PROGRAM APLIKASI KEAMANAN CITRA DENGAN ALGORITMA *DES* DAN TRANSFORMASI *WAVELET* DISKRIT

Solichin Zaki[1], Bayu Surarso[1] dan Eko Adi Sarwoko[2]
[1]Jurusan Matematika FMIPA UNDIP
[2]Jurusan Teknik Informatika FMIPA UNDIP
Jl. Prof. H. Soedarto, S. H, Tembalang, Semarang

Abstract. Application program security image using DES cryptographic algorithm and discrete wavelet transform is an application program that is used to secure image transmission through the Internet. Manufacturing processes are as follows, first is to make the program application for image encryption ciphertext is a program that is used to transform the initial image into the form of a compressed image using advanced discrete wavelet transform (DWT) and the Haar filter, then encrypt image transformation results with using the DES encryption algorithm specified by the encryption key, the encrypted form of information in the form of ciphertext. The second process is the process for making an application program to restore the initial image into the form ciphertext, the ciphertext decrypt the encrypted image and the particular key (the key with encryption) using DES decryption algorithm, the decrypted image, then decrypted form of the image is brought back into form initial image using inverse discrete wavelet transformation (IDWT) and reconstruction program.

Keywords: Image, Cryptography, Wavelet, DES, DWT, IDWT

1. PENDAHULUAN

Salah satu komponen multimedia yang berperan sangat penting dalam bentuk informasi visual adalah Gambar atau Citra. Informasi yang bebentuk citra mempunyai karakteristik yang berbeda dengan teks dan citra memberikan informasi yang lebih banyak dibanding dengan informasi berbentuk teks [2]. Pada umumnya untuk melakukan pengkodean suatu citra, menentukan domain yang lebih sesuai untuk proses pengkuantisasian harus melakukan transformasi. Metode yang banyak digunakan dalam transformasi ini antara lain Transformasi *Cosinus diskrit*, Transformasi *Fourier* dan Transformasi *Wavelet*. Dari ketiga jenis tranformasi tersebut, transformasi *wavelet* dianggap paling baik hasilnya [1].

Perkembangan informasi melalui jaringan internet membuat pertukaran informasi semakin cepat dan akurat serta terbuka melewati batas-batas negara dan budaya. Perkembangan ini akan menimbulkan tidak hanya dampak positif yang menguntungkan bagi dunia komunikasi dan pertukaran informasi saja tetapi juga berdampak negative yaitu kejahatan komputer antara lain pencurian, penipuan pemerasan dan lainnya.

Keamanan informasi pada komputer tidak hanya bergantung pada f*irewall* dan diteksi sistem intruksi saja tetapi juga keamanan informasi dari informasi itu sendiri. Kriptografi memegang peran penting dalam membangun keamanan informasi. Kriptografi bertujuan agar pesan informasi tidak dapat dibaca oleh orang yang tidak berhak sehingga informasi baik yang disimpan dalam computer aman maupun yang dikirim melalui jaringan komputer aman dan bisa dipertanggung jawabkan oleh sipengirim. *DES* merupakan algoritma standar yang sampai saat ini masih banyak digunakan dan masih dianggap aman untuk menjawab tantangan perkembangan teknologi komunikasi yang sangat cepat [2] .

Dari hal-hal tersebut diatas, timbul masalah-masalah. Dengan transformasi yang bagaimana membuat aplikasi sistem keamanan agar informasi yang berbentuk citra dapat disimpan dengan aman dan informasi yang dikirim melalui jaringan komunikasi internet sampai pada tujuan yang berhak dengan aman sehingga dapat dipertanggung jawabkan.

Permasalahan sistem keamanan informasi pada penelitian ini, hanya difokuskan pada pembahasan algoritma *DES* dan aplikasi transformasi *wavelet* diskrit yang digunakan untuk keamanan informasi berbentuk citra, dengan tujuan:

a. Melakukan teknik pemrosesan sinyal citra digital dengan menggunakan transformasi *wavelet* diskrit dengan *filter Haar.*
b. Melakukan enkripsi dan dekripsi sinyal citra digital dengan algoritma DES.
c. Membuat program aplikasi keamanan citra dengan algoritma DES.
d. Menganalisis program aplikasi keamanan citra dengan algoritma DES.

