



**PENGAMANAN CITRA DENGAN DNA - *VIGENERE*
CIPHER BERBASIS POLA TANAM PADI
DAN BAJAK SAWAH**

SKRIPSI

Oleh
Muhammad Ma'sum Al Fikri
NIM 151810101027

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**PENGAMANAN CITRA DENGAN DNA - VIGENERE
CIPHER BERBASIS POLA TANAM PADI
DAN BAJAK SAWAH**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Matematika (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

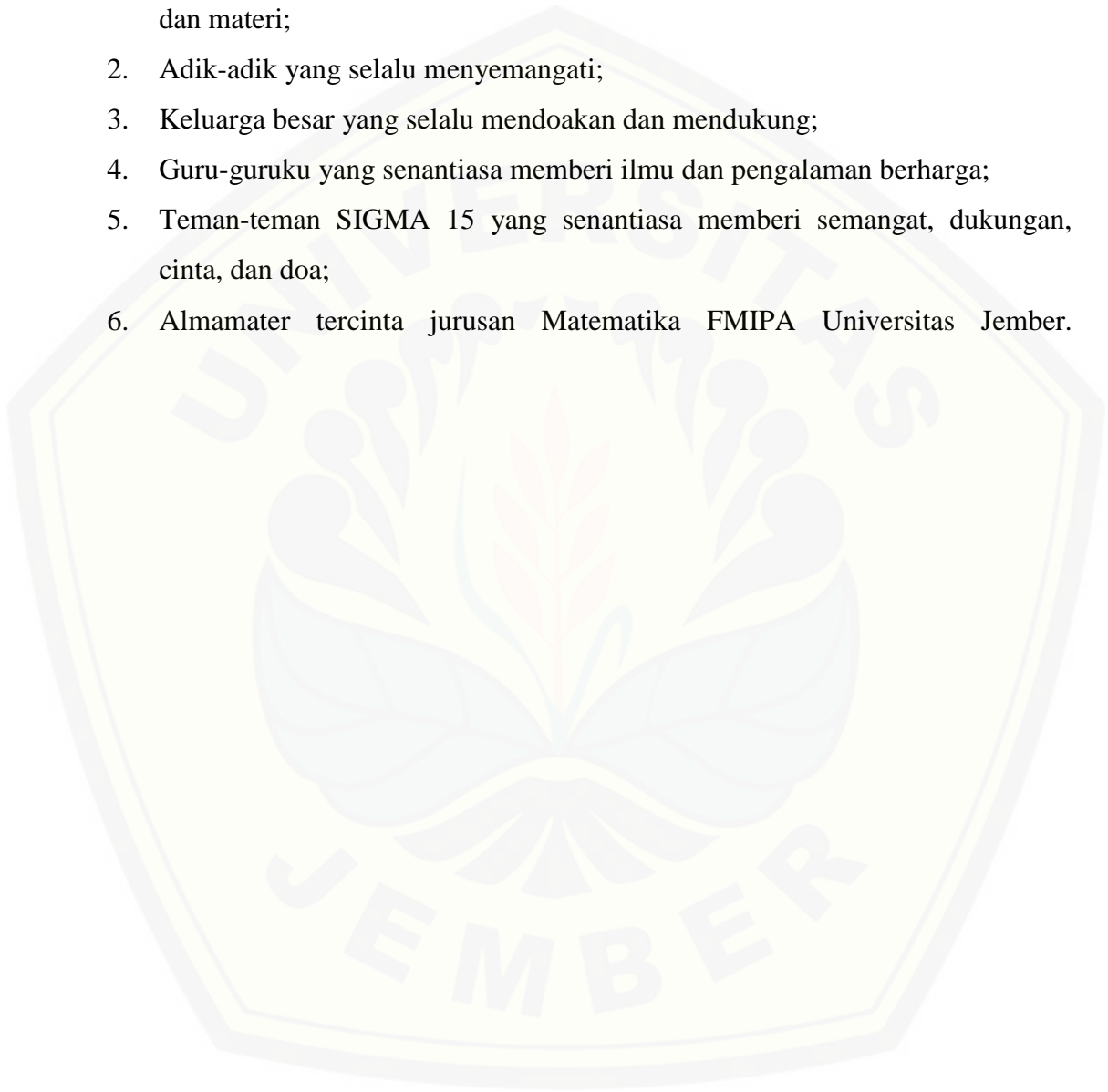
Oleh
Muhammad Ma'sum Al Fikri
NIM 151810101027

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibu dan Ayah yang selalu mendampingi dan mendukung melalui doa, tenaga, dan materi;
2. Adik-adik yang selalu menyemangati;
3. Keluarga besar yang selalu mendoakan dan mendukung;
4. Guru-guruku yang senantiasa memberi ilmu dan pengalaman berharga;
5. Teman-teman SIGMA 15 yang senantiasa memberi semangat, dukungan, cinta, dan doa;
6. Almamater tercinta jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.



MOTO

“The secret of life, though, is to fall seven times and to get up eight times”¹



¹Paulo Coelho

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama : Muhammad Ma'sum Al Fikri

NIM : 151810101027

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengamanan Citra dengan DNA-*Vigenere Cipher* Berbasis Pola Tanam Padi dan Bajak Sawah” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2019

Yang menyatakan,

Muhammad Ma'sum Al Fikri

NIM 151810101027

SKRIPSI

**PENGAMANAN CITRA DENGAN DNA - *VIGENERE*
CIPHER BERBASIS POLA TANAM PADI
DAN BAJAK SAWAH**

Oleh

Muhammad Ma'sum Al Fikri
NIM 151810101027

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Abduh Riski, S.Si, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Ahmad Kamsyakawuni, S.Si, M.Kom.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengamanan Citra dengan DNA-*Vigenere Cipher* Berbasis Pola Tanam Padi dan Bajak Sawah” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember.

Tim Penguji

Ketua,

Abduh Riski, S.Si, M.Si.
NIP. 199004062015041001

Anggota II,

Kiswara Agung Santoso, S.Si., M.Kom.
NIP. 197209071998031003

Anggota I,

Ahmad Kamsyakawuni, S.Si, M.Kom.
NIP. 197211291998021001

Anggota III,

Kusbudiono, S.Si., M.Si.
NIP. 197704302005011001

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.

NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Pengamanan Citra dengan DNA-Vigenere Cipher Berbasis Pola Tanam Padi dan Bajak Sawah; Muhammad Ma'sum Al Fikri, 151810101027; 2019: 55 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Perkembangan teknologi telah mempengaruhi penyimpanan suatu data. Penyimpanan yang dulunya dalam bentuk kertas sekarang lebih didominasi dengan penyimpanan digital menggunakan komputer. Salah satu jenis data yang sering dipakai adalah data berupa citra, beberapa diantaranya merupakan citra yang bersifat rahasia. Untuk melindungi citra tersebut diperlukan suatu proses pengamanan.

Kriptografi merupakan ilmu untuk mengamankan data dengan cara mengubah ataupun mengacak data, sehingga data tersebut tidak diketahui bentuk aslinya. Salah satu diantaranya adalah metode DNA-vigenere cipher. Hardjo (2016), telah melakukan enkripsi pada data berupa citra digital menggunakan modifikasi vigenere cipher dengan kriptografi DNA. Kunci yang dipakai berupa rangkaian basa nitrogen DNA. Hasil yang didapatkan memiliki tingkat keamanan lebih tinggi dibandingkan dengan hanya metode vigenere cipher. Penelitian ini menghasilkan citra terenkripsi dengan tingkat buram yang baik, namun di beberapa bagian gambar masih terlihat pola dasar dari citra yang dienkripsi. Widodo (2015), dalam jurnal Perancangan Kriptografi Block Cipher Berbasis pada Teknik Tanam Padi dan Bajak Sawah mengenalkan Pola tanam padi dan bajak sawah untuk mengenkripsi *text*. Pola ini mengubah posisi dari setiap teks mengikuti alur penanaman padi dan bajak sawah. Enkripsi yang dihasilkan berhasil mengubah posisi setiap huruf dalam *plain text*, hal ini mengakibatkan *ciphertext* lebih acak dan sulit untuk dipecahkan oleh kriptanalis.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra RGB dan citra *grayscale* yang akan digunakan sebagai *plain image* sekaligus kunci *image*. Citra tersebut akan diubah polanya mengikuti pola tanam padi dan bajak sawah,

kemudian akan dienkripsi menggunakan DNA-*vigenere cipher*. Hasil enkripsi yang didapatkan adalah sebuah *cipher image* yang berbeda dengan *plain image*.

