IMPLEMENTASI ALGORITMA RIPEMD160 UNTUK MENDETEKSI KEASLIAN SERTIFIKAT TANAH

Joslin Nababan¹, Pristiwanto², M.Sayuthi³

Program Studi Teknologi Informatika STMIK Budi Darma, Medan, Indonesia
Email: ¹nababanjoslin@gmail.com

Abstrak

Pada era sekarang ini, sertifikat tanah sering dijadikan sebagai jaminan untuk mengajukan pinjaman uang, baik secara langsung maupun online, sehingga keamanan dari sertifikat tanah perlu ditingkatkan. Sertifikat tanah dalam bentuk digital, sangat mudah dilakukan proses manipulasi. Saat ini ada banyak perangkat lunak dapat digunakan untuk memanipulasi citra digital. Dengan kecanggihan perangkat lunak tersebut bisa membuat citra digital yang dimanipulasi sulit untuk diketahui manusia secara langsung. Proses manipulasi pada data digital juga mudah dilakukan, sehingga perlu mekanisme untuk mengetahui bahwa suatu sertifikat digital, tidak mengalami perubahan dari aslinya. Dalam kriptografi, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk mengamankan sebuah data, baik untuk menjaga kerahasiaan data, dan mendeteksi keaslian data. Salah satu teknik yang dapat digunakan adalah dengan fungsi hash yang ada dalam kriptografi. Fungsi hash merupakan fungsi satu arah yang dapat digunakan untuk mengetahui otentikasi suatu pesan. Untuk memastikan sebuah dokumen asli atau tidak, terdapat beberapa metode dengan konsep otentifikasi, serta dapat mendeteksi perubahan dokumen dari hasil manipulasi salah satunya adalah algoritma RIPEMD160. Dengan menerapkan algoritma RIPEMD160 akan memudahkan dan mempercepat untuk mendeteksi keaslian citra digital.

Kata kunci: Kriptografi, Fungsi Hash, RIPEMD160

Abstract

In this era, land certificates are often used as collateral to apply for loan money, both directly and online, so the security of land certificates needs to be improved. Land certificates in digital form, the manipulation process is very easy. Today there is a lot of software that can be used to manipulate digital images. With the sophistication of the software it can make manipulated digital images difficult for humans to know directly. The process of manipulation of digital data is also easy to do, so it needs a mechanism to know that a digital certificate, does not change from the original. In cryptography, there are various methods that can be used to secure a data, both to maintain the confidentiality of the data, and detect the authenticity of the data. One technique that can be used is the hash function in cryptography. The hash function is a one-way function that can be used to determine the authentication of a message. To ensure an original document or not, there are several methods with the concept of authentication, and can detect document changes from the results of manipulation, one of which is the RIPEMD160 algorithm. Applying the RIPEMD160 algorithm will make it easier and faster to detect the authenticity of digital images.

Keywords: cryptography, Hash Function, RIPEMD160

1. PENDAHULUAN

Pada era sekarang ini, sertifikat tanah sering dijadikan sebagai jaminan untuk mengajukan pinjaman uang, baik secara langsung maupun online, hal ini merupakan salah satu hal yang menyebabkan mudahnya seseorang dalam memanipulasi sertifikat tanah, sehingga keamanan dari sertifikat tanah perlu ditingkatkan. Sertifikat tanah dalam bentuk digital, sangat mudah dilakukan proses manipulasi, baik dalam hal mengubah isi surat tanah sipemilik maupun dalam hal penggandaan sertifikat tanah. Saat ini ada banyak perangkat lunak dapat digunakan untuk memanipulasi citra digital. Dengan kecanggihan perangkat lunak tersebut bisa membuat citra digital yang dimanipulasi sulit untuk diketahui manusia secara langsung. Sertifikat ganda menimbulkan ketidakpastian hukum, apabila sertifikat itu digunakan untuk kepentingan tertentu dapat menimbulkan ketidakjelasan hak dan kewajiban bagi pemegangnya dan berpotensi merugikan berbagai pihak, serta berpotensi memunculkan sengketa hukum diantara pihak yang terkait. Proses manipulasi pada data digital juga mudah dilakukan, sehingga perlu mekanisme untuk mengetahui bahwa suatu sertifikat digital, tidak mengalami perubahan dari aslinya[1].

Kriptografi merupakan salah satu metode pengamanan data yang dapat digunakan untuk menjaga kerahasiaan data, keaslian data, serta keaslian pengiriman. Metode ini bertujuan agar informasi yang bersifat rahasia yang dikirim melalui telekomunikasi umum tidak dapat diketahui atau dimanfaatkan orang yang tidak berkepentingan atau yang tidak berhak. Dalam kriptografi, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk mengamankan sebuah data, baik untuk menjaga kerahasiaan data, dan mendeteksi keaslian data. Untuk memastikan sebuah dokumen asli atau tidak, terdapat beberapa metode dengan konsep otentifikasi, serta dapat mendeteksi perubahan dokumen dari hasil manipulasi salah satunya adalah algoritma RIPEMD160. Algoritma RIPEMD160 merupakan variasi dari algoritma MD4 dan peningkatan dari algoritma RIPEMD128. Algoritma RIPEMD160 juga merupakan suatu fungsi hash kriptografi yang cepat, dan dirancang untuk implementasi pada perangkat lunak dengan arsitektur 32-bit. RIPEMD160 menghasilkan 160 bit. Hal ini dimaksudkan untuk menyediakan level yang lebih tinggi untuk 10 tahun yang akan datang[2].

