

PENERAPAN ALGORITMA BACKPROPAGATION UNTUK KLASIFIKASI MUSIK DENGAN SOLO INSTRUMEN

Gunawan¹, Agus Djaja Gunawan², Stefanus Nico Soenardjo³

¹ Jurusan Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknik Surabaya
Jl. Ngagel Jaya Tengah 73-77, Surabaya 60284
Telp. (031)5027920, Faks. (031)5041509
E-mail: admin@hansmichael.com

² Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik Surabaya
Jl. Ngagel Jaya Tengah 73-77, Surabaya 60284
E-mail: dwaynecrawler@yahoo.com

³ Jurusan Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknik Surabaya
Jl. Ngagel Jaya Tengah 73-77, Surabaya 60284
Telp. (031)5027920, Faks. (031)5041509
E-mail: secretmenaa@yahoo.com

ABSTRAK

Pada makalah ini dikembangkan sebuah sistem yang melakukan klasifikasi terhadap file musik berdasarkan atas jenis alat musiknya. Batasan yang diberikan adalah musik menjadi inputan harus solo instrumen dan tanpa vokal. Jenis file yang menjadi inputan adalah file WAVE. Untuk proses pengenalan musik program ini dibagi dalam dua fase, yaitu fase ekstraksi fitur dan fase klasifikasi musik. Pada fase ekstraksi fitur, yang dilakukan adalah untuk mengambil ciri-ciri dari file musik. Ciri-ciri ini kemudian akan menjadi dasar untuk melakukan klasifikasi jenis alat musik. Dalam fase ini, terjadi tiga proses yaitu pengambilan sampel, FFT dan Spectral Analysis. Fase klasifikasi musik terdiri dari dua proses, yaitu proses pelatihan dan uji coba. Metode yang digunakan dalam fase klasifikasi musik ini adalah Backpropagation Neural Network. Yang menjadi input pada proses klasifikasi adalah ciri-ciri lagu yang telah didapatkan dari fase ekstraksi fitur. Output yang diharapkan dari fase klasifikasi adalah jenis alat musik dari file input.

Kata Kunci: solo instrumen, klasifikasi, backpropagation

1. PENDAHULUAN

Perkembangan musik dewasa ini sudah begitu pesat. Banyak sekali macam musik yang ada. Hal ini menyebabkan lagu yang ada menjadi sangat banyak. Untuk memudahkan proses penyimpanan, saat ini banyak yang disimpan dalam bentuk elektronik. Keadaan ini kadang kala menyebabkan proses pencarian terhadap sebuah lagu menjadi sulit. Kadang kala bahkan musik yang disimpan tidak diketahui judul. Salah satu solusi yang bisa digunakan untuk menangani masalah ini adalah dengan membuat suatu klasifikasi terhadap lagu tersebut berdasarkan atas kriteria tertentu sesuai dengan keperluan.

Klasifikasi yang dilakukan diharapkan dapat membantu proses pencarian terhadap suatu lagu tertentu. Proses klasifikasi musik dapat dilakukan berdasarkan kriteria-kriteria tertentu, misalnya nama artis, judul lagu, jenis lagu dan sebagainya. Salah satu kriteria yang digunakan adalah dengan berdasarkan jenis alat musik yang digunakan. Klasifikasi berdasarkan atas jenis alat musik yang digunakan lebih efektif bila digunakan untuk musik yang hanya menggunakan solo instrumen. Klasifikasi ini akan kurang efektif bila digunakan pada musik yang terdiri dari banyak instrumen.

2. PEMAHAMAN DISIPLIN TERKAIT

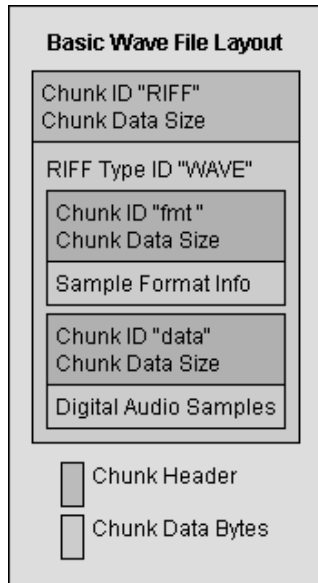
Terdapat empat teori yang mendukung makalah

ini. Berikut akan dijelaskan secara singkat mengenai File WAVE, FFT, Spectral Analysis dan Backpropagation Neural Network.

