

Pengembangan Fungsi Hash Menggunakan Sistem Katapayadi dan Elemen Musik

Emeraldy Widiyati 13508067
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
If18067@students.itb.ac.id

Abstrak--Pada dunia kriptografi, terdapat berbagai macam teknik untuk melakukan autentifikasi terhadap pesan yang dikirimkan. Salah satunya adalah menggunakan fungsi hash. Fungsi hash, seperti halnya kriptografi, telah dikenal dan dipakai sejak zaman dahulu dengan menggunakan berbagai simbol. Mengalami perkembangan dari segi tingkat keamanan dan media, akhirnya hingga hari ini terdapat berbagai variasi fungsi hash yang aplikatif dan dipakai oleh masyarakat luas, sebagai contoh yaitu MD (message digest), SHA (secure hash algorithm), dan fungsi-fungsi lainnya.

Dunia numerikal sangat erat kaitannya dengan fungsi hash, karena pada umumnya, fungsi hash mengubah seluruh rangkaian pesan menjadi rangkaian pesan baru berupa perpaduan antara string dan numerik yang lebih pendek lagi sensitif dan unik untuk tiap masukan yang berbeda. Sistem Katapayadi merupakan salah satu sistem numerik yang diketahui pernah digunakan untuk fungsi hash, dan fungsi hash tersebut berhubungan dengan Carnatic music. Carnatic music adalah musik India kuno. Selain dapat direpresentasikan dengan elemen musik tradisional, Carnatic music pun dapat diterjemahkan menggunakan elemen musik modern.

Berdasarkan fakta bahwa Carnatic music dapat dihubungkan dengan elemen music modern yang ada saat ini, pada makalah ini penulis akan mencoba mengeksplorasi hubungan antara sisitem Katapayadi, Carnatic music, dan elemen musik modern, serta memanfaatkan keterhubungan ketiga hal tersebut untuk mengembangkan fungsi hash menggunakan elemen musik dan sistem Katapayadi yang telah disebutkan.

Kata kunci — kriptografi, hash, Katapayadi, Carnatic, musik

I. PENDAHULUAN

Informasi merupakan suatu yang bersifat vital bagi manusia. Dengan adanya informasi, manusia dapat belajar, melakukan *reasoning*, serta menambah pengetahuan dirinya sendiri dan menambah pengetahuan

orang lain, jika informasi tersebut diteruskan kepada orang lain. Informasi ini sendiri dapat berupa pesan melalui berbagai media, seperti verbal (perkataan), gerak tubuh, maupun representasi digital.

Pesan yang beredar di dunia ini pada dasarnya belum memiliki suatu jaminan keamanan dari kemungkinan adanya pengubahan atau manipulasi ketika pesan berada dalam proses pengiriman. Oleh karena itu, seringkali dibutuhkan suatu “kunci” atau pesan duplikasi yang dapat memastikan keutuhan pesan tetap terjaga, dengan kata lain, apa yang sampai pada penerima adalah sama dengan apa yang dikirim oleh pengirim.

Berdasarkan hal tersebut, terciptalah suatu fungsi yang bernama fungsi hash. Fungsi hash sendiri sebenarnya memiliki kegunaan utama yaitu untuk mengubah pesan yang berukuran besar menjadi pesan berupa nilai hasil hash yang lebih singkat, dan biasanya tidak diketahui artinya (acak). Pada fungsi hash yang sempurna, proses hash bersifat sensitif, yaitu setiap ada perbedaan walau sekecil apapun pada suatu pesan yang telah dimanipulasi, nilai hash pesan termanipulasi tersebut akan berbeda dengan nilai hash pesan asli. Hal inilah yang menjadikan fungsi hash cukup dipercaya untuk dipakai dalam masalah autentifikasi dan pengecekan pesan.

Dari sisi historis, ternyata fungsi hash telah ditemukan dan dipakai oleh masyarakat India kuno. Fungsi hash ini berkaitan dengan suatu sistem numerik yang dinamakan sistem Katapayadi yang diperkirakan telah diciptakan dan digunakan pada sekitar abad keenam hingga abad kedelapan.. Penggunaan sistem ini diketahui berkisar untuk bidang matematik dan astronomi, Carnatic music, dan representasi tanggal.

