

IDENTIFIKASI CIRI MUSIK DENGAN MENGUNAKAN MEL – FREKUENSI CEPSTRAL COEFFICIENT (MFCC)

Ahmad Rozaq^{#1}, Bima Sena Bayu Dewantara, S.ST^{#2}, Ardik Wijayanto, ST.MT^{#3}

[#]*Jurusan Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Kampus PENS ITS Sukolilo, Surabaya*

¹r_024_q@yahoo.com

²bima@eepis-its.edu

³ardik@eepis-its.edu

Abstrak-- Kontes Robot Seni Indonesia (KRSI) adalah divisi baru dalam rangkaian pelaksanaan Kontes Robot Indonesia. Agar robot dapat mengerjakan tugas dengan baik pada kontes tersebut, maka diperlukan adanya suatu sistem yang dapat mengenali ciri khusus dari musik yang dimainkan untuk mengiringi robot menari.

Untuk mengenali ciri khusus dari musik pengiring, dalam proyek akhir ini dibuat sistem identifikasi ciri musik dengan menggunakan *mel-frequency cepstral coefficients* (MFCCs). DSK TMS320c6713 digunakan sebagai pengolah sinyal suara. Sinyal suara diproses dengan *filter bank* kemudian *synthesis signal* untuk mendapatkan gabungan frekuensi yang diisolasi. Sinyal diproses lebih lanjut dengan *Framing Windowing* kemudian MFCCs (FFT, Log, IFFT, Lifter, cepstrum FFT). Hasil dari MFCCs dinormalisasi sebagai input jaringan syaraf tiruan (JST), keluaran JST digunakan untuk memberi keputusan dalam pemanggilan memori gerak tari pada mikrokontroler.

Berdasarkan hasil pengujian, robot atau mesin dapat dijalankan dengan suara musik. Gerak robot berdasarkan pola koefisien MFCC. Pola koefisien MFCC yang bisa digunakan untuk *learning* JST, dengan error yang *konvergen* ada 12%. Pola-pola koefisien MFCC yang tidak diajarkan masih dapat dikenali oleh JST, hal ini menunjukkan adanya pola yang sama dengan pola yang digunakan untuk pembelajaran. Kesesuaian gerakan tari dengan musik sebesar 37%, hal tersebut menunjukkan kesesuaian gerakan sangat kurang.

Kata kunci : sinyal, filter bank, frekuensi, mikrokontroler, JST, koefisien, MFCC.

I. PENDAHULUAN

. Pelaksanaan kontes robot yang telah berlangsung setiap tahun selama lebih dari satu decade di bumi pertiwi, telah melahirkan insan-insan pemikir dan pembuat robot yang

berkemampuan tinggi. Kontes robot Indonesia (KRI) dan Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) merupakan ajang kompetisi kemampuan masing-masing perguruan tinggi untuk menunjukkan kepiawaian mahasiswa nya dalam merancang dan membuat serta memprogramkan robot-robot ciptaan nya dalam kompetisi tersebut. Selama ini robot-robot yang dibuat hanya mengikuti segi teknis dari tema dan aturan pertandingan dengan tujuan untuk memenangkan pertandingan, sehingga kurang dan bahkan tidak memperhatikan segi keindahan dari robot rancangannya. Sedangkan robot sebagai suatu produk teknologi canggih, juga seharusnya memperhatikan segi keindahan dan kemanusiaan sehingga pada penerapan di industri dapat bekerja sama dengan lingkungan pekerja.

Kontes Robot Seni Indonesia (KRSI) merupakan suatu ajang kompetisi perancangan dan pembuatan robot yang disertai dengan unsur-unsur seni dan budaya bangsa yang telah terkenal di bumi pertiwi. Kontes Robot Seni Indonesia adalah divisi baru dalam rangkaian pelaksanaan Kontes Robot Indonesia. Divisi ini dibentuk untuk berlomba pada rangkaian pelaksanaan Kontes Robot Indonesia tahun 2009. Tema yang diangkat pada kontes tahun 2009 adalah “Robot Penari Jaipong”. Tujuan dari kontes robot ini adalah untuk menumbuh kembangkan kreatifitas dan minat para mahasiswa dalam teknologi maju, khususnya teknologi robotika yang selain diperuntukkan bagi industri juga diharapkan dapat membantu kegiatan manusia sehari-hari dan juga meningkatkan kepekaan mahasiswa terhadap seni budaya bangsa.

Setiap robot dituntut untuk mampu menari mengikuti musik yang dimainkan, selain mampu mengikuti musik gerakan robot juga harus harmonis dengan musik pengiring. Saat lagu diberhentikan maka robot juga harus berhenti. Agar robot dapat bekerja dengan baik, maka diperlukan adanya suatu sistem yang

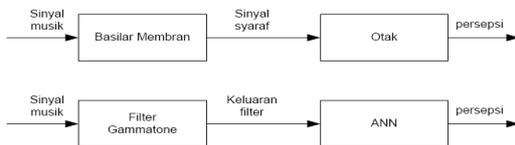
dapat mengenali ciri khusus dari musik yang dimainkan untuk mengiringi robot menari.

Pada proyek akhir ini, akan dibuat suatu sistem identifikasi ciri dari musik pegiring robot penari jaipong. Musik yang digunakan pada proyek akhir ini adalah musik yang dimainkan untuk mengiringi robot menari pada kontes robot seni indonesia 2009.

Musik pengiring yang digunakan pada kontes robot seni indonesia 2009 adalah musik yang berformat WAV, digunakan format ini dengan tujuan agar dapat diolah secara teknik. Musik pengiring ini memiliki suatu kekhususan tersendiri yang dapat diambil untuk diolah, kekhususan itu dapat dilihat pada frekuensi – frekuensi pembangunnya. Untuk mengolah musik ini bisa memanfaatkan kekhususan ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

