

SIMULASI DAN ANALISIS PENCARIAN REFF DAN VERSE LAGU PADA MUSIK DIGITAL DENGAN METODE KORELASI

Firmansyah Patriandhika¹, Ir.Rita Magdalena,M.T.², I Nyoman Apraz Ramatryana,S.T.,M.T.³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung

¹firmansyahpatriandhika@gmail.com, ²ritamagdalenat@telkomuniversity.ac.id

³ramatryana@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dimasa globalisasi saat ini terutama teknologi komunikasi dan informasi yang berbasis komputer berkembang sangat pesat, dan teknologi menjadi kebutuhan masyarakat dunia. Hal ini disebabkan oleh perkembangan yang cepat pada bidang teknologi telekomunikasi. Pengolahan sinyal informasi merupakan salah satu bagian dari teknologi telekomunikasi. Pengolahan sinyal informasi ini mencakup luas, salah satunya adalah mengidentifikasi sinyal informasi pada lagu. Lagu dijadikan sebagai objek yang utama, dikarenakan perkembangan musik yang begitu pesat juga.

Pada penelitian sebelumnya mencoba dibuat suatu aplikasi menentukan sebuah judul lagu dengan memanfaatkan ekstraksi ciri., Penelitian tersebut merekam lagu dari awal sampai akhir untuk mendapatkan sebuah judul. Namun sistem tersebut masih secara manual untuk menentukan bagian mana verse dan reff lagu. Maka dari itu, peneliti yang mengerjakan tugas akhir saat ini, akan mengembangkan potensi baru, dimana akan mencari reff dan verse lagu selanjutnya secara otomatis, dengan syarat mendengar bagian pertama dari lagu tersebut. Dengan memanfaatkan *perkembangan audio processing* yang sangat membantu dalam perkembangan industry music digital, sistem yang akan dibuat menggunakan lagu sebagai input yang kemudian dilakukan pencarian untuk menentukan kesamaan jarak antara panjang pola yang sama dengan menggunakan metode Korelasi

Setelah pengujian dengan skenario yang berbeda pada sistem yang dirancang maka diperoleh beberapa akurasi. Pengujian skenario dilakukan pada ukuran frame 250ms, 500ms, 750ms, 1000ms, dan 2000ms. Dari hasil yang telah diuji, sistem menghasilkan akurasi yang baik pada ukuran frame 1000ms dan 2000ms dengan nilai mencapai 92%. Dan waktu komputasi yang baik terdapat pada ukuran frame 2000ms dengan waktu ekstraksi ciri 2,9 detik dan waktu proses pencarian verse dan reff lagu 4 detik.

Kata Kunci : Pencarian Verse dan Reff, Korelasi

ABSTRACT

Technological development in this globalization Era today especially computer based information and communication technology grows rapidly, and technology becomes world citizens needs. This phenomenon is caused by rapid development in telecommunication technology. Information signal process is a part of telecommunication technology. Information signal processing is sector very vast, one of them is identifying information signal in a song. Song becomes the main object also because the fast development of music.

In the previous researches an application has been made to detect title of a song by using characters extraction. The research records a song from beginning until the end to get a title. But the system is still manually decide which part is the verse and the reff of the song. That is why researchers that work this final project will develop a new potential where the verse and reff will be detected automatically, with condition to listen the first part of the song. By exploiting the the development of audio processing that really helps the development of digital music industry, system that will be made using song as input which then do a search to determine the similarity of distance between the length of the same pattern using the Correlation Method

After trials using different scenarios on the designed system, some accuracy is acquired. Testing scenarios is done on frame size of 250ms, 500ms, 750ms, 1000ms and 2000ms. Result of the trials shows that system produced a good accuracy on 1000ms and 2000ms frame size with 92% accuracy value. And good computation time goes to 2000ms frame size with 2,9s for character extraction and 4s of verse and reff detection.

Keyword: Detection Verse and Reff, (DWT) Correlation

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi dimasa globalisasi saat ini terutama teknologi komunikasi dan informasi yang berbasis komputer berkembang sangat pesat, dimana teknologi menjadi kebutuhan masyarakat dunia. Hal ini disebabkan oleh perkembangan yang cepat pada bidang teknologi telekomunikasi. Pengolahan sinyal informasi merupakan salah satu bagian dari teknologi telekomunikasi. Pengolahan sinyal informasi ini mencakup luas, salah satunya adalah mengidentifikasi sinyal informasi pada lagu. Lagu dijadikan sebagai objek yang utama, dikarenakan perkembangan musik yang begitu pesat juga.

