

Steganografi pada Musik Tanpa Nada

Wiko Putrawan 13509066
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13509066@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Steganografi adalah seni menyembunyikan pesan. Steganografi dinilai relatif lebih baik daripada kriptografi karena adanya unsur imperceptible, yaitu keberadaan pesan rahasia yang tidak dapat dipersepsi. Setiap steganografi membutuhkan cover-object sebagai wadah yang digunakan untuk menyembunyikan pesan. Cover object yang sering digunakan pada umumnya berupa teks, gambar, audio, dan video. Keempat cover object ini kerap kali dicurigai mengandung pesan tersembunyi. Namun, di antara keempat cover object ini, audio dianggap sebagai media yang mempunyai imperceptible yang relatif rendah karena mempunyai efek yang lebih peka dibandingkan pada gambar, jika dilakukan perubahan bit pada audio tersebut. Tapi, audio dapat mempunyai imperceptible yang relatif tinggi jika perubahan dilakukan pada ketukan suatu musik, terlebih lagi jika yang diubah adalah musik tanpa nada (perkusi), karena musik yang nadanya diubah dapat mengundang kecurigaan akan adanya pesan dalam musik tersebut.

Kata Kunci—musik, partitur, perkusi, steganografi.

I. PENDAHULUAN

Saat ini, banyak kasus-kasus kebocoran informasi dan penyadapan yang terjadi. Salah satu kasus yang terkenal adalah situs Wikileaks. Wikileaks mengungkapkan dokumen-dokumen rahasia negara dan perusahaan kepada publik melalui situs web. Salah satu pendiri situs Wikileaks adalah Julian Assange. Dokumen yang dibocorkan meliputi data nasabah Bank Julius Baer, surel Sarah Palin, video helikopter Apache, perang Afganistan, berkas Guantanamo, dokumen perang Irak, dan kawat diplomatik Amerika Serikat. Salah satu cara agar informasi tidak dapat dicerna oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab adalah dengan kriptografi. Kasus-kasus kebocoran informasi dan penyadapan tersebut menunjukkan bahwa kriptografi itu sangat penting.

Solusi lain selain dengan menyembunyikan pesan ke dalam pesan lain (steganografi). Steganografi adalah ilmu dan seni menyembunyikan informasi dengan cara menyisipkan pesan rahasia di dalam pesan lain.

Dalam beberapa kasus, steganografi lebih sering digunakan daripada kriptografi karena media penyisipan pesan tidak dicurigai oleh para penyadap. Selain itu, mutu cover object tidak jauh berbeda dari sebelum disisipkan pesan karena pesan disembunyikan di dalam cover object

tersebut.

Untuk steganografi pada data audio, biasanya bit pesan rahasia disisipkan pada bit Least Significant Bit (LSB) data audio yang tidak terkompresi. Kekurangan dari metode ini adalah perubahan bit pada audio mempunyai efek relatif lebih peka dibandingkan pada cover object yang lain. Perubahan bit LSB terasa merusak kualitas suara, terutama pada musik lembut. Metode LSB ini tidak bagus untuk format mp3 atau format terkompresi lainnya. Untuk format audio tidak terkompresi, proses penyisipan pesan ini juga mengakibatkan adanya derau pada cover object setelah disisipkan, hanya saja proses penyisipan pada format tidak terkompresi lebih mudah dilakukan daripada proses penyisipan pada format terkompresi.

Pengoptimalan steganografi pada file audio telah banyak dilakukan oleh para peneliti, salah satunya dengan melakukan kriptografi pada pesan sebelum disisipkan pada cover object. Hanya saja, pendengaran manusia masih cukup peka untuk mendengar derau yang terjadi akibat perubahan bit pada audio tersebut.

Karena steganografi pada audio dengan cara mengubah bit cover object dirasa tidak cukup imperceptible, pesan yang ingin disembunyikan tidak lagi disisipkan pada bit melainkan dengan menyembunyikannya dalam bentuk nada pada suatu audio. Kekurangan dari metode ini adalah untaian nada yang dihasilkan tidak berirama dan akan memacu kecurigaan. Untaian nada yang dihasilkan kemungkinan besar tidak mengikuti harmoni musik akan menghasilkan lagu yang tidak beraturan.