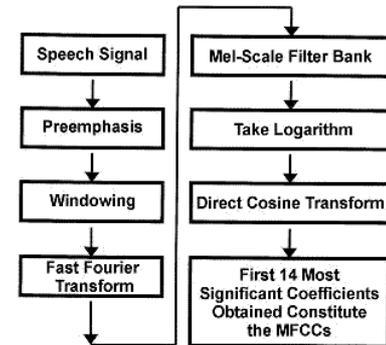
Pada saat dimainkan (ulang), sinyal musik memiliki wujud fisik berupa gelombang, yang merupakan hasil superposisi gelombang-gelombang dari sejumlah sumber bunyi musik. Walaupun proses superposisi ini membentuk satu gelombang baru, namun pada dasarnya karakteristik gelombang-gelombang pembangunnya tidak hilang. Fakta menunjukkan bahwa sistem auditori manusia (sistem pendengaran, yang terdiri atas telinga dan otak) dapat melakukan "penguraian" terhadap gelombang superposisi ini, sehingga pada manusia dapat terbentuk persepsi mengenai detil bunyi dari setiap instrumen, yang jika ditambah dengan pengetahuan bisa digunakan untuk melakukan transkripsi (penulisan not) musik, termasuk juga identifikasi *chord*. Jika proses serupa akan diimplementasikan ke dalam komputer, diperlukan sejumlah proses dan algoritma, terutama pada tahap analisis frekuensi terhadap gelombang-gelombang harmonik, yang telah melebur menjadi satu sebagai akibat fenomena superposisi. Penelitian awal di bidang *music recognition* ini dibatasi oleh beberapa hal, yaitu jumlah instrumen maksimal empat buah (piano, flute, gitar, string), jumlah oktaf maksimal dua, jumlah bunyi simultan maksimal empat, dan sinyal musik yang diolah bersifat *mono*. Pada penelitian juga digunakan hanya potongan lagu, yang terdiri atas beberapa bar. Disamping itu, proses tidak dilakukan secara *realtime*. Gambar 1 di bawah ini menunjukkan pendekatan yang dilakukan dalam penelitian ini.[1]



Gambar 1. Pendekatan penelitian[1]

MFCC merupakan suatu penyajian audio yang didasarkan pada persepsi. MFCC dibangun dari fast

fourier transform atau discrete cosine transform dari sebuah potongan audio. Perbedaan mendasar antara FFT / DCT dengan MFCC adalah bahwa MFCC, rentang frekuensi yang diposisikan logaritmis (pada skala mel) yang mendekati sistem pendengaran manusia, responnya lebih dekat daripada band frekuensi linear FFT atau DCT. Ini memungkinkan untuk pemrosesan data yang lebih baik, misalnya, dalam kompresi audio. Tujuan utama dari MFCC prosesor adalah untuk meniru karakteristik telinga manusia[2].

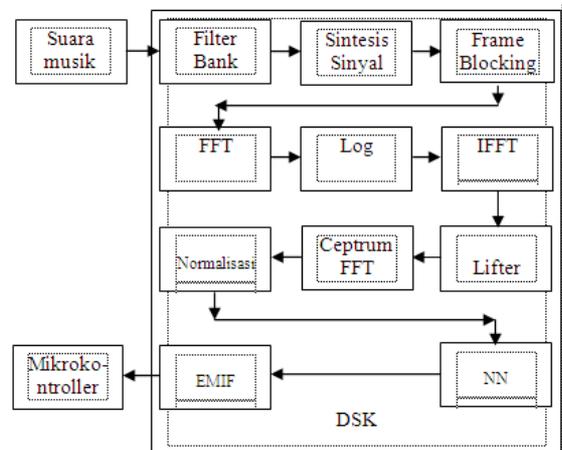


Gambar 2. Blok diagram MFCC [2]

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Blok Diagram Sistem

Sebelum merancang dan membuat perangkat keras pada proyek akhir ini, yang harus dipahami terlebih dulu adalah susunan atau blok diagram dari sistem itu sendiri. Blok diagram dari sistem yang dibuat pada proyek akhir ini ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3. Blok bagian sistem keseluruhan

B. Perencanaan dan Pembuatan Perangkat Keras

1. Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega 32

Pada Mikrokontroler inilah semua gerakan robot didesain. Mikrokontroler hanya digunakan untuk menggerakkan servo yang ada pada robot. Untuk komunikasi data DSKc6713 dengan mikrokontroler menggunakan pin-pin pada port_A (PORTA.0-PORTA.7), untuk menghubungkan servo dengan

mikrokontroler digunakan port_B (PORTB.0-PORTB.7), port_C (PORTC.0-PORTC.7), dan juga port_D (PORTD.0-PORTD.3).

2. Komunikasi Data mikrokontroler dengan DSK c6713

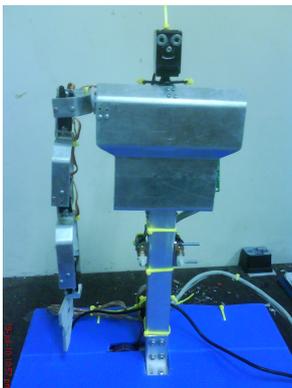
Komunikasi data antara DSKc6713 dengan mikrokontroler menggunakan salah satu port keluaran dari DSKc6713, konfigurasi yang digunakan adalah seperti table berikut.

PIN_EMIF	PIN_AVR	EMIF_SGNAL
70	PORTX.1	DATA_0
69	PORTX.2	DATA_1
68	PORTX.3	DATA_2
67	PORTX.4	DATA_3
66	PORTX.5	DATA_4
65	PORTX.6	DATA_5
64	PORTX.7	DATA_6
63	PORTX.8	DATA_7

Tabel 1 konfigurasi pin EMIF dengan pin mikrokontroler

3. Mekanik

Mekanik yang digunakan pada tugas akhir ini berupa robot yang dengan bentuk humanoid robot. Penggerak yang digunakan berupa motor servo, untuk lengan menggunakan empat motor servo untuk tiap lengannya dan untuk kaki menggunakan lima motor servo untuk tiap kakinya.