2. TEORI

2.1 Transformasi *Wavelet* Diskrit

Transformasi *Wavelet* adalah sebuah fungsi variabel riil t yang digunakan untuk melokalisasi suatu fungsi dalam ruang dan skala *L2(R)*, diberi notasi *ψ(t) sebagai mother wavelet. Wavelet* $\psi_{a,b}(t)$ dihasilkan oleh parameter dilatasi a dan translasi/kontraksi b, yang dinyatakan dalam persamaan :

$\psi_{a,b}(t) = a^{-1/2}\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$; dengan *a>0, b bilangan-bilangan integer*

dengan : a = parameter dilatasi atau kontraksi, b = parameter translasi

Formula *Calderon*

$$(f)(a,b) = \frac{1}{a}\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\,\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)\mathrm{dt},$$

$$f(t) = C_{\psi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\langle f, \psi_{a,b}\rangle\,\psi_{a,b}(t)a^{-2}\,dadb.$$

Fungsi *Haar* :

$$\psi(t) = \begin{cases} 1, & 0 \le t \le \frac{1}{2} \\ -1, & \frac{1}{2} \le t \le 1 \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

dan $\psi_{j,k}(t) = a^{j/2}\psi\left(2^j t - k\right)$; *j,k* ∈ *Z(integer)* dengan: j *integer nonnegative*, $0 \le k \le 2^{j-1}$, 2^j = parameter dilatasi (parameter frekuensi atau skala), k = parameter waktu atau lokasi ruang dan memenuhi kondisi $\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t)\,dt = 0$ [1].

Berdasarkan nilai parameter translasi dan dilatasinya, transformasi *wavelet* dibedakan menjadi dua tipe, yaitu *Continue Wavelet Transform (CWT)* dan *Discrete Wavelet Transform (DWT)*.

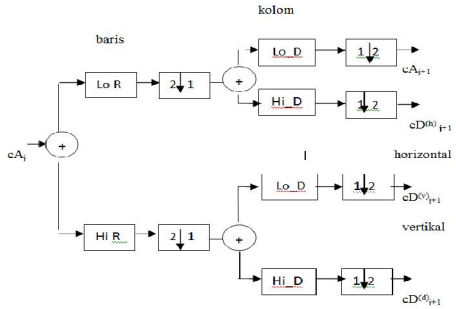
a. Transformasi *wavelet* kontinu ditentukan oleh nilai parameter dilatasi *(a)* dan translasi *(b)* yang bervariasi secara kontinu, dimana *a,b* ∈ *R* dan *a* ≠ *0*. *Continue Wavelet Transform* (CWT) menganalisis sinyal dengan perubahan skala pada *window* yang dianalisis, pergeseran *window* dalam waktu dan perkalian sinyal serta mengintegral semuanya sepanjang waktu. Secara matematis dirumuskan sebagai :

$CWT(a,b) = \int f(t)\,\psi^*_{a,b}(t)dt$

b. Transformasi *wavelet* diskrit bertujuan untuk mengurangi redundansi yang terjadi pada transformasi *wavelet* kontinu dengan cara mengambil nilai diskrit dari parameter *a* dan *b*, serta menganalisis suatu sinyal dengan skala yang berbeda dan merepresentasikannya ke dalam skala waktu dengan teknik *filtering*, yaitu melewatkan sinyal dalam domain waktu ke dalam *High Pass Filter* dan *Low Pass Filter* dan untuk memisahkan komponen frekuensi tinggi dan frekuensi rendah dengan *filter* yang berbeda frekuensi *cut-off*-nya. Transformasi *Wavelet* Diskrit (*DWT*) dikelompokkan menjadi dua yaitu *DWT* maju dan *DWT* balik [1].

Transformasi *Wavelet* Diskrit Maju (*Forward DWT*)

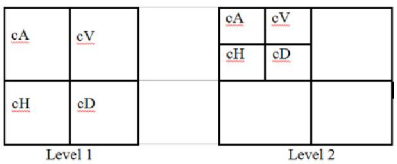
DWT maju merupakan proses dekomposisi data citra, yang dimulai dengan melakukan dekomposisi terhadap baris data citra dan dekomposisi terhadap kolom pada koefisien citra keluaran dari tahap pertama[7]. Proses *DWT* maju, ditunjukkan pada Gambar 1 :



Gambar 1 *Forward DWT Dua Dimensi Skala Satu*

Keterangan Gambar 1:
cA_j = citra masukan,
↓2 1 = *down sampling* baris , ↓1 2 = *down sampling* kolom
cA_{j+1} = koefisien approksimasi , $cD^{(h)}_{j+1}$ = koefisien *detail horizontal*, $cD^{(v)}_{j+1}$ = koefisien *detail vertical*, $cD^{(d)}_{j+1}$ = koefisien *detail diagonal*