2. TEORITIS

2.1 Kriptografi

Kriptografi (*cryptography*) berasal dari bahasa Yunani: “*cryptos*” artinya “*secret*” (rahasia), sedangkan “*graphein*” artinya “*writing*” (tulisan). Jadi, kriptografi berarti “*secret writing*” (tulisan rahasia)[3]. Kriptografi pada awalnya dijabarkan sebagai ilmu yang mempelajari bagaimana menyembunyikan pesan, namun pada pengertian modern kriptografi berarti ilmu yang berdasarkan pada teknik matematika untuk berurusan dengan keamanan informasi seperti kerahasiaan, keutuhan data dan otentifikasi entitas[4]. Kriptografi juga dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang teknik matematika yang berhubungan dengan aspek keamanan informasi seperti tingkat keyakinan, integritas data, autentifikasi entitas dan autentifikasi keaslian data[5].

2.2 Fungsi Hash

Fungsi *hash* memiliki kemiripan dalam struktur iterasi. Struktur tersebut berlandaskan pada kaidah-kaidah pada fungsi kompresi. Dengan kata lain, komputasi untuk menghasilkan fungsi *hash* sangat bergantung pada pesan input yang diberikan (*message depend*) yang biasa disebut dengan variabel berantai (*chaining variable*). Pada permulaan proses *hashing*, *chaining variable* tersebut diinisialisasi dengan suatu nilai tertentu yang sifatnya tetap. Hal ini merupakan salah satu dari spesifikasi algoritma fungsi *hash*[3].

Fungsi kompresi digunakan untuk mengubah atau update nilai-nilai yang terdapat *chaining variable* dengan menggunakan cara atau algoritma yang cukup rumit. Proses ini berlanjut secara rekursif dengan *chaining variable* selalu di-update terus menerus untuk setiap bagian pada pesan tersebut, hingga semua pesan telah digunakan. Nilai akhir dari *chaining variable* akan menjadi nilai *hash* yang berkorespondensi dengan pesan tersebut. Fungsi *hash* yang dipakai dalam kriptografi harus memenuhi beberapa syarat sehingga dapat dianggap aman, yaitu *preimage*, *second preimage* dan *collision*[6].

1. *Preimage*

Kriteria keamanan dengan syarat *Preimage* yaitu ketahanan terhadap serangan, dimana fungsi *hash* diharuskan bersifat satu arah.

2. *Second Preimage*

Sebuah fungsi *hash* untuk sistem kriptografi harus tahan terhadap serangan *second preimage* atau dengan kata lain sulit bagi penyerang untuk menyelesaikan persoalan *second preimage*.

3. *Collision*

Persoalan *collision* hampir mirip dengan persoalan *second preimage* hanya saja persoalan *collision* penyerang hanya diberikan fungsi *hash* lalu penyerang berusaha menemukan sepasang pesan.

2.3 Algoritma RIPEMD160

Algoritma RIPEMD-160 (*Race Integrity Primitives Evaluation Message Digest-160*), dirancang oleh Bart Preneel, Antoon Bosselaers dan Hans Dobbertin pada tahun 1996, merupakan fungsi *hash* kriptografi yang cepat yang dibuat untuk diimplementasikan pada software yang dijalankan pada mesin berarsitektur 32-bit. RIPEMD-160 adalah salah satu contoh algoritma *hash* yang sering juga disebut dengan nama fungsi pembanding, fungsi penyusutan, intisari pesan, sidik jari, *message integrity check* (MIC) atau pemeriksa keutuhan pesan dan *manipulation detection code* (MDC) atau pendeteksi penyelewengan kode[3].

RIPEMD-160 adalah suatu fungsi *hash* kriptografi yang dirancang untuk implementasi pada perangkat lunak dengan arsitektur 32 bit. Desain utama dari fungsi *hash* ini ada dua proses komputasional yang berbeda dan saling independen, dimana hasil dari kedua proses ini akan digabungkan pada akhir perhitungan dengan sebuah fungsi kompresi. Sesuai dengan namanya RIPEMD-160 menghasilkan 160 bit. Hal ini dimaksudkan untuk menyediakan level sekuritas yang lebih tinggi untuk 10 tahun yang akan datang. Sama halnya dengan varian MD4 lainnya, RIPEMD-160 beroperasi pada prosesor 32-bit. Operasi dasar pada fungsi ini adalah sebagai berikut[3]:

1. Rotasi kiri (*left-rotation* atau *left-spin*) dari pesan masukan;
2. Operasi *bitwise Boolean AND*($\wedge$), *NOT*($\sim$), *OR*($\vee$), *exclusive-OR*($\oplus$);
3. Penambahan dua buah *string* sepanjang modulo 2^{32} pada nilai *hash* (*addition modulo*).

Dibawah ini adalah deskripsi langkah-langkah proses perhitungan nilai *hash* pada algoritma RIPEMD-160 [2]:

1. Definisi fungsi, permutasi dan inisialisasi *buffer*.

Sebelum proses perhitungan, terlebih dahulu didefinisikan fungsi-fungsi dan permutasi yang akan digunakan pada proses kompresi. Definisi kelima fungsi tersebut adalah :

1. $f1(x, y, z) = (x \oplus y \oplus z)$ (1)
2. $f2(x, y, z) = [(x \wedge y) \vee (\sim x \wedge z)]$ (2)
3. $f3(x, y, z) = [(x \vee \sim y) \oplus z]$ (3)
4. $f4(x, y, z) = [(x \wedge z) \vee (y \wedge \sim z)]$ (4)
5. $f5(x, y, z) = [x \oplus (y \vee \sim z)]$ (5)

Kemudian disiapkan juga suatu vektor awal, yaitu *buffer* (H_0, H_1, H_2, H_3, H_4), yang masing-masing nilainya dalam notasi heksadesimal adalah:

$H_0 : 67452301x;$

$H_1 : EFCDAB89x$

$H_2 : 98BADCFEx;$

$H_3 : 10325476x;$

$H_4 : C3D2EIFOx$

Selain lima *buffer* yang digunakan sebagai penyimpan nilai awal, dalam algoritma RIPEMD160 ini digunakan juga 10 *buffer* untuk menyimpan nilai sementara selama proses kompresi.

