

PENENTUAN AKOR GITAR DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA SHORT TIME FOURIER TRANSFORM

Agustina Trifena Dame Saragih¹, Achmad Rizal², Rita Magdalena³

Departemen Teknik Elektro – Institut Teknologi Telkom

Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung, 40257 Indonesia

E-mail: ¹agustina.trifena@gmail.com, ² arz@sttelkom.ac.id, ³ rta@sttelkom.ac.id

ABSTRAK

Akor merupakan rangkaian nada-nada yang tersusun secara teratur dari sebuah tangga nada dan bisa merepresentasi tangga nada tersebut. Frekuensi nada pada akor juga mewakili frekuensi nada dasarnya. Misalnya, frekuensi nada A=440 Hz, maka frekuensi akor A juga sama dengan kelipatannya, yaitu 110 Hz, 220 Hz dan seterusnya. Begitu pula untuk akor yang lain. Untuk menentukan suatu akor berdasarkan frekuensi, STFT (Short Time Fourier Transform) memberikan solusi berdasarkan window yang akan memfilter sinyal suara atau bunyi. STFT (Short Time Fourier Transform) merupakan algoritma pengembangan dari FFT (Fast Fourier Transform). Algoritma STFT akan mencuplik sinyal masukan dalam rentang waktu t tertentu. Sinyal masukan awal masih dalam domain frekuensi. Sinyal hasil cuplikan tersebut akan menempati domain waktu dan frekuensi. Untuk pencuplikan sinyal, STFT menggunakan fungsi window dengan lebar window (T) sesuai dengan sinyal hasil cuplikan. Fungsi window diletakkan pada sinyal yang pertama untuk tiap frekuensi yang berbeda. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari window pada STFT (Short Time Fourier Transform) terhadap penentuan nada berdasarkan frekuensi. Tingkat keakuratan ditentukan dari banyaknya akor yang diharapkan muncul. Untuk menghasilkan banyak kemungkinan keakuratan, window dirancang dalam beberapa segmentasi yang berbeda. Dari rancangan tersebut, hasil keakuratan sistem yang telah dibuat, mencapai 60 % hingga 70 %.

Kata Kunci: window, STFT, frekuensi nada, dan akor.

1. PENDAHULUAN

Musik sangat erat kaitannya dengan pendengaran dan perasaan. Untuk memahami musik, seseorang harus terlatih pendengarannya dan perasaannya dalam memainkan nada-nada yang ada di partitur musik. Jika pendengarannya tidak terlatih untuk mendengar suara suatu nada, pemain musik tersebut sulit untuk menentukan nada-nada yang sedang didengarnya. Begitu pula dengan perasaan pemain musik. Jika perasaannya belum menyatu dengan nada-nada yang ada di partitur, kemungkinan besar, pemain itu akan memainkan nada dengan tempo yang tidak sesuai.

Nada-nada musik yang didengar oleh pemain musik, erat kaitannya dengan frekuensi bunyi yang ia dengar. Sedangkan perasaan si pemain, memiliki peran yang besar dalam menentukan tempo yang akan dimainkan. Frekuensi dan tempo yang diterima setiap orang berbeda-beda jika ia harus memonitor nada yang akan dicari.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap metode STFT untuk mengenali akor gitar. menggunakan metode STFT, komponen frekuensi tiap saat dari sinyal akan dapat diamati. Dengan menghitung komponen frekuensi tertinggi tiap saat maka akan dapat dihitung akor gitar yang terjadi saat itu.

2. AKOR GITAR

Chord atau akor secara umum dapat diartikan sebagai suatu rangkaian nada-nada yang tersusun secara teratur dari sebuah tangga nada dan bisa mewakili tangga nada tersebut (Rendra, 2008). Jika diartikan dalam gitar, akor adalah dua atau lebih nada yang dibunyikan bersamaan dalam satu petikan dan dalam satu waktu yang sama. Dalam sebuah lagu, akor berfungsi sebagai musik pengiring atau *rhythm*.