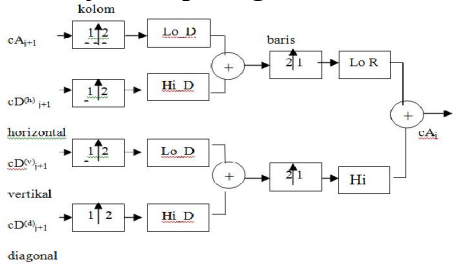
Sinyal citra masuk, didekomposisi menggunakan *Lo_D* (*Low Pass Filter Decomposition*) dan *Hi_D (High Pass Filter Decomposition)* dan dilakukan *downsampling* dua. Sinyal keluaran berfrekuensi rendah dan tinggi. Proses *Lo_D* dan *Hi_D* tersebut dilakukan terhadap baris dan terhadap kolom sebanyak dua kali, diperoleh empat subband keluaran berupa informasi frekuensi rendah dan informasi frekuensi tinggi, yaitu koefisien aproksimasi, koefisien detail horizontal, koefisien detail vertikal, dan koefisien detail diagonal. Dekomposisi transfomasi *wavelet* [5], ditunjukkan pada Gambar 2 :



Gambar 2 *Transformasi wavelet level 1 dan level 2*

Transformasi *Wavelet* Diskrit Balik (*Invers DWT*)

DWT balik (*IDWT*) adalah kebalikan dari *DWT* maju, yaitu proses rekonstruksi dengan arah yang berlawanan dari proses dekomposisi. Proses *up-sampling* dan pem-*filter*-an dengan koefisien-koefisien filter balik. Proses *up-sampling* yaitu proses mengembalikan dan menggabungkan kesinyal semula, yaitu dengan menyisipkan sebuah kolom nol di antara setiap kolom dan melakukan konvolusi pada setiap baris dengan *filter* berdimensi satu begitu juga menyisipkan sebuah baris nol di antara setiap baris dan melakukan konvolusi setiap baris dengan *filter* yang lainnya. *Filter* yang digunakan pada transformasi balik harus sesuai dengan *filter* pada sisi dekomposisi yaitu *filter Lo_R* (*Low Pass Filter Reconstruction*) dan *Hi_R (High Pass Filter Reconstruction)*[8]. Proses *DWT* balik, ditunjukkan pada gambar 2.3:

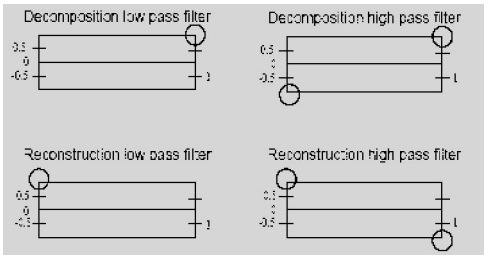


Gambar 3 *Backward DWT Dua Dimensi Skala Satu*

Keterangan Gambar 3:
cA_j = citra keluaran (sama dengan citra masukan)
↑2 1 = *up sampling* baris , ↑1 2 = *up sampling* kolom
cA_{j+1} = koefisien approksimasi, $cD^{(h)}_{j+1}$ = koefisien detail *horizontal* ,$cD^{(v)}_{j+1}$ = koefisien detail *vertical*, $cD^{(d)}_{j+1}$ = koefisien detail *diagonal*

Pemilihan Filter Wavelet

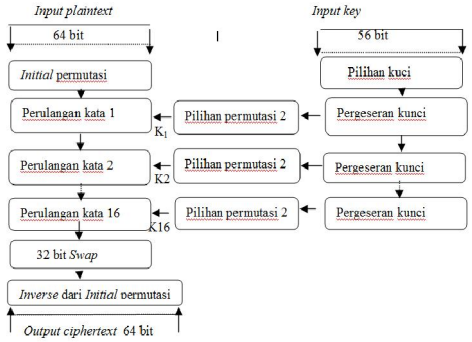
Pada tulisan ini, digunakan *wavelet* dengan *filter Haar* (*Daubechies orde 1*). *Wavelet* dengan *filter Haar* dipilih karena memiliki *low pass filter* dan *high pass filter* yang tidak memakan biaya komputasi yang besar [6]. *Filter Haar*, ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 *Filter Haar*

2.2 Algoritma Enkripsi *DES*

DES termasuk dalam algoritma enkripsi yang sifatnya *cipher block*, yaitu mengubah data masukan menjadi blok-blok 64-bit dan menggunakan kunci enkripsi sebesar 56-bit. Proses enkripsi menghasilkan output blok 64-bit. Secara umum agoritma enkripsi *DES* [4], ditunjukkan pada gambar.