2.1 File Wave

File WAVE merupakan salah satu format data yang digunakan untuk menyimpan suara. Dengan menggunakan format tertentu maka suara baik berupa ucapan orang maupun bunyi yang dihasilkan dari alat musik dapat tersimpan, sehingga sewaktu-waktu dapat dijalankan kembali. Musik sendiri merupakan hasil karya seni dalam bentuk suara tersusun atas satuan waktu, perpaduan dari seseorang atau beberapa pemusik beserta dengan alat musiknya.

Metode penyimpanan file WAVE menggunakan sistem Pulse Code Manipulation (PCM) untuk mengkodekan suara dari bentuk analog menjadi bentuk digital. Dalam metode ini yang dilakukan adalah mengambil sampel dari sinyal analog yang diterima dalam selang waktu tertentu, kemudian sampel ini direpresentasikan dalam suatu nilai dalam bentuk digital (biasanya dalam bentuk biner). Hal ini dikenal dengan istilah sampel rate. Jadi, sampel rate adalah jumlah sampel yang diambil per detik dari sebuah sinyal yang continue untuk dijadikan sinyal yang diskrit. Satuan dari sampel rate adalah Hertz (Hz). Gambaran mengenai format file WAVE bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Format File WAVE

Sebuah file WAVE terdiri dari kelompok-kelompok data yang disebut *chunk* (Sapp, 2003). Dalam sebuah chunk terdapat bagian *header* dan data. File WAVE biasanya terdiri dari sebuah chunk yang mengandung dua sub-chunks.

2.2 Fast Fourier Transform

Transformasi fourier digunakan untuk mengubah fungsi atau sinyal dalam domain waktu ke domain frekuensi. Transformasi fourier dikemukakan oleh Joseph Fourier, seorang matematikawan Prancis, pada Tahun 1822. Pada awalnya penemuan ini dikenal dengan sebutan Transformasi Fourier (FT) (Rosdiana, 2006).

1. Urutan data (A_0) = $x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$
Interval N adalah $0, \dots, 7$. Nilai N adalah 8.
2. DFT dari A_0 adalah

$$X_1(k) = X_{11}(k) + W_N^k X_{12}(k)$$
 Nilai k dimulai dari 0 sampai $N-1$.
3. Data A_0 dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu data urutan genap dan data urutan ganjil, sehingga menjadi $A_1 (x_0, x_2, x_4, x_6)$ dan $A_2 (x_1, x_3, x_5, x_7)$.
4. DFT dari A_1 adalah

$$X_{11}(k) = X_{21}(k) + W_{N/2}^k X_{22}(k)$$
 DFT dari A_2 adalah

$$X_{12}(k) = X_{23}(k) + W_{N/2}^k X_{24}(k)$$
 Nilai k dimulai dari 0 sampai $N/2-1$ (3).
5. Data A_1 dibagi menjadi 2 kelompok lagi, yaitu data urutan genap dan data urutan ganjil, sehingga menjadi $A_3 (x_0, x_4)$ dan $A_4 (x_2, x_6)$.
6. DFT dari A_3 adalah

$$X_{21}(k) = x_0 + W_{N/4}^k x_4$$
 DFT dari A_4 adalah

$$X_{22}(k) = x_2 + W_{N/4}^k x_6$$

7. Data A_2 dibagi menjadi 2 kelompok lagi, yaitu data urutan genap dan data urutan ganjil, sehingga menjadi $A_5 (x_1, x_5)$ dan $A_6 (x_3, x_7)$.
8. DFT dari A_5 adalah

$$X_{23}(k) = x_1 + W_{N/4}^k x_5$$
 DFT dari A_6 adalah

$$X_{24}(k) = x_3 + W_{N/4}^k x_7,$$

Gambar 2. Algoritma Fast Fourier Transform

Untuk menghitung transformasi fourier, terdapat sebuah algoritma yang dapat menghitung dengan cepat yang dengan algoritma Fast Fourier Transform (FFT) (Gabel, 1996). Berikut ini pada Gambar 2 adalah algoritma FFT dengan contoh perhitungan dengan menggunakan 8 data.