Secara umum, akor dibagi kedalam 3 kelompok yaitu : akor mayor, akor minor dan akor substitusi (Sambu, 2008).

a. Akor Mayor

Akor mayor adalah beberapa nada diatonis mayor yang dibunyikan secara bersamaan, dalam satu waktu yang sama. Nada diatonis mayor adalah nada-nada dengan urutan jarak antar nada 1-1-1/2-1-1-1-1/2.

b. Akor Minor

Akor minor adalah beberapa nada diatonis minor yang dibunyikan secara bersamaan, dalam satu waktu yang sama. Nada diatonis minor adalah nada-nada dengan urutan jarak antar nada 1-1/2-1-1-1/2-1-1.

c. Akor Substitusi

Akor substitusi tidak berasal dari tangga nada diatonis mayor maupun minor, tetapi lebih ke interval atau jarak nada yang menyusunnya.

Ada beberapa jenis akor substitusi standar, yaitu :

- Akor *Dim* (*diminished*) mempunyai jarak antar nada (interval) diatonis mayor penyusun akor adalah 11/2 nada.
- Akor *Aug* (*augmented*) seperti *Dim*, tetapi interval nada diatonic mayornya adalah 2 nada.
- Akor *Sus* (*suspended*) lebih menekankan pada penambahan nada pada akor penyusunnya. Misal, sus4, maka ditambahkan nada keempat dari tangga nada penyusun akor.

Pada umumnya, suatu lagu sering memakai akor mayor dan akor minor kecuali lagu-lagu yang beraliran *rock* dan *jazz* yang sering menambahkan akor substitusi dalam mengiringi alunan nada lagu tersebut.

Setiap nada memiliki frekuensi masing-masing. Secara internasional, nada A₄(A pada oktaf ke-4) memiliki frekuensi 440 Hz. Dan untuk mengetahui berapa frekuensi nada-nada lainnya dapat menggunakan persamaan :

$$f_n = f_0 * a^n \quad (1)$$

dengan f_n adalah frekuensi nada dgn jarak-n yang dicari,

$$f_0 \text{ adalah frekuensi yang diketahui (A}_4=440 \text{ Hz),}$$

$$a^n \text{ adalah } (2)^{1/12}$$

Nilai-nilai frekuensi nada berdasarkan persamaan di atas dapat di lihat pada table di bawah ini.

Tabel 1. Frekuensi nada A, A#, B, C, C#, D

Nada dasar A	A	A#	B	C	C#	D
A=110 Hz	110	116.54	123.47	130.81	138.59	146.83
A=220 Hz	220	233.08	246.94	261.62	277.18	293.66
A=440 Hz	440	466.16	493.88	523.25	554.36	587.32
A=880 Hz	880	932.32	987.76	1046.5	1108.7	1174.6

Tabel 2. Frekuensi nada D#, E, F, F#, G, G#

Nada dasar A	D#	E	F	F#	G	G#
A=110 Hz	155.56	164.81	174.61	184.99	195.99	207.65
A=220 Hz	311.12	329.62	349.22	369.99	391.99	415.31
A=440 Hz	622.25	659.25	698.45	739.98	783.99	830.61
A=880 Hz	1244.5	1318.5	1396.9	1479.9	1567.9	1661.2

Nada-nada pembentuk akor mayor dan minor memiliki urutan yang hampir sama (Wikipedia,

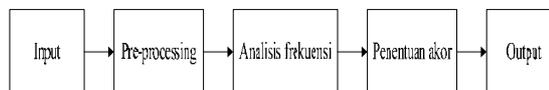
2009). Urutan akor mayor ialah nada pertama, ketiga dan kelima dari nada dasar. Sedangkan urutan akor minor ialah nada pertama, nada ketiga bes (nada ketiga akor mayor yang diturunkan setengah nada) dan nada kelima. Jika dimisalkan nada dasar do = C, maka untuk akor mayor C terdapat kombinasi C-E-G, sedangkan untuk akor minor C atau Cm terdapat kombinasi C-Eb(E bes)-G. Begitu juga untuk nada-nada dasar lainnya. Padanan akor yang ada dapat dilihat pada Tabel 3. berikut.

Tabel 3. Padanan Akor

Akor Mayor		Akor Minor	
C	C - E - G	Cm	C - D# - G
D	D - F# - A	Dm	D - F - A
E	E - G# - B	Em	E - G - B
F	F - A - C	Fm	F - G# - C
G	G - B - D	Gm	G - A# - D
A	A - C# - E	Am	A - C - E
B	B - D# - F#	Bm	B - D - F#

3. DESAIN SISTEM

Secara sederhana sistem yang dibangun dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem

3.1 Akusisi Data

Data input diambil dari suara gitar yang direkam menggunakan *microphone* yang terhubung dengan *soundcard*. Suara gitar yang diambil hanya memainkan akor tanpa suara vocal. Data disimpan dalam bentuk *.wav.