2. *Padding* pesan
Pesan diisi sehingga panjangnya kongruen dengan 448, modulus 512. *Padding* 1 bit ditambahkan di akhir pesan, diikuti oleh banyaknya nol yang diperlukan sehingga panjang bit sama dengan 448 modulus 512.
3. Panjang *Append*
Proses *padding* dilakukan dengan cara menambahkan satu buah bit "1" diikuti k buah bit "0" diikuti dengan 64-bit integer, yang merupakan representasi biner dari panjang pesan asli, pada akhir pesan asli dimana 32 *least significant bit* diletakkan didepan 32-most significant bit sehingga panjangnya merupakan kelipatan 512.
4. Proses Kompresi
Bagian yang merupakan inti dari proses algoritma RIPEMD-160 ini, terdiri dari dua buah rantai fungsi, masing-masing terdiri dari 5 *round*, dimana setiap *round*-nya terdiri dari 16 operasi, yang dirangkai secara paralel. Langkah-langkahnya adalah:

a. Pendefinisian fungsi F dan F' , konstanta K dan K' untuk masing-masing *round*.

b. Pada setiap blok $X_1, X_2, \dots, X_n$ lakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Bagi X_i ke dalam 16 subblok 32 bit yaitu $X[k]$, $0 \leq k \leq 15$, menggunakan metode endian kecil, dengan mengubah susunan urutan byte, dimana paling kanan dijadikan *high order* diikuti oleh byte selanjutnya sampai dengan byte paling kiri dijadikan *low order*.

2. Set $A=A'=H_0$,

$B=B'=H_1$,

$C=C'=H_2$,

$D=D'=H_3$,

$E=E'=H_4$.

3. Kemudian, lakukan semua operasi yang ada pada kedua rangkaian rantai paralelnya. Setiap operasinya berupa fungsi ($a, b, c, d, e, X[i], s$), yang mendefinisikan operasi :

$T \leftarrow ((A \boxplus f(j, B, C, D) \boxplus X_i[r(j)] \boxplus K(j) \ll s(j)) \boxplus E;$

$(A \leftarrow E); (E \leftarrow D); (D \leftarrow C \ll 10); (C \leftarrow B); (B \leftarrow T);$

$T' \leftarrow ((A' \boxplus f(79-j, B', C', D') \boxplus X_i[r(j)] \boxplus K'(j) \ll s'(j)) \boxplus E';$

$(A' \leftarrow E'); (E' \leftarrow D'); (D' \leftarrow C' \ll 10); (C' \leftarrow B'); (B' \leftarrow T');$

Dimana f adalah nama fungsi, *buffer* a, b, c, d dan e adalah *buffer* untuk menampung nilai sementara, $X[i]$ adalah notasi dari 16 subblok dan k adalah konstanta yang digunakan untuk masing-masing *round*, sedangkan $\ll s$ adalah operasi pergeseran bit ke kiri sebanyak s bit, serta simbol $\boxplus$ dinotasikan sebagai *addition modulo* ($add \ mod$) 2^{32} .

Untuk penyelesaian akhir, penjumlahan seperti berikut:

$t = h1 + C + D'$

$h1 = h2 + D + E'$

$h2 = h3 + E + A'$

$h3 = h4 + A + B'$

$h4 = h0 + B + C'$

$h0 = t$

c. *Output*

Output didapat setelah semua blok $X_0, X_1, \dots, X_n$ selesai diproses. Nilai *hash*-nya merupakan penggabungan nilai kelima *buffer* H_0, H_1, H_2, H_3 dan H_4 setelah sebelumnya masing-masing *buffer* H_i dikonversikan menjadi string 4-bytes dengan menggunakan metode konversi endian kecil.

2.4 Citra Digital

Nilai suatu *pixel* memiliki nilai dalam rentang tertentu, dari nilai minimum sampai nilai maksimum. Jangkauan yang digunakan berbeda-beda tergantung dari jenis warnanya. Namun secara umum jangkauannya adalah 0-255. Citra dengan penggambaran seperti ini digolongkan kedalam citra integer. Berikut ini jenis jenis citra berdasarkan nilai *pixel*-nya[7]

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa

Pada bagian analisa ini dipersiapkan file citra sertifikat tanah dengan format JPEG dan resolusi 902 x 1280 *pixel*. File tersebut akan dideteksi keasliannya dengan menggunakan algoritma RIPEMD160 dan akan menghasilkan kode hash. Pada proses pengambilan nilai hash dilakukan terhadap data *binary* dari nilai warna RGB file dalam matriks citra. Identitas file yang diberikan pada file citra menandakan bahwa file citra akan diketahui mengalami perubahan ataupun tidak. Persiapan yang dilakukan selain hasil scan citra sertifikat tanah digunakan aplikasi *Matlab* yang berguna untuk mengambil nilai piksel warna RGB dan kemudian dilakukan proses *encoding* secara RIPEMD160 pada RGB scan file citra sertifikat tanah tersebut. Kode hash yang digunakan untuk mendeteksi keaslian sertifikat tanah kemudian akan disimpan dalam sebuah *metadata* yang berisi informasi tentang file tersebut. *Metadata* dari file berisi tentang resolusi citra, dimensi citra serta ukuran dari citra tersebut.

Adapun model tahap pengamanan citra sertifikat tanah menggunakan metode RIPEMD160 disajikan pada gambar di bawah ini:

Gambar 1. alur analisa penelitian

Gambar 2. Alur pembacaan deteksi file citra sertifikat tanah

Pada penelitian skripsi ini, terdapat dua proses yang akan dikerjakan. Proses-proses tersebut digambarkan seperti pada gambar 1 dan 2. Pada gambar 1 menjelaskan proses pengambilan nilai *hash* melalui *pixel* RGB dengan metode RIPEMD160, sedangkan pada gambar 2 melakukan pemeriksaan file citra sertifikat tanah awal terhadap file citra dengan perubahan *metadata* dari file citra tersebut dengan ketentuan *output* asli atau tidak asli.