Analisis keamanan dari algoritma yang diajukan menunjukkan bahwa algoritma tersebut aman dari serangan statistik, memiliki nilai tambah keamanan dengan mengacak pola. Hasil dekripsi didapatkan *cipher image* kembali seperti *plain image* dan tidak ada informasi yang hilang.



PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pengamanan Citra dengan DNA-*Vigenere Cipher* Berbasis Pola Tanam Padi dan Bajak Sawah”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat pada program pendidikan strata satu (S1) Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan bimbingan dalam penyusunan tugas akhir ini, terutama kepada yang terhormat:

1. Drs. Sujito, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Kusbudiono, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Abduh Riski, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
4. Kiswara Agung Santoso, S.Si., M.Kom. selaku Dosen Penguji I dan Kusbudiono, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II;
5. Kedua orang tua, ibu Husnul Khotimah dan ayah Paingin, serta adik-adik yang selalu memberi dukungan dan doa;
6. Dosen dan Karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
7. Teman-teman SIGMA yang telah memberikan banyak kenangan, dukungan, dan doa.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan penyusunan tugas akhir ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Jember, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

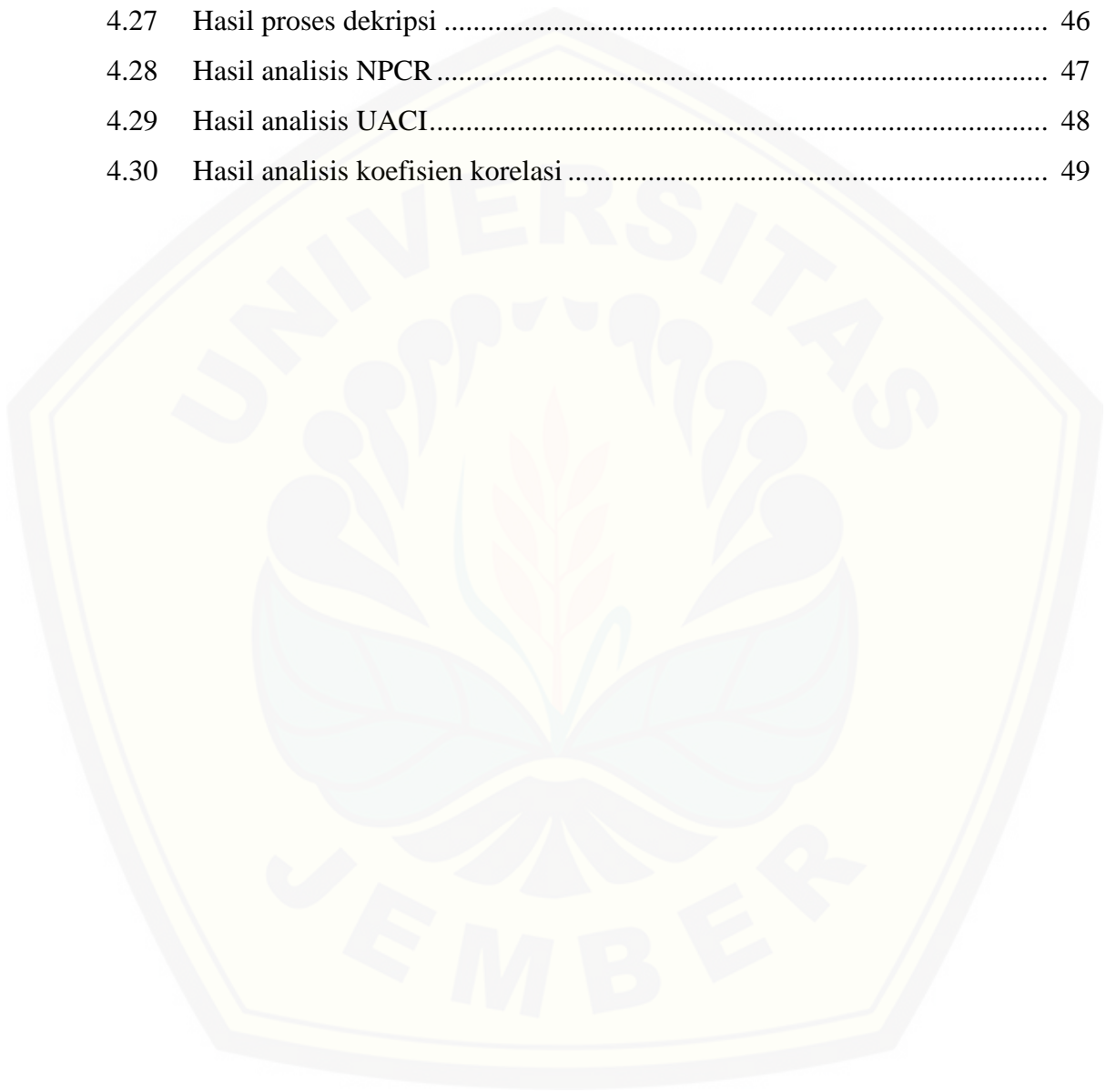
	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kriptografi	4
2.2 Citra	5
2.3 Sistem Basis pada Bilangan	6
2.4 Vigenere Cipher	8
2.5 Kriptografi DNA	9
2.6 DNA-Vigenere Cipher	10
2.7 Pola Tanam Padi dan Bajak Sawah	11
2.7.1 Pola Tanam Padi	11
2.7.2 Pola Bajak Sawah	12
2.8 Analisis Keamanan	14
2.8.1 Metode NPCR.....	14
2.8.2 UACI.....	15

2.8.3 Analisis Koefisien Korelasi	15
BAB 3. METODE PENELITIAN	17
3.1 Data Penelitian	17
3.2 Langkah-langkah penelitian	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil	23
4.1.1 Proses Enkripsi dengan DNA-Vigenere Cipher dan Pola	23
4.1.2 Proses Dekripsi dengan DNA Vigenere Cipher dan Pola.....	31
4.1.3 Analisis Hasil.....	37
4.1.4 Aplikasi Program	38
4.1.5 Hasil Penerapan Aplikasi Program	43
4.2 Pembahasan	49
4.2.1 Proses Enkripsi	49
4.2.2 Proses Dekripsi	50
4.2.3 Hasil Analisis NPCR dan UACI	51
4.2.4 Hasil Analisis Koefisien Korelasi.....	51
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Konversi Bilangan.....	8
2.2 <i>Vigenere cipher</i>	9
2.3 Delapan macam bentuk pengkodean DNA	11
2.4 DNA- <i>Vigenere Cipher</i>	12
2.5 <i>Plain image</i> ukuran 8x8	12
2.6 Kunci <i>image</i> ukuran 8x8	13
4.1 <i>Pixel Plain image</i> ukuran 8x8	23
4.2 <i>Pixel Plain image</i> baru dengan pola pemasukan tanam padi	24
4.3 <i>Pixel Plain image</i> baru dengan pola pengambilan tanam padi	24
4.4 <i>Pixel Plain image</i> ukuran 8x8 setelah diubah ke biner	25
4.5 Konversi biner ke DNA.....	25
4.6 <i>Plain image</i> dalam bentuk DNA	25
4.7 <i>Pixel kunci image</i> ukuran 8x8.....	26
4.8 <i>Pixel kunci image</i> baru dengan pola pemasukan bajak sawah.....	26
4.9 <i>Pixel kunci image</i> baru dengan pola pengambilan bajak sawah	27
4.10 <i>Pixel kunci image</i> ukuran 8x8 setelah diubah ke biner	28
4.11 Kunci <i>image</i> dalam bentuk DNA	28
4.12 <i>Cipher image</i> dalam bentuk DNA.....	29
4.13 <i>Cipher image</i> dalam bentuk biner	30
4.14 <i>Cipher image</i> dalam bentuk desimal	31
4.15 <i>Cipher image</i> dalam bentuk biner	31
4.16 <i>Cipher image</i> dalam bentuk DNA.....	32
4.17 <i>Pixel kunci image</i> baru dengan pola pemasukan bajak sawah.....	32
4.18 <i>Pixel kunci image</i> baru dengan pola pengambilan bajak sawah	33
4.19 <i>Pixel kunci image</i> ukuran 8x8 setelah diubah ke biner	33
4.20 Kunci <i>image</i> dalam bentuk DNA	34
4.21 <i>Pixel image</i> hasil dekripsi dalam bentuk DNA	35
4.22 <i>Pixel image</i> setelah di ubah dengan pola pengambilan padi	35