In Malayalam	ആയുരാരോഗ്യസൗഖ്യം
In Devanagari	आयुरारोग्यसौख्यम्
In IAST	āyurārogyasaukhyam
Value as per Katapayādi	1712210

Tabel 1 Penggunaan Katapayadi untuk penanggalan

Keterhubungan antara kriptografi, dalam hal ini fungsi hash, dan elemen musik dapat kita lihat dari hal penggunaan sistem Katapayadi pada Carnatic music. Carnatic music merupakan music kuno yang berasal dari wilayah selatan India. Carnatic music memiliki elemen khas yang erat dengan sistem Katapayadi, yaitu raga, yang menentukan emosi atau jiwa yang dibawakan dalam sebuah alunan melodi dengan aturan tertentu. Raga sendiri dapat dianalogikan sebagai tangga nada (*scales*) pada elemen musik modern (Western).

Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa elemen musik dan sistem yang terkait di dalamnya dapat dikembangkan menjadi suatu hal yang membuat kriptografi ini menjadi lebih menarik untuk ditelaah lebih dalam lagi dari sudut pandang seni musik. Walaupun hasil dari pengembangan sifatnya belum terlalu aplikatif, setidaknya hal inilah yang membuat kriptografi menjadi semakin indah.

II. TEORI DASAR

Pada teori dasar, akan dijelaskan secara singkat mengenai fungsi hash (satu arah), sistem Katapayadi, Carnatic music (swara dan raga), dan beberapa elemen musik modern terkait pengembangan fungsi hash ini.

II.1 Fungsi Hash

Fungsi hash adalah sebuah fungsi yang menerima masukan string yang panjangnya sembarang lalu mentransformasikannya menjadi string keluaran yang panjangnya tetap. Persamaan fungsi hash adalah sebagai berikut :

$$h = H(M)$$

M = pesan ukuran sembarang
 h = nilai *hash* atau pesan-ringkas (*message-digest*)
 $h \lllll M$

Fungsi hash satu-arah (*one-way hash function*) merupakan fungsi hash yang mana pesan yang sudah diubah menjadi *message digest* tidak dapat dikembalikan lagi menjadi pesan semula.

Sifat-sifat fungsi *hash* satu-arah adalah sebagai berikut:

- Fungsi H dapat diterapkan pada blok data berukuran berapa saja.
- H menghasilkan nilai (h) dengan panjang tetap (*fixed-length output*).
- $H(x)$ mudah dihitung untuk setiap nilai x yang diberikan.
- Untuk setiap h yang dihasilkan, tidak mungkin dikembalikan nilai x sedemikian sehingga $H(x) = h$. Itulah sebabnya fungsi H dikatakan fungsi *hash* satu-arah (*one-way hash function*).
- Untuk setiap x yang diberikan, tidak mungkin mencari

$y \neq x$ sedemikian sehingga $H(y) = H(x)$.

- Tidak mungkin mencari pasangan x dan y sedemikian sehingga $H(x) = H(y)$.

Aplikasi fungsi hash satu arah di antaranya adalah sebagai berikut:

- Menjaga integritas data.
- Menghemat waktu pengiriman.
- Menormalkan panjang data yang beraneka ragam.

II.2 Sistem Katapayadi

Sistem Katapayadi pada awalnya berupa suatu aturan bernama “ka-Ta-pa-ya” yang digunakan matematikawan dan ahli tata bahasa untuk memetakan abjad Sanskrit menjadi huruf, seperti terlihat pada gambar berikut :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ka क	kha ख	ga ग	gha घ	nga ङ	ca च	cha छ	ja ज	jha झ	nya ञ
ta ट	tha ठ	da ड	dha ढ	na ण	ta त	tha थ	da द	dha ध	na न
pa प	pha फ	ba ब	bha भ	ma म	-	-	-	-	-
ya य	ra र	la ल	va व	sha श	sha ष	sa स	ha ह	-	-

Tabel 2 Pemetaan Katapayadi

Aturan sistem Katapayadi secara umum yaitu:

- Setiap konsonan memiliki angka yang ditetapkan padanya sesuai dengan tabel di atas. Misalnya, ‘ba’ akan selalu bernilai 3. Kebalikannya, angka 5 dapat direpresentasikan dengan nga atau na atau ma atau sha.
- Seluruh huruf vokal yang dapat berdiri sendiri dipetakan sebagai 0.
- Bila terjadi gabungan, konsonan yang melekat pada huruf non-hidup akan selalu memiliki nilai. Contohnya, ‘kya’ dibangun oleh k + ya + a. Konsonan yang bersandingan dengan huruf vokal adalah ya. Jadi angka yang berkorespon dengan kya adalah 1.
- Tidak ada cara untuk merepresentasikan pemisah desimal pada sistem.
- Orang India menggunakan sistem angka Hindu-Arab untuk penomoran, yang secara tradisional ditulis pada tingkat nilai yang meningkat dari kiri ke kanan.