2.3 Spectral Analysis

Seperti Spectral Analysis adalah sebuah metode/perangkat yang digunakan untuk meneliti beberapa hal seperti komposisi listrik, suara, atau sinar. Spectral Analysis itu dapat juga mengukur daya spektrum. Ada spectral analysis, yaitu analog dan digital spektrum:

- a. Analog, pada analisa digunakan sebuah alat untuk menangkap suara/frekuensi yang ada dan kemudian digambarkan dengan menggunakan alat yang dinamakan oscillator.
- b. Digital, analisa dilakukan untuk suara digital, dilakukan oleh computer dengan melakukan perhitungan discrete Fourier transform (DFT), yaitu proses yang melakukan perubahan dari gelombang dalam domain waktu menjadi domain frekuensi. Dari bentuk domain frekuensi ini bisa dilakukan untuk berbagai keperluan.

Dalam pembuatan program klasifikasi ini menggunakan beberapa digital spectral analysis, yaitu spectral centroid, spectral kurtosis, spectral slope, spectral spread dan spectral rolloff.

2.3.1 Spectral Centroid

Spectral centroid merupakan titik pusat dari spectrum (Madeley, 2007). Spectral centroid menunjukkan tingkat kejernihan suara. Spectral centroid dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1), persamaan (2) dan persamaan (3).

$$\mu = \int x.p(f)dx \tag{1}$$

Dimana untuk menghitung $p(f)$:

$$p(f) = \frac{A(f)}{\sum_f A(f)} \tag{2}$$

Dan untuk menghitung $A(f)$:

$$A(f) = |f[x(t)]| \tag{3}$$

Variabel x adalah merupakan frekuensi dari sampel yang diambil. Sedangkan variabel $p(f)$ merupakan probabilitas untuk mengamati f (Peeters, 2003).

2.3.2 Spectral Kurtosis

Spectral Kurtosis memberikan nilai flatness dari distribusi spectrum (Madeley, 2007). Dihitung pada iterasi keempat. Untuk menghitung spectral kurtosis bisa menggunakan persamaan (4) dan persamaan (5).

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

Dan nilai kurtosis :

$$\gamma_2 = \frac{m_4}{\sigma^4} \quad (5)$$

Nilai yang di dapat dari spectral kurtosis mempunyai indikasi sebagai berikut (Peeters, 2003):

- a. Spectral Kurtosis = 3, indikasi distribusi normal
- b. Spectral Kurtosis < 3, indikasi flatter normal
- c. Spectral Kurtosis = 3, indikasi peaker normal

2.3.3 Spectral Slope

Spectral Slope memberikan indikasi dari pengurangan amplitude (Madeley, 2007). Spectral slope dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6).

$$m = \frac{1}{\sum_k a(k)} \frac{N \sum_f f^2 \cdot A(f) - \sum_f f \cdot \sum_f A(f)}{N \sum_k f(k) - \left(\sum_k f(k) \right)^2} \quad (6)$$

Untuk menghitung $A(f)$ gunakan persamaan (3).

2.3.4 Spectral Spread

Spectral Spread mendefenisikan penyebaran dari spectrum. Spectral spread dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma^2 = \int (f - \mu)^2 \cdot p(f) dx \quad (7)$$

Untuk menghitung $p(f)$ bisa digunakan persamaan (2). Variabel μ dalam hal ini dalam hal ini adalah nilai dari spectral centroid yang bisa dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

2.3.5 Spectral Skewness

Memberikan ukuran dari distribusi asimetris dari nilai rata-rata spectrum (Madeley, 2007). Dihitung dengan persamaan spectral spread tapi pada iterasi ketiga. Untuk menghitung spectral skewness bisa digunakan persamaan (8) dan persamaan (9).

$$m_3 = \int (f - \mu)^3 \cdot p(f) dx \quad (8)$$

Dan kemudian untuk mendapatkan nilai skewness:

$$\gamma_1 = \frac{m_3}{\sigma^3} \quad (9)$$

Nilai yang didapat dari perhitungan spectral skewness mempunyai arti sebagai berikut:

- a. Spectral Skewness = 0, indikasi distribusi asymmetric
- b. Spectral Skewness > 0, indikasi distribusi terjadi pada bagian kanan
- c. Spectral Skewness < 0, indikasi distribusi terjadi pada bagian kiri

