* dari tahap *notation generating* dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.35.



Gambar 4.35: Sinyal *Full Synthetic* Empat Instrumen Hasil *Notation Generating*

Berdasarkan sinyal yang terbentuk, notasi musik yang terdeteksi pada tahap ini untuk sampel suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem *full synthetic*, yaitu :

3(hilang) 2(tidak dikenali) 3(tidak dikenali) 2(tidak dikenali) 1 2(tidak dikenali)

(Perkiraan notasi musik Demung, Saron, Peking, dan Slenthem *full synthetic* menggunakan metode STFT)

Berdasarkan hasil perkiraan notasi musik yang diperoleh, hasil metode STFT dalam melakukan transkripsi musik sintetik empat instrumen adalah menghasilkan notasi musik yang tidak sesuai dengan notasi asli. Tidak ada

nada yang hilang, tidak ada nada yang tergantikan dengan nada yang lain, dan tidak ada nada tambahan yang seharusnya bukan nada. Seharusnya notasi yang dihasilkan adalah 3 2 3 2 1 2, tetapi pada pengujian menggunakan sampel data sintetik empat instrumen ini yang dikenali hanya 2 2 2. Meskipun pada sinyal yang dihasilkan terbentuk sinyal spektrum dari notasi 1 dan 3, tetapi terlihat pada Gambar 4.30 bahwa yang terbentuk hanya untuk dua instrumen, seharusnya empat instrumen. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya sinyal spektrum dari salah satu instrumen untuk notasi 1 dan 3 berada pada jalur frekuensi yang dianggap bukan sinyal nada (*noise*), sedangkan sinyal spektrum dari notasi 2 terbentuk untuk empat instrumen, sehingga yang dikenali hanya notasi 2.

4.4.5 Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Satu Instrumen Full Synthetic

4.4.5.1 Sampel Suara Saron Full Synthetic

Hasil evaluasi kesalahan notasi yang dihasilkan dari sampel suara Saron, dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.36. Notasi musik asli : 3 2 3 2 1 2.

Tabel 4.33: Tabel Evaluasi Notasi Sampel Suara Saron Full Synthetic

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	3		3				3	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	6						6	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli, JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

i = *insertion*, d = *deletion*, s = *substitution*

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 0\% \quad (4.35)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 0\% = 100\%$.

4.4.6 Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Dua Instrumen *Full Synthetic*

4.4.6.1 Sampel Suara Saron dan Peking *Full Synthetic*

Hasil evaluasi kesalahan notasi yang dihasilkan dari sampel suara Saron dan Peking 1, dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.36. Notasi musik asli : 3 2 3 2 1 2.

Tabel 4.34: Tabel Evaluasi Notasi Sampel Suara Saron dan Peking *Full Synthetic*

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	3		3				3	0	0	0	
3	2			2			2	0	0	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	6						6	0	0	0	0 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli, JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

i = *insertion*, d = *deletion*, s = *substitution*

$$NER = \frac{0 + 0 + 0}{6} \times 100\% = 0\% \quad (4.36)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah 100 % - NER = 100 % - 0 % = 100 %.

4.4.7 Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Tiga Instrumen *Full Synthetic*

4.4.7.1 Sampel Suara Demung, Saron, dan Peking *Full Synthetic*

Hasil evaluasi kesalahan notasi yang dihasilkan dari sampel suara Demung, Saron, dan Peking, dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.36. Notasi musik asli : 3 2 3 2 1 2.

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli, JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

Tabel 4.35: Tabel Evaluasi Notasi Sampel Suara Demung, Saron, dan Peking *Full Synthetic*

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	0					0	0	1	0	
2	3		0				0	0	0	0	
3	2			2			2	0	3	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	6						2	0	4	0	66.67 %

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

i = *insertion*, d = *deletion*, s = *substitution*

$$NER = \frac{0 + 4 + 0}{6} \times 100\% = 66.67\% \quad (4.37)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 66.67\% = 33.33\%$.

4.4.8 Hasil Evaluasi Kesalahan Notasi yang Diperoleh pada Sampel Suara Empat Instrumen *Full Synthetic*

4.4.8.1 Sampel Suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem *Full Synthetic*

Hasil evaluasi kesalahan notasi yang dihasilkan dari sampel suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.36. Notasi musik asli : 3 2 3 2 1 2.

Tabel 4.36: Tabel Evaluasi Notasi Sampel Suara Demung, Saron, Peking, dan Slenthem *Full Synthetic*

Notasi	JNA	Notasi (H)					JNH	i	d	s	NER (%)
		1	2	3	5	6					
1	1	1					1	0	0	0	
2	3		0				0	0	3	0	
3	2			0			0	0	2	0	
5	0				0		0	0	0	0	
6	0					0	0	0	0	0	
Total	6						1	0	5	0	83.33 %

Keterangan :

JNA = Jumlah Notasi Asli, JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

Notasi (H) = Notasi yang dihasilkan setiap nada

$i = insertion$, $d = deletion$, $s = substitution$

$$NER = \frac{0 + 5 + 0}{6} \times 100\% = 83.33\% \quad (4.38)$$

Berdasarkan hasil NER yang diperoleh, persentase tingkat kebenaran dari hasil pengujian ini adalah $100\% - NER = 100\% - 83.33\% = 16.67\%$.