Sampel citra yang diuji dalam analisa adalah file citra dari sertifikat tanah dengan format jpeg. File citra tersebut memiliki resolusi 902 x 1280 *pixel*. Berikut ini adalah file citra digital sertifikat tanah yang digunakan.

Gambar 3. File citra sertifikat tanah

3.1 Pembahasan

Proses perhitungan manual pada citra sertifikat tanah menggunakan algoritma *hash* RIPEMD160, dengan ekstensi jpeg, resolusi 902 x 1280 *pixel*. Untuk memudahkan proses analisa maka diambil sampel dari hasil citra sertifikat tanah berukuran 5 x 5 *pixel*, dimana nilai *pixel* tersebut diambil menggunakan aplikasi Matlab. Nilai *pixel* citra sertifikat tanah (sampel) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. nilai RGB dari citra sertifikat tanah				
47	87	84	99	123
68	77	75	85	107
170	83	82	88	106
84	99	98	100	113
87	101	101	98	109

3.1.1 Penerapan Algoritma RIPEMD160

Berikut ini langkah-langkah penerapan algoritma RIPEMD160 untuk mendeteksi keaslian sertifikat tanah, dimana sebelumnya terlebih dahulu dilakukan pengubahan nilai *pixel* dari citra sertifikat tanah menjadi bilangan biner.

Tabel 2. nilai <i>pixel</i> RGB dalam biner				
00101111	01010111	01010100	01100011	01111011
01000100	01001101	01001011	01010101	01101011
10101010	01010011	01010010	01011000	01101010
01010100	01100011	01100010	01100100	01110001
01010111	01100101	01100101	01100010	01101101

1. Penambahan padding bit
Dari tabel nilai *pixel* RGB dalam biner diketahui bahwa panjang $l=200$ bit. Proses berikutnya adalah dengan menambahkan *padding* bit 1 dan sisanya 0 sejumlah k , dengan persamaan sebagai berikut :

$$k = l + 1 \equiv 448 \text{ mod } 512$$

$$k = 200 + 1 \equiv 448 \text{ mod } 512$$

$$k = 201 \equiv 448 \text{ mod } 512$$

$$k = 448 - 201$$

$$k = 247$$
2. Penambahan panjang *append*
Penambahan panjang *append* dilakukan dengan penambahan panjang pesan sebanyak 64 bit di akhir. Panjang pesan adalah 200 bit sehingga ditambahkan panjang *append*
3. *Parsing* pesan (pengelompokan pesan)
Pada tahap *parsing* pesan, bagi X ke dalam 16 subblok 32 bit yaitu $X(0)...X(15)$.

Tabel 3. <i>Parsing</i> Pesan	
X_0	00101111010101110101010001100011
X_1	01111011010001000100110101001011
X_2	01010101011010111010101001010011
X_3	01010010010110000110101001010100
X_4	01100011011000100110010001110001
X_5	01010111011001010110010101100010
X_6	01101101100000000000000000000000
X_7	00000000000000000000000000000000
X_8	00000000000000000000000000000000
X_9	00000000000000000000000000000000
X_{10}	00000000000000000000000000000000
X_{11}	00000000000000000000000000000000
X_{12}	00000000000000000000000000000000
X_{13}	00000000000000000000000000000000
X_{14}	00000000000000000000000000000000
X_{15}	00000000000000000000000000000000

4. Inisialisasi nilai *hash*

Setelah proses *parsing* pesan maka langkah selanjutnya adalah inisialisasi nilai *hash* di mana nilai ini merupakan sebuah ketentuan yaitu :

H_0 : 67452301x;
 H_1 : EFCDAB89x
 H_2 : 98BADCFEx;
 H_3 : 10325476x;
 H_4 : C3D2EIFOx

5. Proses Kompresi

Proses kompresi merupakan inti dari proses algoritma RIPEMD160, terdiri dari dua buah rantai fungsi. Diagram fungsi kompresi adalah sebagai berikut:

Gambar 4. Tahapan fungsi Kompresi

1. Notasi X (subblok)

Pemilihan subblok ditentukan dengan tabel fungsi permutasi r

Tabel 4. fungsi permutasi r

$r(j)$	$=j$	$(0 \leq j \leq 15)$
$r(16..31)$	$=$	7, 4, 13, 1, 10, 6, 15, 3, 12, 0, 9, 5, 2, 14, 11, 8
$r(32..47)$	$=$	3, 10, 14, 4, 9, 15, 8, 1, 2, 7, 0, 6, 13, 11, 5, 12
$r(48..63)$	$=$	1, 9, 11, 10, 0, 8, 12, 4, 13, 3, 7, 15, 14, 5, 6, 2
$r(64..79)$	$=$	4, 0, 5, 9, 7, 12, 2, 10, 14, 1, 3, 8, 11, 6, 15, 13
$r'(0..15)$	$=$	5, 14, 7, 0, 9, 2, 11, 4, 13, 6, 15, 8, 1, 10, 3, 12
$r'(16..31)$	$=$	6, 11, 3, 7, 0, 13, 5, 10, 14, 15, 8, 12, 4, 9, 1, 2
$r'(32..47)$	$=$	15, 5, 1, 3, 7, 14, 6, 9, 11, 8, 12, 2, 10, 0, 4, 13
$r'(48..63)$	$=$	8, 6, 4, 1, 3, 11, 15, 0, 5, 12, 2, 13, 9, 7, 10, 14
$r'(64..79)$	$=$	12, 15, 10, 4, 1, 5, 8, 7, 6, 2, 13, 14, 0, 3, 9, 11