Pada makalah ini akan dibahas tentang steganografi pada musik tanpa nada. Pesan yang akan disisipkan ditranslasi menjadi not-not perkusi. Beda halnya dengan melodi, perkusi tidak mempunyai aturan harmoni sehingga bisa dipastikan lagu yang dihasilkan akan enak didengar dan tidak akan menimbulkan kecurigaan kalau lagu itu mengandung pesan.

Pesan yang disisipkan ditranslasi menjadi simbol-simbol musik yang disebut partitur. Metode penyembunyian pesan ke dalam simbol ini telah ada sejak jaman peradaban Mesir kuno, yaitu sekitar 4000 tahun silam.

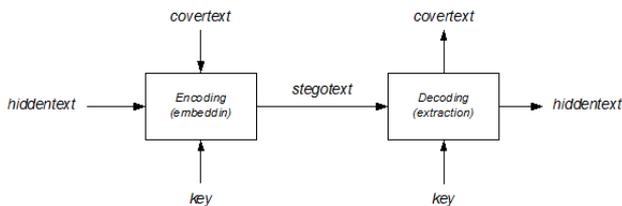
II. DASAR TEORI

A. Steganografi

Steganografi berasal dari bahasa Yunani yaitu kata *steganos* yang artinya tulisan tersembunyi. Steganografi adalah ilmu dan seni menyembunyikan informasi dengan cara menyisipkan pesan rahasia di dalam pesan lain. Saat ini, steganografi banyak dilakukan pada data digital dengan menggunakan komputer digital, yang biasa disebut dengan steganografi digital. Steganografi mempunyai properti sebagai berikut:

1. Embedded message (hiddentext), yaitu pesan yang disembunyikan.
2. Cover object (covertext), yaitu pesan yang digunakan untuk menyembunyikan embedded message.
3. Stego object (stegotext), yaitu pesan yang sudah berisi pesan embedded message.
4. Stego key, yaitu kunci yang digunakan untuk menyisipkan pesan dan mengekstraksi pesan dari stegotext.

Proses steganografi secara umum dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1 Proses steganografi

Steganografi dapat dianggap pelengkap kriptografi. Steganografi menyembunyikan keberadaan pesan dengan tujuan untuk menghindari kecurigaan sedangkan kriptografi menyembunyikan isi pesan dengan tujuan agar pesan tidak dapat dibaca. Kriteria steganografi yang bagus adalah sebagai berikut:

1. Imperceptible, yaitu keberadaan pesan rahasia tidak dapat dipersepsi.
2. Fidelity, yaitu mutu cover object tidak jauh berubah akibat embedded.
3. Recovery, yaitu data yang disembunyikan harus dapat diungkapkan kembali.

Untuk steganografi pada data audio, bit pesan rahasia disisipkan pada bit LSB data audio yang tidak terkompresi. Kekurangan dari metode ini adalah perubahan bit pada audio mempunyai efek lebih peka dibandingkan pada cover object yang lain. Perubahan bit LSB terasa merusak kualitas suara, terutama pada musik lembut. Metode LSB ini tidak bagus untuk format mp3 atau format terkompresi lainnya.

B. Nada

Nada adalah tinggi rendahnya bunyi dalam lagu, musik, dan sebagainya. Nada juga sering digunakan ketika seseorang berbicara untuk menunjukkan ekspresi yang ingin ia sampaikan. Tinggi rendahnya suatu nada ditentukan oleh frekuensinya. Semakin tinggi nadanya, semakin tinggi pula frekuensi yang dimiliki oleh suara tersebut.

C. Not

Dalam notasi musik, nada dilambangkan oleh not. Sampai saat ini, ada dua cara merepresentasikan suatu not, yaitu not angka dan not balok.

Dalam notasi angka, not ditentukan dengan angka 1 (do), 2 (re), 3 (mi), 4 (fa), 5 (sol), 6 (la), dan 7 (si). Nada 1 tanpa titik merupakan nada C natural di notasi balok. Tanda satu titik di atas not menunjukkan bahwa not tersebut naik satu birama dari nada asli sedangkan tanda satu titik di bawah not menunjukkan bahwa not tersebut turun satu birama dari nada asli.