Gambar 4 Mekanik robot

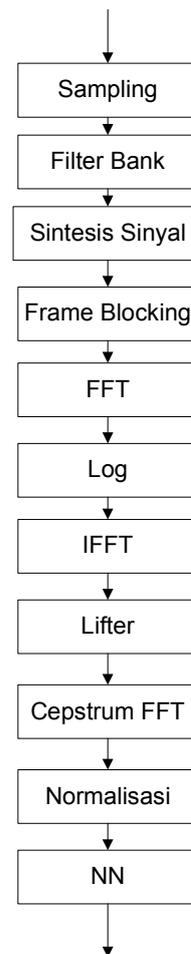
C. Perencanaan dan Pembuatan Perangkat Lunak

Pada perancangan dan pembuatan perangkat lunak yang meliputi perancangan

1. sampling
2. Filter bank
3. Sintesis Sinyal
4. Frame Blocking
5. FFT
6. Log
7. IFFT
8. Lifter
9. Cepstrum FFT
10. Normalisasi

11. Jaringan saraf tiruan

Adapun blok diagram perancangan software adalah sebagai berikut



Gambar 5 Blok diagram perancangan software

1. Sampling

Berdasarkan pada teori sampling Nyquist, maka syarat dari frekuensi sampling adalah minimal dua kali frekuensi sinyal.

$$F_{sampling} \geq 2 \times F_{signal}$$

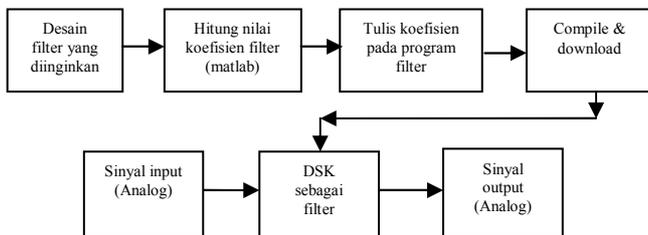
Keterangan : $F_{signal} = F_{inmax}$

Lagu Bubuy Bulan disampling dengan frekuensi sampling (F_s) sebesar 8000 Hz, alasan memakai frekuensi sampling 8000 Hz yaitu frekuensi maksimal yang digunakan kurang dari 1500 Hz. Dengan frekuensi sampling 8000 Hz maka dalam 1 detik sinyal, memiliki 8000 titik sampling. Sinyal lagu Bubuy Bulan sepanjang 176 detik disampling dengan frekuensi sampling 8000 Hz sehingga memiliki titik sampling 176 detik x 8000 titik = 1.408.000 titik sampling.

2. Filter bank

Langkah pertama yang dilakukan untuk mendesain filter bank adalah dengan menentukan frekuensi puncak dari setiap band pass filter yang akan

digunakan dengan cara mengamati sinyal lagu dengan menggunakan program wavesurver. Setelah ditentukannya frekuensi yang digunakan sebagai frekuensi puncak dari band pass, maka langkah selanjutnya adalah mendisain filter pada program Matlab untuk mendapatkan koefisien dari filter tersebut. Koefisien yang didapat selanjutnya digunakan sebagai koefisien filter pada DSKC6713. Filter digital yang digunakan adalah FIR dengan alasan FIR lebih sederhana bila dibanding dengan IIR.

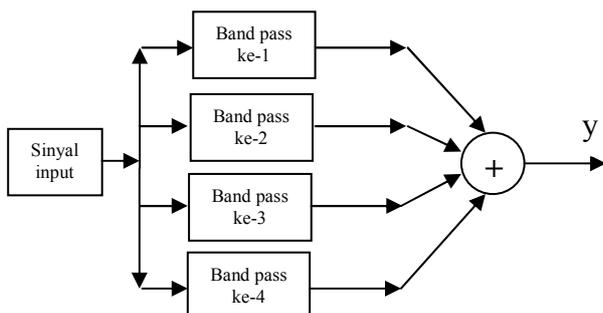


Gambar 6 Alur implementasi filter

3. Sintesis Sinyal

Berikut adalah rancangan untuk sintesis sinyal :

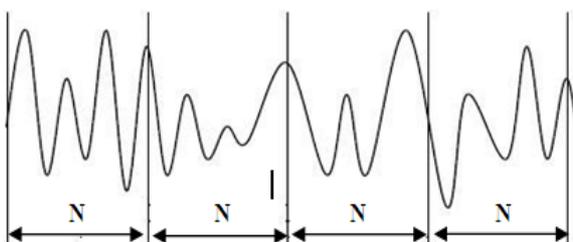
$$y = \sum_{n=0}^N x_1(n) + x_2(n) + x_3(n)$$



Gambar 7 Blok diagram sintesis sinyal

4. Frame Blocking

Sinyal dalam domain waktu bersifat variant time, yaitu suatu fungsi yang bergantung waktu. Sinyal kemudian dibagi menjadi n buah frame, dengan jumlah sampel per frame sebesar N. Pada frame pertama, terdiri dari N buah sampel. Frame kedua juga terdiri dari N buah sampel, sehingga sinyal habis.



Gambar 8 Blok Frame blocking

5. FFT 256

6. Log Sinyal 256

7. IFFT 256

8. Lifter 16

9. Cepstrum FFT 16

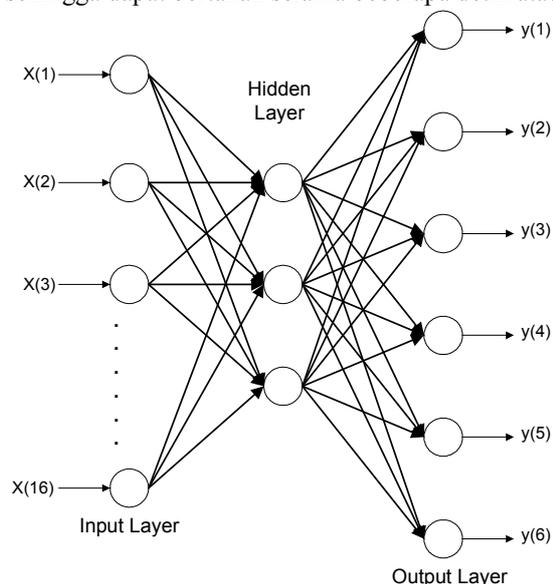
10. Normalisasi 16

11. Jaringan saraf tiruan

Desain struktur JST yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- ❖ Jumlah layer = 3 (input, hidden dan output)
- ❖ Jumlah node input = 16 (Hasil cepstrum FFT)
- ❖ Jumlah node hidden = 3 – 10
- ❖ Jumlah node output = 6 (6 kombinasi gerakan selama durasi lagu)
- ❖ Learning rate = 0.25
- ❖ Kriteria pemberhentian : toleransi error/iterasi
- ❖ Jumlah pola = 5.867

Target yang akan diberikan untuk dipelajari oleh JST adalah berdasarkan pada penentuan secara manual dengan cara mendengarkan lagu kemudian memikirkan pola gerakan yang kira-kira sesuai untuk dibuat gerakan tarinya. Gerakan-gerakan ini dibuat sedemikian rupa sehingga dapat bertahan selama beberapa detik atau menit



Gambar 9 Struktur JST

IV PENGUJIAN SISTEM

A. Pengujian filter bank

Pengujian filter pada filter bank ini menggunakan masukan sinyal dari function generator melalui kabel, dengan besar tegangan input 100 mVpp. Pengujian dilakukan terhadap semua filter yang telah didesain dengan orde yang berbeda-beda untuk masing-masing filter. Adapun orde filter yang diujikan adalah orde 70, orde 73, orde 75, orde 80, orde 100.