4.4.9 Hasil Perbandingan dari Pengujian antara Jenis Musik Akustik dan Full Synthetic

Tabel 4.37: Tabel Perbandingan Tingkat Kesalahan Notasi yang Dihasilkan Antara Jenis Musik Akustik dan Full Synthetic

Suara (.wav)	Jenis Musik	Instrumen	JI	JNA	JNH	NER (%)
FSintetikSaron1	Full Sintetik	Saron	1	6	6	0
FSintetikSaron2	Full Sintetik	Saron	1	6	6	0
FSintetikSaron3	Full Sintetik	Saron	1	6	6	0
FSintetikSaron4	Full Sintetik	Saron	1	6	6	0
FSintetikSaron5	Full Sintetik	Saron	1	6	6	0
FS-SaronPeking1	Full Sintetik	Saron, Peking	2	6	6	0
FS-SaronPeking2	Full Sintetik	Saron, Peking	2	6	6	0
FS-SaronPeking3	Full Sintetik	Saron, Peking	2	6	6	0
FS-SaronPeking4	Full Sintetik	Saron, Peking	2	6	6	0
FS-SaronPeking5	Full Sintetik	Saron, Peking	2	6	6	0
Saron1	Akustik	Saron	1	6	6	0
Saron2	Akustik	Saron	1	6	5	16.67
Saron3	Akustik	Saron	1	6	6	0
Saron4	Akustik	Saron	1	6	6	0
Saron5	Akustik	Saron	1	6	6	0
SaronPeking1	Akustik	Saron, Peking	2	6	7	16.67
SaronPeking2	Akustik	Saron, Peking	2	6	9	50
SaronPeking6	Akustik	Saron, Peking	2	6	10	66.67
SaronPeking7	Akustik	Saron, Peking	2	6	10	0
SaronPeking8	Akustik	Saron, Peking	2	6	6	0

Keterangan :

JI = Jumlah Instrumen

JNA = Jumlah Notasi Asli, JNH = Jumlah Notasi yang Dihasilkan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari Tabel 4.37, maka :

total persentase kesalahan notasi yang diperoleh pada sampel suara jenis *full synthetic* yang diperoleh (satu instrumen) = $0\% + 0\% + 0\% + 0\% + 0\% = 0\%$ dari lima buah sampel suara.

total persentase kesalahan notasi yang diperoleh pada sampel suara jenis *full synthetic* yang diperoleh (dua instrumen) = $0\% + 0\% + 0\% + 0\% + 0\% = 0\%$ dari lima buah sampel suara.

total persentase kesalahan notasi yang diperoleh pada sampel suara jenis akustik yang diperoleh (satu instrumen) = $0\% + 16.67\% + 0\% + 0\% + 0\% = 16.67\%$ dari lima buah sampel suara.

total persentase kesalahan notasi yang diperoleh pada sampel suara jenis akustik yang diperoleh (dua instrumen) = $16.67\% + 50\% + 66.67\% + 66.67\% + 0\% = 200.01\%$ dari lima buah sampel suara.

BAB V

KESIMPULAN

Pada bab terakhir penelitian ini, kesimpulan hasil penelitian dilakukan melalui percobaan dimuat dalam bagian ini. Hal lain yang tercantum pada bab ini adalah saran untuk penelitian selanjutnya, sehingga penelitian yang dilakukan dapat dikembangkan untuk hal yang lebih bermanfaat.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan yang dapat disimpulkan dari penelitian ini, yaitu :

1. Tingkat akurasi metode STFT dalam mentranskripsikan sinyal musik ke dalam notasi menggunakan satu instrumen adalah 93.48% dan tingkat akurasi metode STFT dalam mentranskripsikan sinyal musik ke dalam notasi musik menggunakan dua instrumen adalah 79.99%. Ini artinya, metode STFT yang telah dimodifikasi dari penelitian sebelumnya menggunakan nilai amplitudo maksimum dari jalur terbanyak untuk membentuk sinyal calon notasi, memiliki kemampuan yang baik dalam menterjemahkan sebuah sinyal suara musik menjadi notasi angka.
2. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan nilai amplitudo maksimum dari seluruh jalur untuk membentuk sinyal calon notasi, metode STFT yang telah dimodifikasi ini menghasilkan persentase nilai NER (*Note Error Rate*) lebih kecil. Hal ini dikarenakan, sinyal calon notasi dibentuk dalam *range* lebih kecil, sehingga kemungkinan adanya sinyal gangguan dari spleteran sinyal lain lebih sedikit dibandingkan menggunakan teknik pada penelitian sebelumnya.
3. Berdasarkan hasil kesalahan yang diperoleh dari perbandingan hasil transkripsi musik *full synthetic* dan akustik menunjukkan bahwa musik akustik memiliki tingkat kesalahan lebih besar dibandingkan musik *full synthetic*. Musik akustik memiliki amplitudo sinyal yang bervariasi, sehingga jika ada sinyal gangguan dari sinyal lain yang memiliki

amplitudo diatas nilai *threshold* yang ditentukan, maka sinyal tersebut dianggap sinyal nada. Musik *full synthetic* memiliki amplitudo yang sama, sehingga sinyal gangguan yang dianggap sinyal nada lebih sedikit dibandingkan musik akustik.