3.2 Preprocessing

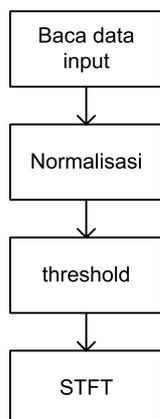
Proses preprocessing yang dilakukan pada data dapat dilihat pada Gambar 2. Pada tahap awal dilakukan normalisasi pada data. Proses Normalisasi dilakukan agar amplitudo (simpangan) sinyal masukan berada dalam range -1 sampai +1. Berikut persamaan untuk normalisasi (Yani, 2008).

$$S(i) = S(i) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S(i) \quad (2)$$

$$S(i) = \frac{S(i)}{S \text{ max}} \quad (3)$$

Tahap selanjutnya dilakukan *thresholding* untuk mengurangi nilai frekuensi yang acak agar terlihat lebih mulus dan diharapkan dapat membantu program lebih teliti dalam menentukan akor. Nilai

threshold yang diberikan dalam program ini berbeda-beda antara 0.1, 0.3 dan 0.6.



Gambar 2. Preprocessing

Tahap berikutnya adalah analisis dengan STFT. Secara matematis STFT dapat dirumuskan sebagai berikut (Smith, 2007) :

$$STFT(t_n, f_k) = \sum_{l=t_n D - \frac{T}{2}}^{t_n D + \frac{T}{2} - 1} w(t_n D - l) x(l) e^{-j2\pi f_k l / T} \quad (3)$$

Secara sederhana proses implementasi STFT terdiri dari *frame blocking*, *windowing* dan NFFT (Ifeachor, 2002). Proses *frame blocking* digunakan untuk membatasi sinyal selama selang waktu tertentu, kemudian *windowing* untuk meratakan sinyal. *Window* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *window* rektanguler. Tahap selanjutnya adalah NFFT, sinyal tiap frame di NFFT dengan rumus (Ludeman, 1987)

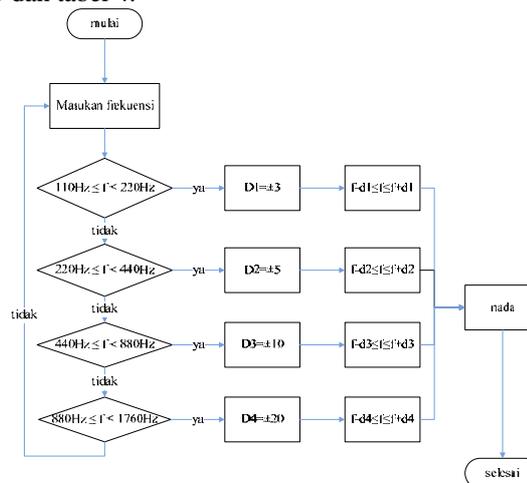
$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\pi n k / N} \quad (4)$$

Karena $X(k)$ merupakan bilangan kompleks maka diambil nilai magnitude-nya sebagai masukan tahap selanjutnya. Sinyal ini akan memberikan informasi tentang komponen frekuensi sinyal saat.

3.3 Analisis Frekuensi

Dalam analisis frekuensi ini, hanya menentukan nilai-nilai frekuensi yang terdapat dalam setiap segmen, proses yang dilakukan seperti pada Gambar 3.. Dari nilai frekuensi tersebut dapat ditentukan nada yang sesuai untuk frekuensi yang ada. Dari nilai frekuensi yang didapat, dilihat kemungkinan toleransi (d) yang ada. Dari rentang toleransi tersebut, disesuaikan dengan kemungkinan nada berdasarkan frekuensi yang telah ditetapkan. Data-

data rentang frekuensi nada dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4.