Pada penelitian sebelumnya dibuat suatu aplikasi menentukan sebuah judul lagu dengan memanfaatkan ekstraksi ciri., Penelitian tersebut merekam lagu dari awal sampai akhir untuk mendapatkan sebuah judul. Namun sistem tersebut masih secara manual untuk menentukan bagian mana *verse* dan *reff* lagu. Maka dari itu, peneliti yang mengerjakan tugas akhir saat ini, akan mengembangkan potensi baru, dimana akan mencari *reff* dan *verse* lagu selanjutnya secara otomatis, dengan syarat mendengar bagian pertama *verse* dan *reff* dari lagu tersebut. Dengan memanfaatkan perkembangan *audio processing* yang sangat membantu dalam perkembangan industry music digital, sistem yang akan dibuat menggunakan lagu sebagai input yang kemudian dilakukan pencarian untuk menentukan kesamaan jarak antara panjang pola yang sama dengan menggunakan metode Korelasi.

Setelah pengujian dengan skenario yang berbeda pada sistem yang dirancang maka diperoleh beberapa akurasi. Pengujian skenario dilakukan pada ukuran frame 250ms, 500ms, 750ms, 1000ms, dan 2000ms. Dari hasil yang telah diuji, sistem menghasilkan akurasi yang baik pada ukuran frame 1000ms dan 2000ms dengan nilai mencapai 92%. Dan waktu komputasi yang baik terdapat pada ukuran frame 2000ms dengan waktu ekstraksi ciri 2,9 detik dan waktu proses pencarian *verse* dan *reff* lagu 4 detik

2. Dasar Teori dan Perancangan system

2.1 Struktur Lagu

Intro adalah awal dari sebuah lagu yang merupakan pengantar lagu tersebut, *intro* juga berfungsi memberikan waktu untuk penyanyi dan pendengar mempersiapkan diri sebelum lagu benar-benar dimainkan. *Intro* bisa berupa musik instrumental atau suara vokal. *Intro* terbagi menjadi *intro* awal yang

terletak diawal lagu, *intro* tengah biasanya terletak setelah *reff/chorus* dan *intro* akhir pada *coda/ending*[2].

Verse adalah pengantar sebuah lagu sebelum lagu masuk ke bagian *chorus*. *Verse* sering disebut bagian “basa-basi” dari sebuah lagu. Bagian *verse* bukan merupakan bagian yang klimaks pada lagu. Hanya berupa pengantar dan berisi kalimat-kalimat pembuka[2].

Bridge adalah sebuah bagian lagu yang bukan merupakan *verse* atau *chorus*. *Bridge* ini biasanya dipakai untuk menjembatani antara bagian-bagian lagu seperti penghubung antara *chorus* dengan *verse* atau sebaliknya, dan *bridge* dapat penghubung antar *chorus* dengan *chorus* yang modulasi (naik nada dasar), sehingga modulasi tidak terdengar ganjil. Nada yang dimainkan pada *bridge* biasanya dibuat sangat berbeda dengan nada pada *verse* dan *chorus*[2].

Reff/Reffrain yang berarti pengulangan biasanya menggunakan bagian lain dari lagu (*verse*) untuk diulang dibagian ini. Notasi pengulangan dan syair sama, terkadang syair juga dimodifikasi, tetapi notasi atau nada tetap menggunakan nada yang sama[2].

Interlude merupakan bagian kosong pada lagu seperti layaknya ‘*intro*’ yang berada di tengah lagu. *Interlude* berfungsi untuk menyambungkan *verse* dengan *verse* atau *verse* dengan *chorus*. Tidak terdapat syair pada bagian *interlude*[2].

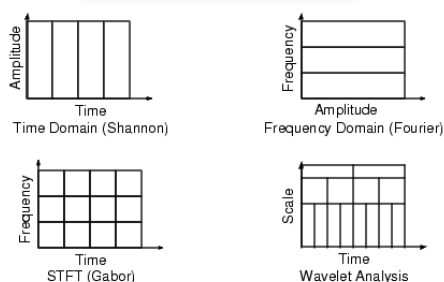
Modulasi adalah perpindahan nada dasar dari suatu lagu. Modulasi ditandai dengan nada pada *reff/chorus* yang berubah menjadi tinggi daripada sebelumnya. Modulasi terjadi sesudah *chorus* dan diiringi dengan *bridge* agar tidak terdengar aneh[2].