4.23	Hasil dekripsi <i>image</i> dalam bentuk DNA	36
4.24	<i>Pixel image</i> hasil dekripsi dalam bentuk biner.....	36
4.25	<i>Pixel image</i> hasil dekripsi	37
4.26	Hasil proses enkripsi	44
4.27	Hasil proses dekripsi	46
4.28	Hasil analisis NPCR	47
4.29	Hasil analisis UACI.....	48
4.30	Hasil analisis koefisien korelasi	49

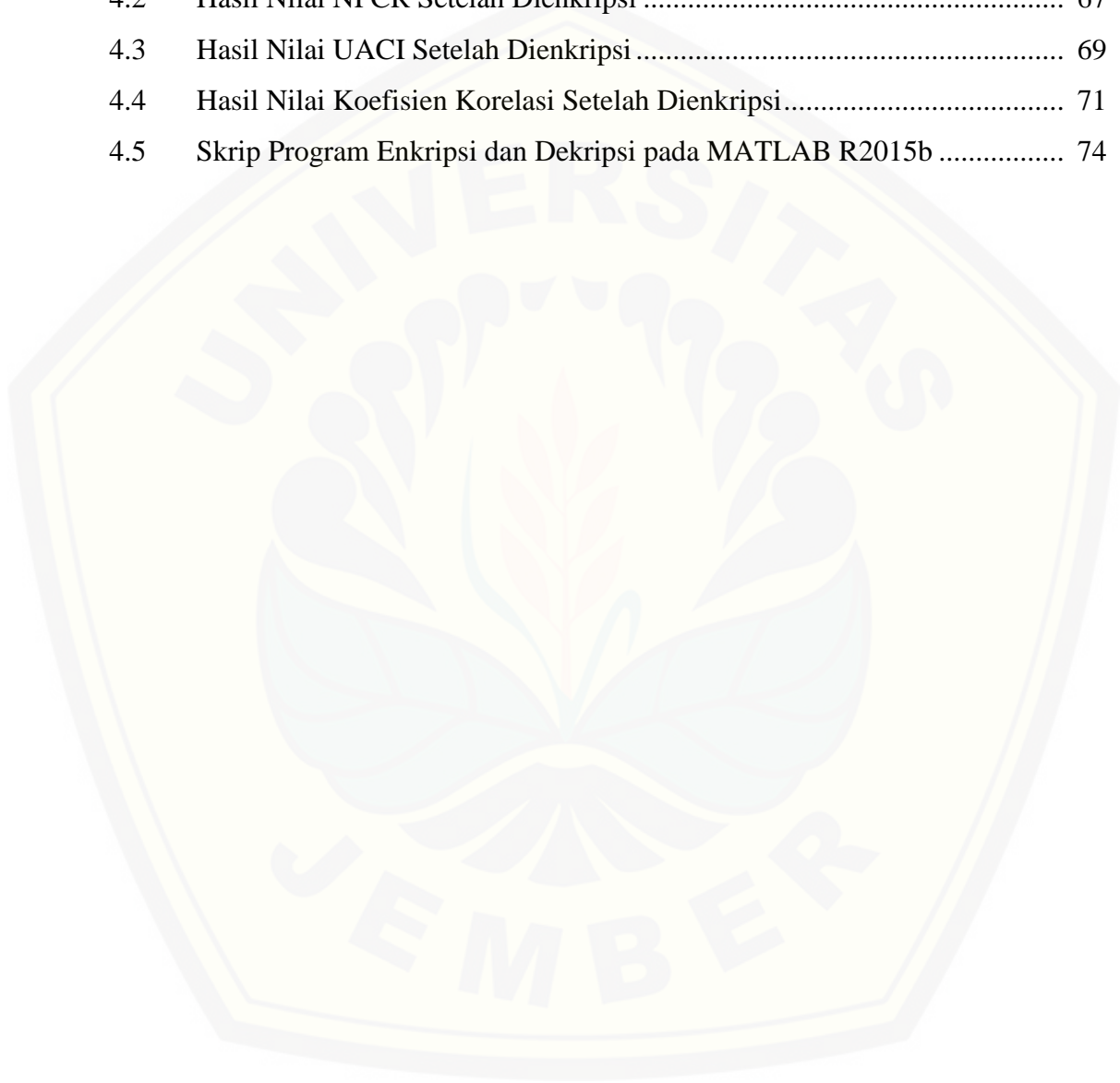


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1	Proses Enkripsi dan Dekripsi 4
2.2	Menentukan koordinasi titik pada citra 5
2.3	Citra RGB onion.png 6
2.4	Pemasukan bit <i>plain image</i> dengan pola tanam padi 13
2.5	Pengambilan bit <i>plain image</i> dengan pola pengambilan padi 13
2.6	Pemasukan bit kunci dengan pola bajak sawah 14
2.7	Pengambilan bit kunci dengan pola bajak sawah 14
2.8	Nilai koefisien korelasi 16
3.1	Citra <i>pappers</i> 17
3.2	Citra <i>baboon</i> 17
3.3	Citra <i>girl</i> 17
3.4	Citra <i>lena</i> 17
3.5	Citra <i>bird</i> 18
3.6	Citra <i>boat</i> 18
3.7	Citra <i>cameraman</i> 18
3.8	Citra <i>hill</i> 18
3.9	Proses enkripsi 18
3.10	Proses dekripsi 19
3.11	<i>Flowchart</i> penelitian 20
4.1	Tampilan program enkripsi dan dekripsi citra 39
4.2	Tampilan program setelah menekan tombol “Input <i>Plain image</i> ” 39
4.3	Tampilan program setelah memilih citra sebagai <i>plain image</i> 40
4.4	Tampilan program setelah menekan tombol “Input Kunci <i>Image</i> ” 40
4.5	Tampilan program setelah memilih citra sebagai <i>kunci image</i> 41
4.6	Tampilan program hasil enkripsi dengan <i>vigenere cipher</i> 41
4.7	Tampilan program hasil enkripsi dengan DNA- <i>vigenere cipher</i> 42
4.8	Tampilan program hasil enkripsi dengan DNA- <i>vigenere cipher</i> dan pola . 42
4.9	Tampilan program hasil dekripsi 43

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Hasil Proses Enkripsi	56
4.2 Hasil Nilai NPCR Setelah Dienkripsi	67
4.3 Hasil Nilai UACI Setelah Dienkripsi	69
4.4 Hasil Nilai Koefisien Korelasi Setelah Dienkripsi.....	71
4.5 Skrip Program Enkripsi dan Dekripsi pada MATLAB R2015b	74



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi telah mempengaruhi penyimpanan suatu data. Penyimpanan yang dulunya dalam bentuk kertas sekarang lebih didominasi dengan penyimpanan digital menggunakan komputer. Salah satu jenis data yang sering dipakai adalah data berupa citra, beberapa diantaranya merupakan citra yang bersifat rahasia seperti; citra medis, citra desain senjata, serta citra dokumen penting. Berdasarkan pentingnya kerahasiaan data tersebut, maka diperlukan suatu proses pengamanan agar data tidak disalahgunakan oleh pihak yang tidak berwenang.