II.3 Carnatic Music

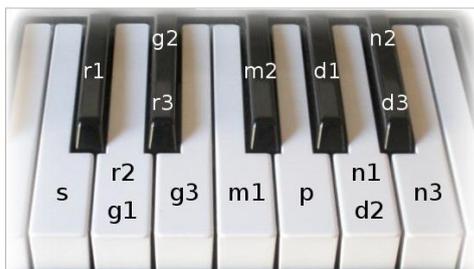
Carnatic music adalah suatu aliran musik yang merupakan salah satu pokok *sub-genre* dari musik klasik India yang berkembang dari tradisi Hindu kuno. Elemen-elemen pokok dari Carnatic music adalah sruti (ketinggian nada relatif), swara (bunyi nyanyian), raga (formula melodis), dan tala (siklus ritme).

II.3.1 Sapthaswaras

Sapthaswaras (tujuh suara) merupakan tujuh nada (not) utama dalam Carnatic music. Mereka adalah s, r, g, m, p, d dan n. Di antara tujuh nada tersebut, s dan p tidak

mempunyai variasi, sedangkan nada lainnya memiliki dua hingga tiga variasi *pitch* (tinggi nada). Di bawah ini adalah kemungkinan variasi untuk semua nada Carnatic.

Kamus nada
S = Shadjama
R1 = Shudhdha Rishabha
R2 = Chathushruthi Rishabha
R3 = Sathshruthi Rishabha
G1 = Shudhdha Gandhara
G2 = Sadharana Gandhara
G3 = Anthara Gandhara
M1 = Shudhdha Madhyama
M2 = Prathi Madhyama
P = Panchama
D1 = Shudhdha Daivatha
D2 = Chathushruthi Daivatha
D3 = Sathshruthi Daivatha
N1 = Shudhdha Nishadha
N2 = Kaishika Nishadha
N3 = Kaakali Nishadha



Gambar 1 Posisi nada Carnatic pada tuts piano

Berikut ini merupakan translasi Saptaswaras ke nada-nada modern (Western).

Carnatic	Western	Do=C
S	C	Do
R1	C# or Db	Di
R2, G1	D	Re
R3, G2	D# or Eb	Ri
G3	E	Mi
M1	F	Fa
M2	F# or Gb	Fi
P	G	Sol
D1	G# or Ab	Sel
D2, N1	A	La
D3, N2	A# or Bb	Le
N3	B	Si

Tabel 3 Perbandingan antara nada Carnatic dan Western

II.3.2 Sistem Raga

Sebuah raga dalam Carnatic music menjelaskan sekumpulan aturan untuk membangun melodi. Raga ini mirip dengan konsep tangga nada dan akor pada musik modern, yaitu mengatur rangkaian nada-nada yang sebaiknya dimainkan, dihindari, dan sebagainya.

Pada Carnatic music, diketahui raga-raga atau rangkaian yang sangat mirip dengan konsep tangga nada, yaitu raga sampoorana (semua raga dengan tujuh not pada skalanya), yang mana diklasifikasikan pada suatu sistem bernama melakarta, yang mengelompokkan mereka berdasarkan jenis not yang mereka miliki. Total melakarta raga yang diketahui hingga saat ini berjumlah 72. Berikut ini merupakan contoh 5 melakarta raga dan kombinasi nada-nadanya:

Nama	Arohana (menaik)	Avarohana (menurun)
kanakAngi	S R1 G1 M1 P D1 N1 S	S N1 D1 P M1 G1 R1 S
rathnAngi	S R1 G1 M1 P D1 N2 S	S N2 D1 P M1 G1 R1 S
gAnamUrthi	S R1 G1 M1 P D1 N3 S	S N3 D1 P M1 G1 R1 S
vanaspathi	S R1 G1 M1 P D2 N2 S	S N2 D2 P M1 G1 R1 S
mAnavathi	S R1 G1 M1 P D2 N3 S	S N3 D2 P M1 G1 R1 S