4. Berdasarkan hasil persentase tingkat kesalahan yang diperoleh pada pengujian transkripsi musik *full synthetic*, pengujian pada musik satu instrumen dan dua instrumen menunjukkan persentase tingkat kesalahan yang lebih kecil dibandingkan dengan pengujian pada musik tiga instrumen dan empat instrumen. Hal ini disebabkan oleh adanya penentuan nilai amplitudo yang terlalu kecil dan penggunaan nilai α serta β dari masing-masing instrumen Gamelan dalam membentuk sinyal *full synthetic* sesuai dengan frekuensi dasar nada setiap instrumen. Jika amplitudo yang ditentukan untuk membentuk sebuah sinyal *synthetic* bernilai kecil, dan nilai α serta β bernilai kecil, maka sinyal yang terbentuk akan menghasilkan nilai amplitudo kecil pada saat sinyal diolah menggunakan STFT. Hal ini disebabkan juga oleh perhitungan amplitudo sinyal pada metode STFT yang menggunakan persamaan penjumlahan nilai imajiner dan nilai *real* sinyal dari parameter frekuensi dan waktu. Semakin kecil hasil penjumlahan nilai imajiner dan *real* sinyal, maka semakin kecil nilai amplitudo yang dihasilkan untuk sebuah sinyal, sehingga pada saat proses *threshold* dilakukan menggunakan nilai batas *threshold* yang ditentukan, sinyal yang memiliki nilai amplitudo lebih kecil dari nilai batas *threshold*, akan dianggap sinyal gangguan (*noise*).

5.2 Penelitian Lanjutan

Penelitian yang dapat dilakukan selanjutnya adalah penggunaan perpaduan metode antara metode STFT (*Short Time Fourier Transform*) dan metode *Neural Network* untuk penelitian transkripsi musik pada jenis musik orkestra Gamelan yang digabungkan dengan alat musik barat, sehingga menghasilkan notasi musik yang lebih bervariasi.

Jika berhubungan dengan penelitian yang dilakukan, analisa yang lebih mendalam terhadap metode yang diusulkan sangat dibutuhkan untuk memperbaiki hasil menjadi lebih baik. Analisa ini berupa teknik dalam proses *filtering* saat memisahkan sinyal dari nada-nada ke masing-masing jalur notasi nada.

DAFTAR PUSTAKA

- Anssi P., K. (2004), 'Analysis of the Meter of Acoustic Musical Signal', *IEEE Transaction Speech and Audio Processing* **14**(1), 342–355.
- Aris T. dan Yoyon K., S. (2011), Model Analysis-by-Synthesis Aplikasi Pembangkit Suara Gamelan Sintetik.
- Farabi, F. (2010), *Mengenal Secara Mudah dan Lengkap Kesenian Karawitan (Gamelan Jawa)*, Garailmu.
- Propila D., P. (2012), 'Ekstraksi Frekuensi Sinyal Gamelan Menggunakan Band Pass Filter untuk Transkripsi', *Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)* .
- Sumarsam (2013), *Javanese Gamelan and The West*, Eastman / Rochester Studies Ethnomusicology.
- Tulus, H. (2012), 'Estimasi Sinyal Gamelan Menggunakan Kalman Filter untuk Transkripsi', *Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)* .
- Yoyon K. dan Vincentius E., P. (2015), High Performance Gamelan Analyzer Using Adaptive Waveform Pattern Matching, Vol. 71.
- Yoyon K., S. (2010), *Ekstraksi Suara Saron Berbasis Spectral - Density Menggunakan Filter Multidimensi.*, Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Zheng G. dan Liu S., P. (2007), 'Automatic Transcription Method for Polyphonic Music Based on Adaptive Comb Filter and NTranscription', 2592–2597.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN A

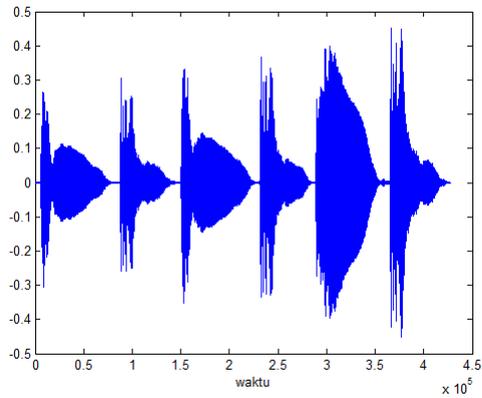
Prediksi Notasi Hasil STFT Musik Akustik Satu Instrumen

