

BAB III

METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan keseluruhan penelitian. Urutan langkah yang akan dilakukan penulis yaitu dengan studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian dan analisis. Selain itu, kesimpulan dan saran disertakan sebagai catatan atas sistem dan kemungkinan arah pengembangan selanjutnya.

3.1 Studi Literatur

Studi literatur menjelaskan seluruh dasar teori yang digunakan untuk menunjang penulisan penelitian ini. Teori-teori pendukung tersebut meliputi teori-teori berkaitan enkripsi dengan algoritma *Rubic's Cube*, yang kemudian digunakan sebagai dasar penelitian. Dari data yang diperoleh akan diolah sehingga dapat digunakan untuk analisis. Setelah dilakukan analisis maka dapat diimplementasikan ke dalam proses pembuatan perangkat lunak.

3.2 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan bertujuan untuk mendapatkan semua kebutuhan yang diperlukan untuk membangun perangkat lunak yang diinginkan. Analisis kebutuhan dilakukan dengan mengidentifikasi semua kebutuhan perangkat seperti perangkat keras, perangkat lunak pendukung, dan kebutuhan pendukung lainnya. Tahap ini diperlukan agar implementasi perangkat lunak dapat sesuai dengan kebutuhan penelitian, baik dari desain sistem maupun perangkat yang akan digunakan. Selain itu, analisis kebutuhan juga menjadi dasar dari pelaksanaan perancangan dan implementasi perangkat lunak yang akan dilakukan pada tahap selanjutnya.

3.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Untuk memulai proses pembangunan perangkat keras diperlukan perangkat keras sebagai pendukung, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- CPU : Intel Core i3 522, 3.2 Ghz
- RAM : 4 Gb DDR3
- Harddisk : 640 Gb
- Lain : Kunciboard, mouse, display.

3.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Selain perangkat keras, dalam membangun sistem enkripsi pada citra digital dengan algoritma *Rubic's Cube*, juga memerlukan perangkat lunak pendukung. Berikut ini perangkat lunak yang digunakan:

- Sistem Operasi : Microsoft Window 7 Sp.1
- Framework : .Net Framework 4.0
- Script : C#
- Compiler : Microsoft Visual Studio 2010
- Image Editor : Adobe Photoshop CS3

3.2.3 Kebutuhan Data

Untuk memenuhi proses supaya bisa berjalan sesuai dengan tujuan, diperlukan data inputan pada perangkat lunak yang akan dibangun, dalam hal ini citra digital adalah kebutuhan utama dari perangkat lunak. Citra digital yang digunakan harus memenuhi syarat utama, yaitu berupa bitmap atau format BMP dengan ruang citra RGB atau *Red Green Blue*.

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

3.3.1 Deskripsi Umum Sistem

Secara umum system yang dibangun adalah perangkat lunak yang melakukan enkripsi pada citra digital. Metode yang digunakan dalam sistem ini adalah algoritma *Rubic's cube*.

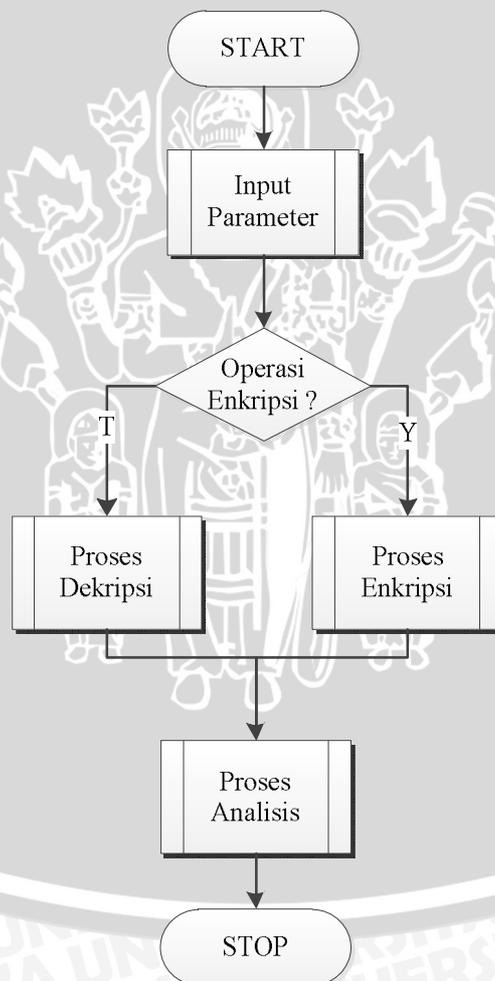
Dalam algoritma *Rubic's cube* ini terdapat beberapa tahapan proses yang harus dilakukan, yaitu :

1. User menentukan citra digital yang digunakan.
2. User menentukan parameter kunci yang digunakan.
3. User menentukan jenis operasi, enkripsi atau dekripsi.

4. Sistem melakukan pembentukan matrik kunci dan melakukan proses enkripsi atau dekripsi
5. Sistem mengeluarkan hasil keluaran citra dan hasil perhitungan analisis

3.3.2 Perancangan Proses

Pada perancangan proses menggunakan algoritma *Rubic's cube*, proses yang diajukan dibagi menjadi empat tahapan yaitu menentukan parameter input, proses enkripsi, proses dekripsi, dan proses perhitungan analisis. Proses-proses tersebut seperti digambarkan pada flowchart pada Gambar 3.1 .



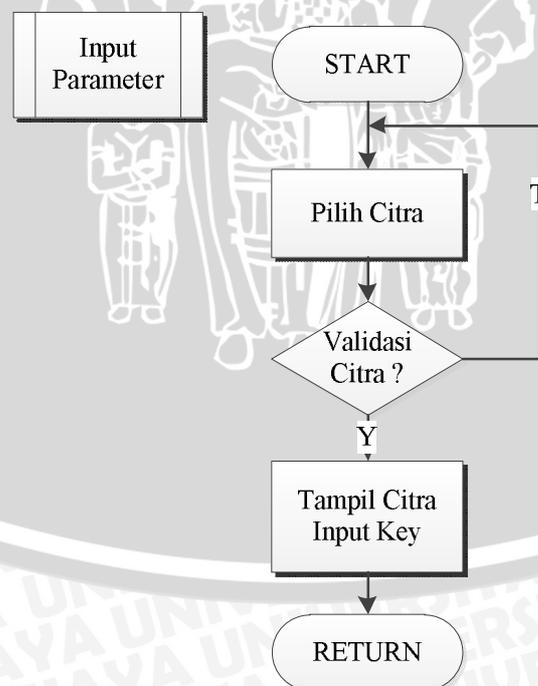
Gambar 3.1 Flowcart Sistem

Penjelasan flowchart :