Kriptografi merupakan ilmu untuk mengamankan data dengan cara mengubah ataupun mengacak data, sehingga data tersebut tidak diketahui bentuk aslinya. Umumnya data (*plain data*) akan disandikan menggunakan metode tertentu sehingga data tersebut menjadi sebuah sandi (*cipher data*). Metode yang terdapat dalam kriptografi cukuplah banyak. Salah satu diantaranya adalah metode *vigenere cipher*. Gerhana dkk (2016) menggunakan metode *vigenere cipher* untuk mengenkripsi citra digital dengan kunci berupa teks. Hasil citra terenkripsi yang didapat hanya mengubah warna asli dari citra awal, akan tetapi bentuk dasar citra yang terenkripsi hanya berubah sedikit. Perubahan bentuk dasar yang sedikit mengakibatkan bertambahnya peluang citra terenkripsi untuk dapat dipecahkan. Kemudian Riski dkk. (2018), telah melakukan enkripsi suatu citra medis dengan metode yang sama yaitu *vigenere cipher* akan tetapi kunci yang digunakan berupa citra sidik jari. Hasil yang didapatkan meningkat dari penelitian sebelumnya akan tetapi masih memunculkan warna dasar dari citra yang dienkripsi.

Hardjo (2016), telah melakukan enkripsi pada data berupa citra digital menggunakan modifikasi *vigenere cipher* dengan kriptografi DNA. Kunci yang dipakai berupa rangkaian basa nitrogen DNA. Hasil yang didapatkan memiliki tingkat keamanan lebih tinggi dibandingkan dengan hanya metode *vigenere cipher*. Penelitian ini menghasilkan citra terenkripsi dengan tingkat buram yang

baik, namun di beberapa bagian gambar masih terlihat pola dasar dari citra yang dienkripsi.

Widodo (2015), dalam jurnal Perancangan Kriptografi *Block Cipher* Berbasis pada Teknik Tanam Padi dan Bajak Sawah mengenalkan Pola tanam padi dan bajak sawah untuk mengenkripsi *text*. Pola ini mengubah posisi dari setiap teks mengikuti alur penanaman padi dan bajak sawah. Enkripsi yang dihasilkan berhasil mengubah posisi setiap huruf dalam *plain text*, hal ini mengakibatkan *ciphertext* lebih acak dan sulit untuk dipecahkan oleh kriptanalis.

Berdasarkan hal tersebut peneliti mengusulkan untuk menguatkan tingkat keamanan metode *DNA - vigenere cipher* dengan mengganti kunci dari teks menjadi kunci citra, serta menambahkan memodifikasi pola enkripsi dengan pola tanam padi dan bajak sawah. *Plain data* dan kunci yang berupa citra akan diambil setiap nilai *pixel*-nya, kemudian yang dienkripsi adalah citra dan kunci yang digunakan berupa citra yang akan diambil nilai *pixel* dikonversikan menjadi bilangan biner. Selanjutnya *plain data* dan kunci yang berupa bilangan biner dikonversikan ke dalam kode DNA, penempatan kembali nilai kode DNA dimodifikasi berdasarkan pola tanam dan pola bajak sawah. Selanjutnya akan dienkripsi berdasarkan tabel *DNA-vigenere cipher*. Penulis berharap metode yang diajukan akan memberi tingkat keamanan lebih tinggi dari penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Merujuk pada latar belakang penelitian di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

- a. Bagaimana mengenkripsi citra menggunakan algoritma *DNA-vigenere cipher* berbasis pola tanam padi dan bajak sawah.
- b. Bagaimana mendekripsi citra yang telah dienkripsi.
- c. Bagaimana analisis keamanan dari metode yang diajukan.

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengenkripsi citra menggunakan algoritma DNA-*vigenere cipher* berbasis pola tanam padi dan bajak sawah.
- b. Mendekripsi citra yang telah dienkripsi.
- c. Menganalisis keamanan metode yang diajukan.

1.4 Manfaat

Penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

- a. Mengetahui metode serta proses untuk mengenkripsi citra dengan kunci citra dengan metode yang diajukan.
- b. Mengetahui hasil dari proses enkripsi dan dekripsi dari metode yang diajukan.
- c. Mampu menganalisis keamanan dari metode yang diajukan.

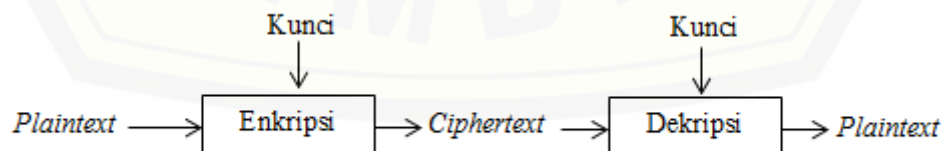
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kriptografi

Kriptografi merupakan ilmu untuk menjaga keamanan sebuah pesan. Kriptografi tersusun dari dua suku kata yang berasal dari bahasa Yunani, yakni *cryptós* (rahasia) dan *gráphein* (tulisan). Secara umum kriptografi dapat diartikan sebagai sebuah tulisan rahasia. Menurut Munir (2006) bahwa kriptografi adalah ilmu dan seni untuk menjaga kerahasiaan pesan dengan cara mengubahnya ke dalam bentuk yang sulit dipahami maknanya.

Seiring berkembangnya teknologi, perkembangan ilmu kriptografi juga meningkat. Sebelumnya kriptografi hanya dipahami sebagai ilmu tentang penyembunyian pesan, namun kini kriptografi juga menangani masalah keamanan terkait keabsahan pengirim, keaslian pesan dan anti-penyangkalan. Sehingga saat ini kriptografi diartikan sebagai ilmu untuk menjaga keamanan pesan.

Kriptografi menjaga sebuah data asli (*plaintext*) dengan mengubahnya ke dalam bentuk sebuah data sandi (*ciphertext*), proses tersebut dinamakan enkripsi (*encryption*). Selanjutnya data sandi (*ciphertext*) harus bisa dikembalikan ke dalam bentuk data asli (*plaintext*), proses ini dinamakan dekripsi (*decryption*). Proses enkripsi dan dekripsi tidak terlepas dari penggunaan kunci (*key*) dan algoritma yang digunakan. Algoritma merupakan sebuah metode yang akan digunakan untuk mengenkripsi dan mendekripsi suatu data, sedangkan kunci merupakan sebuah *bit* yang akan disisipkan dalam proses enkripsi dan dekripsi. Gambar 2.1 merupakan proses enkripsi dan dekripsi dalam kriptografi.