Tabel 4 Contoh Melakarta Raga

II.4 Tangga Nada

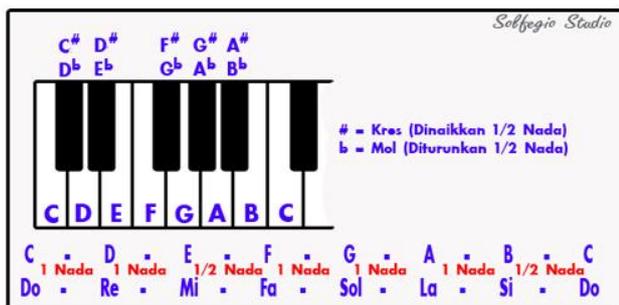
Salah satu elemen musik yang sangat penting dalam menyusun lagu adalah tangga nada. Tangga nada merupakan susunan berjenjang dari nada-nada pokok suatu sistem nada, mulai dari salah satu nada dasar sampai dengan nada oktafnya, misalnya do, re, mi, fa, sol, la, si, do. Dalam dunia musik diatonis, atau musik yang pada umumnya digunakan secara universal oleh orang-orang di dunia, terdapat dua jenis skala tangga nada. yaitu skala mayor dan skala minor.

	mol		kres	
	mayor	minor	mayor	minor
0	C	a	C	a
1	F	d	G	e
2	B \flat	g	D	b
3	E \flat	c	A	f \sharp
4	A \flat	f	E	c \sharp
5	D \flat	b \flat	B	g \sharp
6	G \flat	e \flat	F \sharp	d \sharp
7	C \flat	a \flat	C \sharp	a \sharp

Tabel 5 Perbandingan nada dasar tangga nada (huruf besar : mayor, kecil minor)

Skala mayor (*major scale*) merupakan skala tangga nada yang tersusun oleh delapan not, nada utama (natural) dari skala ini adalah do=C, dan jarak-jarak antara not yang berurutan dalam skala mayor adalah 1, 1, 1/2, 1, 1, 1, 1/2. Maksud dari angka 1 dan 1/2 di sini merepresentasikan nada-nada yang mengikuti aturan jarak atau interval.

Penggambaran jarak atau interval dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2 Jarak nada pada media tuts piano

Skala minor (*minor scale*) merupakan skala tangga nada yang tersusun oleh delapan not, nada utama (natural) dari skala ini adalah do=A (terlihat pada gambar), dan jarak-
jarak antara not yang berurutan dalam skala mayor adalah 1, 1/2, 1, 1, 1/2, 1, 1. Tangga nada minor dapat dilihat sebagai mode musik keenam dalam tangga nada mayor. Tangga nada minor kadangkala dianggap mempunyai bunyi yang cenderung lebih sedih dibandingkan dengan tangga nada mayor. Contoh tangga nada minor adalah sebagai berikut:

do=A (minor scale)

A B C D E F G A'
do re mi fa sol la si do

jarak A-B = 1 (A-Ais-B)
jarak B-C = 1/2 (B-C)
jarak C-D = 1 (C-Cis-D)
jarak D-E = 1 (D-Dis-E)
jarak E-F = 1/2 (E-F)
jarak F-G = 1 (F-Fis-G)
jarak G-A' = 1 (G-Gis-A')

Pada tangga nada, baik tangga nada mayor atau minor, intinya jika kita ingin menggunakan skala do=X, dengan X adalah nada (C, Cis, D, dsb), kita tidak boleh lupa jenis tangga nada yang kita mainkan, karena penyusunan nada-nada berikutnya harus mengacu pada jarak atau interval yang sudah ditentukan, kecuali jika ada kasus tertentu seperti tangga nada minor melodi meningkat, tangga nada minor harmonis, dan sebagainya.

III. PENGEMBANGAN FUNGSI HASH MENGGUNAKAN SISTEM KATAPAYADI DAN ELEMEN MUSIK

Berikut merupakan rancangan pengembangan fungsi hash dengan menggunakan sistem Katapayadi dan perpaduan antara elemen musik tradisional (dalam hal ini, yang dipakai adalah melakarta raga pada Carnatic music) dan elemen music modern (berhubungan dengan tangga nada dan translasi kriptografi musikal). Fungsi hash ini menggunakan prinsip dasar korespondensi atau pemetaan

pada table-tabel translasi. Dengan sedikit modifikasi menggunakan sistem *scaling* yang berlaku pada elemen musik modern, fungsi hash dapat ditingkatkan menjadi lebih kompleks dan sulit dikembalikan.