Gambar 5 Algoritma Enkripsi *DES*

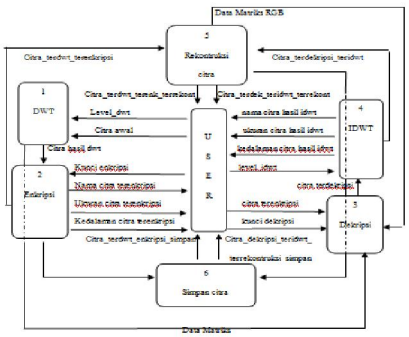
2.3 Algoritma Dekripsi *DES*

Proses dekripsi Algoritma *DES*, pada intinya sama seperti pada proses enkripsi, prosesnya balikan dari proses enkripsi. Blok (R_{16},L_{16}) merupakan masukan awal untuk *deciphering*. Blok (R_{16},L_{16}) diperoleh dengan mempermutasikan *ciphertext* dengan matriks permutasi IP^{-1}. Prakeluaran dari *deciphering* adalah (R_0,L_0). Dengan permutasi awal IP akan didapatkan kembali blok *plaintext* semula. K_{16} dihasilkan dari (C_{16},D_{16}) dengan permutasi *PC-2*. Tentu saja (C_{16},D_{16}) tidak dapat diperoleh langsung pada permulaan *deciphering*. Tetapi karena $(C_{16},D_{16}) = (C_0,D_0)$, maka K_{16} dapat dihasilkan dari (C_0,D_0) tanpa perlu lagi melakukan pergeseran bit. (C_0,D_0) merupakan bit-bit dari kunci ekternal K yang diberikan pada waktu dekripsi. Selanjutnya K_{15} dihasilkan dari (C_{15},D_{15}) yang diperoleh dengan menggeser $(C_{16},D_{16}) = (C_0,D_0)$ satu bit kekanan (sesuai arah kebalikan dari tabel schedule of left). K_{14} dihasilkan dari (C_{14},D_{14}) yang diperoleh dengan menggeser (C_{15},D_{15}) dua bit kekanan(sesuai arah kebalikan dari tabel *schedule of left*), dan seterusnya sampai dengan K_1 yang dihasilkan dari (C_1,D_1) . secara umum (C_{i-1},D_{i-1}) diperoleh dengan menggeser (C_i,D_i) satu atau dua bit kekanan (sesuai arah kebalikan dari tabel *schedule of left*) [3] .

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Data Program Aplikasi Keamanan Citra

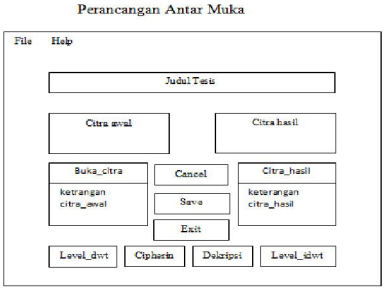
Gambaran umum dari diagram alir data program aplikasi keamanan citra dengan lingkunganya, ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Diagram Alur Data Program Aplikasi Keamanan Citra

3.2 Perancangan Bentuk Antar Muka

Bentuk utama rancangan antar muka yang akan digunakan dalam program aplikasi keamanan citra, ditunjukan pada Gambar 7.



Gambar 7. Gambar Bentuk Utama Antar Muka

3.3 Proses Pembuatan Program Untuk Program Aplikasi

Didalam pembuatan program untuk program aplikasi keamanan citra ini dibuat dengan program aplikasi Matlab7.1, berikut ini adalah proses-proses yang akan dilakukan.

a. Proses *DWT*

Ambil dan baca citra yang akan diproses berupa matriks pecahan, namakan matriks image tersebut sesuai dengan m_gry untuk gray dan untuk citra berwarna (*R,G,B*): m_r untuk red, m_g untuk green dan m_b untuk blue. Khusus untuk matriks *RGB* cukup diambil salah satu warna saja, matriks yang lain disimpan untuk proses rekontruksi nanti. Melakukan proses transformasi *DWT* berdasarkan level sebagai berikut:

Untuk level_1

untuk *gray*:

[cA1,cH1,cV1,cD1]=dwt2(m_gry,*'haar'*);

xdwt=*[cA1]*;

untuk *RGB*:

[cA1,cH1,cV1,cD1]=dwt2(m_r, *'haar'*);

xrdwt=*[cA1];*

Untuk Level_2

untuk gray:

[cA1,cH1,cV1,cD1]= dwt2 (m_gry, 'haar');

[cA2,cH2,cV2,cD2]= dwt2 (cA1, 'haar');

xdwt=[cA2];

untuk RGB:

[cA1,cH1,cV1,cD1]= dwt2 (m_r, 'haar');

[cA2,cH2,cV2,cD2]= dwt2 (cA1, 'haar');

xrdwt=[cA2];

dan seterusnya.

Hasil dari transformasi ini berupa matriks pecahan juga, yang selanjutnya sebagai inputan didalam proses enkripsi.

b. Proses Enkripsi

Sesuai algoritma enkripsi *DES*, akan dibahas langkah-langkah untuk melakukan 16 kali iterasi dari matriks yang telah di *DWT*. Untuk kasus RGB proses enkripsi diambil sesuai dengan matriks yang diambil pada proses *DWT*. Langkah sebelum melakukan iterasi:

Menentukan plaintext (matriks hasil *DWT*) dan mengubah plaintext kedalam bentuk bilangan biner.