Gambar 2.1 Proses Enkripsi dan Dekripsi

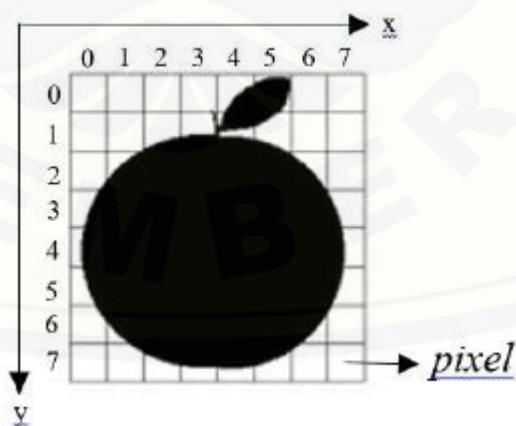
2.2 Citra

Secara umum citra (*image*) atau lebih dikenal dengan nama gambar adalah suatu media yang berperan penting sebagai bentuk penyimpanan informasi visual. Secara matematis citra merupakan fungsi berkelanjutan (*continue*) dari sebuah cahaya yang diterima bidang dua dimensi. Citra dapat merepresentasikan objek dua dimensi dan tiga dimensi dari suatu objek (Dulimarta,1997).

Secara matematis suatu citra didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ dimana x dan y adalah suatu koordinat dan f dari (x,y) menyatakan intensitas cahaya atau derajat keabuan dari citra pada titik (x,y) . Rentang yang dimiliki oleh derajat keabuan dimulai dari nilai l_{\min} sampai l_{\max} atau $l_{\min} \leq f \leq l_{\max}$. Selang (l_{\min}, l_{\max}) disebut sebagai skala keabuan. Gambar 2.2 merupakan contoh representasi citra dalam bentuk fungsi $f(x,y)$.

Sutoyo dkk. (2009), Suatu citra harus melewati proses digitalisasi agar dapat diolah menggunakan komputer digital. Digitalisasi merupakan proses representasi citra dari fungsi kontinu menjadi nilai-nilai diskrit. Citra yang dihasilkan dari proses tersebut dinamakan sebagai citra digital (*digital image*).

Citra digital umumnya berbentuk persegi panjang dengan notasi panjang N dan notasi lebar M . Citra digital berukuran $N \times M$ dapat dinyatakan dengan matriks yang berukuran N baris dan M kolom pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Menentukan koordinasi titik pada citra

Indeks baris (i) dan indeks kolom (j) menyatakan suatu koordinat titik pada citra, dan $f(i,j)$ merupakan intensitas (derajat keabuan) pada titik (i,j) . Masing-masing elemen pada citra digital (elemen matriks) disebut dengan *pixel* atau *pel* (*picture element*). Citra berukuran $N \times M$ mempunyai NM buah *pixel* (Dulimarta,1997).

Citra berwarna atau dikenal dengan citra RGB merupakan citra yang nilai *pixel* nya mempresentasikan nilai dari suatu warna tertentu. Banyaknya kombinasi warna yang dihasilkan bergantung dari kedalaman *pixel* citra yang digunakan. Citra RGB dinyatakan dalam tiga kanal yang menyatakan komponen-komponen warna penyusun. Intensitas suatu titik pada citra berwarna merupakan kombinasi dari tiga intensitas yakni :

- a. derajat keabuan merah ($f_r(x,y)$)
- b. derajat keabuan hijau ($f_g(x,y)$)
- c. derajat keabuan biru ($f_b(x,y)$)

Gambar 2.3 merupakan salah satu contoh citra RGB.



Gambar 2.3 Citra RGB onion.png
(Sumber: MATLAB library)

2.3 Sistem Basis pada Bilangan

Sistem bilangan dapat dikelompokkan berdasarkan basis diantaranya; bilangan desimal, bilangan biner dan bilangan heksadesimal. Bilangan desimal merupakan bilangan yang memiliki basis 10, yaitu : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Bilangan biner merupakan bilangan yang memiliki basis 2, yaitu : 0 dan 1.

Bilangan heksadesimal memiliki basis 16, yaitu : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F (Price dan Peselnick,1987).

a. Konversi Bilangan Desimal ke Bilangan Biner

Mengkonversi bilangan desimal menjadi bilangan biner dilakukan dengan proses pembagian. Bilangan desimal dibagi dengan 2, kemudian diambil sisa pembagiannya.

Contoh :

$$\frac{23}{2} = 11 \text{ sisa } 1$$

$$\frac{11}{2} = 5 \text{ sisa } 1$$

$$\frac{5}{2} = 2 \text{ sisa } 1$$

$$\frac{2}{2} = 1 \text{ sisa } 0$$

Bilangan biner ditulis dari bawah ke atas, maka didapat bilangan biner dari 23 adalah 10111.

b. Konversi Bilangan Biner ke Bilangan Desimal

Sistem bilangan biner adalah susunan bilangan yang mempunyai basis 2, nilai basis yang digunakan yaitu 0 dan 1. Konversi dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1).

$$D_r = \sum_{i=0}^{n-1} (d_i \times r^i) \quad (2.1)$$

Dimana

r = basis bilangan biner yaitu 2

i = posisi nilai biner, dimulai dari 0

d = nilai biner

n = banyaknya digit biner

Contoh :

$$\begin{aligned} 10111 &= (1 \times 2^0) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^2) + (0 \times 2^3) + (1 \times 2^4) \\ &= 1 + 2 + 4 + 0 + 16 \\ &= 23 \end{aligned}$$

c. Konversi Bilangan Biner ke heksadesimal

Konversi biner ke heksadesimal dilakukan dengan membagi bilangan biner menjadi kelompok yang terdiri dari 4 digit biner. Setiap kelompok akan dikonversi menjadi 1 digit bilangan heksadesimal berdasarkan Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Konversi bilangan

desimal	biner	heksadesimal	desimal	biner	heksadesimal
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

d. Konversi Heksadesimal ke Bilangan Biner

Bilangan heksadesimal dibagi menjadi 2, kemudian setiap digit akan dikonversikan kedalam bilangan biner berdasarkan Tabel 2.1. Hasilnya akan digabungkan menjadi satu.

Contoh :

5A

5 = 0101 dan A = 1010

Sehingga bilangan heksadesimal 5A = 01011010

2.4 Vigenere Cipher

Vigenere cipher merupakan algoritma klasik yang berkembang dari algoritma *caesar cipher*. *Vigenere cipher* menggunakan 26 karakter huruf (A – Z) sebagai media enkripsi dan dekripsinya. Proses enkripsi dan dekripsi *vigenere cipher* menggunakan tabel vigenere. *Plaintext* akan diubah menjadi abjad lainnya dengan cara menggeser sesuai nilai kunci yang ditetapkan. Apabila panjang kunci lebih pendek dengan panjang *plaintext*, maka kunci akan di ulang hingga panjangnya sama dengan *plaintext*.

Contoh *plaintext* atau pesan yang akan disandikan adalah SMSPE NTING dan kuncinya adalah SALMON. Hasil enkripsinya adalah sebagai berikut.

Plaintext S M S P E N T I N G

Kunci S A L M O N S A L M

Ciphertext K M D B S A L I Y S

Ciphertext yang didapat adalah KMDBSALIYS. Persamaan 2.2 menjelaskan proses enkripsi *vigenere cipher*, sedangkan persamaan 2.3 untuk proses dekripsinya. Tabel enkripsi *Vigenere Cipher* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

$$c_i = (p_i + k_i) \text{ mod } 26 \tag{2.2}$$

$$p_i = (c_i - k_i) \text{ mod } 26 \tag{2.3}$$

Tabel 2.2 *Vigenere cipher*

		Plaintext																									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
K U N C I	A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
	B	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A
	C	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B
	D	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C
	E	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D
	F	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
	G	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F
	H	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G
	I	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H
	J	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	K	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	L	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	M	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	N	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	O	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	P	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	Q	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	R	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	S	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	T	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
	U	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	V	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
	W	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
	X	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
	Y	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
	Z	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y

2.5 Kriptografi DNA

Kriptografi DNA merupakan ilmu baru dalam mengamankan informasi. Ilmu ini didasarkan pada struktur DNA. Terdapat 4 buah pasangan basa nitrogen dalam DNA yakni A, C, T, dan G. A dan T serta C dan G merupakan pasangan basa yang komplementer. Basa nitrogen DNA ini akan digunakan untuk proses perhitungan komputasinya.