Kemunculan notasi balok diawali dengan notasi Gregorian. Notasi Gregorian ditemukan oleh Paus Agung Gregori pada tahun 590. Notasi Gregorian adalah awal penulisan musik dengan not balok. Namun pada notasi Gregorian belum ada panjang nada dan masih dengan balok not yang 4 baris. Notasi Gregorian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2 Notasi Gregorian

Not balok mempunyai 2 fungsi utama, yang pertama untuk merepresentasikan ketinggian atau interval nada, dan yang kedua sebagai penunjuk nada dalam satuan ketukan. Pembagian not-not dan nilainya dalam ketukan dapat dilihat pada gambar berikut:

Nama Not	Bentuk Not	Tanda Istirahat	Nilai
Not Penuh			4 Ketuk
Not 1/2			2 Ketuk
Not 1/4			1 Ketuk
Not 1/8			1/2 Ketuk
Not 1/16			1/4 Ketuk
Not 1/32			1/8 Ketuk

Gambar 3 Bentuk not balok

D. Instrumen Musik Perkusi Tanpa Nada

Instrumen perkusi pada dasarnya merupakan benda apapun yang dapat menghasilkan suara baik karena dipukul, dikocok, digosok, diadukan, atau dengan cara apapun yang dapat membuat getaran pada benda tersebut. Istilah instrumen perkusi biasanya digunakan pada benda yang digunakan sebagai pengiring dalam suatu permainan musik.

Instrumen yang termasuk dalam kategori perkusi tak bernada kadang-kadang disebut sebagai non-pitched, un-pitched, atau untuned. Fenomena ini muncul disebabkan karena suara yang dihasilkan oleh instrumen tersebut memiliki frekuensi yang kompleks sehingga tidak dapat ditentukan sebagai sebuah nada. Contoh instrumen perkusi tak bernada: anvil, bass drum, kastanyet, cymball, gong, snare drum, tom-tom, rainstick, dan lain-lain.

E. Musik dalam Steganografi

Banyak cara yang telah dilakukan untuk menyembunyikan pesan rahasia dalam media tertentu. Penyembunyian pesan ke dalam elemen musik telah dilakukan oleh G. Porta pada tahun 1602.

Pada cipherteks ini, sistem yang digunakan memanfaatkan kondisi alami antara huruf pada skala musik dan huruf pada alfabet (huruf A = not A, huruf B = not B, dan sebagainya). Kondisi ini dimanfaatkan oleh komposer kelas dunia untuk menciptakan tema musikal. Sistem alfabet yang digunakan adalah sistem alfabet Latin 24 huruf untuk alasan numerologis, di mana huruf I sama dengan huruf J dan huruf U sama dengan huruf V.

Metode dan gambaran cipherteks yang diusulkan oleh G. Porta dapat dilihat sebagai berikut:



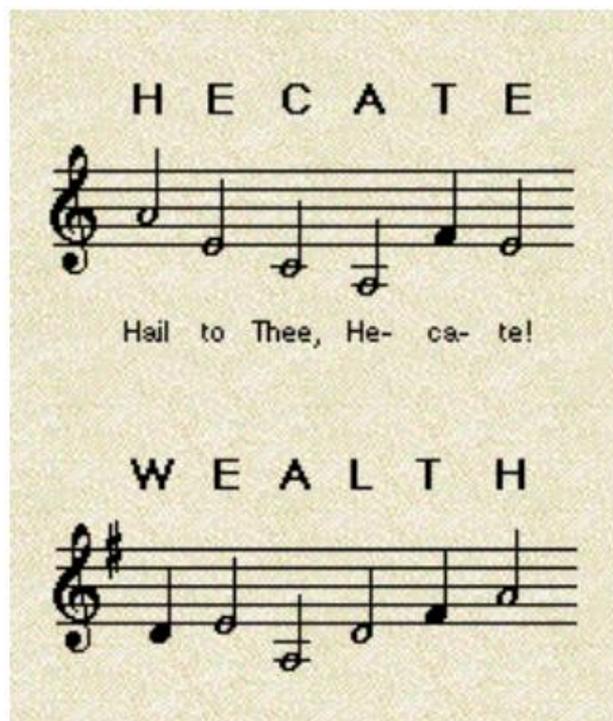
Gambar 4 Buku korespondensi

Prosedur membuat cipherteks dari buku korespondensi di atas adalah sebagai berikut:

1. Tulis huruf dari kata atau frase yang ingin di-encipher pada paranada musik yang kosong (bagian bawah).
2. Pada paranada, tulis not musik yang berkorespondensi dengan tiap huruf.
3. Untuk melakukan improvisasi, lakukan transpose not ke atas atau ke bawah satu oktaf — dengan kata lain, not dengan nama yang sama (pada contoh, not D ditranspose ke bawah yang berkorespondensi dengan L pada WEALTH).
4. Bereksperimen untuk menemukan pada kunci apa

melodi terdengar dengan baik/enak. Contohnya mungkin F bersuara enak seperti Fis, atau B seperti Bes. Di saat seperti ini, ingat karakteristik dari tangga nada yang digunakan.

5. Selama perbedaan mendasar antara not yang pendek dan not yang panjang terjaga, ritme dapat diubah-ubah untuk membuat cipher not lebih bermusik.
6. Pada contoh di bawah, terdapat cipher not dari kata HECATE dan WEALTH.



Gambar 5 Cipherteks dari HECATE dan WEALTH

III. TOOL

A. Guitar Pro

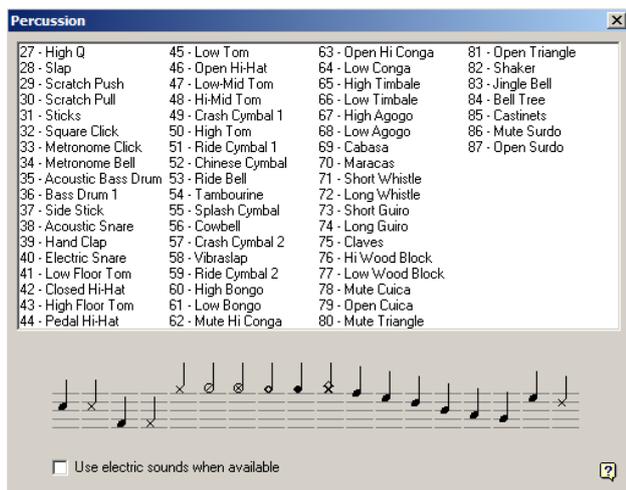
Guitar Pro adalah suatu aplikasi yang digunakan untuk menyusun suatu lagu yang dimainkan oleh beberapa alat musik. Guitar Pro memiliki banyak sekali kosa kata alat musik. Terdapat lebih dari 150 alat musik yang dapat kita pilih. Secara umum, alat musik tersebut dibagi menjadi 2 bagian, yaitu Percussion (yang berisi alat-alat musik yang dipukul) dan Instrument (yang berisi alat-alat musik selain yang telah termasuk ke dalam Percussion).

Proses pembangunan suatu lagu dilakukan dengan membagi alat-alat musik yang tersedia ke dalam Track. Pembagian alat musik dilakukan berdasarkan kemiripan warna suaranya. Untuk Instrument, alat-alat musik yang ada di dalamnya dibagi menjadi 16 Track, yaitu Pianos, Tuned Idiophones, Organs, Guitars, Bases, String and Timpani, Ensemble String and Voices, Brass, Reeds, Pipes, Synth Leads, Synth Pads, Musical Effects, Ethnics, Percussion, dan Sound Effects. Sedangkan untuk

Percussion, hanya ada satu Track yaitu Drum Kit, karena alat-alat musik yang ada pada Track ini hanyalah alat musik perkusi tanpa nada yang hanya memiliki satu frekuensi suara, beda halnya dengan alat-alat musik yang terdapat pada Instrument.

Hanya Track yang terdapat alat musik yang dibutuhkan yang masuk ke dalam properti ketika membuat lagu. Track yang berbeda diaransemen secara terpisah. Ketika lagu tersebut dimainkan, program memainkan Track yang terdapat di dalam properti lagu tersebut secara terpidah dalam waktu yang bersamaan.

