

PURWARUPA SISTEM EKSTRAKSI FITUR AUDIO PADA MUSIK GAMELAN TRADISIONAL BALI

I Gede Harsemadi

Program Studi Sistem Informasi

STMIK STIKOM Bali Jl. Raya Puputan No. 86 Renon Denpasar

harsemadi@stikom-bali.ac.id¹

Abstrak

Berbagai penelitian bidang *Music Information Retrieval* (MIR) yang telah dilakukan, para peneliti mencoba menggunakan fitur-fitur unik yang ada pada musik untuk mendapatkan metadata konvensional seperti *style/gaya*, *similarity/kemiripan*, *genre/jenis musik*, dan *mood/suasana hati*. Perkembangan dalam genre musik juga telah terjadi dalam kehidupan masyarakat Bali yang sangat khas akan kearifan lokal salah satunya seni musik tradisional Bali yang dinamakan karawitan. Bagi masyarakat awam, untuk mengetahui suatu musik gamelan Bali tergolong ke dalam genre tertentu bukanlah tanpa tantangan. Kenyataannya secara langsung maupun tidak langsung akan dirasakan sulit untuk membedakan tergolong genre apakah musik gamelan tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk dapat menghasilkan sebuah purwarupa sistem yang dapat mengekstraksi nilai fitur dengan mengolah 260 klip audio yang tergolong dalam 13 genre musik gamelan tradisional Bali. Pada tahapan pra-pengolahan dilakukan dengan menerapkan *Fast Fourier Transform* untuk mengubah domain waktu menjadi domain frekuensi. Tahapan pengolahan data dengan menerapkan *Spectral Analysis* untuk memperoleh seperangkat nilai fitur dari file audio tersebut. Sebagai hasil dari pengolahan ini adalah seperangkat nilai atribut file audio yang dapat digunakan untuk tahapan *data mining* selanjutnya.

Kata Kunci : Genre, Musik, Gamelan, Bali, MIR

Abstract

Various researches in the field of *Music Information Retrieval* (MIR) have been done, the researchers tried to use the unique features that exist in the music to get conventional metadata such as *style / style*, *similarity*, *genre / type of music*, and *mood / mood*. The development in the music genre has also occurred in the life of Balinese people who are very typical of local wisdom one of the art of traditional Balinese music called karawitan. For ordinary people, to know a Balinese gamelan music belonging to a particular genre is not without challenge. The fact is directly or indirectly will be felt difficult to distinguish pertained genre whether the gamelan music. This research was conducted to produce a prototype system that can extract the feature value by processing 260 audio clips belonging to 13 genres of traditional Balinese gamelan music. In the pre-processing stage is done by applying *Fast Fourier Transform* to change the time domain into frequency domain. Stages of data processing by applying *Spectral Analysis* to obtain a set of feature values from the audio file. As a result of this processing is a set of audio file attribute values that can be used for the next phase of data mining.

Key Words :

Genre, Music, Gamelan, Bali, MIR

I. PENDAHULUAN

Music Information Retrieval (MIR) telah menjadi bidang penelitian yang populer dalam beberapa tahun ini, berkembangnya teknologi basis data dalam skala besar yang didukung juga dengan penerapan data mining dan pemrosesan sinyal audio telah memicu penelitian yang lebih mendalam mengenai temu kembali informasi pada musik. Para peneliti bidang *Music Information Retrieval* (MIR) hingga saat ini telah banyak mengembangkan aplikasi yang digunakan untuk menentukan klasifikasi dan pengelompokkan musik secara otomatis. Mereka mencoba menggunakan fitur-fitur unik yang ada pada musik untuk mendapatkan metadata konvensional seperti *style/gaya*, *similarity/kemiripan*, *genre/jenis musik*, dan *mood/suasana hati* [1].

Kekayaan seni budaya Indonesia yang dimiliki termasuk berbagai jenis/genre musik tradisional yang tersebar di berbagai pulau, dimana musik pun juga dipengaruhi oleh latar belakang sejarah agama dan penyesuaian dengan budaya luar. Sejalan dengan hal tersebut, perkembangan dalam genre musik ini juga telah terjadi dalam kehidupan masyarakat Bali yang sangat khas akan kearifan lokal salah satunya seni musik tradisional Bali. Musik tradisional Bali dinamakan *karawitan*.

Istilah *karawitan* ini berasal dari kata *rawit* yang artinya halus (indah), mendapat awalan *ka* dan akhiran *an*, menjadi *karawitan* yang berarti suara instrumental dan vokal yang menggunakan laras (tangga nada) *pelog* dan *selendro*. Karawitan instrumental Bali disebut gamelan, dan karawitan vokal disebut *tembang* atau *sekar*. Gamelan adalah sebuah orkestra yang terdiri dari berbagai macam instrumen yang terbuat dari batu, kayu, bambu, besi, perunggu, kulit, dawai, dan lain-lainnya. Hampir tidak ada satupun upacara keagamaan di Bali yang sempurna tanpa keikutsertaan gamelan Bali.

Usaha untuk menggolongkan genre musik gamelan Bali ini telah dilakukan oleh banyak para ahli seni gamelan Bali yang selanjutnya telah dirangkum secara menyeluruh oleh Prof. Dr. I Made Bandem, M.A yaitu sejumlah kurang lebih 96 genre musik gamelan Bali [2]. Bagi masyarakat awam, untuk mengetahui suatu musik gamelan Bali tergolong ke dalam genre tertentu bukanlah tanpa tantangan. Kenyataannya dalam setiap pementasan pertunjukan seni musik gamelan Bali secara langsung maupun tidak langsung akan dirasakan sulit untuk membedakan tergolong genre yang mana. Selain karena pengetahuan seni musik gamelan Bali yang tidak mendalam, hal ini dikarenakan pengalaman mendengar, melihat dan mengingat genre musik tersebut sangatlah minim dimiliki,

hanya kalangan tertentu saja yang mengetahui penggolongan genre musik gamelan Bali seperti pecinta seni gamelan musik Bali, musisi gamelan Bali, dan para peneliti bidang seni musik. Salah satu tantangan dalam menganalisa kesamaan dan perbedaan dalam genre musik adalah untuk mengetahui hal-hal apa saja yang memungkinkan kita membedakan antara satu gaya musik dengan lainnya. Hal pembeda utamanya adalah ada pada keragaman fitur. Fitur-fitur dari setiap file audio ini harus dipilih dan diekstraksi untuk memperoleh seperangkat nilai fitur yang tepat [3]. Dalam tahapan proses *data mining* menggunakan MIR, maka harus melewati tahap awal pengolahan data (*preprocessing*) sebelum berbagai jenis musik dikelompokkan berdasarkan kebutuhannya.