Membagi plaintext_biner menjadi plaintext1, plaintext2, plaintext3 dan seterusnya yang masing-masing terdiri dari 64 bit.

Melakukan IP(plaintext(j)) permutasi awal terhadap plaintext(j) dengan IP yang telah ditentukan.

Iterasi ke(i), dengan i=1,2,…,16

Menentukan Li-1 separoh (32 bit) bagian kiri dan Ri-1 separoh (32 bit) bagian kanan dari IP(plaintext(i))

Melakukan E(Ri-1) ekspansi permutasi terhadap Ri-1 dengan E yang telah ditentukan

Menentukan K(8 karakter) kunci yang digunakan dan mengubahnya kedalam bilangan biner(64 bit)

Melakukan PC_1(K) permutasi choice_1 pada K

Menentukan Ci-1 separoh(28 bit) bagian kiri dan Di-1 separoh(28 bit) bagian kanan PC_1(K)

Menentukan Ci dan Di yaitu dengan melakukan pergeseran kekiri sesuai dengan tabel schedule of left shifts masing-masing terhadap C i-1 dan D i-1

Menentukan Ki = PC_2(CiDi)

Menentukan E(Ri-1) ⊕Ki yaitu melakukan XOR :E(R i-1) dengan Ki

Membagi E(Ri-1) ⊕Ki yang terdiri dari 48 bit menjadi 8 kelompok yaitu kelp_1, kelp_2,.....,kelp_8 yang masing-masing terdiri 6 bit

Melakukan substitusi masing-masing kelompok ke S_Box yaitu kelp_1(s) ke S1_Box, Kelp_2(s) ke S2_Box, ...kelp_8(s) ke S8_Box. Substitusi: namakan bit kelompok dengan b1b2b3b4b5b6 pada masing-masing kelompok(s), bilangan hexa dari b1b6 menetukan baris dan bilangan hexa dari b2b3b4b5 menentukan kolom pada tabel S_Box yang bersesuian dengan kelompoknya, bilangan hexa baris dan kolom tabel S_Box dirubah ke bilangan biner 4 bit untuk masing-masing kelompok, diperoleh Bi 32 bit.

Menentukan f(Ri-1,Ki)=P(Bi), yaitu melakukan permutasi P terhadap Bi dengan permutasi P yang telah ditentukan.

Analog: untuk plaintext yang lainnya.

Dari iterasi ke_16 diperoleh (L16(i)R16(i)), dengan L16=R15 dan R16=L16⊕P(B16). Selanjutnya untuk mendapatkan chipertext: Chipertext biner= IP^{-1} (R16(i),L16(i)) melakukan invers IP terhadap (R16(i),L16(i)) dengan invers permutasi yang telah ditentukan.

c. Proses Dekripsi

Dari proses enkripsi iterasi ke_16 diperoleh (L16(i)R16(i)), dengan l0(i)=L16(i)=R15(i) , r0(i)=R16(i)=L16(i)⊕P(B16(i)), c0=C16 , d0=D16 dan K16. Untuk mendapatkan kembali plaintext awal, dilakukan proses dekripsi yang merupakan kebalikan dari proses enkripsi, yaitu proses yang dimulai dari iterasi ke_16 ke iterasi ke_1 sebagai berikut: untuk ciphertext1

Iterasi ke_i (kebalikan dari iterasike_16 pada proses enkripsi), dengan i=1,2,...16:

Menentukan l0(i)=L16(i), r0(i)=R16(i), c0= C16 dan d0= D16

Menentukan ci dan di, yaitu melakukan penggeseran c0 dan d0 kekanan sesuai dengan balikan dari schedule of left shifts

Menentukan ki baru, ki= cidi(P_C2) yaitu permutasi PC_2 terhadap gabungan ci dan di

Melakukan ekspansi permutasi E(ri-1) dan XOR: E(ri-1) ⊕ki

Membagi E(ri-1) ⊕ki menjadi 8 kelompok, yaitu kelp_1(s), kelp_2(s), ...dan kelp_8(s)

Melakukan substitusi ke S_Box , yaitu S1_Box untuk kelp_1(s), ..., dan S8_Box untuk kelp_8(s), masing-masing kelompok ke S_Box yaitu kelp_1(s) ke S1_Box, Kelp_2(s) ke S2_Box, ...kelp_8(s) ke S8_Box. Substitusi: namakan bit kelompok dengan b1k2b3b4b5b6 pada masing-masing kelompok, bilangan hexa dari b1b6 menetukan baris dan bilangan hexa dari b2b3b4b5 menentukan kolom pada tabel S_Box yang bersesuian dengan kelompoknya. Ubah bilangan hexa baris dan kolm tabel S_Box ke biner 4 bit untuk masing-masing kelompok, diperoleh Bsi 32 bit

Menentukan f(ri-1),ki)=P(Bsi), yaitu permutasi P terhadap Bsi.