2.3.6 Spectral Rolloff

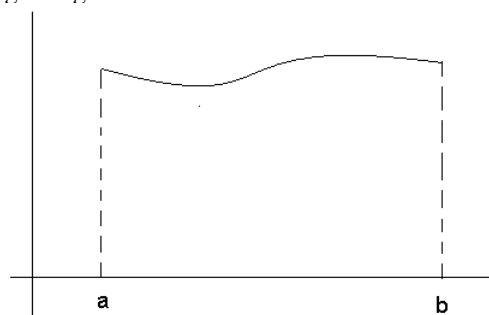
Spectral Rolloff merupakan frekwensi yang sinyal energinya di bawah 95% dari normal (Madeley, 2007). Spectral rolloff bisa dihitung dengan persamaan (10).

$$\sum_0^{f_c} A^2(f) = 0,95 \sum_0^{f_{ny}} A^2(f) \quad (10)$$

Untuk menghitung $A(f)$ gunakan persamaan

2.3.7 Sampel Data

Pada persamaan (1), persamaan (4), persamaan (7) dan persamaan (8) terdapat integral terbatas. Batasan yang digunakan dalam hal ini bisa diubah-ubah sesuai dengan keperluan. Dalam penentuan panjang sampel data ada hal yang harus diperhatikan, yaitu jangan sampai membebani waktu penghitungan.



Gambar 3. Contoh Grafik Sample Data

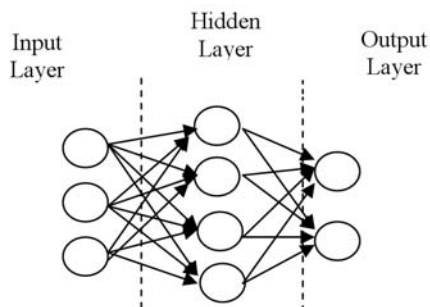
Bila sampel data digambarkan dalam bentuk grafik, bisa dilihat seperti pada Gambar 3. Maka, batas untuk integral adalah a dan b. Dalam makalah ini panjang batasan yang digunakan adalah 1-1024.

2.4 Backpropagation Neural Network

Neural Network Backpropagation merupakan sebuah jaringan neural network yang bersifat supervised (Setiawan, 2003), dimana diperlukan data training dalam prosesnya. Jaringan dalam Backpropagation bersifat multilayer. Jadi minimal terdapat sebuah input layer, hidden layer dan output layer.

Untuk melakukan klasifikasi digunakan neural network metode backpropagation. Dengan menggunakan hasil feature extraction, maka dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan proses klasifikasi. Pengetahuan yang dimiliki oleh algoritma backpropagation neural network didapatkan melalui hasil pelatihan yang dilakukan. Pengetahuan disimpan sebagai sebuah nilai yang biasanya disebut bobot. Nilai bobot inilah yang kemudian akan menjadi dasar untuk melakukan

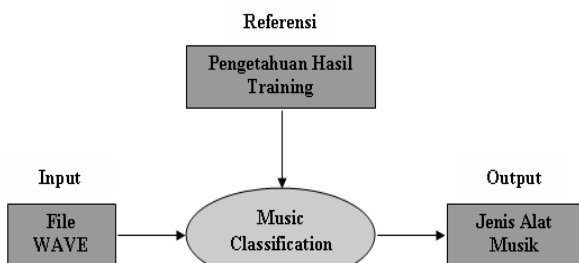
klasifikasi atas inputan yang diberikan. Struktur umum backpropagation bisa dilihat pada Gambar 4.