Berikut ini adalah table nilai puncak dari band pass filter dengan frekuensi center pada 1050 Hz

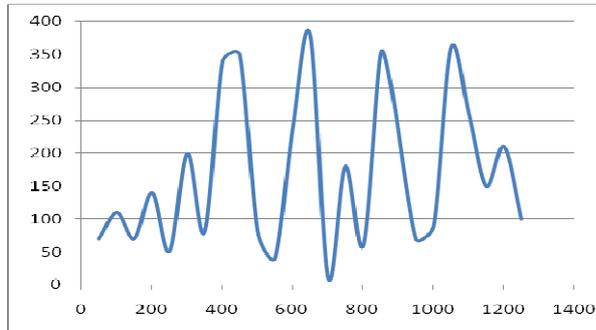
Tabel 1 Tabel posisi puncak band pass 450Hz

Frekuensi center 450 Hz			
No	Orde	Puncak pada frekuensi	Nilai puncak (mV)
1	70	450	300
2	73	450	300
3	75	400	300
4	80	400	300
5	100	300	310

B. Pengujian Sintesis Sinyal

Pengujian sintesis sinyal ini menggunakan masukan sinyal dari function generator melalui kabel, dengan besar tegangan input 100 mVpp. Pengujian dilakukan terhadap semua filter yang telah didesain dengan orde filter yang diujikan adalah orde 73.

Hasil pengujian untuk orde 73 ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Respon sintesis orde 73

Berikut ini adalah table nilai puncak dari band pass filter bank dengan orde 73

Table 2 Tabel posisi puncak filter bank orde 73

Orde 73			
No	Bandpass ke-1	Puncak pada frekuensi	Nilai puncak (mV)
1	I	450	350
2	II	650	380
3	III	850	350
4	IV	1050	360

C. Pengujian Frame Blocking

Pengujian pada frame blocking tidak dilakukan untuk semua frame yang ada. Pengujian dilakukan untuk beberapa frame tertentu sesuai dengan perhitungan berikut :

- o Frekuensi sampling yang digunakan 8000 Hz (dalam 1 s terdapat 8000 titik).

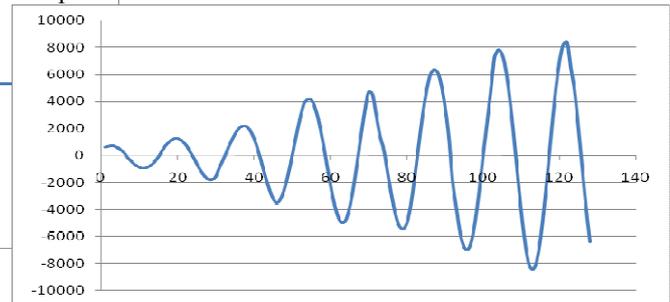
- o Panjang lagu total (lagu dilakukan pengulangan 2.5 kali) adalah 176 s.
- o Panjang satu lagu adalah $176 \text{ s} / 2.5 = 70 \text{ s}$ (banyak titik dalam satu lagu $70 \times 8000 = 560000$).
- o Panjang frame yang digunakan 30 ms (banyak titik $30 \times 8000 = 240$ titik).
- o Banyak frame dalam satu lagu $560000 / 240 = 2333$.
- o Jumlah gerakan yang didesain ada 6 gerakan.
- o Perubahan gerakan terjadi tiap $2333 / 6 = 389$ frame .

Dari perhitungan diatas maka pengujian frame diambil setiap 389 frame.

Hasil dari proses frame blocking dikirimkan pada pc dengan menggunakan fasilitas RTDX DSK320c6713 dengan matlab pada, dan ditulis pada text file. Data yang dituliskan pada text file hanya berjumlah 128 titik, hal ini dikarenakan buffer penerima terbatas.

Pengujian frame blocking ini menggunakan masukan sinyal dari function generator melalui kabel, dengan besar tegangan input 100 mVpp. Pengujian frame blocking ini dilakukan dengan mengambil frame setiap kelipatan 389 frame. Frame yang diuji yaitu frame 389, 779, 1167, 1556, 1945, 2334. Pada pengujian ini frekuensi input yang diujikan yaitu pada frekuensi 450Hz yang merupakan puncak dari salah satu filter bank.

Hasil pengujian untuk frame 389 ditunjukkan pada Gambar 4.35.



Gambar 11 Respon frame 389

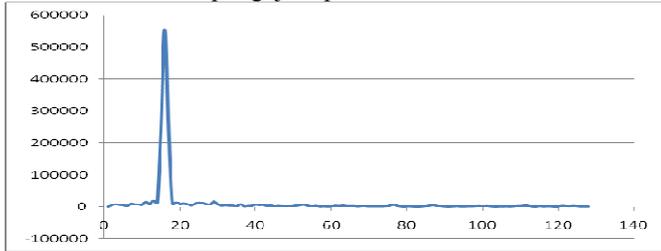
D. Pengujian FFT

Pengujian FFT ini dilakukan dengan memberikan input sinyal dari function generator, dari frekuensi rendah hingga frekuensi diatas frekuensi puncak dari band pass tertinggi. Pada tiap-tiap band filter dilakukan lima pengujian, yaitu dua titik sebelum puncak band filter, pada puncak band, dan dua titik setelah puncak band filter.

Data hasil pengujian yang dilakukan dengan dikirimkan pada komputer untuk dilakuka plotting dengan menggunakan matlab, untuk mengetahui apakah proses FFT sesuai dengan yang direncanakan. Proses pengiriman data tersebut dilakukan dengan menggunakan RTDX (real time data transfer). Di matlab data yang telah diterima kemudian dituliskan pada txt file, data yang dituliskan berjumlah 128 titik hal ini dikarenakan keterbatasan buffer penerima.