Analog: untuk ciphertext yang lainnya. Dari iterasi ke_16 proses dekripsi diperoleh (l16(i),r16(i)) dengan r16(i)=l15(i)⊕P(Bs16(i) dan l16(i)=r15(i).

Plaintextext biner= IP^{-1} (l16(i) , r16(i)).

d. Proses *IDWT*

Dari hasil dekripsi yaitu (l16(i),r16(i)) berbentuk biner,selanjutnya (l16(i),r16(i)) diubah ke bentuk desimal, namakan xgryhsl untuk grey dan untuk (R,G,B) adalah xrhsl,xghsl dan xbhsl. Proses transformasi *IDWT* digunakann untuk proses pengembalian citra kebentuk sebelum ditrasformasi *DWT*.

Level_1: *gray* : *[cA1]*=xdwt;
x=*idwt2(cA1,cH1,cV1,cD1, 'haar');*
RGB, matriks m_r: *[cA1]*=xrdwt;
xr=*idwt2(cA1,cH1,cV1,cD1, 'haar');*
Level_2: *gray*:*[cA2]*=xdwt;
sx2=*size*(xdwt);
xhsl1=*idwt2*(xdwt,*cH2,cV2,cD2*,
'haar',sx2); sx1=2**size*(xhsl1);
xhsl=*idwt2*(xhsl1,*cH1,cV1,cD1*,
'haar',sx1);
RGB, matriks m_r:
[cA2]=xrdwt; sx2=*size*(xrhsl2);
xrhsl1=*idwt2*(xrdwt,*cH2,cV2,cD2*,
'haar',sx2);
sx1=2**size*(xrhsl1);
xrhsl=*idwt2*(xrhsl1,*cH1,cV1,cD1*,
'haar',sx1);

e. Proses Rekontruksi

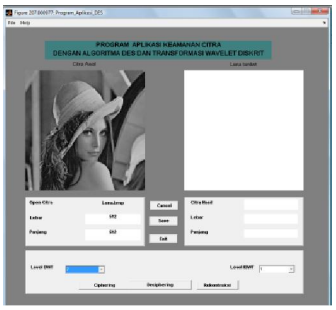
Proses rekontruksi, merupakan proses pengembalian citra hasil dari proses *IDWT* , kebentuk citra awal. Untuk kasus citra *RGB*, perlu dilakukan penggabungan kembali matriks citra hasil dari proses *DWT*, enkripsi, dekripsi. dan *IDWT* dengan matriks-matriks lain yang tidak diambil didalam proses *DWT* Pada kasus matriks m_r diambil untuk proses *DWT* dan misalkan hasilnya xrdwt, setelah melalui proses-proses enkripsi,dekripsi dan *IDWT* misalkan hasilnya xrhasil, maka xrhasil harus digabungkan dengan matriks m_g dan m_b.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

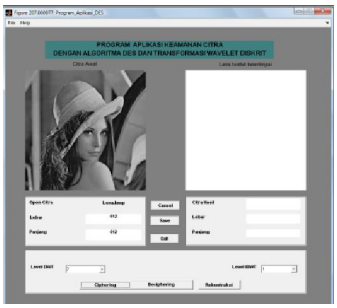
Hasil dari penelitian ini, disajikan dalam bentuk hasil tiap-tiap proses program aplikasi dan untuk hasil akhir yaitu program aplikasi keamanan citra adalah keseluruhan hasil proses disajikan dalam bentuk hasil antar muka . Berikut ini adalah salah satu contoh hasil tampilan untuk Lena.bmp .

a. Gambar 8, pada *axes*1 merupakan gambar hasil tampilan *open* citra yaitu untuk citra awal *Lena.bmp* melalui perintah open citra pada menu *File* atau tombol *open* citra dan pada *axes*2 merupakan gambar Lena_terdwt yang merupakan hasil setelah melakukan perintah pemilihan level_7 transformasi *DWT* melalui tombol level.



Gambar 8 Axes 1 Citra Lena Awal, pada Axes2 Lena_terdwtlvl7

b. Gambar 9 pada axes 1 citra awal dan pada *axes*2 merupakan gambar tampilan citra hasil Lena_terdwtlvl7_terenkripsi melalui perintah enkripsi dari tombol Enkripsi.

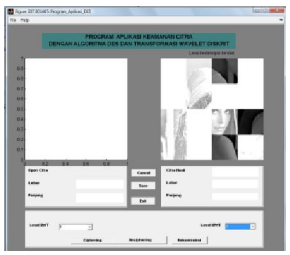


Gambar 9 Axes 2 Lena awal dan Lena_terdwtlvl7_terenkripsi

c. Gambar 10 pada axes1, gambar Lena_terdwtlvl7_terenkripsi dan pada *axes*2, gambar Lena_terdwtlvl7_terenkripsi_terdekripsi. hasil dari perintah dekripsi dari tombol dekripsi.