Ending, *coda* dan *outro* memiliki fungsi yang berbeda. *Ending* adalah bagian penutup dari sebuah lagu. *Ending* berfungsi supaya lagu berakhir secara *smooth* dan tidak berhenti secara mendadak. Bagian ending dibuat secara *fade-out* (suara perlahan-lahan mengecil dan hilang). *Coda* yang juga disebut ‘ekor’, merupakan bagian akhir lagu yang berisi nada dan syair untuk menutup sebuah lagu. Berbeda dengan *bridge*, *coda* mengambil beberapa lirik dan nada yang sudah ada sebelumnya pada lagu serta tidak berakhir *fade-out* seperti *ending*. Sedangkan *outro* merupakan akhir dari lagu yang hanya berisi instrumen musik saja atau tanpa syair. Nada yang digunakan berbeda dengan nada-nada sebelumnya, atau hanya memodifikasi nada sebelumnya untuk mengakhiri lagu dengan lembut dan tidak terkesan berhenti secara tiba-tiba[2].

2.2 Transformasi Wavelet

Transformasi *Wavelet* merupakan suatu metode transformasi untuk menganalisis frekuensi sinyal secara otomatis. Transformasi *Wavelet* akan menguraikan (dekomposisi) suatu sinyal ke dalam bentuk suku-suku *Wavelet* dengan menggunakan fungsi translasi (pergeseran), dan dilatasi (penskalaan). Transformasi *Wavelet* dipandang sebagai bentuk representasi waktu-frekuensi untuk sinyal kontinu terhadap waktu (sinyal analog). Transformasi *Wavelet* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengolah sinyal non-stasioner yang selalu mengalami perubahan. Transformasi *Wavelet* dapat memberikan representasi waktu dan frekuensi secara bersamaan, sehingga dapat merepresentasikan sinyal yang dimaksud.

Gambar 2.1 merupakan ilustrasi perbandingan antara STFT (*Short Time Fourier Transform*) dengan Transformasi *Wavelet*. Transformasi *Wavelet* memiliki kelebihan untuk merepresentasikan fungsi yang memiliki diskontinuitas dan kenaikan atau penurunan yang tajam, serta secara akurat mendekomposisi dan merekonstruksi sinyal *non-stationer*. Transformasi *Wavelet* juga dapat mengatasi kekurangan dari STFT yang sama-sama dapat menganalisis sinyal *non-stationer*. STFT juga merepresentasikan informasi frekuensi dan waktu secara bersamaan hanya saja memberikan resolusi konstan pada semua frekuensi, sedangkan Transformasi *Wavelet* menggunakan teknik multiresolusi yang dapat menganalisis frekuensi berbeda dengan resolusi yang berbeda



Gambar 2(a)

2.3 Discrete Wavelet Transform

Transformasi *Wavelet* adalah sebuah teknik untuk menganalisis sinyal. Transformasi *Wavelet* dikembangkan sebagai sebuah alternatif Short Time Fourier Transform (STFT) untuk mengatasi masalah tentang frekuensi dan time resolution. Untuk lebih spesifiknya, tidak seperti STFT yang uniform time resolution untuk semua frekuensi, DWT mempunyai karakteristik pada high time resolution dan low frequency resolution dan low time resolution untuk frekuensi rendah. Sehingga pada transformasi

wavelet, sinyal didekomposisi menjadi komponen frekuensi rendah dan komponen frekuensi tinggi. Discrete Wavelet Transform dari sebuah sinyal x dihitung dengan melewati serangkaian filter. Pertama, sampel dilewatkan melalui Low Pass Filter (LPF) dengan respon impuls g [7]:

$$y[n] = (x * g)[n] = \sum x(k)g[n - k] \quad (2.1)$$

Sinyal juga didekomposisi secara bersamaan menggunakan High Pass Filter (h). Output dari sinyal x tersebut memberi koefisien detail (dari HPF) dan koefisien yang berdekatan (dari LPF). Yang terpenting adalah dua filter tersebut saling berhubungan dan dikenal sebagai sebuah quadrature mirror filter.