Berikut adalah pengujian FFT pada band pass filter dengan puncak band 450Hz. pengujian ini dilakukan pada lima frekuensi yaitu 350 Hz, 450 Hz, 550Hz.

Hasil pengujian pada frekuensi 450Hz



Gambar 12 Respon FFT frekuensi input 450Hz

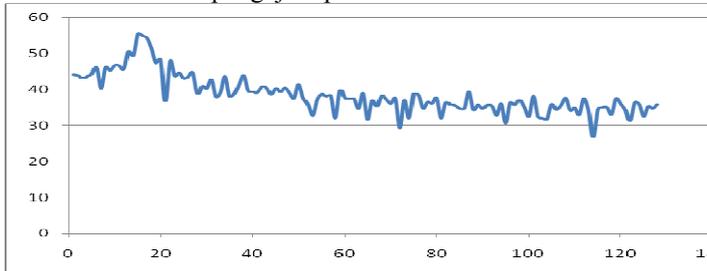
E. Pengujian Log sinyal

Pengujian log sinyal ini dilakukan dengan memberikan input sinyal dari function generator, dari frekuensi rendah hingga frekuensi diatas frekuensi puncak dari band pass tertinggi. Pada tiap-tiap band filter dilakukan lima pengujian, yaitu titik sebelum puncak band filter, pada puncak band.

Data hasil pengujian yang dilakukan dengan dikirimkan pada komputer untuk dilakuka plotting dengan menggunakan matlab, untuk mengetahui apakah proses log sinyal sesuai dengan yang direncanakan. Proses pengiriman data tersebut dilakukan dengan menggunakan RTDX (real time data transfer). Di matlab data yang telah diterima kemudian dituliskan pada txt file, data yang dituliskan berjumlah 128 titik hal ini dikarenakan keterbatasan buffer penerima.

Berikut adalah log sinyal pada band pass filter dengan puncak band 450Hz. pengujian ini dilakukan pada lima frekuensi yaitu 350 Hz, 450 Hz, 550Hz.

Hasil pengujian pada frekuensi 450Hz



Gambar 13 Respon log sinyal input 450Hz

F. Pengujian IFFT

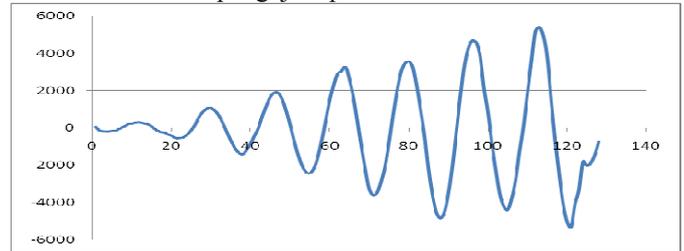
Pengujian IFFT ini dilakukan dengan memberikan input sinyal dari function generator, dari frekuensi rendah hingga frekuensi diatas frekuensi puncak dari band pass tertinggi. Pada tiap-tiap band filter dilakukan lima pengujian, yaitu titik sebelum puncak band filter, pada puncak band.

Data hasil pengujian yang dilakukan dengan dikirimkan pada komputer untuk dilakuka plotting dengan menggunakan matlab, untuk mengetahui apakah proses IFFT sesuai dengan yang direncanakan. Proses pengiriman data tersebut dilakukan dengan menggunakan RTDX (real time data transfer). Di matlab data yang telah diterima kemudian dituliskan pada txt file, data yang

dituliskan berjumlah 128 titik hal ini dikarenakan keterbatasan buffer penerima.

Berikut adalah pengujian IFFT pada band pass filter dengan puncak band 450Hz. pengujian ini dilakukan pada lima frekuensi yaitu 350 Hz, 450 Hz, 550Hz.

Hasil pengujian pada frekuensi 450Hz



Gambar 14 Respon IFFT frekuensi input 450Hz

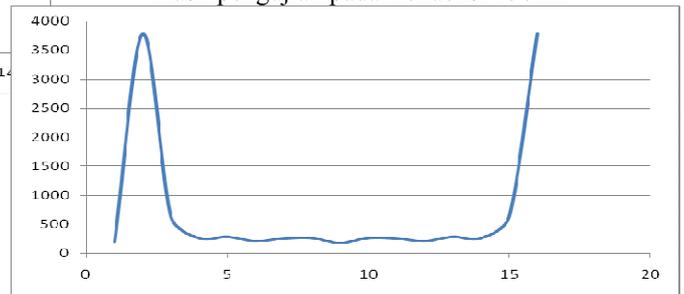
G. Pengujian Cepstrum FFT

Pengujian cepstrum FFT ini dilakukan dengan memberikan input sinyal dari function generator, dari frekuensi rendah hingga frekuensi diatas frekuensi puncak dari band pass tertinggi. Pada tiap-tiap band filter dilakukan lima pengujian, yaitu dua titik sebelum puncak band filter, pada puncak band, dan dua titik setelah puncak band filter.

Data hasil pengujian yang dilakukan dengan dikirimkan pada komputer untuk dilakuka plotting dengan menggunakan matlab, untuk mengetahui apakah proses cepstrum FFT sesuai dengan yang direncanakan. Proses pengiriman data tersebut dilakukan dengan menggunakan RTDX (real time data transfer). Di matlab data yang telah diterima kemudian dituliskan pada txt file, data yang dituliskan berjumlah 128 titik hal ini dikarenakan keterbatasan buffer penerima.

Berikut adalah pengujian cepstrum FFT pada band pass filter dengan puncak band 450Hz. pengujian ini dilakukan pada lima frekuensi yaitu 350 Hz, 450 Hz, 550Hz.

Hasil pengujian pada frekuensi 450Hz



Gambar 15. Respon cepstrum FFT frekuensi input 450Hz

H. Pengujian Normalisasi

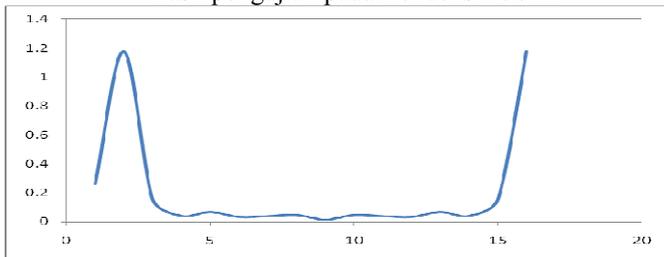
Pengujian normalisasi ini dilakukan dengan memberikan input sinyal dari function generator, dari frekuensi rendah hingga frekuensi diatas frekuensi puncak dari band pass tertinggi. Pada tiap-tiap band filter dilakukan lima pengujian, yaitu dua titik sebelum puncak

band filter, pada puncak band, dan dua titik setelah puncak band filter.