1. Pertama-tama user harus memilih citra yang akan diproses, kemudian dilakukan validasi pada citra apakah memiliki format *Bitmap*, jika iya maka proses bisa dilanjutkan.
2. Kemudian user harus menginputkan kunci yang digunakan dan memilih operasi yang digunakan, apakah proses enkripsi atau proses dekripsi.
3. Jika operasi yang digunakan adalah enkripsi, maka proses yang dijalankan adalah proses enkripsi.
4. Jika operasi yang digunakan adalah dekripsi, maka proses yang dijalankan adalah proses enkripsi.
5. Proses selanjutnya adalah malakukan analisis dari hasil

3.3.3 Perancangan Proses Parameter Input

Pada proses ini dilakukan inialisasi pada inputan dari user, baik citra yang diinputkan ataupun kunci dari user. Flowchart input parameter diperlihatkan pada Gambar 3.2.



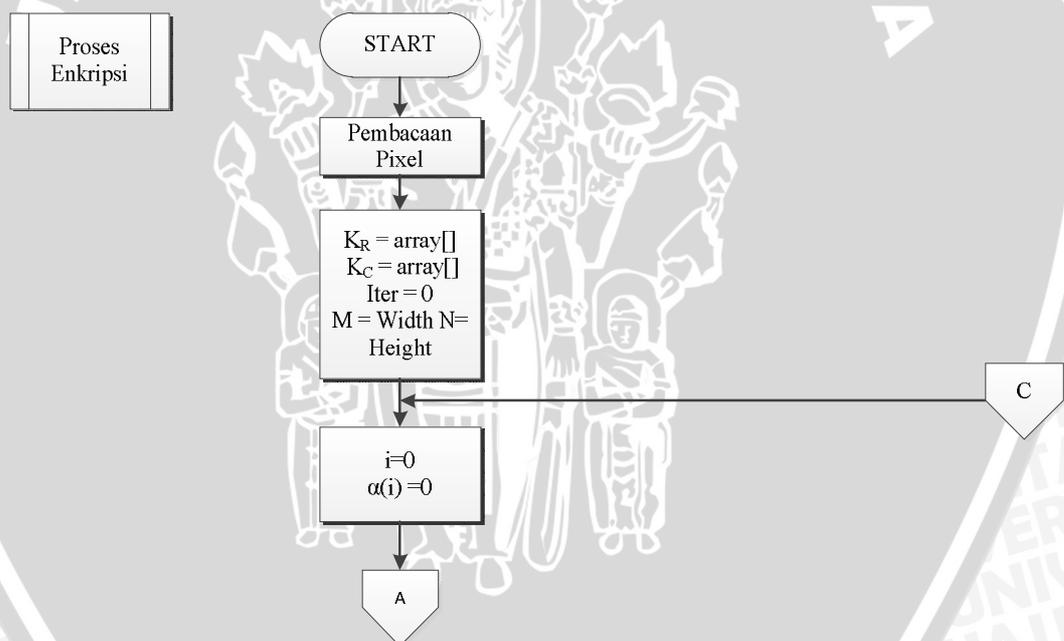
Gambar 3.2 Flowchart Proses Input

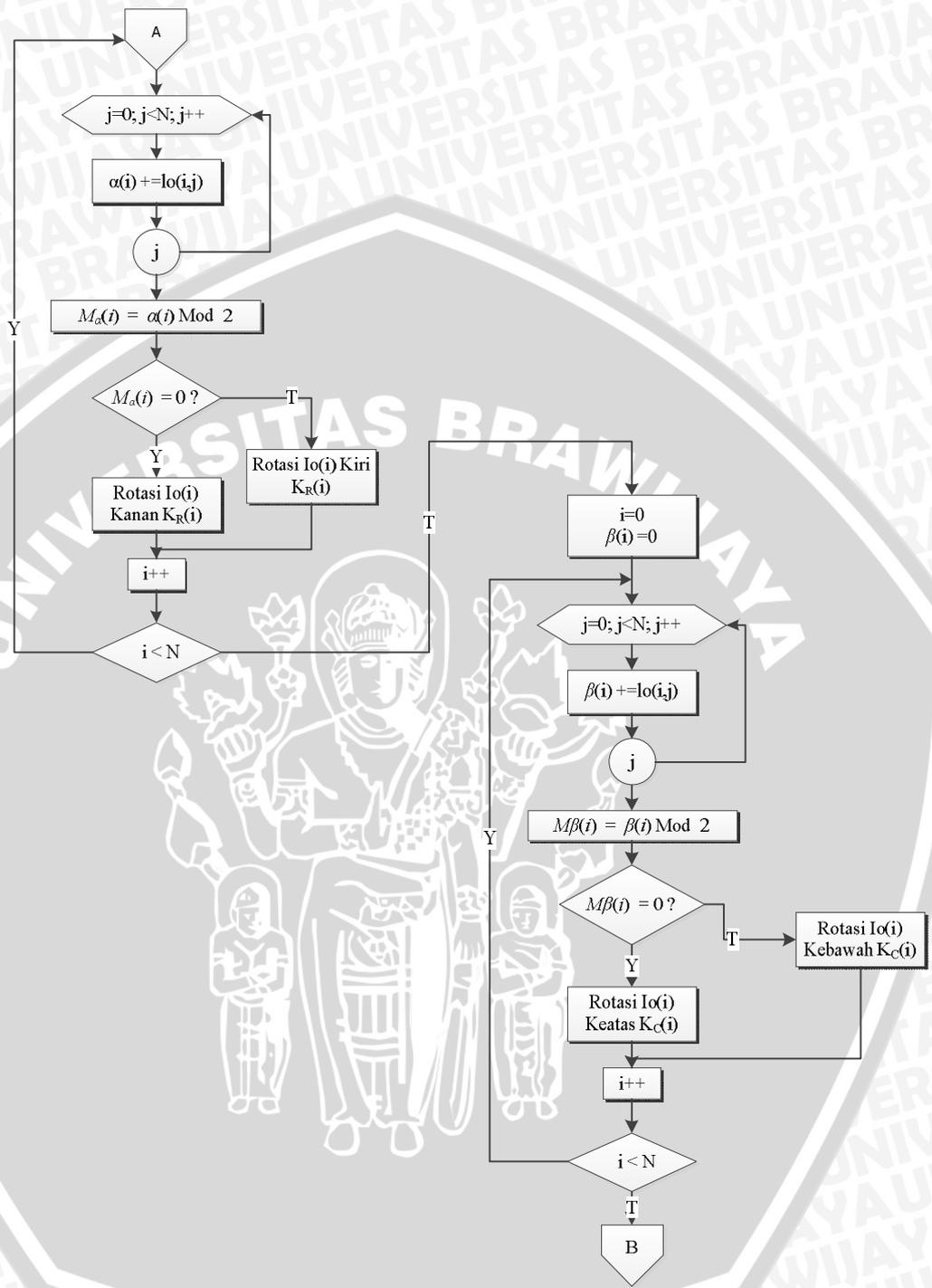
Pejelasan flowchart :