Penelitian dalam makalah ini menggunakan fitur Percussion yang terdapat dalam Guitar Pro karena hampir semua alat musik perkusi tanpa nada terdapat dalam fitur ini. Hal ini akan menambah variasi suara dari lagu yang dibangun dan akan menjadi suatu lagu yang dapat dinikmati. Berikut ini adalah daftar 61 alat-alat musik yang terdapat pada Track Percussion dalam Guitar Pro:



Gambar 6 Daftar alat musik yang terdapat pada Track Percussion

Guitar Pro juga dapat melakukan kompresi format dari partitur menjadi MP3 dan sebaliknya. Hal ini tentunya akan mempermudah proses pembuatan cipherteks sesuai dengan yang diinginkan.

B. Finale

Finale tidak jauh berbeda dari Guitar Pro. Pembendaharaan alat musik di Finale jauh lebih banyak daripada di Guitar Pro. Hanya saja tiap alat musik mempunyai Track-nya masing-masing. Hal ini membuat prosedur penambahan alat musik menjadi lebih rumit.

C. Tool yang digunakan

Penulis menggunakan Guitar Pro sebagai tool untuk membuat lagu dalam penelitian kali ini karena hampir semua alat musik perkusi tanpa ada ada dalam suatu fitur yang dapat dimanipulasi sedemikian rupa.

IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Secara umum, teknik yang digunakan adalah korespondensi satu-satu, di mana tiap hurufnya hanya memiliki satu karakter atau simbol pada cipherteks, dan sebaliknya. Kunci yang digunakan adalah paranada yang menunjukkan korespondensi tersebut.

A. Implementasi A

Pada implementasi ini, tiap yang terdapat pada kunci digantikan menjadi suatu integer, di mana huruf A menjadi 1, huruf B menjadi 2, huruf C menjadi 3, dan seterusnya, kemudian integer tersebut dijumlahkan. Hasil penjumlahan di-mod-kan dengan 61. Hasil akhir ini akan menjadi panduan buku translasi mana yang akan dipilih. Notasi algoritmik dari penjelasan di atas dapat dilihat sebagai berikut:

```

in each char in kunci:
    if (char = 'A') nilai = 1;
    else if (char = 'B') nilai = 2;
    .
    .
    .
    else (char = 'A') nilai = 1;
    jumlah = jumlah + nilai;

jumlah = jumlah % 61;
    
```

Nilai pada jumlah tersebut akan menentukan substitution box (S-Box) yang akan digunakan. S-Box menunjukkan alat musik apa yang akan dimainkan untuk suatu karakter tertentu. Untuk jumlah = 0, S-Box yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1 S-Box jumlah = 0

char	a	b	c	d	e	f	g	h	i
code	27	28	29	30	31	32	33	34	35

Setiap huruf yang terdapat pada plainteks ditranslasi sesuai dengan S-Box yang telah ditentukan. Huruf-huruf tersebut kemudian menjadi kode alat musik yang akan dimainkan sesuai dengan Gambar 6.

Jika kita mempunyai plainteks 'sepatu' dengan kunci 'gelas', maka dengan menjumlahkan semua huruf yang ada di kata 'gelas' dan melakukan operasi modulo dengan 61, didapatkan jumlah = 44. S-Box yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2 S-Box jumlah = 44

char	a	b	c	d	e	f	g	h	i
code	71	72	73	74	75	76	77	78	79

Dari tabel di atas, hasil translasi plainteks adalah sebagai berikut:

s = 28
e = 75
p = 86
a = 27
t = 29
u = 30

Dari hasil translasi di atas, didapatkan cipherteks sebagai berikut:



Meskipun tidak terlalu terlihat dari partitur di atas, tapi suara yang dihasilkan oleh partitur di atas adalah musik sederhana yang tidak menimbulkan persepsi kalau musik tersebut mengandung suatu pesan.

B. Implementasi B

Kekurangan dari Implementasi A adalah ketika kriptanalis meminta partitur dari lagu tersebut, maka ia akan curiga melihat datarnya notasi balok yang membangun lagu tersebut.

Pada implementasi ini, sama halnya dengan Implementasi A, hanya saja hasil penjumlahan kuncinya akan di-mod-kan dengan 18, karena S-Box yang dibentuk bukan berdasarkan daftar 61 alat-alat musik seperti yang telah disebutkan sebelumnya, namun berdasarkan 18 notasi balok yang ada dibawah daftar alat-alat musik yang terdapat pada Gambar 6.