III.1 Penerapan Tahap I

Penerapan ini merupakan translasi sederhana yang pernah digunakan pada masa India kuno, yaitu mengubah string menjadi angka menggunakan sistem Katapayadi. Perubahan ini berkaitan dengan sistem menghafal raga, yaitu sistem hapalan yang menggunakan kata lain yang lebih mudah diingat dan menggunakan sistem Katapayadi untuk menghubungkan antara indeks raga dengan swara yang menyusunnya. Aturannya adalah sebagai berikut:

1. Ambil dua huruf konsonan terdepan pada string, lalu petakan sesuai dengan tabel Katapayadi sehingga menjadi dua digit nilai. Tukar posisi kedua digit tersebut.

Contoh :

String = mayasari
konsonan 1 = ma = 5
konsonan 2 = ya = 1
digit hasil = 51
digit yang diperoleh = **15**

2. 72 raga pada Carnatic music dibagi menjadi dua kelompok. 36 raga pertama mengandung swara M1, dan 36 raga lainnya mengandung swara M2. Pada tiap kelompok, variasi R, G, D, N akan terjadi secara siklik. Perubahan R dan G akan berlangsung lebih lambat dari D dan N (lihat tabel pada teori raga).

Contoh :

M1 R1G1 D1N1
D1N2
D1N3
D2N2
D2N3
D3N3
R1G2 D1N1
D1N2
dst...

3. Kembali ke digit yang diperoleh, jika digit berkisar 1 hingga 36, maka masuk ke dalam kelompok M1, dan sisanya masuk kelompok M2. Jika nilai digit > 36, kurangi digit tersebut dengan 36. Lalu, bagi digit dengan angka 6, dan simpan hasil bagi serta sisa dari pembagian tersebut.

Contoh :

digit = 15
hasil bagi = 15 div 6 = 2
sisa = 15 mod 6 = 3

4. Jika sisa = 0, kombinasi ke-6 D dan N (D3 N3) terjadi, dan hasil bagi menentukan kombinasi R dan G. Jika sisa tidak 0, nilai sisa menentukan kombinasi D dan N, sedangkan kombinasi R dan G ditentukan oleh hasil bagi + 1.

Contoh :

sisa = 3
 kombinasi (Di Nj) = (D1 N3)
 hasil bagi = 2
 kombinasi (Rk Gl) = (R1 G3)

**lihat deret kombinasi di poin 2*

5. Karena S dan P hanya ada 1 variasi, maka susunan raga untuk string 'mayasari' adalah:

S R1 G3 M1 P D1 N3
 nomor raga:
15
 nama raga terkait:
mAyAmALava gowLA

III.2 Penerapan Tahap II

Berikut merupakan pengembangan sederhana fungsi hash dari penerapan tahap I. Sekarang, string hasil hash sudah didapatkan, yaitu :

S R1 G3 M1 P D1 N3

1. Tentukan pemetaan tangga nada yang akan dipakai untuk mentranslasikan string Carnatic menjadi string Western. Pada penerapan ini, digunakan seluruh tangga nada dari jenis tangga nada mayor.

Contoh :

	0	1	2	3	4	5	MAJOR
0	do	do	do	do	do	do	
	=	=	=	=	=	=	
	C	D	E	F#	G#	A#	
1	do	do	do	do	do	do	
	=	=	=	=	=	=	
	C#	D#	F	G	A	B	

Tabel 6 Tabel korespondensi

2. Untuk menentukan tangga nada yang dipakai dapat dilakukan dengan menggunakan menggunakan total penjumlahan tiap-tiap nilai ASCII karakter penyusun string. Sebelum dijumlahkan, nilai ini terlebih dahulu dikalikan dengan posisi karakter terhitung dari awal penulisan. Jenis tangga nada akan ditentukan dengan hasil penjumlahan mod 2, dan tingkatan tangga nada akan ditentukan dengan digit mod 6.

Contoh:

$$\begin{aligned} \text{mayasari} = & \\ & (109*1) + (97*2) + (121*3) + (97*4) + \\ & (115*5) + (97*6) + (114*7) + (105*8) = \\ & 3849 \end{aligned}$$

$$3849 \text{ mod } 2 = 1$$

$$3849 \text{ mod } 6 = 3$$

tangga nada yang dipakai:

do = G (mayor)

do	re	mi	fa	sol	la	si
G	A	B	C	D	E	F#

Tabel 7 Pemetaan do=G

3. Dengan menggunakan tabel peralihan antara nada (not) Carnatic (swara) dan Western, dapatkan not-not dinamis (do, re, mi, dst) dari string Carnatic. lalu, translasikan kembali not-not dinamis menjadi nada statis pada tangga nada do=D(minor).