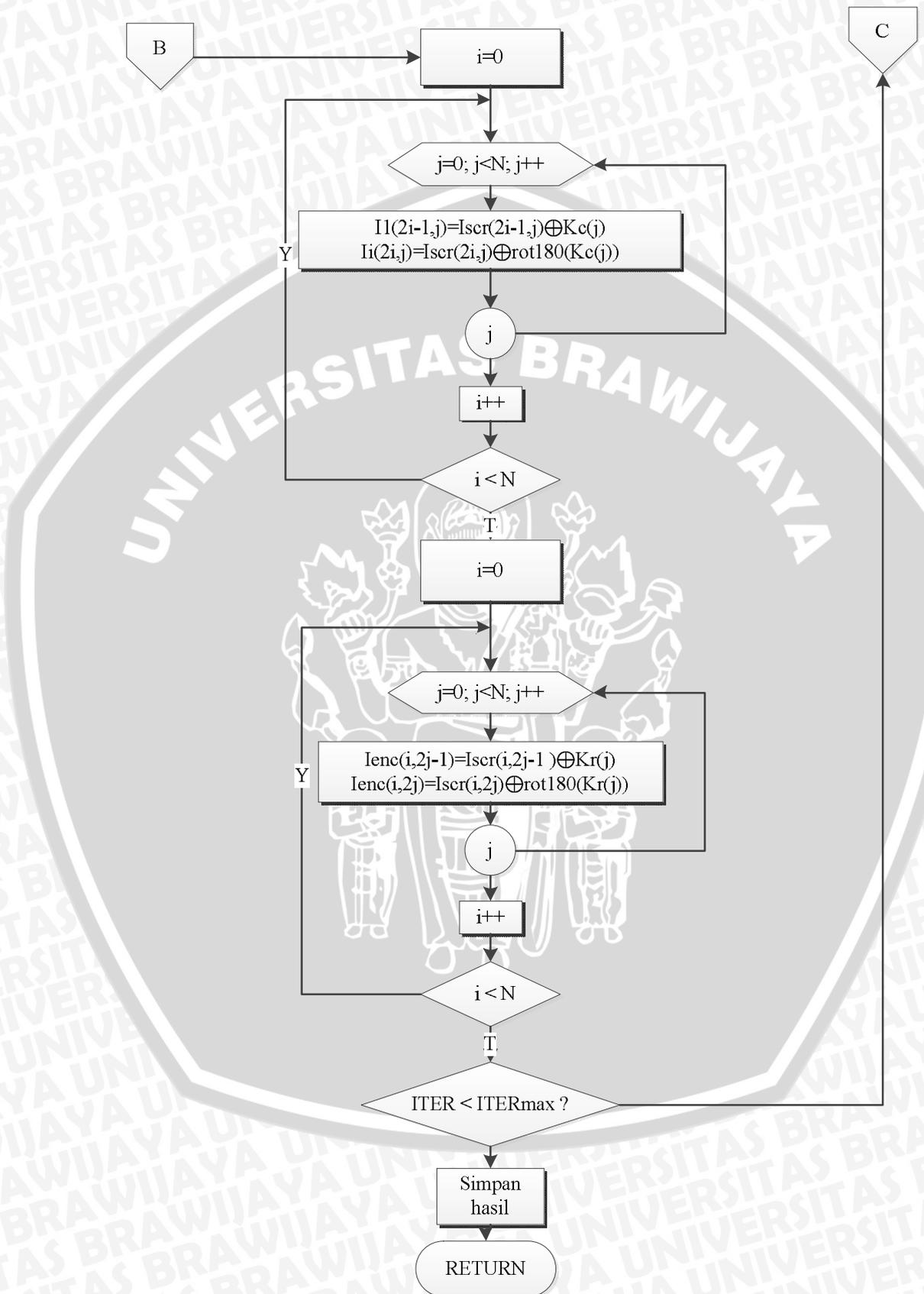
1. Pertama-tama dipilih citra yang akan diproses enkripsi atau dekripsi.
2. Validasi dari citra yang dipilih, apakah format citra yang dipilih sesuai dengan kebutuhan data yang diajukan, jika tidak maka kembali ke langkah pertama yakni user memilih citra digital lagi.
3. Setelelah proses validasi berhasil, diperlukan inputan kunci dari user. Dimana kunci yang diinputkan berupa nilai angka.

3.3.4 Perancangan Proses Enkripsi

Proses ini merupakan proses enkripsi dari citra digital inputan dilakukan. Pada proses enkripsi terdiri dari beberapa langkah yang harus dikerjakan. Langkah-langkah proses tersebut diperlihatkan pada flowchart pada Gambar 3.3.