Namun, setengah dari frekuensi sinyal dihapus, setengah dari sample dihilangkan menurut aturan Nyquist. Output dari filter kemudian diperoleh dari [6]:

$$y_{low}[n] = \sum x[k]g[2n - k] \quad (2.2)$$

$$y_{high}[n] = \sum x[k]h[2n - k] \quad (2.3)$$

Dekomposisi membagi dua resolusi waktu sejak hanya setengah dari setiap karakteristik filter output dari sinyal. Jadi, setiap output mempunyai setengah dari frekuensi band dari input sehingga frekuensi resolusi menjadi berlipat.

2.4 Perancangan Sistem

Secara keseluruhan blok diagram tahapan dari proses perancangan sistem direpresentasikan sebagai berikut:



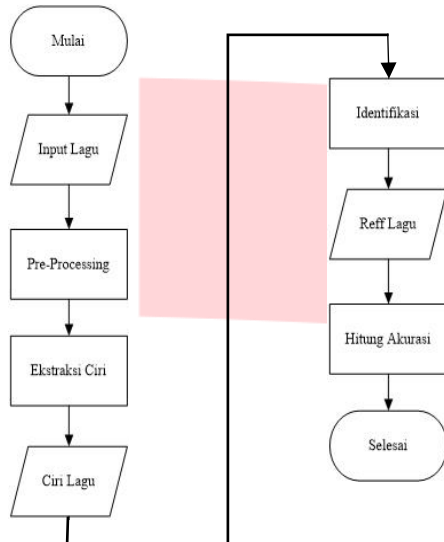
Gambar 2(b)

Dalam perancangan tugas akhir ini terdapat 3 tahapan penting yaitu digambarkan pada sistem ini yang pertama *pre-processing* blok ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas data sebelum dilakukan ekstraksi terdiri dari *filtering*, *resample*, *cover stereo to mono*.

Setelah dilakukan *pre-processing* selanjutnya sinyal uji diproses pada blok ekstraksi ciri yang kemudian diambil cirinya menggunakan ekstraksi ciri *Discrete Wavelet Transform* (DWT), metode ini mempresentasikan sinyal dalam beberapa komponen frekuensi. Proses untuk mendapatkannya dilakukan melalui sinyal pada filter dan dekomposisi sinyal, yang bertujuan untuk mendapatkan komposisi sinyal pada frekuensi tinggi dan rendah.

2.5 Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem dibuat dengan tujuan untuk mempermudah dalam pembuatan sistem pada tugas akhir ini. Berikut alur kerja sistem yang secara umum pada sistem pemisahan verse dan reff secara langsung:



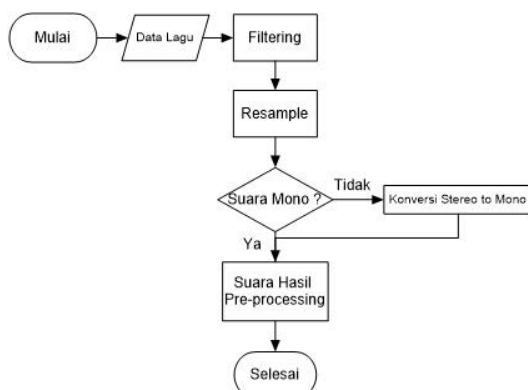
Gambar 2(c)

Data input lagu berupa 25 lagu dengan 5 genre lagu yang berbeda, yaitu pop, rock, instrument, jazz, dan dubstep. Data lagu diproses untuk menghasilkan ciri masing-masing, hasil ekstraksi ciri pada data lagu dijadikan sebagai data yang kemudian sebagai acuan untuk diidentifikasi.

Proses selanjutnya mengidentifikasi data lagu dengan menggunakan metode auto korealsi yaitu menentukan jarak terdekat antara perulangan lagu, sehingga diperoleh kecocokan jarak terdekat dari bagian lagu (reff) yang sesuai.

2.6 Flowchart Pre-Processing

Pre-processing adalah proses awal yang dilakukan setelah perangkat mendapatkan data audio masukan. Tujuan dilakukan preprocessing yaitu untuk memperbaiki kualitas data sebelum di ekstraksi ciri. Adapun tahapan yang dilakukan dalam pre-processing yaitu sebagai berikut:



Gambar 2(d)

2.7 Ekstraksi Ciri



Gambar 2(e)

DWT digunakan untuk mentransformasikan isyarat dari domain waktu ke domain frekuensi yang dapat diaplikasikan pada data diskrit untuk menghasilkan keluaran dikrit. DWT dikatakan sebagai *Low Pass Filter* (LPF) dan *High Pass Filter* (HPF). Frekuensi rendah dan frekuensi tinggi dipisahkan dari sinyal asli dengan menggunakan transformasi dekomposisi, semakin rendah pendekatan sinyal frekuensi maka semakin tinggi sinyal frekuensi yang dihasilkan. Tahap ini menggunakan DWT per *frame* untuk mengambil nilai frekuensi data yang bertujuan untuk mengambil ciri pada input sinyal lagu. Lalu nilai DWT per *frame* akan mendeteksi kesamaan nada pada setiap *frame* yang ada.