Sampel Suara Saron 1.wav

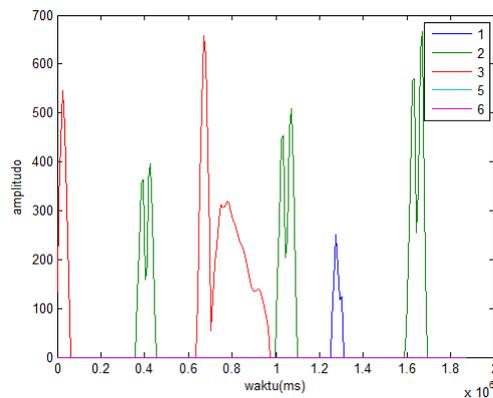
Notasi Musik Asli

3 2 3 2 1 2

Sinyal Asli dari Musik Saron 1



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron 1



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron 1

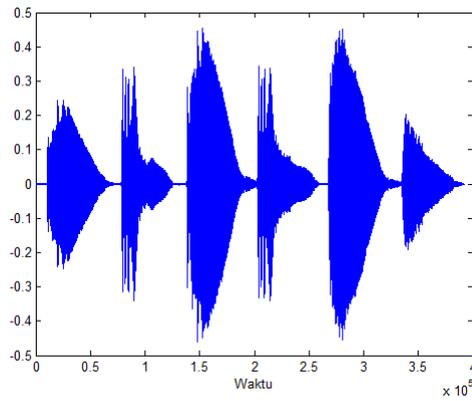
3 2 3 2 1 2

Sampel Suara Saron 2.wav

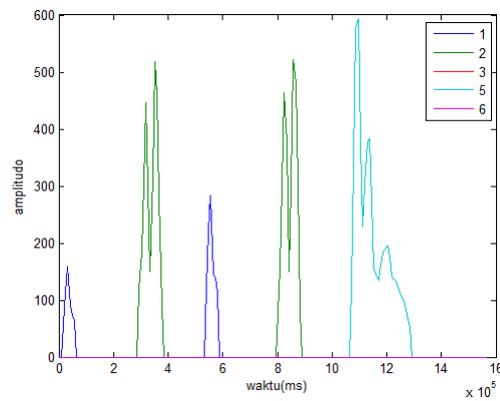
Notasi Musik Asli

1 2 1 2 5 6

Sinyal Asli dari Musik Saron 2



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron 2



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron 2

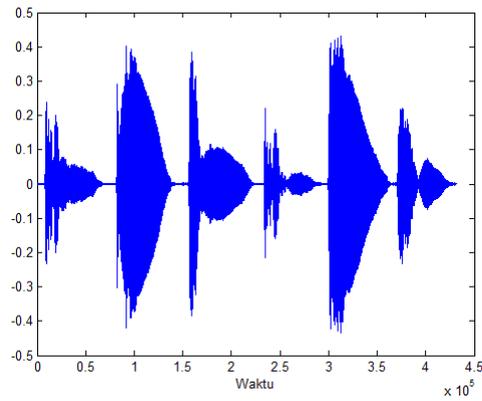
1 2 1 2 5 6(hilang)