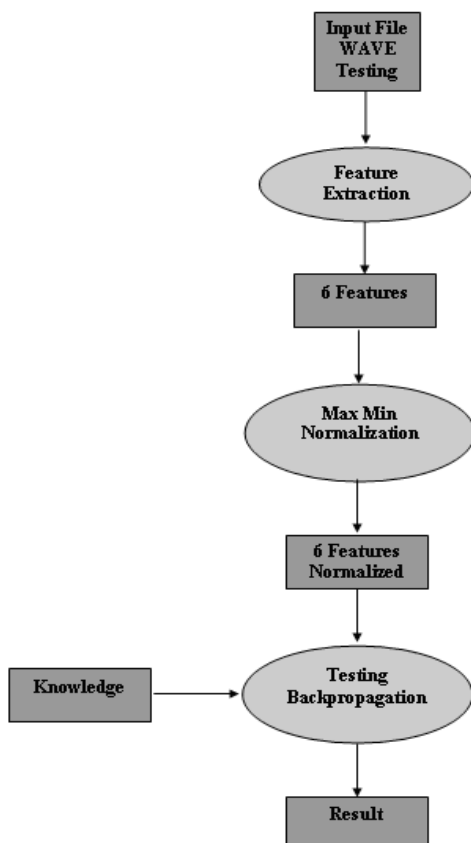
Gambar 4. Struktur Umum Backpropagation

3. ARSITEKTUR

Program ini memiliki 3 komponen utama, yaitu penerima input, sistem klasifikasi, dan output, seperti bisa dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alur Sistem

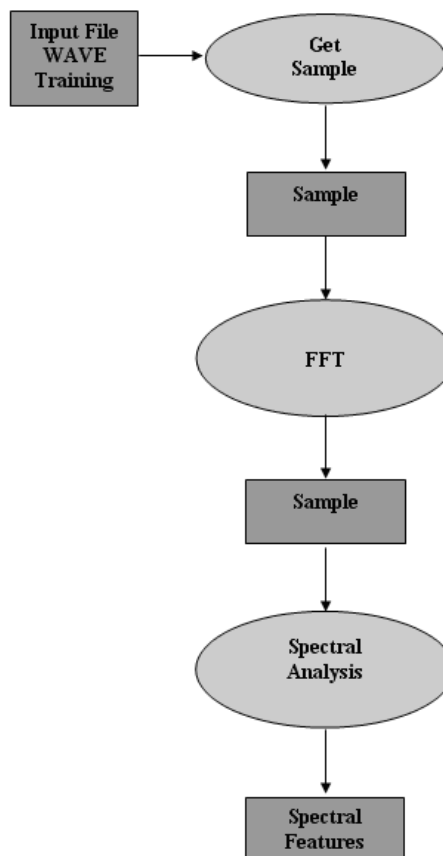


Gambar 6. Arsitektur Program

Program akan menerima inputan dari pengguna berupa file WAVE dan kemudian melakukan proses klasifikasi terhadap musik tersebut dan kemudian memberikan output berupa jenis alat musik yang digunakan dalam file WAVE yang diinputkan.

Gambaran lebih mendetail dari proses Music Classification pada Gambar 5 bisa dilihat pada Gambar 6 dimana dijabarkan menjadi tiga proses utama dalam program ini, yaitu proses feature extraction, MaxMin Normalization dan Backpropagation.

Proses feature extraction bertujuan untuk mendapatkan ciri-ciri dari file WAVE yang menjadi input dari program. Dengan ciri-ciri maka bisa dijadikan sebagai dasar dalam melakukan proses klasifikasi. Proses MaxMin Normalization bertujuan untuk menormalisasikan nilai yang didapat setelah proses feature extraction sehingga nilai menjadi di antara 1 dan -1.



Gambar 6. Proses Feature Extraction

Proses feature extraction terdiri dari tiga proses, yaitu pengambilan sampel, FFT dan Spectral analysis, seperti yang bisa dilihat pada Gambar 6. Pertama kali program akan menerima inputan berupa file WAVE. Pengambilan sampel dilakukan untuk mengambil sebagian data pada file WAVE. Proses FFT dilakukan pada data sampel untuk mengubah dari domain waktu menjadi domain

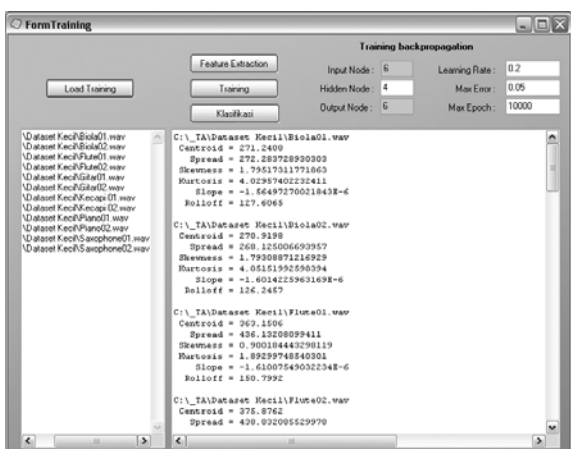
frekuensi. Setelah itu dilakukan proses spectral analysis untuk mendapatkan spectral feature yang menjadi dasar untuk dilakukannya klasifikasi.