Tahapan *preprocessing* ini dikenal dengan *feature selection* [4]. Diawali dengan mengubah sinyal audio dari domain waktu menjadi domain frekuensi dengan menerapkan *Fast Fourier Transform* [5]. Selanjutnya hasil FFT ini menjadi data masukan dalam proses *feature extraction* atau ekstraksi ciri dari sebuah file musik untuk menemukan seperangkat nilai numerik yang digunakan sebagai input ke tahapan pengolahan data berikutnya. Sebagian besar penelitian dalam bidang MIR ini menggunakan nilai-nilai numerik untuk mewakili fitur-fitur dari file audio [6], [7], [8], [9].

Berdasarkan pemaparan penjelasan latar belakang tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk dapat membangun sebuah rekayasa sistem yang dapat mengekstraksi fitur audio dari musik gamelan tradisional Bali ke dalam 13 genre dalam musik gamelan Bali yang ada pada Golongan Tua, Madya, dan Baru. Perlu diperhatikan juga bahwa file audio musik yang digunakan dalam penelitian ini adalah musik gamelan berjenis instrumental tanpa ada lirik vokal di dalamnya. Koleksi musik tradisional Bali ini diperoleh dari studio rekaman Bali Record yang telah dikelompokkan berdasarkan genre album. Output dari perekayasa sistem ini adalah menghasilkan seperangkat nilai-nilai numerik (*feature set*) dari file audio yang nantinya dapat digunakan dalam proses klasifikasi maupun *clustering* (akan dibahas dipenelitian berikutnya).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. State of The Art Review

Dalam tahapan *data mining* untuk menemukan seperangkat nilai fitur yang bernilai kompak dan efektif merupakan langkah yang penting untuk tahapan selanjutnya. Tahapan ini diawali dengan mengubah sinyal audio dari domain waktu menjadi domain frekuensi dengan menerapkan *Fast Fourier Transform* [5]. Hasil FFT ini kemudian menjadi masukan dalam tahapan ekstraksi fitur.

Penelitian yang telah dilakukan [10] mengungkapkan bahwa untuk menghasilkan hasil seperangkat nilai fitur yang baik secara signifikan perlu dilakukan dengan optimasi ekstraksi fitur. Fitur yang dihasilkan ini diperoleh dari *spectral analysis* menggunakan *zero crossing rate*, *root mean square*, *spectral centroid*, *spectral bandwidth*, dan *spectral flux*.

Samira Pouyanfar dan Hossein Sameti pada penelitiannya [4] membuat sebuah metode baru yaitu SVM yang bertingkat

(*Two Level Classification*) dalam pengklasifikasian meta data suasana hati dalam musik. Mereka menggunakan data audio berdurasi 30 detik sebagai data latih yang berasal dari 280 data musik yang populer dari www.allmusic.com dengan 4 kategori model emosi Thayer (*happy/* gembira, *relax/* rileks, *angry/* marah, *sad/* sedih). Untuk ekstraksi fitur menggunakan : MFCC (*Mel-Frequency Cepstral Coefficients*), *Spectral Centroid*, *Spectral Rolloff*, *Zero Crossing Rate*. Metode baru yang dibuat mampu meningkatkan tingkat akurasi klasifikasi dari 72,14% pada SVM dan 87,27% pada metode klasifikasi SVM baru yang mereka buat. Penelitian lainnya juga telah menunjukkan akurasi klasifikasi dari algoritma SVM menunjukkan 83% [12] dalam hal klasifikasi genre musik dengan memanfaatkan Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) untuk mengekstraksi fitur musik.

Pemanfaatan data mining juga dilakukan dalam penelitian yang berkaitan dengan klasifikasi musik terhadap suasana hati [12], dimana untuk tahapan klasifikasi diawali dengan proses ekstraksi fitur musik menggunakan 9 jenis *spectral analysis*, terdiri dari 400 data latih dan 400 data uji. Sistem menghasilkan keluaran berupa label klasifikasi jenis *mood* yaitu, *contentment/* kepuasan, *exuberance/* gembira, *depression/* depresi dan *anxious/* cemas; kalut. Klasifikasi dengan menggunakan algoritma KNN cukup baik yaitu 86,55% pada nilai $k = 3$.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan, maka dalam penelitian ini diusulkan pendekatan dalam proses mendapatkan nilai *feature set* dengan ekstraksi fitur dengan menggunakan metode *Fast Fourier Transform* dan sembilan jenis *Spectral Analysis Features* (terdiri dari : *spectral centroid*, *spectral skewness*, *spectral roll-off*, *spectral slope*, *spectral kurtosis*, *spectral spread*, *spectral decrease*, *spectral flux*, dan *spectral flatness*) yang menghasilkan nilai dataset pelatihan dan dataset pengujian.

B. Music Information Retrieval (MIR)

Music Information Retrieval (MIR) merupakan sebuah bidang ilmu untuk mengambil dan mengolah informasi dari file musik yang berupa metadata ataupun konten. Terdapat beberapa task dari penelitian di bidang *Music Information Retrieval* berdasarkan *The Music Information Retrieval Evaluation eXchange* (MIREX), yaitu Klasifikasi Genre, Klasifikasi Mood, Identifikasi Artis, Pengenalan Instrumen, dan Music Annotation [13].