Data hasil pengujian yang dilakukan dengan dikirimkan pada komputer untuk dilakuka plotting dengan menggunakan matlab, untuk mengetahui apakah proses normalisasi sesuai dengan yang direncanakan. Proses pengiriman data tersebut dilakukan dengan menggunakan RTDX (real time data transfer). Di matlab data yang telah diterima kemudian dituliskan pada txt file, data yang dituliskan berjumlah 128 titik hal ini dikarenakan keterbatasan buffer penerima.

Berikut adalah pengujian normalisasi pada band pass filter dengan puncak band 450Hz. pengujian ini dilakukan pada lima frekuensi yaitu 350 Hz, 450 Hz, 550Hz.

Hasil pengujian pada frekuensi 450Hz



Gambar 16 Respon normalisasi frekuensi input 450Hz

I. PENGUJIAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Sebelum dilakukan pengujian pada jaringan saraf tiruan (JST), terlebih dahulu dilakukan pembelajaran agar jaringan syaraf tiruan dapat mengenali pola masukan yang diberikan sehingga dapat memberikan hasil sesuai yang direncanakan. Proses pembelajaran dari jaringan syaraf tiruan yang digunakan pada proyek akhir ini dilakukan secara *offline*, yaitu dilakukan pada program yang dijalankan pada perangkat komputer.

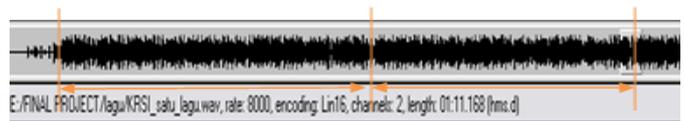
Dari proses pembelajaran yang dilakukan secara *offline*, didapatkan bobot dan bias yang telah dilakukan *update* atau pembaharuan dari bobot dan bias awal yang diberikan secara acak. Bobot dan bias yang didapat digunakan sebagai bobot dan bias pada jaringan syaraf tiruan pada DSKc 6713 yang hanya menggunakan *feed forward* dan hasilnya digunakan untuk memberikan instruksi pada mikrokontroller untuk menjalankan suatu gerak yang telah dirancang dan disimpan pada memori mikrokontroller.

Metode pembelajaran jaringan syaraf tiruan dilakukan dengan memberikan pola *input* yang didapat dari hasil *normalisasi* sinyal lagu Bubuy Bulan yang mana data *input* tersebut dapat disebut sebagai koefisien dari MFCC. Koefisien yang didapat dibagi dalam beberapa pola dengan panjang satu pola 30 ms. Dari lagu Bubuy Bulan dengan panjang lagu 70 s didapatkan 2333 pola.

Dari 2333 pola yang ada dibagi untuk 6 target *output*, sehingga satu target *output* ada 389 pola. Hal ini berarti saat ada *input* dengan pola yang sama dengan pola yang ada pada *range* pola 1-389 maka *output* jaringan

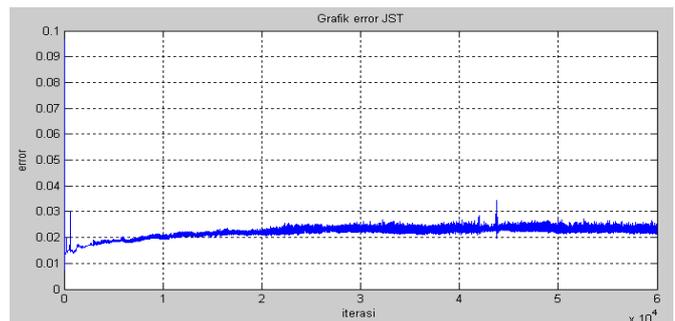
syaraf tiruan menunjukkan hasil berupa target ke-1, untuk 389 pola *input* berikutnya jaringan syaraf tiruan menunjukkan hasil berupa target ke-2, hal ini berlaku untuk pola-pola berikutnya hingga jaringan syaraf tiruan menunjukkan hasil berupa target ke-6.

Setelah dilakukan pembelajaran dengan 2333 pola jaringan syaraf tiruan tidak dapat menghasilkan *error* yang *konvergen*, hal ini dikarenakan pola *input* untuk salah satu *range* target ada kesamaan pola dengan pola *input* untuk *range* target yang lainnya. Hasil *error* untuk pembelajaran dengan jumlah pola 2333 dapat dilihat pada gambar 4.156. Pada musik Bubuy Bulan ada nada lagu yang diulang yaitu pada 18 detik pertama (600 pola) diulang selama dua kali, sehingga 36 detik pertama memiliki data yang sama. Dari 600 pola pertama digunakan untuk pembelajaran dan hasil dari pembelajaran tersebut menunjukkan hasil *error* yang tidak *konvergen*. Grafik *error* dapat dilihat pada gambar 4.157.



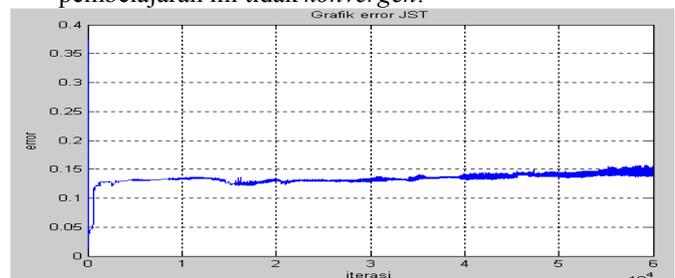
Gambar 17 pengulangan nada lagu 18 detik

Gambar diatas menunjukkan panjang pengulangan nada sebanyak dua kali pada musik Bubuy Bulan.