Proses Backpropagation terdiri dari dua proses, yaitu proses untuk pelatihan dan ujicoba. Pada proses ujicoba maka metode ini “mempelajari” data yang diberikan dan mendapatkan pengetahuan, Kemudian pengetahuan ini digunakan untuk proses klasifikasi.

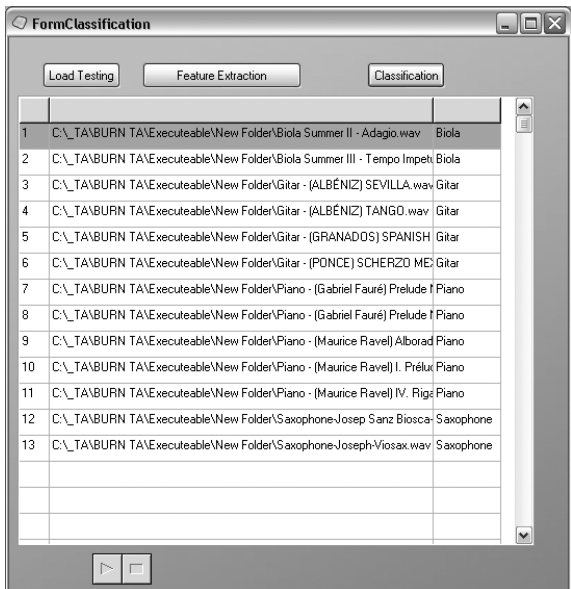
4. UJI COBA

Untuk keperluan ujicoba, digunakan komputer dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Intel Core 2Duo E7300, 2.66Ghz
2. Memory 2 GB
3. Harddisk 250 GB



Gambar 7. User Interface Form Pelatihan



Gambar 8. User Interface Form Pelatihan

Pada waktu program dijalankan, tidak ada program lain yang ikut dijalankan. Untuk mengembangkan software ini maka diperlukan user interface yang memadai untuk melakukan semua proses yang diperlukan. Ada dua proses besar yang

terjadi dalam program ini, yaitu proses pelatihan dan pengujian Backpropagation. Untuk form pelatihan bisa dilihat pada Gambar 7.

Untuk keperluan pengujian juga disediakan form tersendiri. Form pengujian bisa dilihat pada Gambar 8. Pada form pengujian disediakan fasilitas untuk menjalankan lagu.

Uji coba yang dilakukan pada beberapa sampel data dari inputan berupa file WAVE dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai-nilai yang terdapat pada Tabel 1 merupakan nilai yang merupakan ciri-ciri dari file musik yang menjadi inputan. Nilai-nilai tersebut sudah mengalami normalisasi, sehingga menjadi berkisar antara -1 dan 1.

Tabel 1. Contoh Hasil Feature Extraction 10 Buah File Setelah di Normalisasi

Centroid	Spread	Skewness	Kurtosis	Slope	Roll-off
-0,8941	-0,9556	0,9899	0,9749	-0,5678	-0,7963
-0,8984	-1,0000	0,9863	0,9920	-0,6072	-0,8940
-0,9172	-0,9700	1,0000	0,9649	-0,6595	-1,0000
-0,8960	-0,9882	0,9883	1,0000	-0,4644	-0,6906
-0,9133	-0,9703	0,9696	0,9497	-0,6079	-0,6953
0,2627	0,7472	-0,4866	-0,5797	-1,0000	0,8011
0,4865	0,8055	-0,5416	-0,6226	0,6787	0,9103
0,3715	0,7880	-0,4374	-0,5324	0,9311	0,9239
0,7549	0,8600	-0,7598	-0,8189	0,8402	0,9123
0,6316	0,7496	-0,6182	-0,6435	0,6592	0,6963

Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan lima jenis alat musik dengan masing-masing alat musik terdapat sepuluh lagu. Hasil dari ujicoba klasifikasi ternyata didapatkan kalau sistem berhasil melakukan klasifikasi untuk 42 file dari total 50 file yang di gunakan untuk ujicoba. Hasil dari ujicoba bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Coba

		Output				
		Biola	Flute	Gitar	Sax	Piano
Jenis Musik Asli	Biola	10	0	0	0	0
	Flute	0	7	0	3	0
	Gitar	2	0	8	0	0
	Sax	0	3	0	7	0
	Piano	0	0	0	0	10

Jadi tingkat akurasi sistem sekitar 84%. Kesalahan terjadi pada alat musik yang mirip, misalnya pada alat musik yang sama-sama dipetik. Hasil spectral analysis memberikan hasil yang mirip.

5. PENUTUP

Selama proses pembuatan software dan analisa yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan penting untuk makalah ini. Dari uji coba yang telah dilakukan, untuk proses pengenalan dari sebuah file WAVE, rata-rata memerlukan waktu sekitar 3 sampai dengan 7 detik. Dengan kondisi ini maka sangat menghemat waktu dari pada harus mendengarkan musik satu persatu.

Metode *Spectral Analysis* terbukti dapat digunakan untuk proses klasifikasi musik dengan solo instrumen. Dari metode ini didapatkan fitur-fitur (ciri-ciri) dari file musik yang menjadi dasar klasifikasi. Input untuk metode ini adalah sampel dari file WAVE yang telah mengalami proses FFT. Pengambilan sampel pada sebuah file WAVE dibatasi menjadi 500 sampel. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan untuk mempersingkat waktu yang diperlukan untuk proses pengambilan fitur dari file WAVE yang ada namun tidak mengorbankan tingkat akurasi program.

Untuk mencapai hasil klasifikasi yang optimal maka perlu dilakukan eksperimen pada penggunaan algoritma *Backpropagation Neural Network*. Eksperimen yang dilakukan pada pembuatan program tugas akhir ini adalah dengan mengubah jumlah node pada hidden layer pada arsitektur algoritma *backpropagation*. Jumlah node yang digunakan adalah 4.

Pada proses klasifikasi musik dengan jenis alat musik yang mirip, misalnya sama-sama dipetik, ada kecenderungan terjadi kegagalan dalam proses klasifikasi. Hal ini karena hasil ekstraksi fitur-fitur spektral memberikan hasil yang mirip. Kemiripan fitur disebabkan karena energi bunyi pada petikan lebih besar daripada energi bunyi saat sustain, sehingga yang dianalisa adalah spektrum petikannya, bukan spektrum sustainya.

Pada bagian pelatihan pada program disediakan inputan untuk konfigurasi parameter dalam algoritma *Backpropagation*. Dengan adanya parameter ini maka dapat dilakukan eksperimen untuk mendapatkan hasil klasifikasi yang optimal. Parameter yang tersedia adalah jumlah node pada *hidden layer*, *learning rate*, *error rate* dan jumlah *epoch*.

Penggunaan komponen TWAVE sangat membantu dalam pembuatan tugas akhir ini. Komponen TWAVE mempunyai *property*, *function* dan *procedure* yang sangat membantu dalam proses manipulasi file WAVE.

PUSTAKA

- Gabel, Robert A. (1996). *Signals and Linear Systems (Sinyal dan Sistem Linear)*. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Madeley, Davyd. (2007). *Automatic Computer Classification of Solo Musical Instruments*. <http://www.davyd.id.au:80/articles/thesis.pdf>.
- Peeters, G. (2004) *A large set of audio features for sound description (similarity and classification) in the cuidado project*. http://www.ircam.fr/anasyn/peeters/ARTICLES/Peeters_2003_cuidadoaudiofeatures.pdf
- Rosdiana, Rina. (2006). *Visualisasi Aproksimasi Fungsi menggunakan deret Fourier dan Deret WAVELET*.

- <http://www.scribd.com/doc/6691912/AproksimasiFungsi>
- Sapp, Craig. (2003) *The Canonical WAVE File Format*. <http://ccrma.stanford.edu/CCRMA/Courses/422/projects/WaveFormat/>
- Setiawan, Kuswara, (2003). *Paradigma Sistem Cerdas*. Surabaya: Bayumedia. 2003.