Chai merangkum penelitian dalam MIR dalam tiga bidang, yaitu *Music Searching and Query by Examples*, *Music Classification*, dan *Music Segmentation and Summarization* [14]. Dalam bidang *Music Searching and Query by Examples*, sistem MIR membantu pengguna mencari musik berdasarkan isinya, berdasarkan informasi dari referensi tertentu. *Music Classification* adalah salah satu topik populer dalam MIR. Klasifikasi yang dilakukan beragam, bisa berdasarkan genre musik, penyanyi, dan emosi/*mood*. *Music Summarization* bertujuan menemukan bagian yang paling representatif dalam musik, hal ini sering diasumsikan pada bagian *intro* maupun *refrain* sebagai bagian yang paling sering diulang dari sepotong musik.

C. Musik Gamelan Tradisional Bali

Musik gamelan tradisional Bali dinamakan *karawitan*. Istilah *karawitan* ini berasal dari kata *rawit* yang artinya halus (indah), mendapat awalan *ka* dan akhiran *an*, menjadi *karawitan* yang berarti suara instrumental dan vokal yang menggunakan laras (tangga nada) *pelog* dan *selendro*. Karawitan instrumental Bali disebut gamelan, dan karawitan vokal disebut *tembang* atau *sekar*.

Gamelan adalah sebuah orkestra yang terdiri dari berbagai macam instrumen yang terbuat dari baru, kayu, bambu, besi, perunggu, kulit, dawai, dan lain-lainnya. Hingga kini telah ditemukan lebih dari 30 jenis perangkat gamelan Bali yang tersebar di seluruh kabupaten se-Bali dan masing-masing perangkat memiliki fungsi, instrumentasi, orkestrasi, dan teknik permainan yang berbeda.

Gamelan Bali merupakan bagian penting dari kehidupan masyarakat Bali yang telah diwarisi sejak zaman lampau. Hingga kini bentuk gamelan tersebut masih hidup dalam vitalitas agama Hindu. Hampir tidak ada satupun upacara keagamaan di Bali yang sempurna tanpa keikutsertaan gamelan Bali. Gamelan Bali ini telah digolongkan berdasarkan masa perkembangannya, diantaranya Golongan Tua, Golongan Madya, dan Golongan Baru [2]. Selain itu penggolongan ini juga dibuat berdasarkan pada kelengkapan instrumen dan teknik permainan itu sendiri, serta fungsi-fungsinya di dalam masyarakat. Selanjutnya pada Tabel 1. adalah rangkuman dari beberapa genre gamelan tradisional Bali berdasarkan Golongan Gamelan yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1.
Penggolongan Genre Gamelan Tradisional Bali

No.	Golongan Gamelan	Genre Gamelan Bali
1.	Golongan Tua :	<i>Gender Wayang, Slonding, Blaganjur</i>
2.	Golongan Madya :	<i>Batel Wayang, Angklung, Semar Pagulingan, Palegongan, Rindik Gandrung, Barong Ket, Gong Gede.</i>
3.	Golongan Baru :	<i>Jegog, Jaged Bumbung, Gong Kebyar.</i>

D. Fast Fourier Transform

Fast Fourier Transform adalah suatu algoritma untuk menghitung transformasi fourier diskrit dengan cepat dan efisien. Karena banyak sinyal-sinyal dalam sistem komunikasi yang bersifat kontinyu, sehingga untuk kasus sinyal kontinyu seperti sinyal suara dapat menggunakan transformasi fourier. Transformasi Fourier didefinisikan oleh persamaan (2.1):

$$f(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (1)$$

Dimana $s(f)$ adalah sinyal dalam domain frekuensi, $s(t)$ adalah sinyal dalam domain waktu, dan $e^{-j2\pi ft}$ adalah konstanta dari nilai sebuah sinyal, f adalah frekuensi dan t adalah waktu.

FFT (Fast Fourier Transform) merupakan salah satu metode untuk transformasi sinyal suara dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi, artinya proses perekaman suara disimpan dalam bentuk digital berupa gelombang *spectrum* suara yang berbasis frekuensi sehingga lebih mudah dalam menganalisa *spectrum* frekuensi suara

yang telah direkam. Disisi lain penerapan *FFT* ini juga membantu dalam proses memfilter sinyal input dengan baik menjadi sinyal frekuensi [15].

E. Feature Extraction

Ekstraksi fitur/*Feature Extraction* adalah proses yang dilakukan untuk mengambil ciri-ciri dari sebuah data input. Ciri-ciri ini kemudian akan menjadi dasar untuk melakukan suatu pekerjaan tertentu pada tahap yang berbeda. Fitur-fitur yang dihasilkan ini akan menentukan kelas dari sinyal input yang masuk. Ekstraksi fitur melibatkan analisis input dari sinyal audio. Dalam *Music Information Retrieval*, beberapa peneliti sepakat bahwa ekstraksi fitur memegang peranan yang lebih penting daripada fase lainnya baik untuk tujuan klasifikasi musik maupun untuk tujuan pengenalan musik. Beberapa metode ekstraksi fitur yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya [16] :

Pertama, Berdasarkan pada properti statistik (*statistical property*) dari sinyal audio, dimana fitur audio yang dianalisis berdasarkan panjang blok sinyal audio dan tingkat nada yang diperoleh dari proses ekstraksi. Dalam hal ini nilai fitur audio diperoleh dengan menggunakan analisis *spectral skewness* dan *kurtosis*.