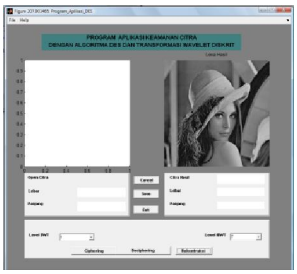
Gambar 10 Axes1 Lena Awal dan Lena_terdwtlvl7_terenkripsi ,pada Axes 2 Lena_terdwtlvl7_terenkripsi _terdekripsi

d. Gambar 11 pada axes1, Lena_terdwtlvl7_ terenkripsi_ terdekripsi dan pada *axes*2 gambar Lena_terdwtlvl7_terenkripsi_ terdekripsi_teridwt. hasil dari perintah *IDWT* tombol level.



Gambar 11 Axes 2 Lena_terdwtlvl7_ terenkripsi_terdekripsi_teridwt

e. Gambar 12 pada axes1, gambar Lena_terdwtlvl7_terenkripsi dan pada *axes*2 merupakan gambar citra hasil Lena_terdwtlvl7_terenkripsi_ terdekripsi_teridwt_terekontruksi, dari perintah Rekontruksi.



Gambar 12 Axes2Lena_terdwtlvl7_terenkripsi_ terdekripsi_teridwt_terekontruksi

4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Pembahasan hasil penelitian ini, merupakan analisis hasil komponen-komponen penyusun program aplikasi keamanan citra sebagai berikut.

a. Pembahasan Hasil Transfomasi *DWT*

Gambar 8 axes 2 Lena_terdwt hasil transformasi *DWT* dengan filter *Haar* pada level 7 berukuran 4x4 piksel, dari citra awal *Lena.bmp* yang berukuran 512x512. Semakin tinggi level yang diambil, maka semakin kabur/terkesan kosong image citranya. Hal ini dikarenakan jumlah piksel hasil kompresi *DWT* semakin sedikit, jika ukuran piksel image citra awal adalah mxn maka jumlah piksel pada level k akan berkurang menjadi $1/2^k$ x (m,n).

b. Pembahasan Hasil Algoritma Enkripsi *DES*

Contoh: Lena_terdwt level 7, menghasilkan image berukuran 4x4 piksel. Panjang bit plaintext binernya adalah 256 bit, banyak kelompok 256/64 ada 4 kelompok yang masins-masing panjangnya 64 bit, setelah melaui 16x iterasi:

ciphtxt =

65386	23234	32854	10303
27913	1714	45215	7191
10506	50795	56209	57549
53699	30124	12749	59252

```
ciphtxt=[bars1,bars2,bars3,bars4;bars5,bar
s6,bars7,bars8;bars9,bars10,bars11,bars12;
bars13,bars14,bars15,bars16];
gambciph=double(ciphtxt);gbr_enk=uint8(
gambciph); imshow(gbr_enk);
```

gambar 4.2 axes 2 Lena_terdwt_terenkripsi yang berukuran 4x4 yaitu sama dengan ukuran gambar lena_terdwtlvl7.

c. Pembahasan Hasil Algoritma Dekripsi *DES*

Dari contoh: Lena_terdwt level 7 enkripsi Setelah melalui 16xiterasi menghasilkan *plaintext*:

pltxthsl =

61649	31096	9000	62277
40021	28903	49946	55050
29539	43941	25015	3635
30182	42088	11066	39337

```
pltxthsl=[bars1,bars2,bars3,bars4;bars5,bar
s6,bars7,bars8;bars9,bars10,bars11,bars12;
brs13,bars14,bars15,bars16]';
gamb_dek=double(pltxthsl);
gbr_dek=uint8(gamb_dek);
imshow(gbr_dek); Gambar 9 axes 2
```

Lena_terdwtlvl7_terenkripsi_ terdekripsi, berukuran 4x4, sama dengan ukuran Lena_terdwtlvl7_terenkripsi

d. Pembahasan Hasil Transfomasi *IDWT*

Dari Lena_terdwtlvl7_terenkripsi_ terdekripsi, kemudian dilakukan pengembalian piksel acak ke sebelum terenkripsi dan terdekripsi, dengan *IDWT*:

```
pl=imread('lena.bmp');
xdwt=[cA7]; [cA7]=pltxthsl;
sx7=2*size(pltxthsl);
xhsl6=idwt2(pltxthsl,cH7,cV7,cD7,'haar',
sx7);
sx6=2*size(xhsl6);
xhsl5=idwt2(xhsl6,cH6,cV6,cD6,'haar',
sx6);
sx5=2*size(xhsl5);
xhsl4=idwt2(xhsl5,cH5,cV5,cD5,'haar',
sx5);
sx4=2*size(xhsl4);
xhsl3=idwt2(xhsl4,cH4,cV4,cD4,'haar',
sx4);
sx3=2*size(xhsl3);
xhsl2=idwt2(xhsl3,cH3,cV3,cD3,'haar',
sx3);
sx2=2*size(xhsl2);
xhsl1=idwt2(xhsl2,cH2,cV2,cD2,'haar',
sx2);
sx1=2*size(xhsl1);
xhsl=idwt2(xhsl1,cH1,cV1,cD1,'haar',sx1;
gbre_hsl=double(xhsl);
gamb_hsl=uint8(gbre_hsl);
imshow(gamb_hsl);
```