Tabel 5. pergeseran jumlah rotasi

$s(0..15)$	$=$	11, 14, 15, 12, 5, 8, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 6, 7, 9, 8
$s(16..31)$	$=$	7, 6, 8, 13, 11, 9, 7, 15, 7, 12, 15, 9, 11, 7, 13, 12
$s(32..47)$	$=$	11, 13, 6, 7, 14, 9, 13, 15, 14, 8, 13, 6, 5, 12, 7, 5
$s(48..63)$	$=$	11, 12, 14, 15, 14, 15, 9, 8, 9, 14, 5, 6, 8, 6, 5, 12
$s(64..79)$	$=$	9, 15, 5, 11, 6, 8, 13, 12, 5, 12, 13, 14, 11, 8, 5, 6
$s'(0..15)$	$=$	8, 9, 9, 11, 13, 15, 15, 5, 7, 7, 8, 11, 14, 14, 12, 6
$s'(16..31)$	$=$	9, 13, 15, 7, 12, 8, 9, 11, 7, 7, 12, 7, 6, 15, 13, 11
$s'(32..47)$	$=$	9, 7, 15, 11, 8, 6, 6, 14, 12, 13, 5, 14, 13, 13, 7, 5
$s'(48..63)$	$=$	15, 5, 8, 11, 14, 14, 6, 14, 6, 9, 12, 9, 12, 5, 15, 8
$s'(64..79)$	$=$	8, 5, 12, 9, 12, 5, 14, 6, 8, 13, 6, 5, 15, 13, 11, 11

2. Notasi Fungsi

Fungsi f menyatakan fungsi boolean yang menerima tiga *input* kata 32 bit. Defenisi fungsi f adalah:

$$\begin{aligned} f(j, x, y, z) &= x \oplus y \oplus z \\ f(j, x, y, z) &= (x \wedge y) \vee (\sim x \wedge z) \\ f(j, x, y, z) &= (x \vee \sim y) \oplus z \\ f(j, x, y, z) &= (x \wedge z) \vee (y \wedge \sim z) \\ f(j, x, y, z) &= x \oplus (y \vee z) \end{aligned}$$

Dimana urutan penggunaan fungsi-fungsi tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Urutan penggunaan fungsi

Proses	Ronde				
	1	2	3	4	5
Kiri	f1	f2	f3	f4	f5
Kanan	f5	f4	f3	f2	f1

3. Konstanta K

Nilai Konstanta ditulis dalam bentuk heksadesimal.

$$K(j) = 00000000_x \quad (0 \leq j \leq 15)$$

$$K(j) = 5A827999_x \quad (16 \leq j \leq 31)$$

$$K(j) = 6ED9EBA1_x \quad (32 \leq j \leq 47)$$

$$K(j) = 8F1BBCDC_x \quad (48 \leq j \leq 63)$$

$$K(j) = A953FD4E_x \quad (64 \leq j \leq 79)$$

$$K'(j) = 50A28BE6_x \quad (0 \leq j \leq 15)$$

$$K'(j) = 5C4DD124_x \quad (16 \leq j \leq 31)$$

$$K'(j) = 6D703EF3_x \quad (32 \leq j \leq 47)$$

$$K'(j) = 7A6D76E9_x \quad (48 \leq j \leq 63)$$

$$K'(j) = 00000000_x \quad (64 \leq j \leq 79)$$

Round 1 $j(0), r(0), s(0)$

B : 11101111110011011010101110001001

C : 10011000101110101101110011111110

D : 00010000001100100101010001110110

E : 11000011110100101110000111110000

A : 01100111010001010010001100000001

F(B,C,D) : 01100111010001010010001100000001

A add mod F(B,C,D) : 11001110100010100100011000000010

X0 : 00101111010101110101010001100011

K : 00000000000000000000000000000000

A add mod F(B,C,D add mod X0 add mod K(j)

$$= 11111101111000011001101001100101$$

A add mod F(B,C,D add mod X0 add mod K(j) rol₍₀₎

$$= 0000110011010011001011111101111$$

A add mod F(B,C,D add mod X0 add mod K(j) rol₍₀₎ add mod E

$$t = 11010000101001100001000111011111$$

$j(0), r'(0), s'(0)$

B : 11101111110011011010101110001001

C : 10011000101110101101110011111110

D : 00010000001100100101010001110110

~D : 11101111110011011010101110001001

C v ~D : 11111111111111111111111111111111

E : 11000011110100101110000111110000

Hasil : 00010000001100100101010001110110

A : 01100111010001010010001100000001

F(B,C,D) : 00010000001100100101010001110110

A add mod F(B,C,D) = 01110111011101110111011101110111

X(0) : 01010111011001010110010101100010

K' : 01010000101000101000101111100110

A add mod F(B,C,D add mod X(0) add mod K'(j)

$$= 00011111011111110110100010111111$$

A add mod F(B,C,D add mod X(0) add mod K'(j) rol₍₀₎

$$= 01111111011010001011111100011111$$

A add mod F(B,C,D add mod X(0) add mod K'(j) rol₍₀₎ add mod E

$$t = 01000011001110111010000100001111$$

Tabel 9. Komputasi Fungsi hash Ripemd160 dalam heksadesimal

J	A	B	C	D	E
t(0)	67452301	EFCDA8B9	98BADCFE	10325476	C3D2E1F0
t'(0)	CE5EC8AE	4C4658F4	EE6C59E3	F911BB77	DA63C751
t(1)	C3D2E1F0	A78E06A4	EFCDA8B9	EB73FA62	10325476
t'(1)	7C05842A	EE6C59E3	DDFE446E	DA63C751	CE5EC8AE
t(2)	10325476	1E4C7FFF	A78E06A4	36AE27BF	EB73FA62
t'(2)	FF243AFC	DDFE446E	D47698F1	CE5EC8AE	7C05842A
t(3)	EB73FA62	1A4AF4E7	1E4C7FFF	381A929E	36AE27BF
t'(3)	E0F3835D	D47698F1	2BB397B2	7C05842A	FF243AFC
t(4)	36AE27BF	3E91F6FC	1A4AF4E7	31FFFC79	381A929E
t'(4)	5DD2D91E	2BB397B2	A9F0161	FF243AFC	E0F3835D
t(5)	381A929E	1ECBE4F3	3E91F6FC	2BD39C69	31FFFC79
t'(5)	60467756	A9F0161	BF3FC90E	E0F3835D	5DD2D91E
t(6)	31FFFC79	3B866314	1ECBE4F3	47DBF0FA	2BD39C69
t'(6)	1500FC89	BF3FC90E	D7783CE0	5DD2D91E	60467756
t(7)	2BD39C69	370D676A	3B866314	2F93CC7B	47DBF0FA