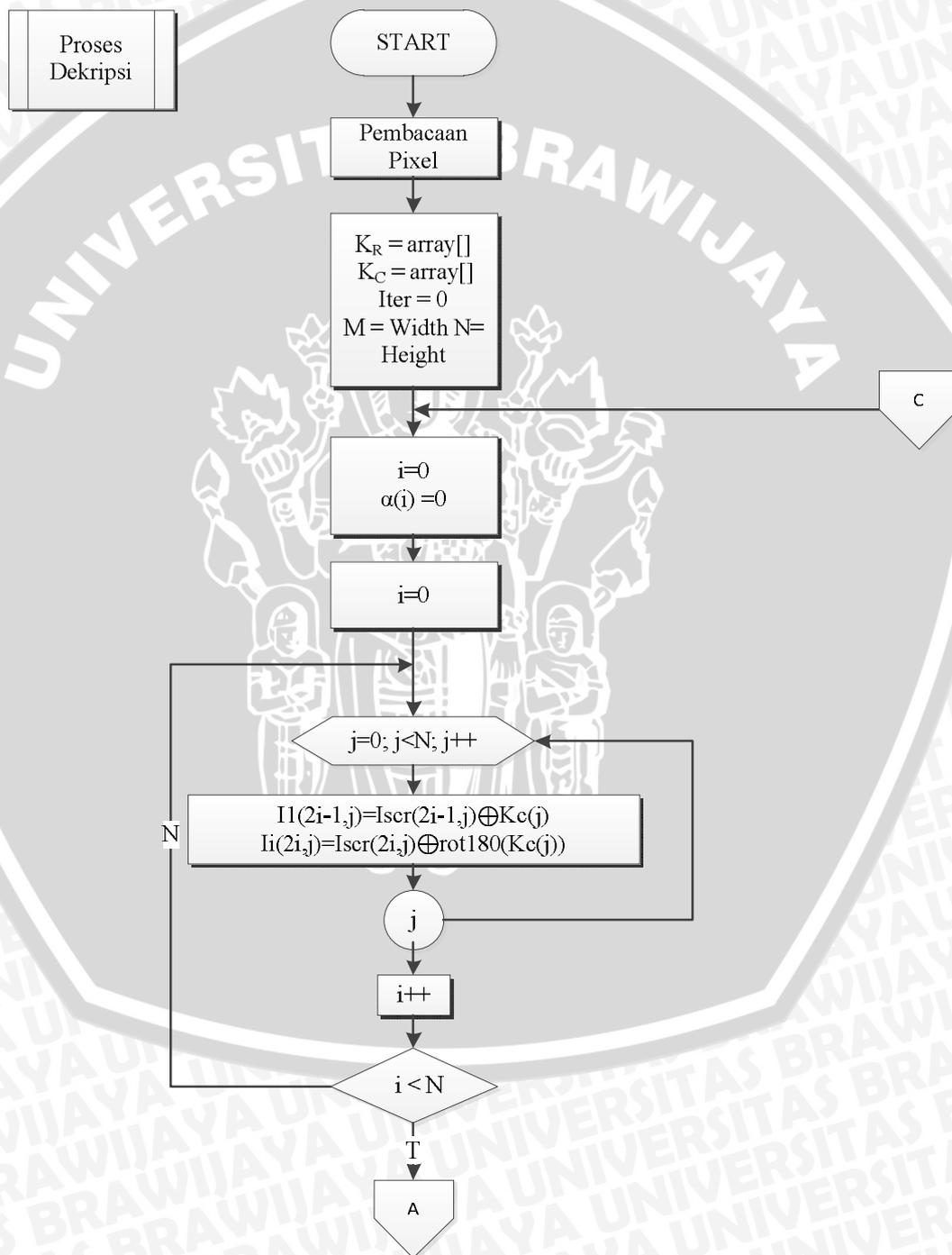
Gambar 3.3 Flowcart Proses Enkripsi

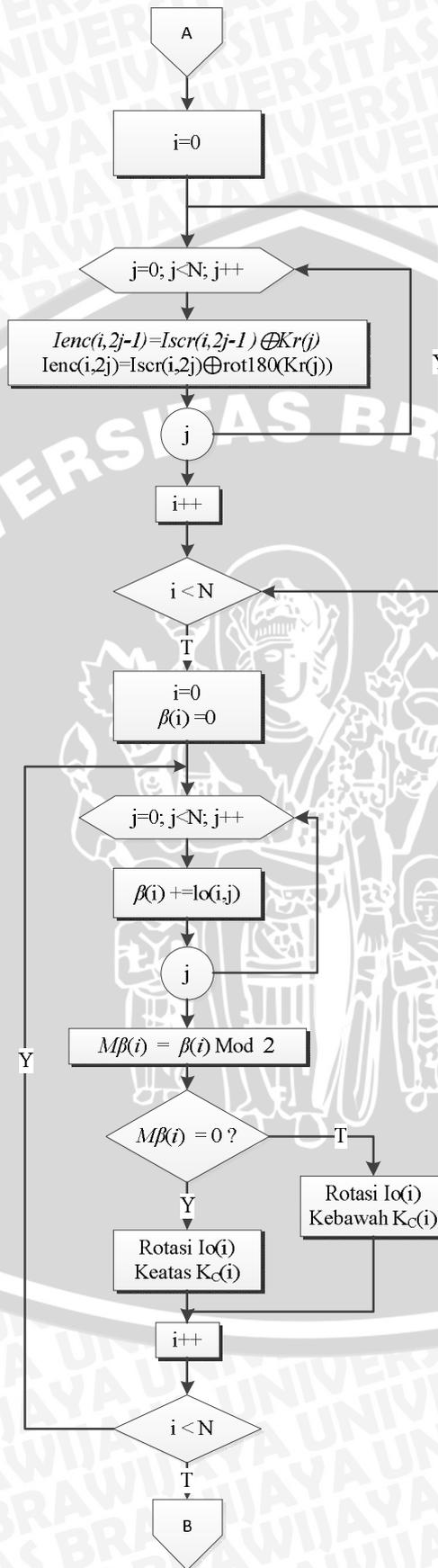
Pejelasan flowchart :