1. *Spectral Skewness* adalah ukuran distribusi probabilitas asimetris dari variabel acak bernilai real dalam hal ini adalah spektrum sinyal audio. Fitur ini menunjukkan apakah ada atau tidak spektrum yang condong /*skewed* ke arah kisaran rata nilai aritmatik tertentu. Untuk sampel dari nilai N membentuk persamaan 2.2, dimana nilai *skewness* adalah :

$$skewness = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3}{N \cdot s^3} \quad (2)$$

Pada persamaan di atas $\bar{x}$ menunjukkan rata-rata dari magnitude, m_3 adalah sampel pada pusat spektrum ketiga, dan m_2 adalah sample varian.

2. *Spectral Kurtosis* menunjukkan keterpusatan dari spektrum audio, yang dapat digunakan untuk menunjukkan tingkat nada. Dihitung pada iterasi keempat. Untuk menghitung *spectral kurtosis* menggunakan persamaan 2.3 dan persamaan 2.4 yaitu :

$$m_4 = \int (f - \mu)^4 \cdot p(f) df \quad (3)$$

Dan nilai kurtosis :

$$kurtosis = \frac{m_4}{m_2^2} \quad (4)$$

Dimana, μ = mean dan σ = standar deviasi.

Kedua, fitur audio diperoleh berdasarkan bentuk spektral (*spectral shape*) hal ini dapat diketahui berdasarkan *timbre* (warna suara/audio), *pitch* (tinggi-rendah nada) dan *loudness* (kuat-lemah suara). Untuk mendapatkan nilai fitur audio pada *spectral shape* ini diperoleh dengan *spectral centroid*, *rolloff*, *slope*, *spread*, *decrease*, dan *flux*.

1. *Spectral Centroid* merupakan indikator kecerahan spektrum yang ada, dan menunjukkan spektral pusat gravitasi. *Spectral centroid* menunjukkan tingkat kejernihan suara. *Spectral centroid* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5; 6; 7) sebagai berikut

$$\mu = \int .p(f)d \quad (5)$$

dimana untuk menghitung $p(f)$:

$$p(f) = \frac{A(f)}{\sum_f A(f)} \quad (6)$$

dan untuk menghitung $A(f)$:

$$A(f) = |f[(t)]| \quad (7)$$

Variabel x adalah merupakan frekuensi dari sample yang diambil. Sedangkan variabel $p(f)$ merupakan probabilitas untuk mengamati f .

2. *Spectral Rolloff* adalah ukuran *bandwidth* dari blok n yang dianalisa dari sampel audio. *Spectral Rolloff* didefinisikan sebagai frekuensi dibawah akumulasi kekuatan STFT (*short time fourier transform*) yang mencapai persentase nilai κ tertentu antara 0,85 (85%) atau 0,95 (95%). Persamaan 8 untuk *spectral rolloff* adalah sebagai berikut:

$$pectral\ Rolloff = \sum_{k=0}^i |X(k, n)| = \kappa \cdot \sum_{k=0}^{\kappa/2} |X(k, n)| \quad (8)$$

3. *Spectral Spread*, sering juga disebut sebagai spektral *bandwidth* instan atau sesaat, spektral ini menggambarkan konsentrasi kekuatan spektrum berada pada sekitar *spectral centroid*. Hal ini dapat diartikan sebagai nilai standar deviasi dari kekuatan spektrum di sekitar *spectral centroid*. Persamaan 9 sebagai berikut :

$$pectral\ spread = \sqrt{\frac{\sum_{k=0}^{\kappa-1} (k - \bar{C}(n))^2 \cdot |X(k, n)|^2}{\sum_{k=0}^{\kappa} |X(k, n)|^2}} \quad (9)$$

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

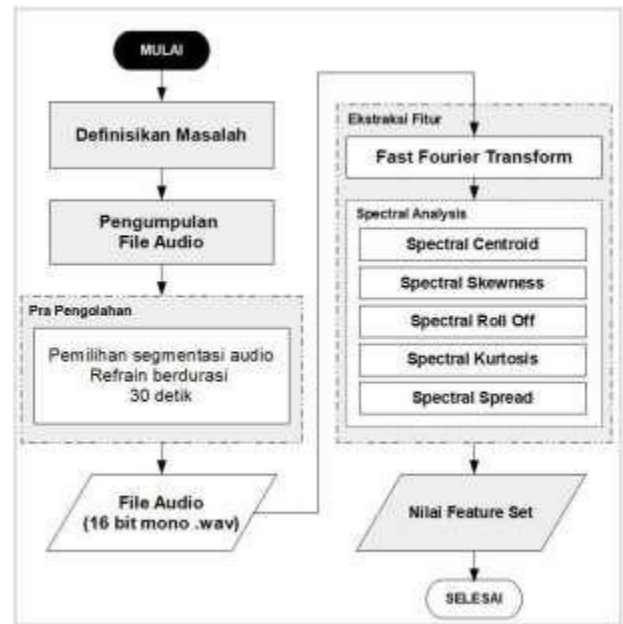
Dalam menghasilkan sebuah sistem yang dapat mengekstraksi seperangkat nilai fitur pada musik gamelan tradisional Bali, akan melalui beberapa tahapan utama yaitu tahapan pra-pengolahan data, tahapan ekstraksi fitur audio dan tahapan penyusunan seperangkat nilai fitur. Dapat dilihat pada Gambar 1.

Kegiatan diawali dengan mendefinisikan masalah yaitu bagaimana membangun sebuah rekayasa sistem untuk mengekstraksi nilai fitur audio dalam musik gamelan tradisional Bali dengan menggunakan transformasi FFT dan *spectral analysis*, selanjutnya masuk ke tahapan pertama yaitu pra-pengolahan data.

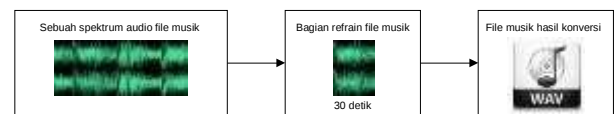
A. Pra-Pengolahan Audio

Untuk merancang dataset audio yang digunakan pada penelitian ini maka telah dikumpulkan sejumlah 260 file audio yang diperoleh dari 13 album musik gamelan tradisional Bali yang disesuaikan dengan 13 genre musik.