Sampel Suara Saron 3.wav

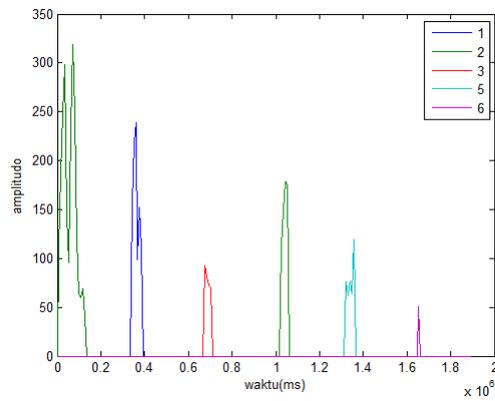
Notasi Musik Asli

2 1 3 2 5 6

Sinyal Asli dari Musik Saron 3



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron 3



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron 3

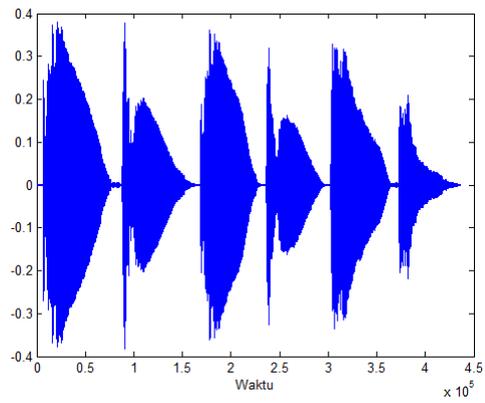
2 1 3 2 5 6

Sampel Suara Saron 4.wav

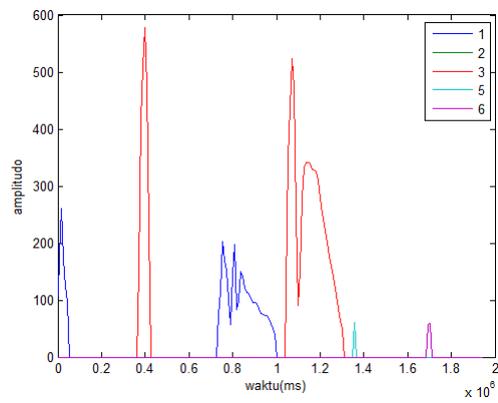
Notasi Musik Asli

1 3 1 3 5 6

Sinyal Asli dari Musik Saron 4



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron 4



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron 4

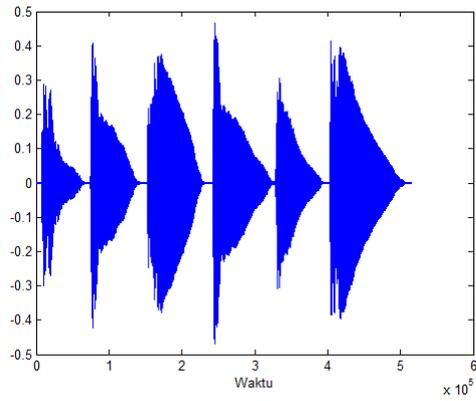
1 3 1 3 5 6

Sampel Suara Saron 5.wav

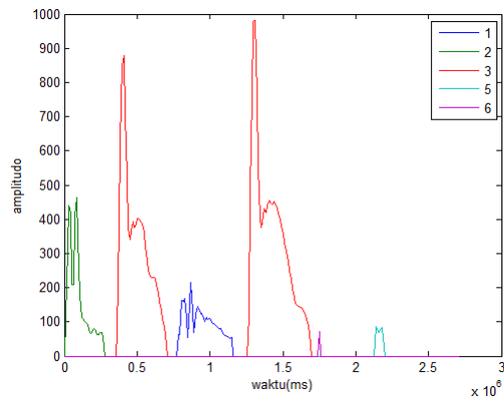
Notasi Musik Asli

2 3 1 3 6 5

Sinyal Asli dari Musik Saron 5



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron 5



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron 5

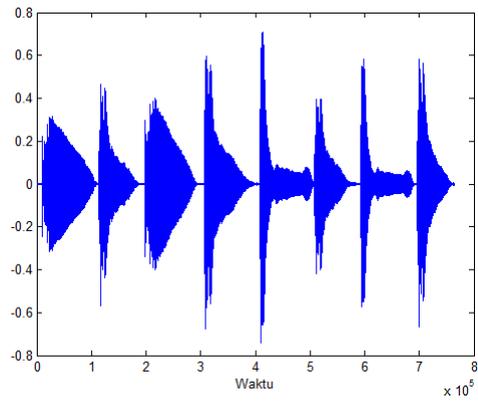
2 3 1 3 6 5

Sampel Suara Saron 6.wav

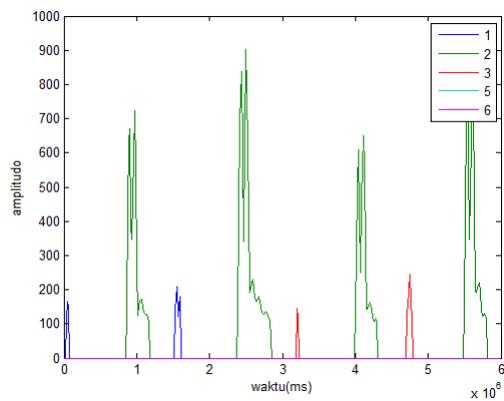
Notasi Musik Asli

1 2 1 2 3 2 3 2

Sinyal Asli dari Musik Saron 6



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron 6