Gambar 3. Proses analisis frekuensi

Tabel 3. Toleransi nada A-D

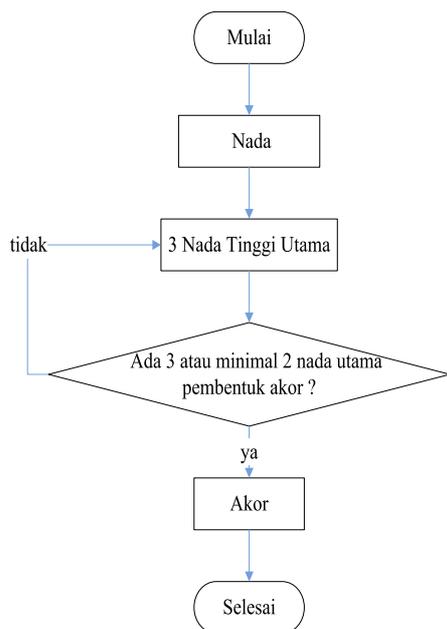
Nada dasar A (Hz)	1	2	3	4	5	6	Toleransi
	A	A#	B	C	C#	D	
A=110	110	117	123	131	139	147	±3
A=220	220	233	247	262	277	294	±5
A=440	440	466	494	523	554	587	±10
A=880	880	932	988	1047	1109	1175	±20

Tabel 4. Toleransi D#-G#

Nada dasar A (Hz)	7	8	9	10	11	12	Toleransi
	D#	E	F	F#	G	G#	
A=110	156	165	175	185	196	208	±3
A=220	311	330	349	370	392	415	±5
A=440	622	659	698	740	784	831	±10
A=880	1245	1319	1397	1480	1568	1661	±20

3.4 Penentuan akor

Dalam menentukan akor keluaran, terdapat padanan akor yang terdiri dari tiga frekuensi nada pembentuk. Alur penentuan akor dapat dilihat pada Gambar 4. Pada setiap frekuensi nada dalam suatu rentang waktu tertentu, ditentukan tiga frekuensi nada utama atau dominan dibandingkan dengan lainnya. Tiga frekuensi tersebut disesuaikan dengan padanan akor yang ada. Jika terdapat tiga atau minimal dua nada yang bersesuaian dengan padanan akor yang ada, nada-nada tersebut dapat dikatakan sebagai akor tersebut.

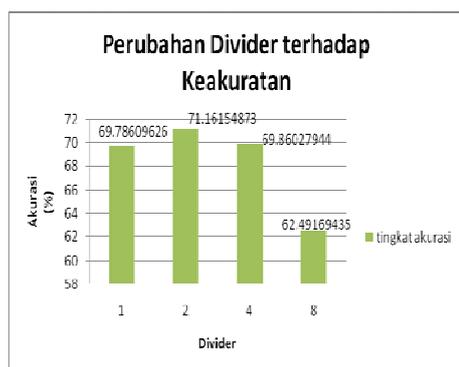


Gambar 4. Diagram alir pengenalan akor

4. PENGUJIAN SISTEM

4.1 Pengujian dengan devider berbeda

Di sini pengujian dilakukan dengan merubah devider terhadap lima sampel lagu yang ada. Devider adalah jumlah pembagi dari frekuensi sampling. Ini akan menentukan panjang frame yang terbentuk. Devider dinyatakan dengan N dimana panjang frame adalah frekuensi sampling dibagi dengan 2^N . Nilai N yang diuji adalah 1,2, 4 dan 8. Dari tingkat akurasi yang ada diambil nilai rata-rata dari keseluruhan data. Hasil dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik perubahan divider terhadap akurasi

Dari Gambar 5 terlihat *divider* 2 memiliki tingkat keakuratan paling tinggi dibandingkan *divider* lainnya yaitu di atas 70%. Keakuratan selanjutnya diikuti oleh *divider* 1 dan 4 yang memiliki

keakuratan mendekati 70%. Sedangkan *divider* 8 memiliki tingkat keakuratan hanya berkisar 60%.

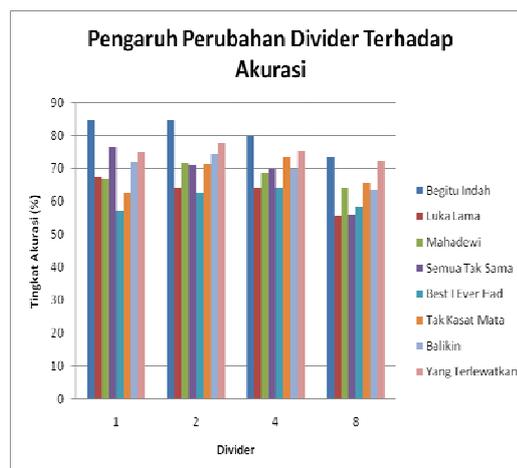
Divider yang digunakan mempengaruhi lebar segmentasi penentuan akor yang akan digunakan dalam sistem. Lebar segmentasi yang berbeda dirancang berdasarkan sifat akor yang tetap atau memiliki nada yang sama untuk range waktu tertentu.