2.8 Identifikasi

Setelah dilakukan ekstraksi ciri menggunakan DWT maka proses berlanjut pada identifikasi dengan menggunakan autokorelasi yang berfungsi untuk menentukan kesamaan jarak antara panjang pola yang sama. Setiap frame dari sinyal setelah melalui proses ekstraksi ciri kemudian dilakukan analisis autokorelasi untuk menentukan nilai tertinggi yang paling cocok

2.9 Akurasi dan Error

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan parameter akurasi dan error. Akurasi merupakan ukuran ketelitian sistem dalam memisahkan *reff* input lagu yang diberikan sehingga menghasilkan output yang benar. Akurasi sistem secara keseluruhan dapat ditulis sebagai berikut :

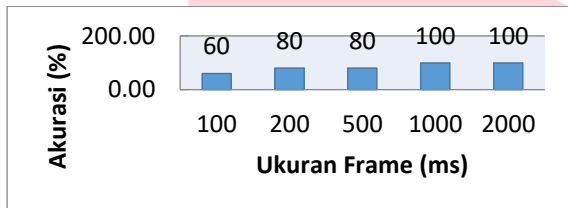
$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data benar}}{\text{Jumlah data keseluruhan}} \times 100 \%$$

Sedangkan error merupakan tingkat kesalahan sistem dalam memisahkan *reff* input lagu yang diberikan terhadap jumlah data lagu secara keseluruhan. Error secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{Error} = \frac{\text{Jumlah data salah}}{\text{Jumlah data keseluruhan}} \times 100 \%$$

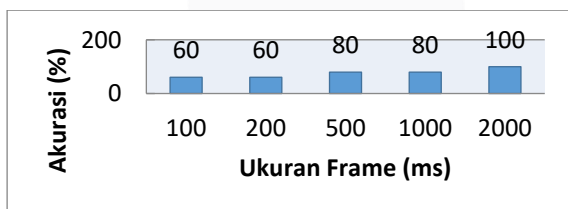
3. Pengujian Sistem dan Analisis

Dalam skenario ini dilakukan pengujian pengaruh ukuran frame pada proses ekstraksi ciri. Dalam pengujian digunakan data 25 lagu yang dikelompokkan menjadi 5 genre yaitu instrument, pop, jazz, dubstep, dan rock. Dari hasil pengujian, dilakukan analisis akurasi menggunakan rumus.



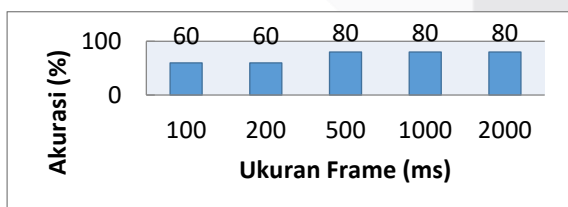
Gambar 3(a) Pengaruh Ukuran Frame Data Lagu Instrument

Dari gambar 3(a) didapat nilai ukuran frame window terbaik yaitu ukuran frame 2000 ms karena waktu komputasi pencari verse yang lebih baik dari 1000 ms. Semakin kecil ukuran frame window maka semakin lama waktu komputasi yang dilakukan dan semakin besar ukuran frame maka akan akurasi sistem akan semakin baik



Gambar 3(b) Pengaruh Ukuran Frame Data Lagu Dubstep

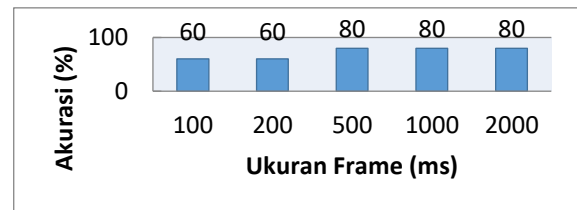
Dari gambar 3(b) didapat nilai ukuran frame window terbaik yaitu ukuran frame 2000 ms karena waktu komputasi pencari verse yang lebih baik dari 1000 ms. Semakin kecil ukuran frame maka semakin lama waktu komputasi yang dilakukan dan semakin besar ukuran frame maka akurasi sistem akan semakin baik