Heider dkk (2007), mengubah 00 menjadi 'T', 01 menjadi 'G', 10 menjadi 'C', dan 11 menjadi 'A'. Perlu diperhatikan aturan pasangan basa komplemen yang ada saat akan melakukan pengkodean bilangan biner menjadi DNA. Terdapat 8 macam kombinasi pengkodean yang memenuhi aturan pasangan basa komplemen seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Delapan macam bentuk pengkodean DNA
(Sumber: Song dan Qiao, 2015)

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	00	00	01	01	10	10	11	11
T	11	11	10	10	01	01	00	00
G	01	10	00	11	00	11	01	10
C	10	01	11	00	11	00	10	01

Tabel 2.3 menunjukkan 8 kombinasi untuk mengkodekan DNA. Setiap satu kolom merupakan satu pengkodean DNA. Hasil pengkodean tersebut akan menghasilkan nilai yang berbeda jika salah dalam memilih bentuk kombinasi. Bilangan 11001001=ATGC jika dikodekan dengan kombinasi 8 (kolom 8), tetapi hasil pengkodean ulang akan berberda jika dikodekan dengan kombinasi 2 (kolom 2). Bilangan yang seharusnya 11001001 menjadi bilangan 00110110.

2.6 DNA-Vigenere Cipher

DNA-Vigenere Cipher merupakan perkembangan Vigenere Cipher yang menggabungkannya dengan kriptografi DNA. Terlebih dahulu *plaintext* dan kunci harus diubah kedalam bentuk basa nitrogen DNA dengan menggunakan Tabel 2.3. *plaintext* dan kunci yang telah dikodekan kemudian di enkripsi menggunakan tabel *vigenere* yang telah dimodifikasi. Tabel 2.4 menyatakan tabel *vigenere* yang telah dimodifikasi menggunakan kriptografi DNA.

Berikut ini contoh enkripsi dan dekripsi menggunakan DNA-Vigenere Cipher;

Enkripsi

Plaintext : GACT

Kunci : CTGA

Ciphertext : TTTT

Dekripsi

Ciphertext : TTTT

Kunci : CTGA

Ciphertext : GACT

Tabel 2.4 Tabel DNA-Vigenere Cipher
(Sumber: Najafitorkaman dan Kazazi,2015)

		Plaintext			
		A	T	C	G
Key	A	A	T	C	G
	T	T	C	G	A
	C	C	G	A	T
	G	G	A	T	C

2.7 Pola Tanam Padi dan Bajak Sawah

Widodo (2015), memperkenalkan pola tanam padi dan bajak sawah sebagai salah satu pengembangan metode *block cipher*. Pola tanam padi dan bajak sawah terinspirasi dari kearifan lokal dimana Indonesia sebagai penghasil padi. Pola tanam padi akan diterapkan untuk mengubah *plain image*, sedangkan pola bajak sawah untuk mengubah pola dari kunci.

2.7.1 Pola Tanam Padi

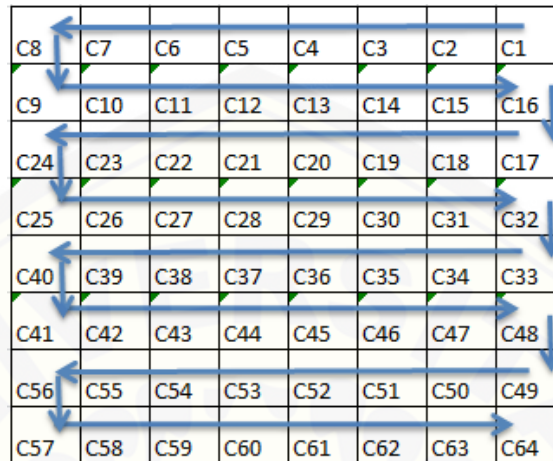
Pola tanam padi diterapkan untuk mengubah *plain image*. Proses penanaman padi dilakukan secara horisontal yang berkelanjutan dengan menyesuaikan panjang dari petak. Tabel 2.5 merupakan *plain image* ukuran 8x8 dengan C1 merupakan nilai *pixel* dari *plain image*.

Tabel 2.5 *Plain image* ukuran 8x8

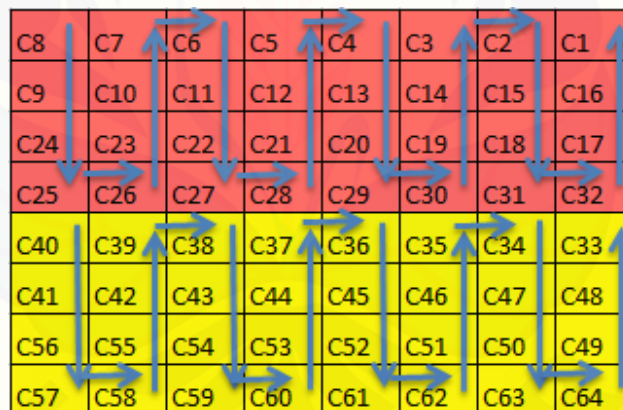
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24
C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32
C33	C34	C35	C36	C37	C38	C39	C40
C41	C42	C43	C44	C45	C46	C47	C48
C49	C50	C51	C52	C53	C54	C55	C56
C57	C58	C59	C60	C61	C62	C63	C64

Selanjutnya bit-bit pada *plain image* akan di tempatkan sesuai dengan pola tanam padi seperti Gambar 2.4. setelah penempatan pola tanam padi, diambil bit baru dengan menggunakan pola pengambilan padi pada Gambar 2.5. Warna merah dan kuning pada Gambar 2.5 mengartikan bahwa *plain image* terlebih

dahulu di bagi menjadi 2 bagian secara vertikal, sehingga didapatkan warna merah adalah bagian atas dan warna kuning adalah bagian bawah.



Gambar 2.4 Pemasukan bit *plain image* dengan pola tanam padi



Gambar 2.5 Pengambilan bit *plain image* dengan pola pengambilan tanam padi

2.7.2 Pola Bajak Sawah

Pola bajak sawah diterapkan untuk mengubah posisi dari kunci. Proses penempatan kunci mengikuti alur spiral dari tepian ke tengah. Misalkan Tabel 2.6 adalah kunci dengan ukuran 8x8 dimana K1 merupakan nilai *pixel* dari kunci dengan urutan sesuai pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kunci *image* ukuran 8x8

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16
K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	K24
K25	K26	K27	K28	K29	K30	K31	K32
K33	K34	K35	K36	K37	K38	K39	K40
K41	K42	K43	K44	K45	K46	K47	K48
K49	K50	K51	K52	K53	K54	K55	K56
K57	K58	K59	K60	K61	K62	K63	K64

Bit-bit yang ada dalam tabel kunci akan ditempatkan sesuai pola bajak sawah seperti Gambar 2.6, penempatan tersebut diurutkan berdasarkan seberapa panjang kunci *image*, dimana setiap bit dalam baris yang sama diwarnai dengan satu warna. Selanjutnya untuk pengambilan bit kunci yang baru akan mengikuti pola bajak sawah seperti Gambar 2.7. warna biru dan merah mengartikan kunci *image* harus dibedakan menjadi dua, sehingga didapatkan warna merah adalah bagian kanan dan warna biru adalah bagian kiri.