Gambar 18 grafik error JST dengan 2334 pola input

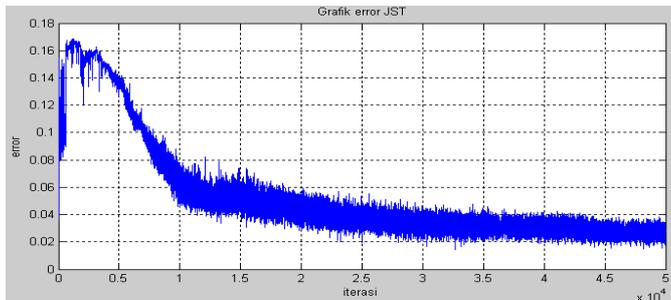
Gambar diatas merupakan grafik *error* JST dengan pola *input* 2334 pola, pola yang di gunakan dalam pembelajaran ini merupakan pola dari satu lagu penuh. Pembelajaran ini menggunakan *iterasi* 60000, *error* dari pembelajaran ini tidak *konvergen*.



Gambar 19 grafik error JST dengan 600 pola input

Gambar diatas merupakan grafik *error* JST dengan pola *input* 600 pola, pola yang di gunakan dalam pembelajaran ini merupakan 600 pola pertama dari lagu Bubuy Bulan. Pembelajaran ini menggunakan *iterasi* 60000, *error* dari pembelajaran ini tidak *konvergen*.

Dari keseluruhan pola *input* yang ada, hanya 300 pola *input* atau hanya 9 detik saja yang bisa digunakan untuk pembelajaran, yang menghasilkan *error* yang *konvergen*. Grafik *error* JST 300 pola *input* dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 20. grafik *error* JST dengan 70 pola *input*, *iterasi* 50000

Gambar 4.161 merupakan grafik *error* JST dengan pola *input* 300, *hidden layer* 70, *iterasi* 50000, *learning rate* 0.1, dari gambar tersebut dapat dilihat grafik *error* yang dihasilkan bisa *konvergen* atau menurun mendekati pada nilai *error* 0.

Table 3 Pengujian JST

No	Jumlah NODE			Pola	Iterasi	learning rate	persen error (%)
	In	Hidden	Output				
1	16	30	6	300	50000	0.1	53
2	16	30	6	300	60000	0.1	52
3	16	50	6	300	50000	0.1	13.6
4	16	50	6	300	60000	0.1	6.6
5	16	70	6	300	50000	0.1	4.3
6	16	70	6	300	60000	0.1	5.6

Tabel diatas menunjukkan besar *error* untuk JST dengan beberapa perlakuan pada jumlah *hidden layer* dan jumlah *iterasi*. Dari tabel diatas dapat diketahui nilai *error* terkecil pada jumlah *hidden layer* = 70, jumlah *iterasi* = 50000. Dengan diperoleh persen *error* terkecil maka bobot dan bias hasil *update* dari pembelajaran pada perlakuan ini digunakan pada *feed forward* di DSKc6713.

J. PENGUJIAN KOMUNIKASI

Untuk komunikasi antara C6713 dengan mikrokontroller menggunakan fasilitas port EMIF yang

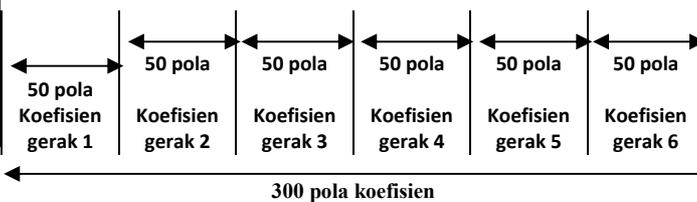
ada pada board C6713, pengiriman data dilakukan secara parallel. Data yang dapat dikirim berupa data decimal atau hexadesimal, pengujian dilakukan dengan mensimulasikan output dari jaringan saraf tiruan yang berupa data biner, kemudian dibandingkan dengan nilai tertentu. Bila data yang dibandingkan sama maka dilakukan proses pengiriman data.

Setelah dilakukan pengiriman data pada mikrokontroller dilakukan embandingan data, bila data sama maka mikrokontroller memanggil memori gerak untuk robot.

K. PENGUJIAN KESELURUHAN

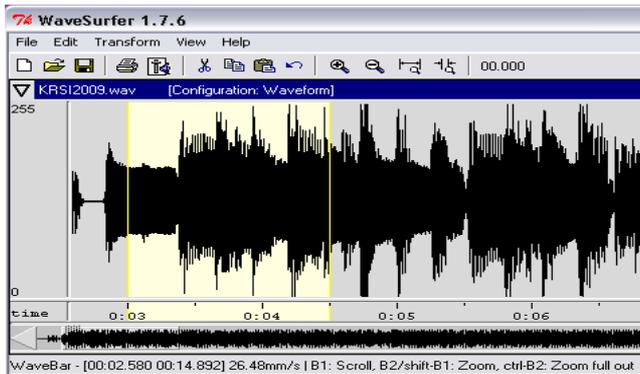
Pengujian ini merupakan pengujian keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan memberikan *input* musik Bubuy Bulan secara langsung pada sensor suara (*mic*). Jarak antara *mic* dengan sumber suara diatur sedemikian rupa sesuai dengan jarak yang ditetapkan pada batasan masalah yaitu 60 cm. Pengujian ini dilakukan dengan mengamati data yang dikirimkan oleh DSKc6713 pada mikrokontroller yang ditampilkan pada LCD.

Hasil dari *normalisasi* merupakan koefisien dari MFCC. Untuk satu lagu ada 2334 pola koefisien, dari sebanyak pola tersebut setelah digunakan sebagai *input* pada pengujian JST, hanya 300 pola saja yang menghasilkan *error* yang *konvergen*. Satu pola koefisien memiliki panjang waktu 30 mili detik, sehingga untuk 300 pola panjang waktunya 9 detik Pada tugas akhir ini gerakan yang dirancang ada enam gerakan, perubahan dari satu gerakan ke gerakan yang lain ditentukan oleh adanya perbedaan pola-pola koefisien yang ada dalam suatu *range* dengan *range* yang lain. panjang *range* didapat dengan membagi banyak pola yang dapat digunakan untuk pembelajaran (300 pola) dengan banyak gerakan (enam gerakan). Dengan dibagi menjadi enam maka satu gerakan berubah setiap 50 pola atau 1.5 detik.