Gambar 3(c) Pengaruh Ukuran Frame Data Lagu Pop

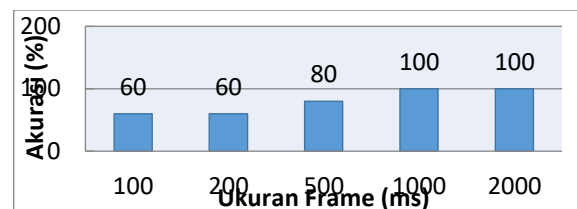
Dari gambar 3(c) didapat nilai ukuran frame window terbaik yaitu ukuran frame 2000 ms karena waktu

komputasi pencari verse yang lebih baik dari 1000 ms. Semakin kecil ukuran frame maka semakin lama waktu komputasi yang dilakukan dan semakin besar ukuran frame maka akurasi sistem akan semakin baik.



Gambar 3(d) Pengaruh Ukuran Frame Data Lagu Jazz

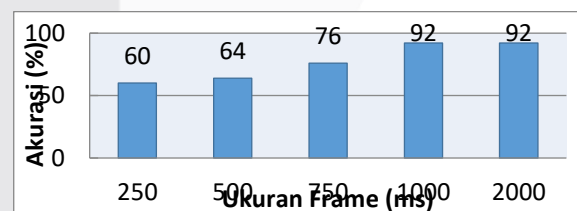
Dari gambar 3(d) didapat nilai ukuran frame window terbaik yaitu ukuran frame 2000 ms karena waktu komputasi pencari verse yang lebih baik dari 1000 ms. Semakin kecil ukuran frame maka semakin lama waktu komputasi yang dilakukan dan semakin besar ukuran frame maka akurasi sistem akan semakin baik.



Gambar 3(e) Pengaruh Ukuran Frame Data Lagu Rock

Dari gambar 4.5 didapat nilai ukuran frame window terbaik yaitu ukuran frame 2000 ms karena waktu komputasi pencari verse yang lebih baik dari 1000 ms. Semakin kecil ukuran frame maka semakin lama waktu komputasi yang dilakukan dan semakin besar ukuran frame maka akurasi sistem akan semakin baik

Pengujian untuk seluruh data lagu:



Gambar 3(f) Pengaruh Ukuran Frame keseluruhan Data Lagu

Dari gambar 4.11 didapat nilai ukuran frame yang baik untuk seluruh lagu yaitu 1000ms dan 2000ms. Dan ukuran frame yang terbaik yaitu ukuran frame 2000 ms karena waktu pemrosesan ekstraksi ciri dan waktu komputasi pencarian verse dan reff yang lebih baik dari 1000 ms. Hal ini disebabkan semakin besar

ukuran frame maka semakin banyak ciri yang dihasilkan sehingga akurasi semakin baik.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi, pengujian serta analisa yang dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem dapat mencari potongan verse dan reff lagu selanjutnya dengan syarat menentukan verse dan reff lagu pertama secara manual terlebih dahulu.
2. Pada pengujian menggunakan potongan verse dan reff pertama lagu bergenre Instrument yang ditentukan secara manual dan untuk menentukan verse dan reff lagu berikutnya dapat disimpulkan bahwa ukuran frame 2000 ms memiliki akurasi yang paling tinggi yaitu 100% dengan 5 lagu data yang di uji dan waktu komputasi paling baik
3. Pada pengujian menggunakan potongan verse dan reff pertama lagu bergenre Dubstep yang ditentukan secara manual dan untuk menentukan verse dan reff lagu berikutnya dapat disimpulkan bahwa ukuran frame 2000 ms memiliki akurasi yang paling tinggi yaitu 100% dengan 5 lagu data yang di uji dan waktu komputasi paling baik
4. Pada pengujian menggunakan potongan verse dan reff pertama lagu bergenre Pop yang ditentukan secara manual dan untuk menentukan verse dan reff lagu berikutnya dapat disimpulkan bahwa ukuran frame 2000 ms memiliki akurasi yang paling tinggi yaitu 80% dengan 5 lagu data yang di uji dan waktu komputasi paling baik
5. Pada pengujian menggunakan potongan verse dan reff pertama lagu bergenre Jazz yang ditentukan secara manual dan untuk menentukan verse dan reff lagu berikutnya dapat disimpulkan bahwa ukuran frame 2000 ms memiliki akurasi yang paling tinggi yaitu 80% dengan 5 lagu data yang di uji dan waktu komputasi paling baik
6. Pada pengujian menggunakan potongan verse dan reff pertama lagu bergenre Rock yang ditentukan secara manual dan untuk menentukan verse dan reff lagu berikutnya dapat disimpulkan bahwa ukuran frame 2000 ms memiliki akurasi yang paling tinggi yaitu 100% dengan 5 lagu data yang di uji dan waktu komputasi paling baik
7. Pada pengujian menggunakan potongan verse dan reff pertama keseluruhan lagu yang ditentukan secara manual dan untuk menentukan verse dan reff lagu berikutnya dapat disimpulkan bahwa ukuran frame 2000 ms memiliki akurasi yang paling tinggi