K8	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1
K9	K34	K33	K32	K31	K30	K29	K28
K10	K35	K52	K51	K50	K49	K48	K27
K11	K36	K53	K62	K61	K60	K47	K26
K12	K37	K54	K62	K64	K59	K46	K25
K13	K38	K55	K56	K57	K58	K45	K24
K14	K39	K40	K41	K42	K43	K44	K23
K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22

Gambar 2.6 Pemasukan bit kunci dengan pola bajak sawah

K8	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1
K9	K34	K33	K32	K31	K30	K29	K28
K10	K35	K52	K51	K50	K49	K48	K27
K11	K36	K53	K62	K61	K60	K47	K26
K12	K37	K54	K62	K64	K59	K46	K25
K13	K38	K55	K56	K57	K58	K45	K24
K14	K39	K40	K41	K42	K43	K44	K23
K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22

Gambar 2.7 Pengambilan bit kunci dengan pola bajak sawah

2.8 Analisis Keamanan

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis keamanan suatu algoritma. Beberapa metode yang cocok untuk digunakan dalam menganalisis enkripsi citra adalah dengan metode NPCR dan UACI. Kedua metode tersebut digunakan untuk menentukan perbedaan dari dua buah citra. Berikut ini beberapa analisis keamanan yang ada.

2.8.1 Metode NPCR

NPCR merupakan bagian dari analisis diferensial dari dua citra. *Number of Pixel Change Rate* (NPCR) adalah sebuah metode analisis yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak *pixel* yang berbeda dari dua buah citra.

$$NPCR = \frac{\sum_{i,j,k} D(i,j,k)}{W \times H \times d} \times 100\% \quad (2.4)$$

Dimana W adalah lebar citra, H adalah tinggi citra, dan d adalah dimensi citra. $D(i,j,k)$ merupakan inisiasi sebagai berikut.

$$D(i,j,k) = \begin{cases} 0, & C(i,j,k) = C'(i,j,k) \\ 1, & C(i,j,k) \neq C'(i,j,k) \end{cases} \quad (2.5)$$

Dimana $C(i,j,k)$ dan $C'(i,j,k)$ merupakan nilai derajat keabuan dari baris i , kolom j , dan kanal k dari citra C dan C' (Akhavan A. Dkk., 2011). Menurut Wu (2011), suatu citra dikatakan aman jika nilai NPCR dan UACI nya minimal 49,9% untuk citra biner. Batas nilai NPCR minimal untuk citra *grayscale* atau RGB adalah 99,6%, dimana untuk citra ukuran 256×256 batas minimal diterima adalah 99,56% dan untuk citra ukuran 512×512 batas minimal adalah 99,58% dengan selang kepercayaan 5%.

2.8.2 UACI

UACI merupakan bagian dari analisis diferensial dari dua citra. *Unified Average changed Intensity* (UACI) adalah sebuah metode analisis yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar interval perbedaan nilai *pixel* dari dua buah citra.

$$UACI = \sum_{i,j,k} \frac{|c(i,j,k) - c'(i,j,k)|}{|255 \times W \times H \times d|} \times 100\% \quad (2.6)$$

Menurut Wu (2011), batas nilai UACI minimal untuk citra *grayscale* atau RGB adalah 33,4%. Batas nilai minimal untuk citra ukuran 256×256 berselang antara 33,28% sampai 33,64% dan untuk citra ukuran 512×512 nilai minimal UACI memiliki selang antara 33,37% sampai 33,55%, kedua batas minimal tersebut diterima pada selang kepercayaan 5%. Jika memenuhi nilai minimal dari uji analisis tersebut, maka enkripsi dikatakan aman.

2.8.3 Analisis Koefisien Korelasi

Menurut Sarwono (2006), analisis koefisien korelasi merupakan salah satu jenis analisis statistik yang digunakan untuk mengukur hubungan antara dua variabel. Variabel yang akan dianalisis pada penelitian kriptografi yaitu *plain image* dan *cipher image*, dimana analisis ini diusulkan untuk menguji keamanan pada tingkat statistik. Persamaan analisis koefisien korelasi adalah sebagai berikut.

$$CorrCoef(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu(x))(y_i - \mu(y))}{\sigma(x)\sigma(y)} \quad (2.7)$$

Dimana $\mu(x)$ dan $\mu(y)$ adalah rata-rata dari masing-masing x dan y .

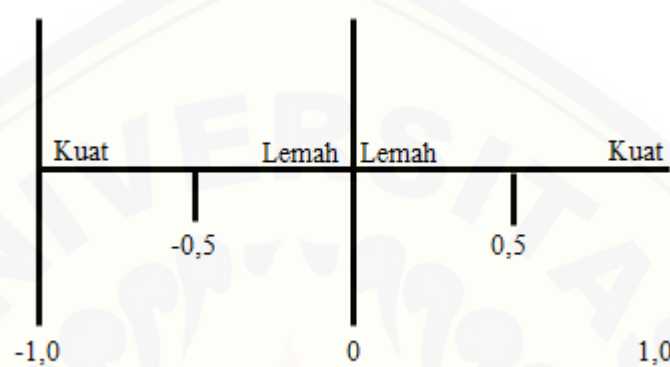
$$\mu(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \text{ dan } \mu(y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.8)$$

x dan y adalah *plain image* dan *cipher image*

Simbol σ merupakan standar deviasi, dimaksudkan untuk melihat seberapa dekat sebaran data dengan nilai rata-ratanya. Berikut persamaan standar deviasi untuk masing-masing x dan y .

$$\sigma(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu(x))^2} \text{ dan } \sigma(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \mu(y))^2} \quad (2.9)$$

Jika hasil yang didapatkan bernilai 1 atau -1, maka *plain image* dan *cipher image* adalah identik. Jika hasilnya bernilai 0, maka kedua citra merupakan citra yang benar-benar berbeda. Mousa dkk. (2013), suatu *cipher image* dikatakan bagus jika nilai koefisien korelasi dengan *plain image* mendekati 0. Ilustrasi koefisien korelasi ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Nilai koefisien korelasi

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra RGB dan citra *greyscale* sebagai *plain image* dan kunci. Berikut 8 gambar yang digunakan pada penelitian.



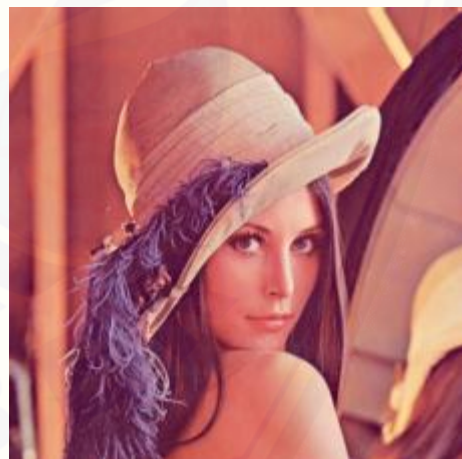
Gambar 3.1 Citra *pappers*



Gambar 3.2 Citra *baboon*



Gambar 3.3 Citra *girl*



Gambar 3.4 Citra *lena*

Gambar 3.5 Citra *bird*Gambar 3.6 Citra *boat*Gambar 3.7 Citra *cameraman*Gambar 3.8 Citra *hill*

<http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Koleksi/Citra%20Uji/CitraUji.htm>

3.2 Langkah-langkah penelitian

Secara Sistematis, langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Studi Literatur