t'(7)	4080A8CF	D7783CE0	479774B6	60467756	1500FC89
t(8)	47DBF0FA	20A4CD97	370D676A	198C50EE	2F93CC7B
t'(8)	AEF08C71	479774B6	D598119D	1500FC89	4080A8CF
t(9)	2F93CC7B	3EEC39DB	20A4CD97	359DA8DC	198C50EE
t'(9)	45999BCE	D598119D	2245403F	4080A8CF	AEF08C71
t(10)	198C50EE	3EADB6A4	3EEC39DB	93365C82	359DA8DC
t'(10)	59DFBE70	2245403F	33D0202A	AEF08C71	45999BCE
t(11)	359DA8DC	3ED8941D	3EADB6A4	B0E76CFB	93365C82
t'(11)	538497AC	33D0202A	1C6BBC23	45999BCE	59DFBE70
t(12)	93365C82	9C7147C3	3ED8941D	B6DA90FA	B0E76CFB
t'(12)	533491A9	1C6BBC23	F3916666	59DFBE70	538497AC
t(13)	B0E76CFB	9B4F56A4	9C7147C3	625074FB	B6DA90FA
t'(13)	7C49DC03	F3916666	9C1677EF	538497AC	533491A9
t(14)	B6DA90FA	E1C3DC85	9B4F56A4	C51F0E71	625074FB
t'(14)	E24505F9	9C1677EF	EB14E125	533491A9	7C49DC03
t(15)	625074FB	BE7B0AD4	E1C3DC85	3D5A926D	C51F0E71
t'(15)	7F55DB74	EB14E125	6A54CD24	7C49DC03	E24505F9
t(16)	C51F0E71	EFCDA8B9	BE7B0AD4	10325476	3D5A926D
t'(16)	39C087B2	6A54CD24	00DF1277	E24505F9	7F55DB74
t(17)	3D5A926D	050FAE1D	EFCDA8B9	EB73FA62	10325476
t'(17)	935EF9A7	00DF1277	7E789141	7F55DB74	39C087B2
t(18)	10325476	5DA0EDD2	050FAE1D	36AE27BF	EB73FA62
t'(18)	EBBF6BC3	7E789141	DD1FD576	39C087B2	935EF9A7
t(19)	EB73FA62	AEF046F3	5DA0EDD2	3EB87414	36AE27BF
t'(19)	2A365512	DD1FD576	EC8E7021	935EF9A7	EBBF6BC3
t(20)	36AE27BF	9D71C37B	AEF046F3	83B74976	3EB87414
t'(20)	F99C39AE	EC8E7021	69E4D7BE	EBBF6BC3	2A365512
t(21)	3EB87414	7616F094	9D71C37B	C11BCEBB	83B74976
t'(21)	AC12F410	69E4D7BE	F0FAEFDA	2A365512	F99C39AE
t(22)	83B74976	2D2F1AAD	7616F094	C70DEE75	C11BCEBB
t'(22)	D8A9D738	F0FAEFDA	448A8D95	F99C39AE	AC12F410
t(23)	C11BCEBB	E178249D	2D2F1AAD	5BC251D8	C70DEE75
t'(23)	48EB61E8	448A8D95	6BBE670E	AC12F410	D8A9D738
t(24)	C70DEE75	141E995E	E178249D	BC6AB4B4	5BC251D8
t'(24)	F3BA533A	6BBE670E	42B04BD	D8A9D738	48EB61E8
t(25)	5BC251D8	6008B73D	141E995E	E0927785	BC6AB4B4
t'(25)	4E1A5B03	42B04BD	CE362A75	48EB61E8	F3BA533A
t(26)	BC6AB4B4	2B81BB17	6008B73D	7A657850	E0927785
t'(26)	3A76ADFE	CE362A75	7A123AD8	F3BA533A	4E1A5B03
t(27)	E0927785	F163BB2E	2B81BB17	22DCF580	7A657850
t'(27)	36AE27BF	7A123AD8	CEBCEE94	4E1A5B03	3A76ADFE
t(28)	7A657850	AB1185BC	F163BB2E	06EC5CAE	22DCF580
t'(28)	EB73FA62	CEBCEE94	C0D38696	3A76ADFE	36AE27BF
t(29)	22DCF580	2E884C02	AB1185BC	8EECBBC5	06EC5CAE
t'(29)	10325476	C0D38696	7F8E9DAB	36AE27BF	EB73FA62
t(30)	06EC5CAE	E8FFCBC1	2E884C02	4616F2AC	8EECBBC5
t'(30)	C3D2E1F0	7F8E9DAB	EFCDA8B9	EB73FA62	10325476
t(31)	8EECBBC5	78BB2DC3	E8FFCBC1	213008BA	4616F2AC
t'(31)	67452301	EFCDA8B9	98BADCFE	10325476	C3D2E1F0
t(32)	4616F2AC	9811AD45	78BB2DC3	FF2F07A3	213008BA
t'(32)	4E5800DF	A1E994BC	6F6D6B06	1F82DEF5	724F2670
t(33)	213008BA	433C03F8	9811AD45	D96E1BC5	FF2F07A3
t'(33)	CC222685	6F6D6B06	BD47E0B7	724F2670	4E5800DF
t(34)	FF2F07A3	46C25176	433C03F8	46B51660	D96E1BC5
t'(34)	D5859A9C	BD47E0B7	9C1C93C9	4E5800DF	CC222685
t(35)	D96E1BC5	7965B28E	46C25176	F00FE10C	46B51660
t'(35)	B35021A5	9C1C93C9	37D39600	CC222685	D5859A9C
t(36)	46B51660	D51AC3BA	7965B28E	0945D91B	F00FE10C
t'(36)	5B5D4C01	37D39600	A1730889	D5859A9C	B35021A5
t(37)	F00FE10C	76484627	D51AC3BA	96CA39E5	0945D91B
t'(37)	46C7B420	A1730889	A7356166	B35021A5	5B5D4C01
t(38)	0945D91B	2B6FC7A9	76484627	6B0EEB54	96CA39E5
t'(38)	48F06E71	A7356166	696CD408	5B5D4C01	46C7B420
t(39)	96CA39E5	F6D3FEA4	2B6FC7A9	21189DD9	6B0EEB54
t'(39)	08BB5CD0	696CD408	0056D753	46C7B420	48F06E71
t(40)	6B0EEB54	F6E5965B	F6D3FEA4	BF1EA4AD	21189DD9
t'(40)	B06292B0	0056D753	0811B1ED	48F06E71	08BB5CD0
t(41)	21189DD9	0E6839EA	F6E5965B	4FFA93DB	BF1EA4AD
t'(41)	4F48E2E2	811B1ED	9C523C1B	8BB5CD0	B06292B0
t(42)	BF1EA4AD	3292547D	0E6839EA	96596FDB	4FFA93DB
t'(42)	51D574BE	9C523C1B	34022ED7	B06292B0	4F48E2E2
t(43)	4FFA93DB	23C58C3E	3292547D	D073D41C	96596FDB
t'(43)	B73F3097	34022ED7	AC2C18A4	4F48E2E2	51D574BE
t(44)	96596FDB	93183775	23C58C3E	4951F4CA	D073D41C
t'(44)	498DA5BF	AC2C18A4	B893D238	51D574BE	B73F3097