yaitu 92% dengan 255 lagu data yang di uji dan waktu komputasi paling baik

8. Semakin besar ukuran frame maka semakin cepat waktu komputasi sistem
9. Semakin besar ukuran frame maka semakin tinggi nilai akurasi sistem yang di hasilkan, dikarenakan semakin banyak ciri yang dihasilkan.

4.2 Saran

Saran yang dapat digunakan untuk perkembangan penelitian Tugas Akhir selanjutnya, yaitu:

1. Pengembangan metode ekstraksi ciri yang lain sehingga dapat meningkatkan waktu komputasi dan akurasi yang lebih baik
2. Penentuan bagian verse dan reff lagu bagian awal dapat ditentukan secara otomatis
3. Pengembangan terhadap lagu dengan genre yang berbeda

Daftar Pustaka

- [1] McLoughlin, Ian. 2009. *"Applied Speech and Audio Processing with Matlab"*. Singapore : Nanyang Technological University.
- [2] Tomo. (2017, March 3). *Mengenal Bagian-bagian dalam Lagu*. Diambil kembali dari JadiBerita.com: <http://jadiberita.com/58559/mengenal-bagian-bagian-dalam-lagu.html> diakses tanggal 1 Mei 2017
- [3] Rizka, Agatha. 2015. *"Analisis dan Simulasi Klasifikasi Judul Lagu dari Senandung Manusia Menggunakan Ekstraksi Ciri Fast Fourier Transform"*. Bandung : Universitas Telkom.
- [4] Firmansyah, A. 2007. *Dasar-Dasar Pemrograman Matlab*. IlmuKomputer.com.
- [5] <http://agfi.staff.ugm.ac.id/blog/index.php/2008/12/> diakses 29 November 2016.
- [6] S. Xiang dan J. Huang, "Histogram-Based Audio Watermarking Against Time-Scale Modification and Cropping Attacks," *IEEE Transaction On Multimedia*, pp. 1357-1372, 2007.
- [7] W. Zeng, "A Novel Audio Watermarking Algorithm based on Chrip Signal and Discrete Wavelet Transform," *Jiangxi Electric Power Research Institute, Nanchang, Jiangxi, China*.

[8] <https://tools.ietf.org/html/rfc3003> IETF. November 2000. Diakses tanggal 7 Mei 2017

[9] M. Lihua, "A New Algorithm for Digital Audio Watermarking Based on DWT," *Glob. Congr. Intell. Syst.*, pp. 1–5, 2009.

[10] Arifinto D., Sekartedjo, "Speech Disorder Analysis using Time-Varying Autoregressive," Proc. IEEE-MWSCAS 2004, pp.III191-III194, July 2004, Hiroshima, Japan.

[11] Tawakal, Iqbal. 2014. *Analisis Penggunaan Algoritma Genetika untuk Meningkatkan Performansi dari Aplikasi Ketepatan Lagu dari Senandung Manusia Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Back-Propagation*. Bandung: Universitas Telkom.

[12] Rabiner, L., Juang, B.H., 1993, *Fundamental of Speech Recognition*, Prentice-Hall Inc., New Jersey.

[13] Picone, J., 1996, *Fundamentals of Speech Recognition, A Short Course*, Institute for Signal and Information Processing Department of Electrical and Computer Engineering Mississippi State University, Mississippi.