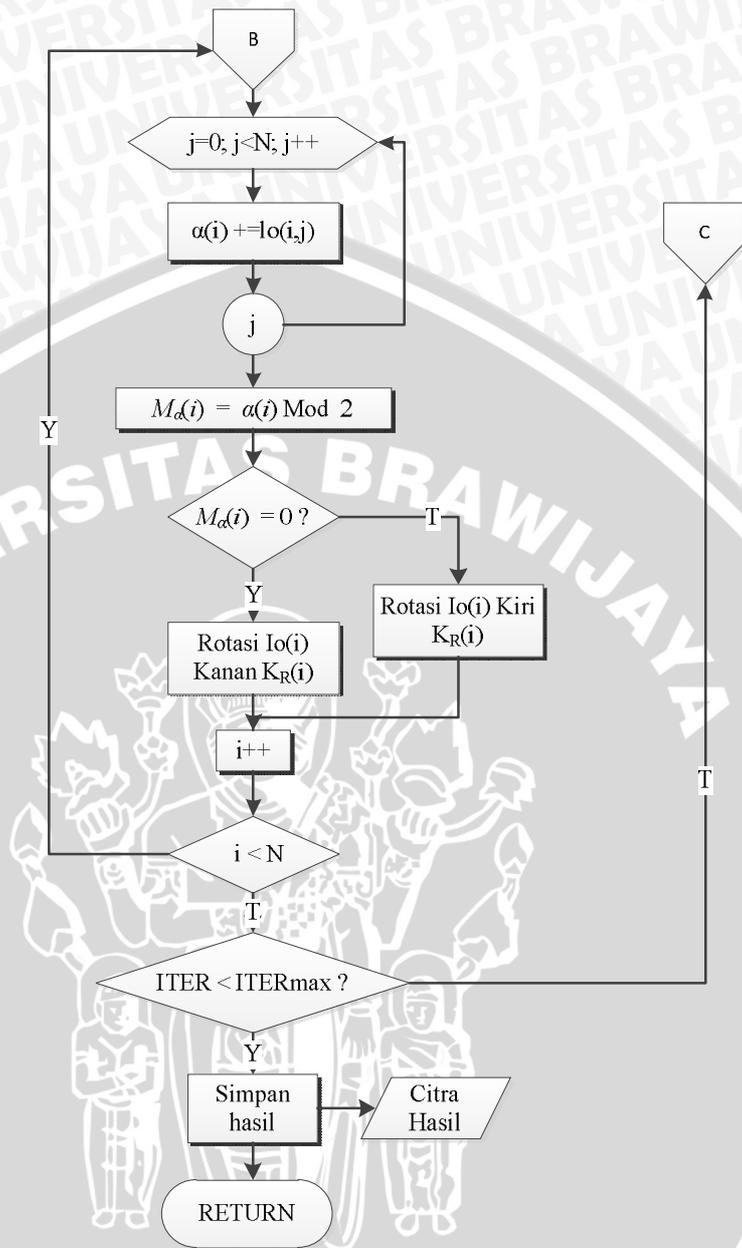
1. Pembacaan piksel dari citra inputan,
2. Inisialisasi kunci pada dua vektor K_R dan K_C dengan panjang masing-masing M dan N.
3. Inisialisasi jumlah dari iterasi, $ITERmax$ dan nilai $ITER = 0$.
4. Menambahkan nilai $ITER = ITER + 1$.
5. Melakukan proses pada tiap-tiap baris i pada matrik I_o , Menghitung jumlah semua elemen pada baris dengan persamaan 2.1.
6. Menghitung nilai $M\alpha(i)$ dengan persamaan 2.2
7. Jika $M\alpha(i) = 0$ maka melakukan rotasi kanan pada baris piksel i dan jika tidak maka melakukan proses rotasi kiri.
8. Melakukan proses pada tiap-tiap kolom j pada matrik I_o , menghitung semua elemen pada kolom j , dengan menggunakan persamaan 2.4.
9. Menghitung $M\beta(j)$ dengan persamaan 2.5
10. Jika $M\beta(j) = 0$ maka dilakukan rotasi keatas pada kolom piksel j dan jika tidak maka dilakukan rotasi bawah.
11. Pada masing-masing baris dilakukan operasi biner XOR dengan vector K_C , dengan menggunakan persamaan 2.7
12. Pada masing-masing kolom dilakukan operasi biner XOR dengan K_R dengan menggunakan persamaan 2.8 :
13. Jika $ITER = ITERmax$ maka proses selesai.
14. Output dari proses enkripsi adalah matrik I_{enc} .

3.3.5 Perancangan Proses Dekripsi

Proses dekripsi bertujuan untuk mengembalikan citra yang sudah terenkripsi ke dalam bentuk citra semula. Proses ini terdiri dari beberapa langkah yang harus dikerjakan, proses tersebut dilihat pada flowchart pada Gambar 3.4.







Gambar 3.4 Flowcart Proses Dekripsi

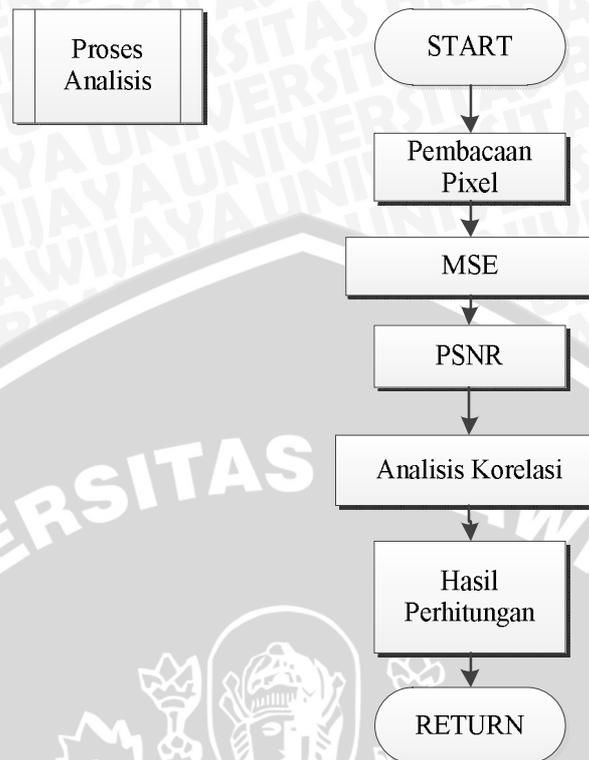
Pejelasan flowchart :

1. Pembacaan piksel dari citra inputan, I_{enc} .
2. Inisialisasi $ITER = 0$.
3. Menambahkan dengan 1 nilai $ITER$, $ITER = ITER + 1$.
4. Melakukan proses operasi bit XOR pada vector K_R dan tiap-tiap kolom dari citra yang terenkripsi I_{enc} dengan persamaan 2.9 .

5. Kemudian dengan menggunakan vector K_C , dilakukan operasi bit XOR dengan tiap-tiap baris pada citra dengan persamaan 2.10 .
6. Pada tiap-tiap kolom I_{enc} menghitung jumlah semua elemen pada kolom j , dengan persamaan 2.11
7. Menghitung $M\beta_{SCR}(i)$, dengan persamaan 2.12.
8. Jika $M\beta_{SCR}(i) = 0$ maka menggeser naik pada kolom j dengan posisi $K_C(i)$, dan sebaliknya menggeser turun .
9. Pada tiap-tiap kolom pada citra I_{scr} , menghitung jumlah semua elemen pada baris i , dengan menggunakan persamaan 2.14
10. Menghitung $M\alpha_{SCR}(i)$, dengan menggunakan persamaan 2.15.
11. Jika $M\alpha_{SCR}(i)=0$ maka melakukan rotasi kekanan dan sebaliknya melakukan rotasi kekiri.
12. Jika $ITER = ITER_{max}$ maka proses selesai dan gambar hasil disimpan pada I_{enc} .