Selanjutnya dilakukan proses pra-pengolahan file musik, seperti yang terlihat pada Gambar 3.3 diawali dengan sebuah file musik yang diedit menggunakan aplikasi Adobe Audition yang mengubah tampilan file menjadi spektrum audio, selanjutnya mengambil potongan klip musik yang dilakukan secara manual dengan mendengarkan sebuah file musik secara berulang-ulang kemudian mendapatkan posisi *refrain* dari musik tersebut.



Gambar 1. Alur tahapan penelitian

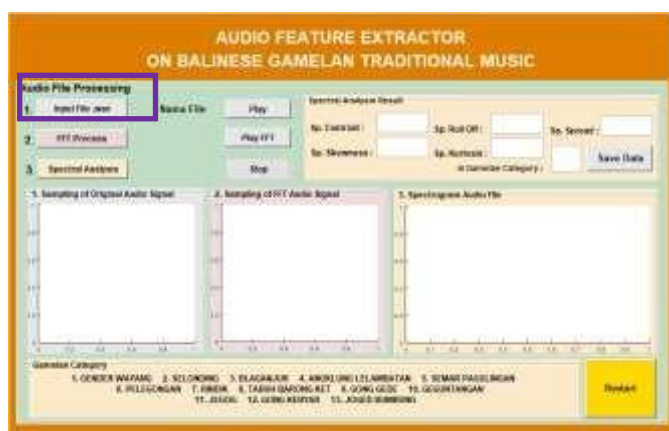


Gambar 2. Tahapan prapengolahan file musik

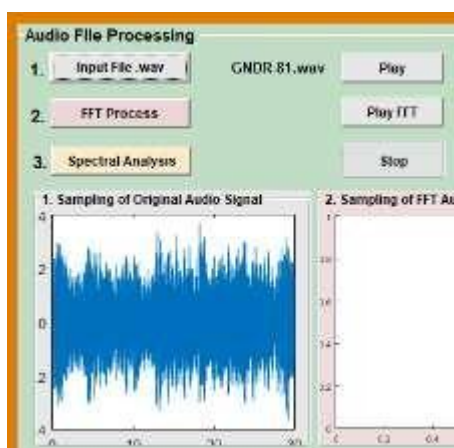
Format mono audio channel ini digunakan sebagai input proses FFT, dikarenakan proses FFT dalam sistem ini hanya bisa memproses satu saluran sinyal dengan format mono. Selain ini format mono ini merupakan penurunan jumlah channel/saluran audio dari format stereo yang memiliki 2 saluran, yaitu kanan dan kiri, untuk diambil rata-rata sinyal audio menjadi satu/mono channel.

Bagian *refrain* ini biasanya diulang-ulang saat lagu dimainkan, dan merupakan bagian yang paling sering menunjukkan penekanan jenis dan karakteristik *genre* yang tersirat di dalam musik. Selanjutnya dengan bantuan aplikasi Adobe Audition untuk menyeleksi bagian *refrain* lagu tersebut. Bagian ini diambil secara manual dengan memanfaatkan *selection tools* yang ada pada aplikasi Adobe Audition, dan durasi *refrain* klip musik ditentukan hanya 30 detik saja sesuai dengan penelitian sebelumnya. Secara umum, durasi sebuah file musik berkisar antara 2 hingga 4 menit, apabila terdapat file musik yang berdurasi antara 30 hingga 60 detik, maka bagian *intro* musik yang akan digunakan untuk pemrosesan selanjutnya, karena bagian ini juga secara intuitif memiliki nada-nada yang intensif untuk memberikan informasi mengenai *genre* dan suasana hati/*mood* [17]. Hasil klip file musik tersebut disimpan dengan format .wav dengan *mono audio channel*.

Secara garis besar, penelitian ini membangun suatu aplikasi yang berfungsi mengekstraksi seperangkat nilai fitur dari file audio. Berikut ini adalah antarmuka sistem yang telah dikembangkan.



(a)



(b)

Gambar 3.(a) Antarmuka sistem saat input file klip audio;
(b) Antarmuka menampilkan sampling audio input

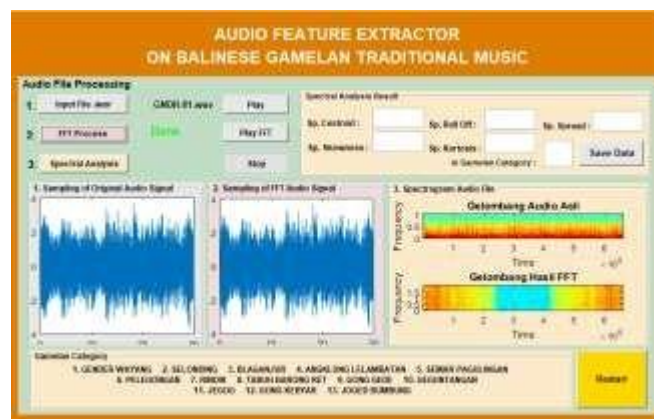
File klip audio yang telah dikelompokkan selanjutnya dimasukkan ke aplikasi dengan memilih tombol –Input File .wavl (Gambar 3.a) maka akan muncul *window* untuk memilih file klip audio. Ketika klip .wav dipilih maka sistem akan memunculkan diagram *sampling* sinyal audio asli (Gambar 3.b). Pengguna dapat mendengarkan klip audio tersebut dengan klik tombol –Playl dan mengakhirinya dengan menekan tombol –Stopl.

B. Ekstraksi Fitur

Tahapan selanjutnya setelah file audio dimuat ke dalam sistem, tahapan selanjutnya adalah proses ekstraksi fitur yaitu dengan mengubah sinyal file audio diinput, dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode *Fast Fourier Transform*. Saat proses FFT ini dilakukan, sistem akan menyimpan file audio hasil FFT ini ke dalam sebuah file audio sementara (hasilfft.wav).