Gambar 21. Pembagian pola menjadi enam *range* pola *input*

Sesuai dengan gambar 21. satu gerakan harus berubah setiap 50 pola koefisien (1 pola = 30 ms) atau setiap 1.5 detik. Pengujian dilakukan dengan memainkan musik menggunakan program waveserver, dengan program ini panjang musik yang dimainkan dapat dibatasi. Untuk pengujian ini panjang musik dibatasi selama 1.5 detik seperti gambar 21.



Gambar 22. Pembatasan panjang musik

Pada gambar diatas musik dibatasi dengan panjang 1.5 detik, mulai dari detik 3 - 4.5 . Proses diatas digunakan untuk menguji kesesuaian antara perancangan dengan hasil yang diperoleh. Berikut adalah pengujian kesesuaian perubahan gerak.

Table 4 Kesesuaian Gerak

No	Detik	Gerak Ref	Gerakan Yang Dihasilkan ke-										Error
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0.0 - 1.5	I	I	V	V	I	I	I	V	I	I	V	40%
2	1.6 - 3.0	II	II	I	I	I	I	V	V	V	II	II	50%
3	3.1 - 4.5	III	II	II	II	I	I	II	II	II	II	III	50%
4	4.6 - 6.0	IV	II	I	V	I	V	V	II	II	I	I	80%
5	6.1 - 7.5	V	V	I	V	I	V	V	I	V	II	V	60%
6	7.6 - 9.0	VI	V	I	I	V	I	I	V	II	V	I	100%
Error rata-rata												63%	

Keterangan :

1. Gerak Ref : gerakan yang seharusnya dilakukan
2. I : gerak 1
3. II : gerak 2
4. III : gerak 3
5. IV : gerak 4
6. V : gerak 5
7. VI : gerak 6

Pada tabel 4.12 dapat dilihat bahwa kesesuaian gerakan sangat kurang. Pada saat suatu gerakan muncul tidak seharusnya ada gerakan lain yang muncul. persentase kesesuaian gerakan yang diperoleh dari pengujian adalah 37%.

Berikut ini merupakan hasil pengujian sistem secara keseluruhan. Pengambilan data dilakukan untuk dua detik sekali, hal ini disebabkan karena apabila ada

data masuk langsung dilakukan pemrosesan, yang terjadi satu gerakan belum sempurna dijalankan sudah ada data yang masuk lagi, sehingga harus menjalankan gerakan yang lain dan begitu seterusnya.

Table 5 Pengujian keseluruhan

No	Detik	Data Diterima Mikrokontroller
1	2	16
2	4	4
3	6	32
4	8	8
5	10	32
6	12	4
7	14	32
8	16	32
9	18	32
10	20	32
11	22	32
12	24	32
13	26	64
14	28	64
15	30	8
16	32	32
17	34	4
18	36	64
19	38	32
20	40	8
21	42	4
22	44	8
23	46	4
24	48	32
25	50	32
26	52	32
27	54	64
28	56	32
29	58	32
30	60	64
31	62	32
32	64	64
33	66	4
34	68	64
35	70	4

Keterangan :

1. 4 : data untuk gerakna 1
2. 8 : data untuk gerakna 2
3. 16 : data untuk gerakna 3
4. 32 : data untuk gerakna 4
5. 64 : data untuk gerakna 5
6. 128 : data untuk gerakna 6

Data pada tabel diatas menunjukkan data hasil pengamatan pada tampilan LCD yang dipasang pada mikrokontroller. Data tersebut merupakan data yang dikirim oleh DSKc6713 pada mikrokontroller yang gunanya untuk memanggil memori gerak. Pola koefisien *input* yang dapat digunakan untuk pembelajaran JST hanya sembilan detik pertama, jadi dari 35 data yang ada seperti pada tabel diatas, hanya empat data pertama yang masuk dalam sembilan detik pertama. Data setelah empat data pertama merupakan hasil dari pola *input* yang tidak diajarkan pada JST karena tidak bisa diajarkan. Dapat

dilihat pada tabel bahwa setelah sembilan detik masih ada pola koefisien *input* yang dikenali, hal ini dikarenakan adanya pola koefisien yang sama dengan pola koefisien sembilan detik pertama dari lagu.

V KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilanjutkan pengujian dan analisisnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang sistem kerja alat, yaitu sebagai berikut:

- ❖ Proses pengambilan feature seruling dengan menggunakan *band pass filter* menunjukkan hasil sesuai dengan yang direncanakan pada *orde* filter 73.
- ❖ Pola koefisien MFCC yang bisa digunakan untuk *learning* JST dengan *error* yang *konvergen* ada 12%.
- ❖ Pola-pola koefisien MFCC yang tidak diajarkan masih dapat dikenali oleh JST, hal ini menunjukkan adanya pola yang sama dengan pola yang digunakan untuk pembelajaran.
- ❖ Kesesuaian gerakan tari dengan musik sebesar 37%, dengan persentase kesesuaian tersebut menunjukkan kesesuaian gerakan sangat kurang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifin,Irwan ,”Identifikasi Chord Pada Sinyal Musik Menggunakan Model Sistem Auditori” Universitas Gunadarma
- [2] Kumar, G. Suvarna ,” Speaker recognition using GMM” Tampere University Of Technology
- [3] Dewantara, Bima Sena Bayu,” *Aplikasi Pengenalan Wicara Untuk Perintah Nirkabel Robot Mikro Mouse*”, IES 2004.
- [4] Kusditya,Ringgo N, “*Sistem Keamanan Rumah Berbasis Pengenalan Wicara Menggunakan Dsk Tms320c6713 (Perangkat Keras)*”, Tugas akhir:T.Elektronika PENS-ITS,2009.
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Audio_signal. (3 Januari 2010)
- [6] <http://www.va-media.com/forum/archive/index.php/thread-1309.html> (15 januari 2010)
- [7] Rozaq,saifur, “*Rancang Bangun Modul Portable Voice Commander Box Untuk Mengaktifkan Peralatan Elektronik Rumah Tangga*”, Tugas Akhir : T.Elektronika PENS-ITS,2008
- [8] Chassaing,rulp,”*Digital Signal Processing and Applications With The C6713 and C6416 DSK*”,Canada:Wiley & Sons,Inc.,2005.
- [9] Amalia,Tria Silvie ,”*Aplikasi Pengolahan Suara untuk Request Lagu*”, IES 2006
- [10] Hermawan,arif,”*Jaringan Syaraf Tiruan*”,yogyakarta:Andi,2006.