3.3.6 Perancangan Proses Analisis

Proses analisis bertujuan untuk melakukan analisis citra yang sudah terenkripsi ataupun citra terdekripsi. Proses ini terdiri dari beberapa langkah yang harus dikerjakan, proses tersebut dilihat pada flowchart pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Flowcart Proses Analisis

Pejelasan flowchart :

1. Pembacaan piksel dari citra baik yang terenkrpsi ataupun terdekrpsi.
2. Melakukan proses perhitungan analisis korelasi dengan persamaan 2.21.
3. Melakukan proses perhitungan error dengan MSE dan PSNR, dengan persamaan 2.19 dan 2.20.
4. Menampilkan hasil keluaran hasil perhitungan analisis.

3.3.7 Perancangan Halaman Atarmuka

Perancangan halaman atarmuka bertujuan agar perangkat lunak ini bisa mudah digunakan dengan sasaran bisa menjalankan fungsi-fungsi dari masing-masing proses dalam perancangan kebutuhan proses. Perancangan halaman atarmuka bisa dilihat pada Gambar 3.6.

				x
NEW	OPEN	SAVE	PROSES	(LOGO)
HISTROGRAM		CITRA ASLI	CITRA HASIL	HISTROGRAM
INFORMASI				INFORMASI
LOG				

Gambar 3.6 Halaman Atarmuka

Penjelasan Gambar 3.6 :

1. *New*, digunakan untuk membersihkan tampilan atau untuk memulai proses baru.
2. *Open*, digunakan untuk mengambil atau memilih citra digital dari berkas.
3. *Save*, digunakan untuk menyimpan hasil dari proses, baik citra hasil enkripsi atau dekripsi.
4. *Proses*, digunakan untuk memulai proses sesuai dengan operasi yang sedang dikerjakan, baik enkripsi atau dekripsi.
5. *Histogram*, digunakan untuk menampilkan histogram dari citra, histogram merupakan tingkat keabuan dari suatu citra.
6. Informasi, digunakan untuk menampilkan informasi dari citra, yakni ukuran citra, lokasi dari citra, serta hasil dari hasil analisis yakni MSE, PSNR dan hasil analisis korelasi.
7. *Log*, digunakan untuk mencatat semua aktifitas yang dikerjakan oleh perangkat lunak, baik waktu maupun jenis aktifitas dari perangkat lunak.
8. Citra asli dan citra hasil, digunakan untuk menampilkan citra asli atau citra yang dipilih oleh user dan citra yang selesai diproses baik proses enkripsi maupun dekripsi.

3.4 Perancangan Uji Coba

Pada proses pengujian akan dilakukan 2 tahap pengujian, yakni pengujian tanpa serangan dan pengujian dengan menggunakan serangan.

3.4.1 Citra Uji

Spesifikasi citra yang akan diujikan, yaitu :

1. Sumber citra berasal :
<http://www.imageprocessingplace.com/> , yang merupakan citra – citra standar yang digunakan untuk pemrosesan citra dengan format *Bitmap*.
2. Ukuran citra digital yang digunakan untuk pengujian 512x512 piksel

3.4.2 Pengujian Tanpa Serangan

Pada proses pengujian tanpa serangan ini dilakukan dengan melakukan proses enkripsi pada citra uji dan kemudian melakukan proses dekripsi ulang.

Tabel 3.1 Rancangan Tabel Hasil Pengujian Tanpa Serangan

Citra	IMax	Kunci	Durasi

Keterangan :

Citra	Citra asli yang akan dienkripsi
IMax	Iterasi maksimal
Kunci	Kunci
Durasi	Waktu Komputasi

3.4.3 Pengujian Terhadap Ketahanan Citra Enkripsi

Pada pengujian ini dilakukan dengan memberikan beberapa serangan pada citra terenkripsi dan kemudian citra tersebut didekripsi ulang. Setelah itu dilakukan perhitungan *MSE*, *PSNR* dan analisis korelasi. Pada perhitungan menggunakan *Mean Square Error* (*MSE*) ini akan melihat citra asli sebagai $I(x,y)$ sedangkan untuk citra hasil disimbolkan dengan $I'(x,y)$, dengan ukuran citra $N \times N$. Pengukuran *MSE* ini menunjukkan rata – rata perbedaan antara intensitas citra asli $I(x,y)$ dan intensitas citra hasil $I'(x,y)$. $N \times N$ adalah ukuran panjang dan lebar citra. Untuk perhitungan *MSE* ditunjukkan pada bab 2 dalam persamaan

2.19. Perhitungan nilai PSNR ini menggunakan persamaan 2.20. Semakin besar nilai PSNR maka semakin baik hasil kualitas citra. Masukan dari pengujian ini berupa nilai piksel dari citra asli dan citra hasil dekripsi. Keluaran dari pengujian ini berupa nilai kesalahan. Makin besar kesalahannya, maka makin kecil nilai PSNR yang dihasilkan dan sebaliknya. Perhitungan nilai analisis korelasi ini menggunakan persamaan 2.21. Semakin nyata hubungan linier (garis lurus), maka semakin kuat atau tinggi derajat hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih. Masukan dari pengujian ini berupa nilai piksel dari citra asli dan citra hasil dekripsi. Keluaran dari pengujian ini berupa nilai yang tidak lebih dari harga ($-1 \leq r \leq 1$). Apabila nilai $r = -1$ artinya korelasi negatif sempurna; $r = 0$ artinya tidak adakorelasi; dan $r = 1$ artinya korelasinya sangat kuat. Adapun variasi serangan pada citra terenkripsi adalah :

1. Pemotongan pada bagian tengah citra (*center cropping*) sebesar 10%, 20%, dan 30%
2. Penambahan *noise* dengan *amount* 10%, 20%, 30% untuk *gaussian noise*.
3. Penambahan efek *blur* dengan *radius* 1 piksel, 1.5 piksel, 2 piksel untuk *gaussian blur*.

Tabel 3.2 Rancangan Tabel Hasil Pengujian Dengan Serangan

Citra	IMax	Kunci	Durasi	Korelasi	MSE	PSNR

Keterangan :

- Citra Citra hasil enkripsi
- IMax Iterasi maksimal
- Kunci Kunci
- Durasi Waktu Komputasi
- Korelasi Nilai korelasi antara citra asli dan hasil dekripsi
- MSE Rata – rata kemiripan citra asli dengan hasil deskripsi.
- PSNR Tingkat kualitas dari citra hasil dekripsi.