Gambar 10 axes 2, Lena_terdwtlvl7_ terenkripsi_ terdekripsi_ teridwt berukuran 512x512 piksel, merupakan hasil transformasi *IDWT* dari Lena_terdwtlvl7_ terenkripsi_terdekripsi.

e. Pembahasan Hasil Rekontruksi

Rekontruksi, merupakan proses akhir, yaitu proses mengembalikan citra_terdwt_ terenkripsi_terdekripsi_teridwt ke citra awal, yaitu dari Lena_terdwtlvl7_terenkripsi_ terdekripsi_teridwt, melalui perintah:

```
xhsl=pl;gbre_hsl=double(xhsl);gamb_hsl=
uint8(gbre_hsl); imshow(gamb_hsl);
```

Gambar 4.4 axes 2, hasil rekontruksi Lena_terdwtlvl7_terenkripsi_terdekripsi_

teridwt, berukuran 512x512 sama dengan ukuran citra awal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan:

a. Kompresi dengan menggunakan transformasi *DWT* dengan filter Haar level yang semakin tinggi, menghasilkan image citra semakin kabur/terkesan kosong, proses enkripsi dan dekripsi menjadi sederhana.
b. Enkripsi *DES* setelah melalui kompresi, hanya melakukan pengacakan posisi piksel-piksel. Begitu pula dekripsi *DES*, hanya melakukan pengacakan kembali posisi piksel-piksel terenkripsi kebentuk sebelum dienkripsi yaitu ke posisi citra_terdwt. Hal ini menunjukkan bahwa program aplikasi ini aman digunakan untuk menyimpan citra maupun mengirim citra lewat email.
c. Nirkompresi melalui transformasi *IDWT* dengan filter *Haar*, mengembalikan posisi piksel-piksel ke citra awal sebelum melakukan transformsi *DWT*. Untuk mengisi posisi piksel-piksel kosong hasil *IDWT*, dilakukan rekontruksi piksel-piksel hasil dengan piksel-piksel pendukung citra awal. Hasilnya sama dengan citra awal, hal ini menunjukkan bahwa program aplikasi ini tidak merubah citra aslinya.

d. Citra terenkripsi tersimpan dengan aman, jika dikirim lewat email akan terjamin kerahasiaanya dan dari akibat kompresi maka ruang simpan atau ruang email kirim membutuhkan ruang yang jauh lebih kecil dibanding dengan ruang simpan atau ruang email kirim citra aslinya.

5.2 Saran

Bagi pengguna atau peneliti lain, disarankan :

a. Sebaiknya untuk pemilihan algoritma enkripsi, pilih algoritma enkripsi yang tidak membutuhkan iterasi yang banyak, tentu dengan keamanan yang baik.
b. Perlu melakukan penelitian yang berkaitan dengan keberadaan posisi piksel-piksel nirkompresi setelah melakukan kompresi yang menggunakan transformasi *DWT*.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1]. A. Dony, (2006), *Kriptografi Keamanan Data Dan Komunikasi*, Graha Ilmu. Yogyakarta.
[2]. Krisnawati., (2006), *Transformasi Fourier Dan Transformasi Wavelet Pada Citra*. Dasi. Vol 7. No4.
[3]. Munir, R. (2004), *Pengolahan Citra Digital*, Informatika Bandung.
[4]. Munir, R. (2006), Kriptografi. Informatika Bandung.
[5]. R. Budi, (1998-2005), *Keamanan Sistem Informasi Berbasis Internet*, PT Insan Infonesia-Bandung & PTINDOCISC-Jakarta.
[6]. S.F., Isma. (2008), *Implementasi Steganografi Pada Video jenis AVI Menggunakan Transformasi Wavelet Diskrit*, IT Telkom Buah Batu. Bandung.
[7]. S., Saleh. (2006), *Penerapan Algoritma Des Dalam Sistem Keamanan Data dengan penambahan Password Terjadwal*.
[8]. S., William, (2002), *Komunikasi Data dan Komputer:Jaringan Komputer*, Thamir Abdul Hafedh Al_Hamdany (Penterjemah). Salemba Teknik. Jakarta.