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron 6

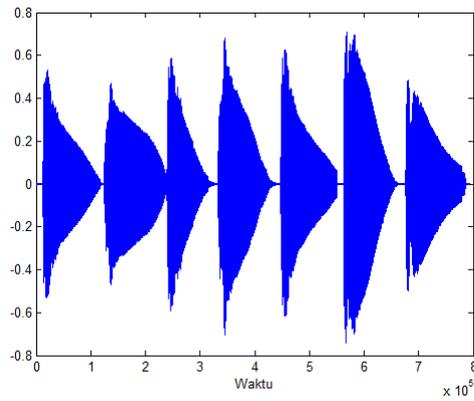
1 2 1 2 3 2 3 2

Sampel Suara Saron 7.wav

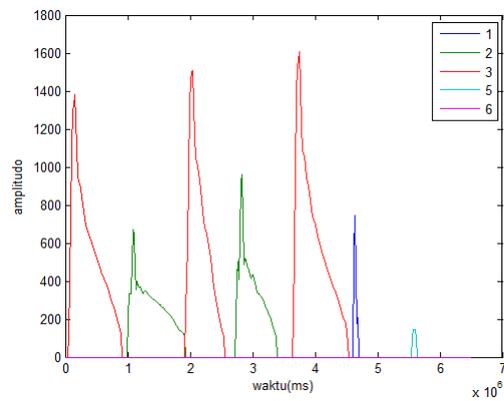
Notasi Musik Asli

3 2 3 2 3 1 5

Sinyal Asli dari Musik Saron 7



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron 7



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron 7

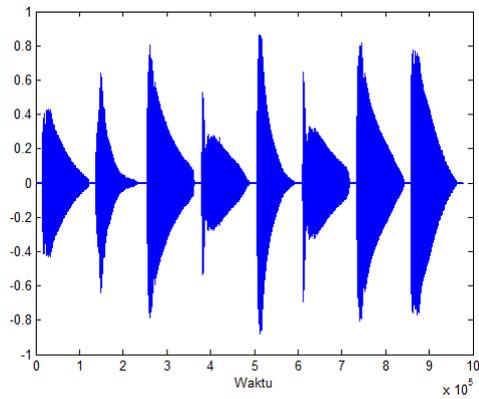
3 2 3 2 3 1 5

Sampel Suara Saron 8.wav

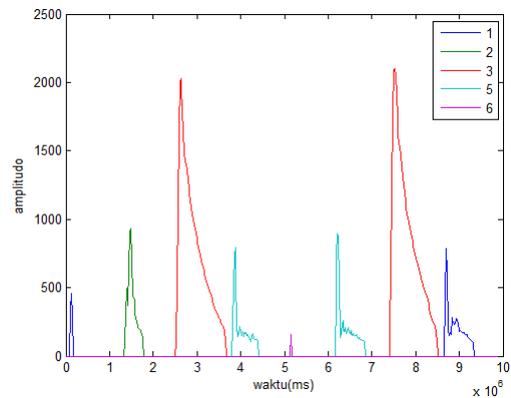
Notasi Musik Asli

1 2 3 5 6 5 3 1

Sinyal Asli dari Musik Saron 8



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron 8



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron 8

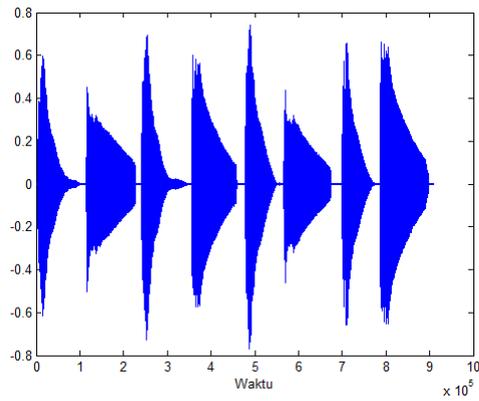
1 2 3 5 6 5 3 1

Sampel Suara Saron 9.wav

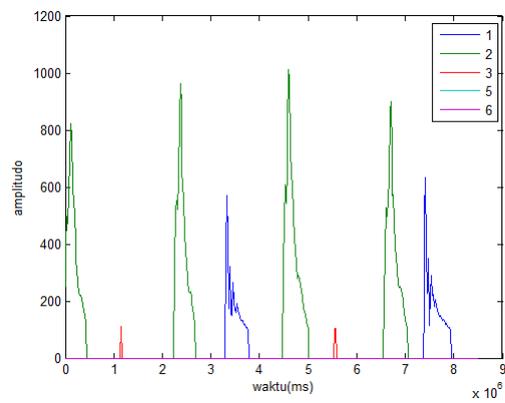
Notasi Musik Asli

2 3 2 1 2 3 2 1

Sinyal Asli dari Musik Saron 9



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron 9



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron 9

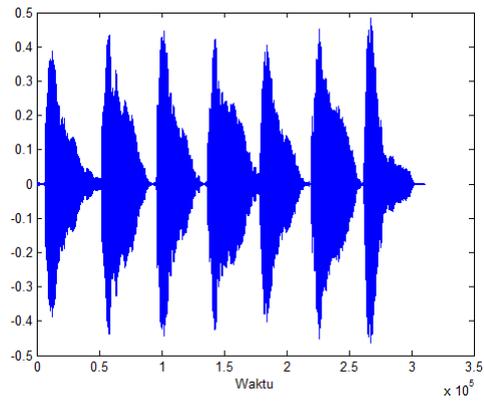
2 3 2 1 2 3 2 1

Sampel Suara Saron 10.wav

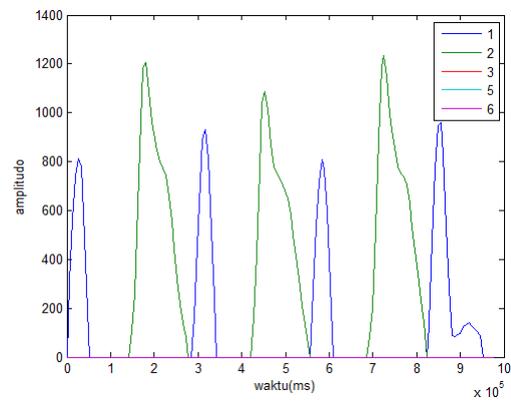