3.5 Contoh Kasus Proses Enkripsi dan Dekripsi

Pada contoh perhitungan manual kasus berikut digunakan matriks 4 x 4 untuk mempermudah proses perhitungan. Pixel citra yang digunakan, tidak dipisahkan menjadi komponen-komponen *red*, *green*, dan *blue* akan tetapi digabung menjadi satu nilai yang ditunjukkan pada Gambar 3.7.

0x010000	0x020000	0x030000	0x050000
0x000400	0x000300	0x000200	0x000100
0x010000	0x020000	0x030000	0x050000
0x000400	0x000300	0x000200	0x000100

Gambar 3.7 Pixel contoh

0x2	0x2	0x2	0x2
-----	-----	-----	-----

Gambar 3.8 Kunci

1. Proses Enkripsi

Perhitungan Iterasi Ke- 0 :

Proses baris ke-0 :

$$A_i[0]=16711680+16776192+16711680+16776192 =6975744$$

$$Mai =0$$

Nilai Sebelum =

$$0x010000 \quad 0x000400 \quad 0x010000 \quad 0x000400$$

Karena $Mai = 0$,Sehingga Geser Kanan 2 dan Nilai Menjadi

$$0x010000 \quad 0x000400 \quad 0x010000 \quad 0x000400$$

Proses baris ke-1:

$$A_i[1] = 16646144+16776448+16646144+16776448 =66845184$$

$$Mai =0$$

Nilai Sebelum =

$$0x020000 \quad 0x000300 \quad 0x020000 \quad 0x000300$$

Mai = 0 ,Sehingga Geser Kanan 2 dan Nilai Menjadi

$$0x020000 \quad 0x000300 \quad 0x020000 \quad 0x000300$$

Proses baris ke-2:

$$Ai[2] = 16580608+16776704+16580608+16776704 =6714624$$

Mai =0

Nilai Sebelum =

0x030000 0x000200 0x030000 0x000200

Mai = 0 ,Sehingga Geser Kanan 2dan Nilai Menjadi

0x030000 0x000200 0x030000 0x000200

Proses baris ke-2:

$$Ai[3] = 16449536+16776960+16449536+ 16776960=66452992$$

Mai =0

Nilai Sebelum =

0x050000 0x000100 0x050000 0x000100

Mai = 0 ,Sehingga Geser Kanan 2 dan Nilai Menjadi

0x050000 0x000100 0x050000 0x000100

Proses kolom ke -0

$$Bi[0] = 16711680+16776192+16711680+16776192 =66387968$$

Mbi =0

Nilai Sebelum =

0x010000 0x000400 0x010000 0x000400

Mbi = 0 ,Sehingga Geser Turun 2

0x030000 0x000400 0x010000 0x000400

Proses kolom ke -1

$$Bi[1] =16449536+16776448+ 16646144+16776448 =67106304$$

Mbi =0+

Nilai Sebelum =

0x050000 0x000300 0x020000 0x000300

Mbi = 0 ,Sehingga Geser Turun 2

0x050000 0x000100 0x020000 0x000300

Proses kolom ke -2

$$Bi[2] = 16711680+16776192+16580608+16776704 =66387968$$

Mbi =0

Nilai Sebelum =



0x010000 0x000400 0x030000 0x000200

Mbi = 0 ,Sehingga Geser Turun 2

0x010000 0x000400 0x010000 0x000200

Proses kolom ke -3

Bi[3] = 16646144+16776448+16646144+16776960 =67106304

Mbi =0

Nilai Sebelum =

0x020000 0x000300 0x020000 0x000100

Mbi = 0 ,Sehingga Geser Turun 2

0x020000 0x000300 0x020000 0x000300

Nilai piksel setelah prose baris dan kolom diperlihatkan pada Gambar 3.9

0x030000	0x050000	0x010000	0x020000
0x000200	0x000100	0x000400	0x000300
0x030000	0x050000	0x010000	0x020000
0x000200	0x000100	0x000400	0x000300

Gambar 3.9 Hasil Proses Baris dan Kolom

Setelah proses baris dan kolom maka dilakukan proses operasi bit XOR pada tiap-tiap baris dan kolom dengan persamaan 2.7 dan persamaan 2.8. sehingga menghasilkan piksel baru pada Gambar 3.10

0x030002	0x050002	0x010002	0x020002
0x000202	0x000102	0x000402	0x000302
0x030002	0x050002	0x010002	0x020002
0x000202	0x000102	0x000402	0x000302

Gambar 3.10 Hasil Proses XOR pada Baris dan Kolom

Perhitungan Iterasi Ke-1 :

0x010002	0x020002	0x030002	0x050002
0x000402	0x000302	0x000202	0x000102
0x010002	0x020002	0x030002	0x050002
0x000402	0x000302	0x000202	0x000102

Gambar 3.11 Hasil Proses Iterasi Ke-1

Hasil akhir citra terenkripsi :

0x010000	0x020000	0x030000	0x050000
0x000400	0x000300	0x000200	0x000100
0x010000	0x020000	0x030000	0x050000
0x000400	0x000300	0x000200	0x000100

Gambar 3.12 Hasil Citra Terenkripsi

2. Proses Dekripsi

0x010000	0x020000	0x030000	0x050000
0x000400	0x000300	0x000200	0x000100
0x010000	0x020000	0x030000	0x050000
0x000400	0x000300	0x000200	0x000100

Gambar 3.13 Citra Terenkripsi

Pada citra terenkripsi pada Gambar 3.13 akan diproses dengan menggunakan kunci pada Gambar 3.7.

Proses operasi XOR pada masing-masing kolom. :

$I1[0, 2 * 0] = 16711680 \text{ xor } 2$	$I1[2, 2 * 0] = 16711680 \text{ xor } 2$
$I1[0, 2 * 1] = 16646144 \text{ xor } 2$	$I1[2, 2 * 1] = 16646144 \text{ xor } 2$
$I1[0, 2 * 1] = 16580608 \text{ xor } 2$	$I1[2, 2 * 1] = 16580608 \text{ xor } 2$
$I1[0, 2 * 2] = 16449536 \text{ xor } 2$	$I1[2, 2 * 2] = 16449536 \text{ xor } 2$
$I1[1, 2 * 0] = 16776192 \text{ xor } 2$	$I1[3, 2 * 0] = 16776192 \text{ xor } 2$
$I1[1, 2 * 1] = 16776448 \text{ xor } 2$	$I1[3, 2 * 1] = 16776448 \text{ xor } 2$
$I1[1, 2 * 1] = 16776704 \text{ xor } 2$	$I1[3, 2 * 1] = 16776704 \text{ xor } 2$
$I1[1, 2 * 2] = 16776960 \text{ xor } 2$	$I1[3, 2 * 2] = 16776960 \text{ xor } 2$