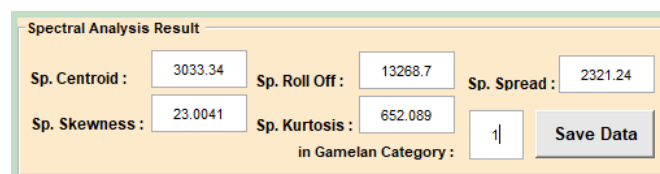
Selanjutnya sistem akan menampilkan bentuk grafik audio hasil transformasi dan gambar spectrogram audio asli dan audio yang telah mengalami transformasi FFT seperti terlihat pada Gambar 4. Pengguna dapat memainkan file musik yang telah ditransformasi FFT dengan menekan tombol –Play FFTl dan

mengakhirinya dengan menekan tombol –stopl. Kemudian audio hasil dari FFT akan diolah menggunakan *spectral analysis* untuk mendapatkan nilai fitur.



Gambar 4. Tampilan sistem saat ekstraksi FFT

Untuk tahapan selanjutnya, yaitu menerapkan digital *spectral analysis*, yang terdiri dari *spectral centroid*, *spectral skewness*, *spectral rolloff*, *spectral kurtosis*, dan *spectral spread*. Proses ini diawali ketika pengguna menekan tombol –Spectral Analysisl dan sistem secara otomatis mengkalkulasi nilai dan menghasilkan seperangkat nilai *spectral feature*.



Gambar 5. Seperangkat nilai hasil *spectral analysis*

Nilai ini selanjutnya disimpan dengan informasi kode kategori genre musik bernilai 1 s/d 12 pada *textbox* kategori gamelan. Tombol –Save Datall berfungsi untuk menyimpan keseluruhan nilai *spectral feature* dan kode angka merujuk ke genre, dimana kode genre terdiri dari :

TABEL 2.

PENGELOMPOKAN GENRE MUSIK GAMELAN TRADISIONAL BALI

Kode	Nama Genre	Kode	Nama Genre
1	Gender Wayang	8	Tabuh Barong Ket
2	Selonding	9	Gong Gede
3	Bleganjur	10	Geguntangan
4	Angklung Lelambatan	11	Jegog
5	Semar Pegulingan	12	Gong Kebyar
6	Pelegongan	13	Joged Bumbung
7	Rindik		

Antarmuka sistem ekstraksi fitur *mood* musik telah dikembangkan. Secara umum hasil dari keseluruhan tahap pra-pengolahan, FFT, hingga *spectral analysis* menghasilkan seperangkat nilai *feature set* yang memiliki 6 nilai atribut (5 dari *spectral analysis* dan 1 sebagai kode kategori genre musik gamelan).

Berikut ini (Tabel 3 s/d 15) adalah dataset fitur audio untuk masing-masing kategori *mood* musik, namun data yang

ditampilkan hanya 10 baris data untuk setiap jenis kategori gamelan tradisional Bali

TABEL 3.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS* UNTUK
KATEGORI MUSIK (1) GENDER WAYANG

No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	3033.3	23.004	8769	652.09	2321.2	1
2	2919	22.022	9276.3	579.86	2269.6	1
3	3279.3	23.339	10126	642.07	2373.8	1
4	2825.5	21.086	9577.6	550.21	1991.4	1
5	3010.9	22.385	10643	619.83	3104	1
6	3113	19.972	8789	503.07	3093.8	1
7	2900.9	21.525	8824.3	577.18	2373.9	1
8	2958.1	22.677	9577.6	602.08	2377.5	1
9	3106.2	21.739	10482	595.12	2521.2	1
10	3087.8	22.22	9782.1	602.39	2592.8	1

TABEL 4.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS* UNTUK
KATEGORI MUSIK (2) SELONDING

No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	2725.9	25.733	8576.8	758.63	1538.1	2
2	1951.3	27.798	8910.4	849.41	1607.1	2
3	2419.9	23.813	8533.8	651.22	1698.5	2
4	2690.4	26.436	8200.1	813.27	1588.6	2
5	2480	24.792	10471	729	2606.2	2
6	1856.1	26.924	7005.6	820.21	1351.1	2
7	1994.8	23.921	8641.4	676.74	1688.7	2
8	2498.5	27.872	8716.7	861.83	2033.2	2
9	2257	26.473	8135.6	769.66	1542	2
10	1932.3	24.449	9007.3	711.37	1674.5	2

TABEL 5.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS* UNTUK
KATEGORI MUSIK (3) BLAGANJUR

No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	2934.4	21.412	9039.5	572.44	2975.8	3
2	3166.7	20.891	8985.7	535.92	2829.3	3
3	2259.4	28.491	8792	907.86	2649	3
4	2588.3	22.743	8641.4	602.11	2597.1	3
5	1678.7	24.3	7909.6	679.24	2328.7	3
6	2622.2	27.456	8975	862.67	2781.2	3
7	2955.3	26.275	9050.3	812.25	3035.2	3
8	2192.2	24.704	8576.8	691.47	2562.1	3
9	2085.2	30.615	8716.7	1007.5	2631.1	3
10	2052.7	30.604	8350.8	1006.5	2384.7	3

TABEL 6.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS* UNTUK
KATEGORI MUSIK (4) ANGKLUNGLELAMBATAN

No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	3587.2	28.809	9922	911.35	3126.3	4
2	3685.7	27.485	10030	849.89	3110.9	4
3	4511.5	27.283	10342	840.66	3271.3	4
4	4275.2	27.329	10331	812.82	3232.5	4
5	4519.1	28.44	10342	880.85	3350.3	4