t(45)	D073D41C	444FAB8F	93183775	1630F88F	4951F4CA
t'(45)	AD514ED1	B893D238	2F94755D	B73F3097	498DA5BF
t(46)	4951F4CA	167DD06C	444FAB8F	60DDD64C	1630F88F
t'(46)	53250FF1	2F94755D	25EDCFCC	498DA5BF	AD514ED1
t(47)	1630F88F	6ED4F786	167DD06C	3EAE3D11	60DDD64C
t'(47)	304166E8	25EDCFCC	6FD26369	AD514ED1	53250FF1
t(48)	60DDD64C	3152AD16	6ED4F786	F741B059	3EAE3D11
t'(48)	839AE6B3	6FD26369	B46B5453	53250FF1	304166E8
t(49)	3EAE3D11	D4EE8A39	3152AD16	53DE19BB	F741B059
t'(49)	11CF7609	B46B5453	FC54C943	304166E8	839AE6B3
t(50)	F741B059	81A45442	D4EE8A39	4AB458C5	53DE19BB
t'(50)	A832A3C8	FC54C943	BA0C1059	839AE6B3	11CF7609
t(51)	53DE19BB	63C9608E	81A45442	BA28E753	4AB458C5
t'(51)	7173C247	BA0C1059	ACE0E6B9	11CF7609	A832A3C8
t(52)	4AB458C5	6E00DC08	63C9608E	91510A06	BA28E753
t'(52)	1DDE6CDB	ACE0E6B9	824473DD	A832A3C8	7173C247
t(53)	BA28E753	AECC023E	6E00DC08	2582398F	91510A06
t'(53)	BF52D016	824473DD	F22A0CA8	7173C247	1DDE6CDB
t(54)	91510A06	456FE5E8	AECC023E	037021B8	2582398F
t'(54)	A32DF4B3	F22A0CA8	91DC5CF0	1DDE6CDB	BF52D016
t(55)	2582398F	17140B28	456FE5E8	3008FABB	037021B8
t'(55)	877AAF72	91DC5CF0	36C7779B	BF52D016	A32DF4B3
t(56)	037021B8	6FB9E620	17140B28	BF97A115	3008FABB
t'(56)	2CEC067A	36C7779B	5AFD4B4	A32DF4B3	877AAF72
t(57)	3008FABB	6B1A743F	6FB9E620	502CA05C	BF97A115
t'(57)	66E6F2F5	5AFD4B4	2CE8CB7D	877AAF72	2CEC067A
t(58)	BF97A115	61A1815A	6B1A743F	E79881BE	502CA05C
t'(58)	66671CC4	2CE8CB7D	DCA1DEAB	2CEC067A	66E6F2F5
t(59)	502CA05C	56F701F3	61A1815A	69D0FDAC	E79881BE
t'(59)	834D66F2	DCA1DEAB	9E8B3B01	66E6F2F5	66671CC4
t(60)	E79881BE	F5F07E46	56F701F3	86056986	69D0FDAC
t'(60)	CCB64CC7	9E8B3B01	BD59B9BC	66671CC4	834D66F2
t(61)	69D0FDAC	10780EF7	F5F07E46	DC07CD5B	86056986
t'(61)	7C75AE7C	BD59B9BC	311999C7	834D66F2	CCB64CC7
t(62)	86056986	169CF9E6	10780EF7	C1F91BD7	DC07CD5B
t'(62)	CDA39A1D	311999C7	BCA0D359	CCB64CC7	7C75AE7C
t(63)	DC07CD5B	4330566D	169CF9E6	E03BDC41	C1F91BD7
t'(63)	12379963	BCA0D359	31F32D93	7C75AE7C	CDA39A1D
t(64)	C1F91BD7	FCA02D4B	4330566D	73E7985A	E03BDC41
t'(64)	FB5AC889	31F32D93	9F1F1D6B	CDA39A1D	12379963
t(65)	E03BDC41	4F7A08F6	FCA02D4B	C159B50C	73E7985A
t'(65)	DC43FFB7	9F1F1D6B	877368E6	12379963	FB5AC889
t(66)	73E7985A	35E58D33	4F7A08F6	C159B50C	C159B50C
t'(66)	4A99A876	877368E6	58C48DE6	FB5AC889	DC43FFB7
t(67)	C159B50C	98F20EE3	35E58D33	E823D93D	C159B50C
t'(67)	21C5DA99	58C48DE6	227ED6B2	DC43FFB7	4A99A876
t(68)	C159B50C	ABF505D9	98F20EE3	9634CCD7	E823D93D
t'(68)	397AD2A3	227ED6B2	EDF710FF	4A99A876	21C5DA99
t(69)	E823D93D	171EFC6C	ABF505D9	C83B8E63	9634CCD7
t'(69)	8CF8C08D	EDF710FF	1D92A66A	21C5DA99	397AD2A3
t(70)	9634CCD7	F9950911	171EFC6C	D41766AF	C83B8E63
t'(70)	2B3F95A6	1D92A66A	A6487176	397AD2A3	8CF8C08D
t(71)	C83B8E63	D55839CF	F9950911	7BF1B05C	D41766AF
t'(71)	DBBB0BBB	A6487176	A8CE5EB4	8CF8C08D	2B3F95A6
t(72)	D41766AF	443A4054	D55839CF	542447E6	7BF1B05C
t'(72)	CB225A09	A8CE5EB4	23633E30	2B3F95A6	DBBB0BBB
t(73)	7BF1B05C	A59D6163	443A4054	60E73F55	542447E6
t'(73)	AC98639C	23633E30	2B3F95A6	DBBB0BBB	CB225A09
t(74)	542447E6	6DED6999	A59D6163	E9015110	60E73F55
t'(74)	EE843D0C	2B3F95A6	EEF6EEC2	CB225A09	AC98639C
t(75)	60E73F55	C7A70491	6DED6999	75858E96	E9015110
t'(75)	36AE27BF	EEF6EEC2	8272C896	AC98639C	EE843D0C
t(76)	E9015110	D7841DB4	C7A70491	B5A665B7	75858E96
t'(76)	EB73FA62	8272C896	E72B2618	EE843D0C	36AE27BF
t(77)	75858E96	FC13EBEC	D7841DB4	9C12471E	B5A665B7
t'(77)	10325476	E72B2618	433BA10F	36AE27BF	EB73FA62
t(78)	B5A665B7	D88634F	FC13EBEC	1076D35E	9C12471E
t'(78)	C3D2E1F0	433BA10F	EFCDA8B9	EB73FA62	10325476
t(79)	9C12471E	BDD05508	D88634F	4FAFB3F0	1076D35E
t'(79)	67452301	EFCDA8B9	98BADCFE	10325476	C3D2E1F0