Proses operasi XOR pada masing-masing baris. :

$I1[2 * 0, 0] = 16711680 \text{ xor } 2$	$I1[2 * 0, 2] = 16580608 \text{ xor } 2$
$I1[2 * 1, 0] = 16776192 \text{ xor } 2$	$I1[2 * 1, 1, 2] = 16776704 \text{ xor } 2$
$I1[2 * 1, 0] = 16711680 \text{ xor } 2$	$I1[2 * 1, 2] = 16580608 \text{ xor } 2$
$I1[2 * 2, 0] = 16776192 \text{ xor } 2$	$I1[2 * 2, 1, 2] = 16776704 \text{ xor } 2$
$I1[2 * 0, 1] = 16646144 \text{ xor } 2$	$I1[2 * 0, 3] = 16449536 \text{ xor } 2$
$I1[2 * 1, 1] = 16776448 \text{ xor } 2$	$I1[2 * 1, 3] = 16776960 \text{ xor } 2$
$I1[2 * 1, 1] = 16646144 \text{ xor } 2$	$I1[2 * 1, 3] = 16449536 \text{ xor } 2$
$I1[2 * 2, 1] = 16776448 \text{ xor } 2$	$I1[2 * 2, 3] = 16776960 \text{ xor } 2$

Nilai piksel setelah proses XOR diperlihatkan pada Gambar 3.14

0x010002	0x020002	0x030002	0x050002
0x000402	0x000302	0x000202	0x000102
0x010002	0x020002	0x030002	0x050002
0x000402	0x000302	0x000202	0x000102

Gambar 3.14 Citra Terdekripsi

Proses kolom ke-0:

$$Bi[0] = 16711678 + 16776190 + 16711678 + 16776190 = 66387960$$

$$Mbi = 0$$

Nilai Sebelum =

$$0x010002 \quad 0x000402 \quad 0x010002 \quad 0x000402$$

Mbi = 0, Sehingga Geser Atas 2

$$0x010002 \quad 0x000402 \quad 0x010002 \quad 0x000402$$

Proses kolom ke-1:

$$Bi[1] = 16449534 + 16776446 + 16646142 + 16776446 = 67106296$$

$$Mbi = 0$$

Nilai Sebelum =

$$0x050002 \quad 0x000302 \quad 0x020002 \quad 0x000302$$

Mbi = 0, Sehingga Geser Atas 2

$$0x050002 \quad 0x000302 \quad 0x020002 \quad 0x000302$$

Proses kolom ke-2:

$$Bi[2] = 16711678 + 16776190 + 16580606 + 16776702 = 66387960$$

$$Mbi = 0$$

Nilai Sebelum =

$$0x010002 \quad 0x000402 \quad 0x030002 \quad 0x000202$$

Mbi = 0, Sehingga Geser Atas 2

$$0x010002 \quad 0x000402 \quad 0x030002 \quad 0x000202$$

Proses kolom ke-3:

$$Bi[3] = 16646142 + 16776446 + 16646142 + 16776958 = 67106296$$

$$Mbi = 0$$

Nilai Sebelum =

$$0x020002 \quad 0x000302 \quad 0x020002 \quad 0x000102$$

Mbi = 0, Sehingga Geser Atas 2

$$0x020002 \quad 0x000302 \quad 0x020002 \quad 0x000102$$

Proses baris ke-0:

$$Ai[0] = 16580606 + 16776702 + 16580606 + 16776702 = 66714616$$

$$Mai = 0$$



Nilai Sebelum =

0x030002 0x000202 0x030002 0x000202

Mai = 0 ,Sehingga Geser Kiri 2

0x030002 0x000202 0x030002 0x000202

Proses baris ke-1:

$$Ai[1] = 16449534 + 16776958 + 16449534 + 16776958 = 66452984$$

Mai = 0

Nilai Sebelum =

0x050002 0x000102 0x050002 0x000102

Mai = 0 ,Sehingga Geser Kiri 2

0x050002 0x000102 0x050002 0x000102

Proses baris ke-2:

$$Ai[2] = 16711678 + 16776190 + 16711678 + 16776190 = 66975736$$

Mai = 0

Nilai Sebelum =

0x010002 0x000402 0x010002 0x000402

Mai = 0 ,Sehingga Geser Kiri 2

0x010002 0x000402 0x010002 0x000402

Proses baris ke-3:

$$Ai[3] = 16646142 + 16776446 + 16646142 + 16776446 = 66845176$$

Mai = 0

Nilai Sebelum =

0x020002 0x000302 0x020002 0x000302

Mai = 0 ,Sehingga Geser Kiri 2

0x020002 0x000302 0x020002 0x000302

Nilai piksel setelah proses baris dan kolom diperlihatkan pada Gambar 3.15

0x030002	0x050002	0x010002	0x020002
0x000202	0x000102	0x000402	0x000302



0x030002	0x050002	0x010002	0x020002
0x000202	0x000102	0x000402	0x000302

Gambar 3.15 Citra Terdekripsi pada prose baris dan kolom

Perhitungan Iterasi Ke-1 :

0x030000	0x050000	0x010000	0x020000
0x000200	0x000100	0x000400	0x000300
0x030000	0x050000	0x010000	0x020000
0x000200	0x000100	0x000400	0x000300

Gambar 3.16 Citra Terdekripsi iterasi k-1 pada operasi bit XOR

Setelah operasi bit XOR maka dilakukan proses baris dan kolom. sehingga menghasilkan piksel baru pada Gambar 3.17

0x010000	0x020000	0x030000	0x050000
0x000400	0x000300	0x000200	0x000100
0x010000	0x020000	0x030000	0x050000
0x000400	0x000300	0x000200	0x000100

Gambar 3.17 Citra Hasil Terdekripsi

Untuk piksel dari citra asli yang sebelum dilakukan proses enkripsi, diperlihatkan pada Gambar 3.18 berikut :

0x010000	0x020000	0x030000	0x050000
----------	----------	----------	----------

0x000400	0x000300	0x000200	0x000100
0x010000	0x020000	0x030000	0x050000
0x000400	0x000300	0x000200	0x000100

Gambar 3.18 Pikel Asli

Dari Gambar 3.17 dan Gambar 3.18 diperlihatkan bahwa nilai piksel pada citra setelah proses dekripsi memiliki nilai yang sama dengan nilai piksel pada citra asli. Hal tersebut membuktikan bahwa proses dekripsi berhasil dalam mengembalikan citra kedalam bentuk citra semula.