Notasi Musik Asli

1 2 1 2 1 2 1

Sinyal Asli dari Musik Saron 10



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron 10



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron 10

1 2 1 2 1 2 1

LAMPIRAN B

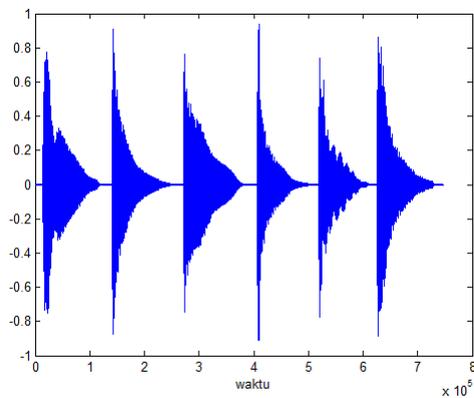
Prediksi Notasi Hasil STFT Musik Akustik Dua Instrumen

Sampel Suara Saron dan Peking 1.wav

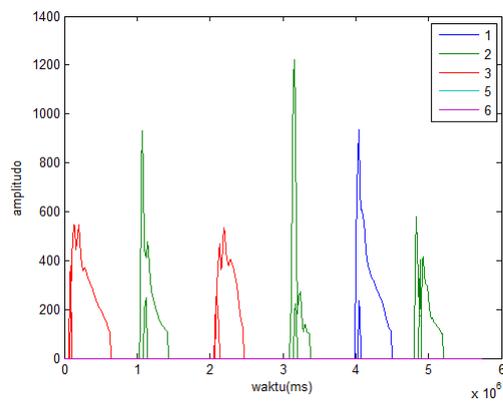
Notasi Musik Asli

3 2 3 2 1 2

Sinyal Asli dari Musik Saron dan Peking 1



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron dan Peking 1



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron dan Peking 1

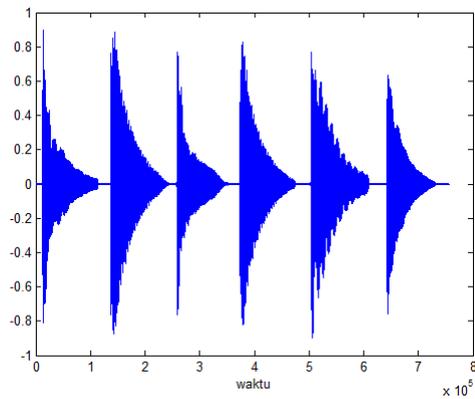
3(seharusnya tidak ada) 3 2 3 2 1 2

Sampel Suara Saron dan Peking 2.wav

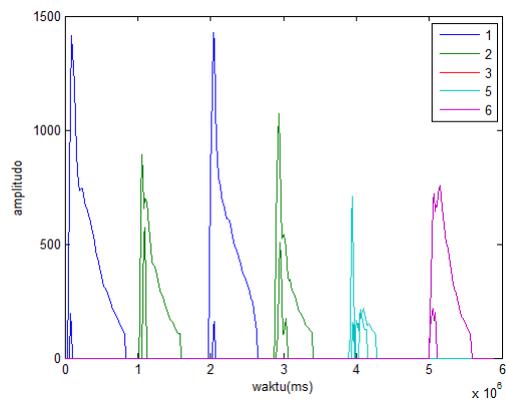
Notasi Musik Asli

1 2 1 2 5 6

Sinyal Asli dari Musik Saron dan Peking 2



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron dan Peking 2



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron dan Peking 2

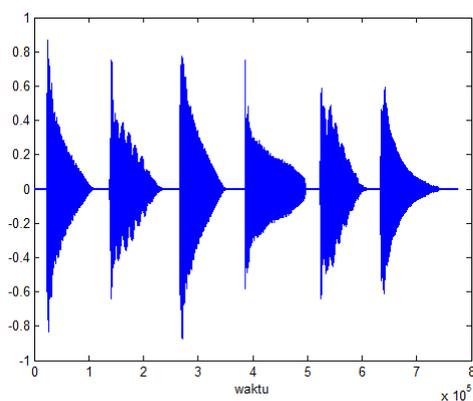
1 2 2(seharusnya tidak ada) 1 2 2(seharusnya tidak
ada) 5 5(seharusnya tidak ada) 6