Semakin besar *divider*, semakin sempit segmentasi penentuan akor dalam sistem. Dan begitu pula sebaliknya, semakin kecil *divider*, semakin lebar segmentasi dalam sistem. Lebar atau sempitnya segmentasi berpengaruh pada banyak dan sedikitnya frekuensi nada yang harus disesuaikan dengan padanan akor yang ada. Banyak sedikitnya kemungkinan frekuensi yang tercakup dalam segmen mempengaruhi tingkat keakuratan sistem.

Penentuan tingkat akurasi dari sistem, masih dilakukan perhitungan secara manual antara jumlah segmentasi akor yang dihasilkan oleh program simulasi dengan akor yang seharusnya muncul oleh dua orang yang berbeda sebanyak dua kali kemungkinan. Dari nilai perhitungan yang di dapat, akurasi ditentukan dari banyaknya kemungkinan akor yang diharapkan muncul dibagi dengan banyak jumlah segmentasi seluruhnya dan kemudian diambil nilai rata-rata secara keseluruhan dari delapan lagu yang ada.

4.2 Pengaruh devider terhadap akurasi pada tiap data

Berdasarkan pengujian data yang berupa delapan rekaman lagu permainan gitar, setiap data memiliki tingkat akurasi yang berbeda untuk tiap *divider* yang berbeda. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.

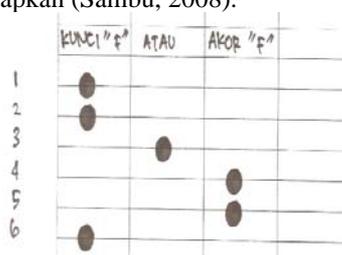


Gambar 6. Akurasi pada tiap data uji

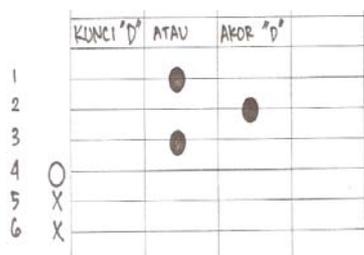
Dari Gambar 6 di atas, jika dilihat pada *divider* yang sama dan lagu yang berbeda, tingkat keakuratan tiap lagu berbeda-beda. Banyak alasan yang menyebabkan terjadinya perbedaan keakuratan ini. Alasan utama yang mendasari perbedaannya

karena *human error* dan kelemahan analisis berdasarkan frekuensi nada.

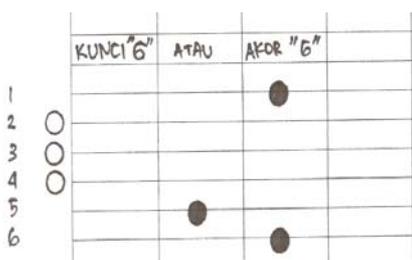
Dalam *human error*, banyak kemungkinan kesalahan yang sering terjadi. Kesalahan yang sering terjadi adalah munculnya akor yang tidak diharapkan di saat akor yang seharusnya muncul. Misalnya pada *range* waktu tertentu, seharusnya hanya muncul akor F dan G. Tapi, ditengah-tengah *range* waktu tersebut muncul akor D. Hal ini disebabkan karena teknik memainkan gitar yang menentukan senar-senar yang dirambas dan juga letak senar-senar yang memiliki peluang kalau tidak ditekan bersamaan bisa menghasilkan padanan akor yang lain. Gambar 7-9 akan membantu menjelaskan mengapa muncul padanan akor yang tidak diharapkan (Sambu, 2008).