6	4440.7	28.818	10406	942.4	3327.3	4
7	4182.5	28.364	10611	859.37	3605.8	4
8	3883.8	28.546	10266	896.29	3164.3	4
9	4723.6	28.606	9663.7	900.85	2975.5	4
10	4317.5	28.294	10417	883.68	3380.6	4

TABEL 7.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS*
UNTUK KATEGORI MUSIK (5) ANGKLUNG
LELAMBATAN

No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	3975.6	26.591	8479.9	874.59	3075.9	5
2	3491.4	27.944	8630.6	861.24	3008.7	5
3	3890.6	27.645	8695.2	847.62	3148.2	5
4	3812	25.336	9362.4	759.38	3253.9	5
5	4069.1	28.086	8684.4	848.45	2892.8	5
6	2885.4	28.482	9749.8	871.64	2525.6	5
7	3137.9	25.032	9330.1	724.81	3176.3	5
8	3941.3	26.444	8307.8	795.46	2894.2	5
9	1860.4	26.269	7479.1	770.33	2450.7	5
10	2213.5	25.089	8490.7	739.24	2317.4	5

TABEL 8.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS*
UNTUK KATEGORI MUSIK (6) PELEGONGAN

No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	2945.6	29.32	10837	950.4	2324.4	6
2	2503.7	25.386	9846.6	740.64	2050.1	6
3	2716.1	25.39	9911.2	747.23	2365.6	6
4	2446.5	25.099	10299	753.82	2323.5	6
5	2177.6	27.61	10546	854.03	2534.5	6
6	2438.1	26.121	9814.4	787.3	2152.3	6
7	2883.9	25.04	9362.4	745.34	2252.3	6
8	2330.8	23.724	8200.1	675.94	2024.6	6
9	2366.6	24.788	10040	704.67	2094.1	6
10	2581	23.25	10847	649.72	2435	6

TABEL 9.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS*
UNTUK KATEGORI MUSIK (7) RINDIK

No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	2158.8	29.996	5951	963.38	1176.7	7
2	1929.9	27.785	5316.1	844.89	1178.2	7
3	1856.5	27.976	5456	867.02	1184.8	7
4	1968.8	28.894	5079.4	899.32	1312.5	7
5	1970.4	29.081	4670.4	915.28	1101	7
6	1705.3	28.711	4670.4	870.25	1230.7	7
7	1814.6	28.723	5951	870.98	1629.9	7
8	1094.6	28.615	3658.9	897.39	978.69	7
9	1126.5	27.377	3938.7	842.99	922.8	7
10	1489	27.039	3572.8	828.3	909.39	7

TABEL 10.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS*
UNTUK KATEGORI MUSIK (8) TABUH
BARONG KET

No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	3414.5	28.824	10449	878.39	3309.4	8

2	3297.1	29.11	10266	892.43	3192	8
3	3478.2	29.698	9911.2	915.45	2828	8
4	2936.5	29.563	10148	908.52	3177.5	8
5	3864.7	28.744	10891	879.89	3376.7	8
6	1831	29.486	9265.5	906.4	2339.7	8
7	4110.1	29.519	11041	907.78	3480.9	8
8	3940	29.543	10858	908.89	3338.5	8
9	3724.8	27.756	10869	839.07	3598.3	8
10	3395.4	28.537	10320	868.48	3285	8

TABEL 11.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS*
UNTUK KATEGORI MUSIK (9) GONG GEDE

No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	2853.1	21.297	12300	579.82	3889.2	9
2	3576.3	22.611	12139	619.71	3989.4	9
3	2752.9	22.593	12268	627.7	3516.1	9
4	3715.3	23.115	12408	650.05	3963	9
5	3046.3	23.568	12257	671.99	3788.3	9
6	3246.4	22.067	12300	595.18	4156.8	9
7	3892.3	24.165	12623	698.93	4332.3	9
8	4576.8	22.743	12935	623.24	4669	9
9	4359.1	21.796	12483	571.96	4436.1	9
10	5545.1	22.6	12946	606.75	4753.1	9

TABEL 13.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS*
UNTUK
KATEGORI MUSIK (10) GEGUNTANGAN

No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	3242.4	28.403	12150	883.1	3937.6	10
2	3655.1	27.827	11827	863.44	3760	10
3	3874.2	29.27	12117	923.03	3940.2	10
4	3952.7	27.617	11924	859.92	4067.2	10
5	4269.7	28.839	11558	907.41	3903	10
6	5379.8	30.148	13000	981.1	5195.1	10
7	3490.5	27.166	11827	803.05	4494	10
8	3296.5	26.84	12741	801.6	4388.4	10
9	3022.3	27.781	12797.9	866.55	4685.33	10
10	3305.7	26.349	12408	790.36	4269.6	10

TABEL 13.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS* UNTUK
KATEGORI MUSIK (11) JEGOG

No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	1687.3	25.22	10718	734.8	2800.9	11
2	1688	28.148	9728.3	887.77	2376.4	11
3	1472.5	28.587	9943.5	885.46	2165.9	11
4	1620	29.753	10073	975.49	2536.5	11
5	2005.3	26.227	10460	775.69	2822	11
6	2430.7	26.254	10794	804.35	3465	11
7	1765.7	28.356	10299	896.27	2775.6	11
8	2485.7	29.435	10955	946.53	3440	11
9	2626.8	28.727	10891	902.18	3519	11
10	2206.3	28.019	10191	889.25	2617.5	11

TABEL 14.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS* UNTUK

KATEGORI MUSIK (12) GONG KEBYAR						
No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	5256.7	26.607	10094	799.99	3578.1	12
2	4903.6	24.879	9739	712.1	3164.9	12
3	3749.6	26.904	10148	788.55	3472.2	12
4	4972.3	25.674	9868.2	750.98	3071.3	12
5	5238	29.473	9962	857.06	3777	12
6	4690	27.712	7371.5	853.37	2387.5	12
7	4772	27.794	7586.8	856.17	2286.8	12
8	4626.1	22.244	7705.1	609.32	2399.7	12
9	4525.9	25.3	9609.9	713.07	2996.1	12
10	4358.7	24.169	9577.6	654.69	2982.4	12