Dengan menggunakan contoh kasus yang sama pada Implementasi A, didapatkan jumlah = 8. S-Box yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3 S-Box jumlah = 8

char	a	b	c	d	e	f	g	h	I
not ke-	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Dari tabel di atas, hasil translasi plainteks adalah sebagai berikut:

s = not ke-9
e = not ke-13
p = not ke-6
a = not ke-9
t = not ke-10
u = not ke-11

Dari hasil translasi di atas, didapatkan cipherteks sebagai berikut:



Dari cipherteks di atas terlihat bahwa kekurangan pada Implementasi A telah berhasil ditangani. Beragamnya notasi balok yang terbentuk membuat kriptanalis tidak mencurigai bahwa ada pesan tersembunyi di balik partitur tersebut.

V. KESIMPULAN

Elemen-elemen musik dapat dijadikan sebagai alat untuk menyembunyikan pesan. Proses steganografi dilakukan dengan melakukan translasi huruf per huruf ke dalam notasi balok. Untuk menghindari kecurigaan, alat musik yang digunakan adalah alat musik tanpa nada (perkusi) karena lagu yang dimainkan oleh alat-alat perkusi tanpa nada tidak perlu mengikuti aturan-aturan dalam membuat musik, seperti chord, harmoni, kunci paranada, dan sebagainya. Dengan metode seperti ini, setiap teks dapat ditranslasi menjadi partitur musik yang dapat dinikmati.

Proses enkripsi dilakukan dengan melakukan translasi dari teks ke notasi balok. Hasil cipherteksnya adalah lagu yang dimainkan dari notasi balok yang terbentuk. Proses dekripsi dilakukan dengan mengubah lagu menjadi partitur dan melakukan translasi terhadap partitur tersebut menjadi teks.

Kekurangan dari penelitian ini adalah plainteks yang dapat disembunyikan hanya bisa berupa teks biasa. Diharapkan pengembangan selanjutnya dapat melakukan steganografi pada file apapun ke dalam musik perkusi tanpa nada. Selain itu, proses translasi dari teks ke dalam notasi balok masih belum bisa dilakukan secara efektif dan efisien, sehingga ke depannya, dibutuhkan suatu aplikasi yang dapat melakukan translasi not balok menjadi teks dan sebaliknya.

Untuk menambah keamanan, sebelum dilakukan proses translasi, ada baiknya dilakukan proses kriptografi kepada plainteks. Perpaduan steganografi dan kriptografi akan membuat pekerjaan kriptanalis menjadi sangat rumit.

VI. ACKNOWLEDGMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Rinaldi Munir, selaku dosen mata kuliah Kriptografi, atas bimbingannya dalam menyusun makalah ini. Tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada segenap

anggota Marching Band Waditra Ganesha (MBWG) ITB yang telah membantu penulis mempelajari musik perkusi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gary D. Cook, *Teaching Percussion*, p.2, 3rd edn, 2006, Thomson Schirmer, ISBN 0-534-50990-8
- [2] Munir, Rinaldi. 2005. *Kriptografi*. Bandung: Penerbit ITB.
- [3] <http://arisultan.wordpress.com/pengertian-nada-ritme-dan-harmoni-dalam-musik/>, diakses tanggal 5 Maret 2013 pukul 00.32 WIB.
- [4] Taruskin, Richard *The Oxford History of Western Music, Volume 1 - Music from the earliest notations to the 16th century* Chapter 1, the curtain goes up, page 6. (Oxford: Oxford University Press, 2010).
- [5] <http://whiempymusic.blogspot.com/2010/03/membaca-not-balok.html>, diakses tanggal 26 Maret 2013 pukul 03.00 WIB.
- [6] <http://mq.oxfordjournals.org/content/78/3/557.full.pdf+html>, diakses tanggal 26 Maret 2013 pukul 04.15 WIB.
- [7] <http://www.oldenwilde.org/oldenwilde/teaching/musciphr.html>, diakses tanggal 26 Maret 2013 pukul 04.16 WIB.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 26 Maret 2013



Wiko Putrawan 13509066