4. IMPLEMENTASI

Adapun hasil implementasi sebagai berikut:

Parameter	Citra Awal	Citra Manipulasi	Nilai Hash Citra Awal	Nilai Hash Citra Manipulasi	Hasil
Mengubah resolusi citra sertifikat tanah			8ae1fe38 488640a3 20c9a068 f764f8c9 97ea0cb4	06654fd8 af48daf1 7ad8869e fa55891a 40381c8f	Terdeteksi
Mengubah nilai satu piksel citra sertifikat tanah			8ae1fe38 488640a3 20c9a068 f764f8c9 97ea0cb4	7be6f7a1 81923324 173579b5 4d83f51e 1d80f492	Terdeteksi
Mengubah nilai kontras citra sertifikat tanah			8ae1fe38 488640a3 20c9a068 f764f8c9 97ea0cb4	d304679d d9cba2fa bc3018a2 bd610bf3 1c035401	Terdeteksi
Mengubah satu karakter citra sertifikat tanah			8ae1fe38 488640a3 20c9a068 f764f8c9 97ea0cb4	cccf618e 5bc8c8f5 300cddfa 3121124b fe10584d	Terdeteksi

5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil setelah penelitian ini dilakukan akan diuraikan sebagai berikut :

1. Algoritma RIPEMD160 dapat digunakan untuk mendeteksi keaslian citra digital sertifikat tanah.
2. Algoritma RIPEMD160 dapat mendeteksi perubahan sekecil apapun dari citra awal dan citra manipulasi, yang dapat dilihat dari perbedaan nilai *hash*nya.

6. REFERENCES

- [1] H. Eka, "Analisis dan Penerapan Algoritma RIPEMD-160 Sebagai Fungsi Penyandi Dalam Proses Autentifikasi Password."
- [2] F. Mulia, "STUDI, ANALISIS, DAN IMPLEMENTASI FUNGSI HASH RIPEMD PDF.pdf."
- [3] Dony Ariyus, Pengantar Ilmu Kriptografi Teori Analisis dan Implementasi, 1st ed. Yogyakarta: Andi, 2008.
- [4] H. Mukhtar, Kriptografi untuk Keamanan Data. CV.BUDI UTAMA, 2018.
- [5] R. Sadikin, Kriptografi Untuk Keamanan Jaringan, 1st ed. Yogyakarta: Andi, 2012.
- [6] "Studi Model Algoritma Kriptografi Klasik dan Modern," Semin. Mat. dan Pendidik. Mat. UNY, pp. 265–272, 2017.
- [7] Rinaldi Munir, Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik. Bandung, 2007.