Gambar 7. Akor F



Gambar 8. akor D



Gambar 9. akor D

Berdasarkan gambar di atas, akor F dibentuk dari : *senar 1-F, senar 2-C, senar 3-A, senar 4-F, senar 5-C, senar 6-F*; akor D dibentuk dari : *senar 1-F#, senar 2-D, senar 3-A, senar 4-D, senar 5-tidak dimainkan, senar 6-tidak dimainkan*; akor G dibentuk dari : *senar 1-G, senar 2-B, senar 3-G, senar 4-D, senar 5-B, senar 6-G*.

Peralihan permainan akor dari F ke G memungkinkan timbul akor D karena pada akor D terdapat nada pembentuk akor yang mewakili akor F dan G. Nada tersebut ialah nada A dan D. Karena

pada simulasi Tugas Akhir ini memperhatikan tiga frekuensi tertinggi pembentuk akor, muncul akor D yang mewakili nada A dan D yang juga terdapat di akor F dan G. Peluang munculnya nada tersebut lebih besar pada akor D dibandingkan akor F dan G.

Alasan lainnya terdapat pada kelemahan dari analisis berdasarkan frekuensi. Dari hasil rekaman data yang ada, terdapat suara yang tidak hanya permainan gitar, tetapi juga suara noise lainnya seperti suara orang yang ikut terekam dan suara senar yang akan kembali ke keadaan awal. Suara-suara ini pula memiliki frekuensi nada tersendiri. Dari frekuensi tersebut, suara-suara itu menghasilkan akor tertentu. Tetapi dibalik kelemahan analisis frekuensi ini, hal ini juga bisa menjadi kelebihan sistem karena dapat menentukan akor apa saja dalam suatu lagu tanpa harus ada permainan gitar.

Jika dilihat dari *divider* yang berbeda dan lagu yang sama, terdapat pula perbedaan keakuratan sistem. Hal ini juga disebabkan oleh *human error*, kelemahan analisis berdasarkan frekuensi nada dan ditambah kelemahan pada lebar-sempitnya segmentasi yang bergantung pada nilai *divider* yang berbeda. Seperti telah dijelaskan dianalisis *Pengaruh Divider terhadap Segmentasi*, semakin tinggi nilai *divider*, semakin tinggi pula jumlah segmentasi tetapi membuat lebar segmentasi semakin sempit. Semakin sempit segmentasi, memungkinkan lebih banyak akor yang dihasilkan. Semakin banyak akor yang dihasilkan memberikan peluang semakin banyak pula akor yang tidak diharapkan untuk muncul. Hal ini yang membuat tingkat keakuratan *divider* 8 lebih kecil dibandingkan *divider* 1, 2, dan 4.

5. KESIMPULAN

Dari pengujian dan analisis sistem yang telah dilakukan terhadap proses penentuan akor gitar maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Program simulasi penentuan akor gitar ini dapat direalisasikan karena tingkat akurasi yang dihasilkan cukup baik yaitu berkisar 60% sampai 70%.
- Program simulasi ini juga dapat menentukan akor tidak hanya gitar tetapi juga suara lainnya sehingga lagu apa pun dapat ditentukan akor keluarannya.
- Nilai *divider* mempengaruhi ketepatan dalam penentuan akor. *Divider* yang paling baik dari hasil percobaan ialah *divider* dua.
- Kesalahan dalam penentuan akor sebagian besar disebabkan oleh *human error* dan kelemahan analisis berdasarkan frekuensi.

PUSTAKA

Smith, Julius Orion. (2007). Short Time fourier Transform. Diakses pada Februari 2008 pada.

- http://ccrma.stanford.edu/~jos/parshl/Short_Time_Fourier_Transform_STFT.html.
- Ifeachor, Emmanuel C dan Barrie W. Jervis. (2002). *Digital Signal Processing*. USA : Prentice Hall.
- Ludeman, Lonnie C. (1987). *Fundamentals of Digital Signal Processing*. Canada : John Wiley & Sons.
- Rendra, Yulia. (2008). *Belajar Main Piano untuk Pemula*. Jakarta : PT. Buku Kita.
- Sambu, Gari Rakai. (2008). *Pintar Main Gitar dalam 7 Hari*. Yogyakarta : Media Pressindo.
- Anonim. (2009) Tangga Nada, Diakses pada April Mei 2009 dari www.wikipedia.org.
- Yani, Kalfika. (2008). *Tugas Akhir : Analisis Algoritma STFT untuk Deteksi Sinyal Carrier FHSS CDMA*. Bandung : IT Telkom.