TABEL 15.
SEPERANGKAT NILAI *SPECTRAL ANALYSIS* UNTUK
KATEGORI MUSIK (13) JOGED BUMBUNG

No.	Centroid	Skewness	Roll Off	Kurtosis	Spread	Ktgr
1	3279.7	27.85	12677	872.22	4615.3	13
2	2494.4	27.763	11913	881.36	3501.4	13
3	1771.6	28.087	11827	883.68	2874.7	13
4	3174	27.419	13021	852.69	4687.1	13
5	2116.2	28.502	11224	900.51	2684.7	13
6	2325.7	28.582	12408	909.24	3727.8	13
7	1838.5	27.907	11622	881.13	2389.5	13
8	1782.1	28.968	11762	930.25	2405.6	13
9	3856.3	26.826	12591	824.75	4647.3	13
10	2971	28.764	12634	918.77	4206.3	13

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan sebuah purwarupa aplikasi untuk mengekstraksi fitur audio pada musik gamelan tradisional Bali, yang mana pada tahapan pra-pengolahan menggunakan sejumlah 260 klip audio dari 13 genre musik gamelan tradisional Bali yang berdurasi 30 detik format *.wav 16 bit, kemudian penerapan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mengubah domain musik dari waktu menjadi domain frekuensi. Selanjutnya pada tahapan pengolahan data telah menerapkan 5 jenis jenis *spectral analysis* (*spectral centroid*, *spectral skewness*, *spectral rolloff*, *spectral kurtosis*, dan *spectral spread*) yang telah menghasilkan seperangkat nilai *feature set*, terdiri dari 5 nilai atribut *spectral analysis* dan 1 nilai atribut kategori genre musik gamelan tradisional Bali.

Untuk kelanjutan penelitian selanjutnya akan dilakukan pengembangan dari sisi penerapan dataset yang telah dihasilkan dalam penelitian ini sebagai data *training* untuk proses data mining dengan menerapkan berbagai algoritma klasifikasi dan *clustering*.

REFERENSI

- [1]. Harsemadi, I. G., Sudarma, M., Pramaita, N. *Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor pada Perangkat Lunak Pengelompokan Musik untuk Menentukan Suasana Hati*. Majalah Ilmiah Teknik Elektro (Jilid 16). 2016
- [2]. Bandem, M. *Gamelan Bali di atas Panggung Sejarah*. Yogyakarta : STIKOM Bali. 2013

- [3]. Wongso R, Santika DD. Automatic Music Classification Using Dual Tree Complex Wavelet Transform and Support Vector Machine. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2014 May 10;63.
- [4]. Samira Pouyanfar, Hossein Sameti. (2014). *Music Emotion Recognition Using Two Level Classification*. International Conference on Intelligent System (ICIS).
- [5]. Anwar, S., Ibrahim, R., Senan, N. *Performance Comparison of Musical Instrument Family Classification Using Soft Set*. International Journal of Artificial Intelligence and Expert Systems (IJAE), Vol. 3, Issue 4. 2012
- [6]. J. Grekow, -Audio features dedicated to the detection of four basic emotions,| in *Computer Information Systems and Industrial Management: 14th IFIP TC 8 International Conference, CISIM 2015*, Warsaw, Poland, September 24-26, 2015, Proceedings. Springer International Publishing, 2015, pp. 583–591.
- [7]. R. Panda, B. Rocha, and R. P. Paiva, -Music emotion recognition with standard and melodic audio features,| *Applied Artificial Intelligence*, vol. 29, no. 4, pp. 313–334, 2015.
- [8]. P. Saari, T. Eerola, and O. Lartillot, -Generalizability and simplicity as criteria in feature selection: Application to mood classification in music,| *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 19, no. 6, pp. 1802–1812, 2011.
- [9]. Y. Song, S. Dixon, and M. Pearce, -Evaluation of musical features for emotion classification,| in *Proceedings of the 13th International Society for Music Information Retrieval Conference, ISMIR 2012*, Mosteiro S.Bento Da Vit'oria, Porto, Portugal, 2012, pp. 523–528.
- [10]. Jeremiah D. Deng., Simmermacher, Christian., Cranefield, Stephen.. A Study on Feature Analysis for Musical Instrument Classification. *IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics—Part B: Cybernetics*, Vol. 38, No. 2. 2008.
- [11]. Kour, G., Mehan, N. Music Genre Classification using MFCC, SVM and BPNN. *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887) Volume 112 – No. 6. 2015.
- [12]. Sudarma, M., Harsemadi, I.G. 2017. Design and Analysis System of KNN and ID3 Algorithm for Music Classification based on Mood Feature Extraction. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, Vol. 7, Issue 1. IAES Institute of Advanced Engineering and Science.
- [13]. Fu, Z., Lu, G., Ting, K.M., and Zhang, D. A Survey of Audio-Based Music Classification and Annotation. *IEEE Transactions on Multimedia*. Vol 13 No. 2, pp : 303-318. 2011.
- [14]. Chai, W. Automated Analysis of Musical Structure. *Master of Science in Media Arts and Sciences*. Massachusetts Institute of Technology. 2005.
- [15]. Reonaldo Y. S. *Simulasi Sistem Pengacak Sinyal dengan Metode FFT (Fast Fourier Transform)*. E-Journal Teknok Elektro dan Komputer ISSN 2301-8402. 2014.
- [16]. Lerch, Alexander. *An introduction to Audio Content Analysis – Applications in Signal Processing and Music Informatics*. IEEE Press. 2012.
- [17]. Song, Y. et al. Evaluation of Musical Features for Emotion Classification. *Proceedings of the 13th International Society for Music Information Retrieval Conference*. Porto, Portugal. 2012.