Contoh :

S R1 G3 M1 P D1 N3
 Do Di Mi Fa Sol Sel Si
G G# B C D D# F#

4. Akhirnya, string hasil hash yang diperoleh yaitu :

G G# B C D D# F#

IV. ANALISIS TIAP PENERAPAN

Penerapan tahap 1 merupakan penerapan yang memang ditujukan untuk kepentingan menghafal raga pada India kuno. Jika digunakan untuk autentifikasi atau mengecek perbedaan dari string, fungsi ini memiliki kelemahan yang cukup besar, yaitu hanya menggunakan dua konsonan awal untuk dimasukkan ke dalam fungsi sehingga sensitivitas hanya bergantung pada dua abjad tersebut. Contoh akibat yang dapat ditimbulkan:

String A = mayasari
 String B = mayapada
F(A)=F(B)

Penerapan tahap 2 merupakan pengembangan yang cukup signifikan, karena fungsi hash kini melibatkan seluruh karakter pada string dan menaikkan sensitivitasnya berdasarkan posisi karakter. Kini perubahan kecil dapat mempengaruhi nilai hasil hash.

V. KESIMPULAN

Pengembangan fungsi hash menggunakan sistem Katapayadi dan elemen musik merupakan inovasi yang masih dapat terus dikembangkan, mengingat sistem Katapayadi memiliki beberapa variasi yang merupakan derivasi dari aturan pokok, dan elemen musik pun memiliki banyak keterhubungan antar elemen dan aturan-aturan yang dapat dimanfaatkan untuk menciptakan fungsi hash yang lebih beragam.

Fungsi hash yang dikembangkan sudah cukup memenuhi standar-standar pengaplikasian fungsi hash satu arah. Pertama, dari segi ketetapan panjang nilai hash, hasil fungsi yang selalu berupa tujuh nada. Kedua, dari sisi integritas, karena sensitivitas yang cukup tinggi, fungsi hasil penerapan tahap dua dirasa mampu untuk memenuhi kebutuhan akan autentifikasi. Selain itu, tabel korespondensi yang berlapis semakin menyulitkan dan menyebabkan pembalikan nilai menjadi menuju tidak mungkin.

Adapun kelemahan atau kekurangan dari sistem yang masih dalam pengembangan ini yaitu masih menemui kendala dari segi string yang dapat ditranslasikan. Karena sistem Katapayadi hanya menggunakan bahasa Sanskrit, maka konsonan yang terfasilitasi masih terbatas sekitar konsonan yang terdapat pada tabel pemetaan. Belum terdapat aturan yang menerangkan secara jelas apa yang harus dilakukan jika menemui konsonan dari sistem abjad modern yang tidak terdapat pada tabel. Selain itu, yang dapat ditangani masih string berupa abjad, belum berupa angka.

Pengembangan yang dapat dilakukan ke depannya yaitu melakukan penanganan terhadap abjad modern dan angka sehingga string yang dimasukkan dapat lebih bebas dan universal. Selain itu, untuk meningkatkan kinerja, fungsi hash yang masih dikembangkan ini dapat dipertanggung dengan memadukannya bersama dengan sistem numerik yang lebih luas/ populer dipakai.

V. ACKNOWLEDGMENT

Ucapan terima kasih saya haturkan kepada Bapak Rinaldi Munir, selaku dosen pengajar dan pembimbing saya dalam mata kuliah Kriptografi, dan Yunadi Yustinus yang telah membantu saya dalam memahami teori musik.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi. Fungsi *Hash*, Bahan Kuliah IF3058 Kriptografi. Teknik Informatika, STEI-ITB.
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Katapayadi_system
waktu akses : 26 April 2011
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Major_scale
waktu akses : 06 Mei 2011
- [4] <http://en.wikipedia.org/wiki/Melakarta>
waktu akses : 07 Mei 2011
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Musical_scale
waktu akses : 06 Mei 2011
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Staff_%28music%29
waktu akses : 06 Mei 2011
- [7] <http://maitrajeevache.posterous.com/hashin-algorithm-in-ancient-indian-music-sys>
waktu akses : 26 April 2011
- [8] <http://scienceinvedas.blogspot.com/2006/12/abstract-essence-of-modern-hashing.html>
waktu akses : 26 April 2011

- [9] <http://www.hitxp.com/keyboard-music-notes/articles/carnatic-melakartha-raga-list/>
waktu akses : 06 Mei 2011
- [10] <http://www.keylessonline.com/legend>
waktu akses : 08 Mei 2011

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, 09 Mei 2011

ttd



Emeraldy Widiyadi
13508067