Sampel Suara Saron dan Peking 3.wav

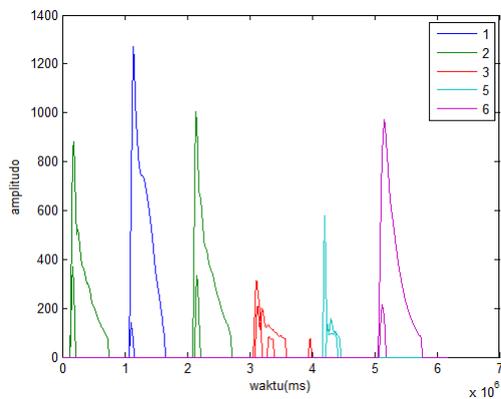
Notasi Musik Asli

2 1 2 3 5 6

Sinyal Asli dari Musik Saron dan Peking 3



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron dan Peking 3



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron dan Peking 3

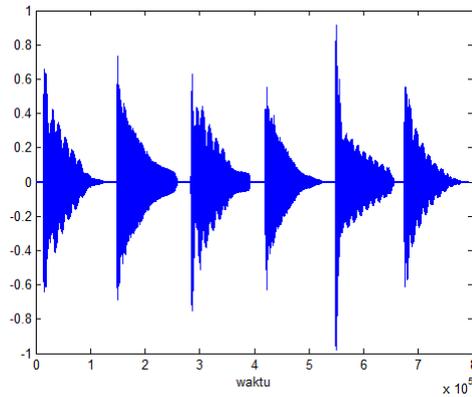
2 1 2 3 3(seharusnya tidak ada) 3(seharusnya tidak ada) 3(seharusnya tidak ada) 3(seharusnya tidak ada) 5 6

Sampel Suara Saron dan Peking 4.wav

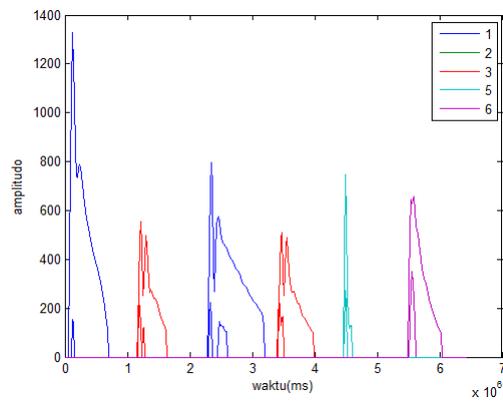
Notasi Musik Asli

1 3 1 3 5 6

Sinyal Asli dari Musik Saron dan Peking 4



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron dan Peking 4



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron dan Peking 4

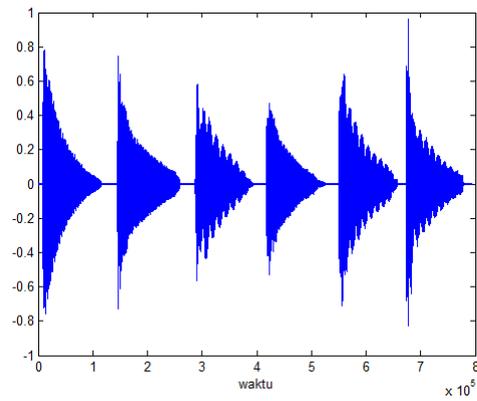
1 3 3(seharusnya tidak ada) 1 1(seharusnya tidak
ada) 3 5 5(seharusnya tidak ada) 6 6(seharusnya tidak ada)

Sampel Suara Saron dan Peking 5.wav

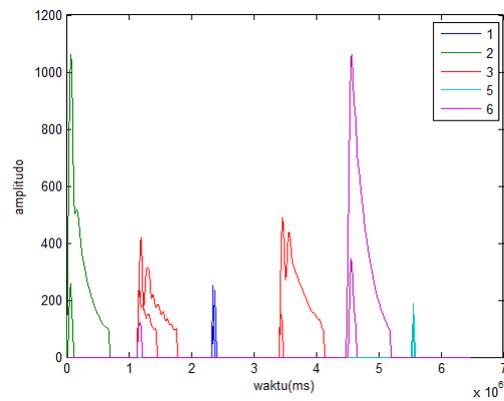
Notasi Musik Asli

2 3 1 3 6 5

Sinyal Asli dari Musik Saron dan Peking 5



Sinyal Prediksi Nada pada Musik Saron dan Peking 5



Prediksi STFT untuk Notasi Musik Saron dan Peking 5

2 3 1 3 6 5

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN C

Biografi Penulis



Liza Fitria, lahir di Lhokseumawe (Aceh Utara) pada tanggal 01 Januari 1990, anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Abubakar Yusuf, S.T. dan Ibu Cut Mardhiah, S.Pd. Penulis memulai pendidikan formal di SD Swasta PT. Pupuk Iskandar Muda, Krueng Geukueh (Aceh Utara), pada tahun 1996. Selanjutnya melanjutkan pendidikan di SMP Swasta PT. Pupuk Iskandar Muda pada tahun 2002 hingga 2005. Pada tahun 2005 hingga 2008, melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Lhokseumawe. Pada tahun 2008, penulis mengenyam pendidikan Diploma IV di Politeknik Negeri Lhokseumawe Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Informatika dan lulus pada tahun 2012. Setelah lulus dari Diploma IV, penulis pernah menjadi asisten dosen selama satu tahun di Program Studi Teknik Informatika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe dan memperoleh biaya pendidikan untuk meneruskan pendidikan magister pada tahun 2013 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Penulis memulai pendidikan magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2013 dengan mengambil bidang keahlian Jaringan Cerdas Multimedia (JCM) Pada Program Studi Teknik Elektro.

Kontak yang dapat dihubungi:
(liza.ti08pnl@gmail.com)