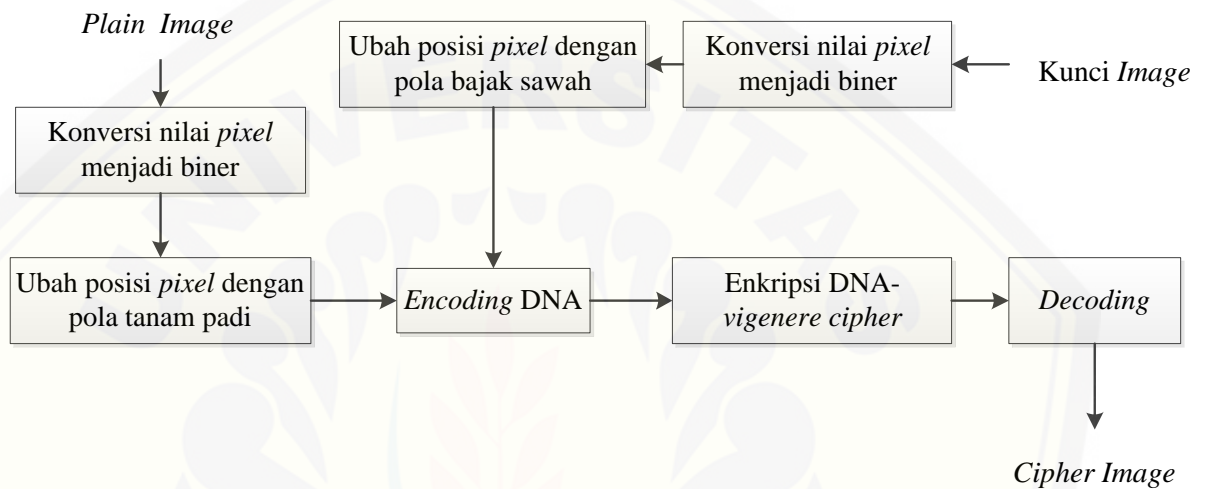
Pada tahap ini dilakukan pemahaman terkait teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Teori-teori tersebut adalah definisi citra RGB, *vigenere cipher*, kriptografi DNA, dan DNA-*vigenere cipher*.

b. Proses Penyandian

Langkah- langkah berikut akan diterapkan pada setiap kanal dari citra Medis yang menjadi *plain image*.

1. Proses Enkripsi

Proses enkripsi dilakukan seperti pada Gambar 3.3. Penguraian proses tersebut akan dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 3.9 Proses enkripsi

a) Konversi nilai *pixel* menjadi bilangan biner

Nilai *pixel* pada *plain image* akan diubah menjadi bilangan biner.

b) Konversi nilai *pixel plain image* menjadi bilangan biner

Nilai *pixel* pada kunci *image* akan diubah menjadi bilangan biner.

c) Mengubah *plain image* dengan pola tanam padi

Setiap *pixel* pada *plain image* akan diubah posisinya. Perubahan posisi *pixel* sesuai dengan pola tanam padi.

d) Mengubah *kunci image* dengan pola bajak sawah

Setiap *pixel* pada kunci *image* akan diubah posisinya. Perubahan posisi *pixel* sesuai dengan pola bajak sawah.

e) *Encoding DNA*

Nilai *plain image* dan kunci hasil yang telah diubah ke bilangan biner akan dikodekan menjadi basa nitrogen DNA dengan menggunakan Tabel 2.3 kombinasi 8 (kolom 8).

f) Enkripsi menggunakan DNA-*vigenere cipher*

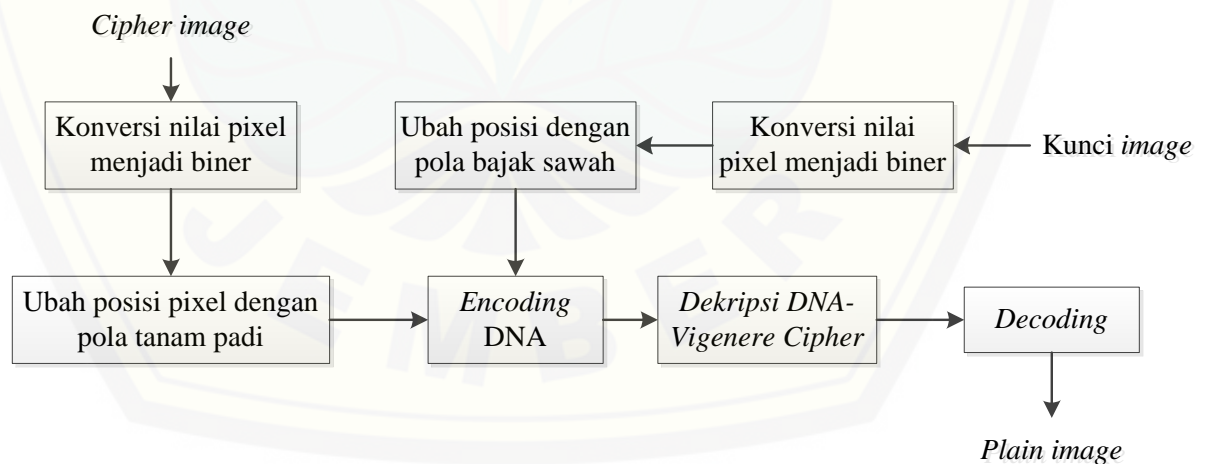
Plain image dan kunci yang telah dikonversi menjadi basa nitrogen DNA akan dioperasikan berdasarkan Tabel 2.4. hasilnya akan berupa basa nitrogen DNA.

g) *Decoding*

Basa nitrogen DNA hasil enkripsi kemudian dikonversi kembali dalam bentuk biner dengan melihat Tabel 2.3. Hasil *decoding* kemudian ditransformasikan ke dalam *pixel-pixel*. Hasil ini kemudian menjadi *cipher image*.

2. Proses Dekripsi

Proses dekripsi merupakan kebalikan dari proses enkripsi. Pembuatan bagan akan memperjelas proses dekripsi. Proses dekripsi dilakukan seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.10 Proses Dekripsi

a) Konversi nilai *pixel* menjadi bilangan biner

Nilai *pixel* pada *cipher image* akan diubah menjadi bilangan biner.

b) Konversi nilai *pixel cipher image* menjadi bilangan biner

Nilai *pixel* pada kunci *image* akan diubah menjadi bilangan biner.

c) Mengubah *kunci image* dengan pola bajak sawah

Setiap *pixel* pada kunci *image* akan diubah posisinya. Perubahan posisi *pixel* sesuai dengan pola bajak sawah.

d) *Encoding* DNA

Nilai *cipher image* dan kunci hasil yang berupa bilangan biner akan dikodekan menjadi basa nitrogen DNA dengan menggunakan Tabel 2.3 kombinasi 8 (kolom 8).

e) Dekripsi menggunakan DNA-*vigenere cipher*

Cipher image dan kunci yang telah dikonversi menjadi basa nitrogen DNA akan dioperasikan berdasarkan Tabel 2.4. hasilnya akan berupa basa nitrogen DNA.

f) Mengubah hasil dekripsi dengan pola tanam padi

Setiap *pixel* pada *decrypt image* akan diubah posisinya. Perubahan posisi *pixel* berlawanan dengan pola tanam padi.

g) *Decoding*

Basa nitrogen DNA hasil enkripsi kemudian dikonversi kembali dalam bentuk biner dengan melihat Tabel 2.3. Hasil *decoding* kemudian ditransformasikan ke dalam *pixel-pixel*. Hasil ini kemudian menjadi *cipher image*.

c. Perancangan Program

Perancangan program dilakukan dengan desain GUI (*Guide user Interface*) dengan menggunakan software MATLAB. Perancangan dilakukan seperti tata letak, tombol dan latar belakang agar tampilan menarik.

d. Pembuatan program

Pembuatan program didasarkan pada konsep matriks sebagai pembangkit citra pada software Matlab R2009a, melakukan proses enkripsi dan dekripsi dengan algoritma DNA-*vigenere cipher*.

e. Analisis Hasil

Pengujian program dilakukan untuk menentukan setiap proses telah berjalan sesuai dengan konsep teori sekaligus sesuai dengan hasil yang diinginkan.

f. Kesimpulan

Mengambil kesimpulan dari penelitian yang dilakukan berupa analisis proses enkripsi dan dekripsi dari mengubah *plain image* menjadi *cipher image* dan sebaliknya menggunakan metode DNA-Vigenere Cipher.

Flowchart dari langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 *Flowchart* Penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Proses enkripsi citra menggunakan DNA-*Vigenere Cipher* dengan pola tanam padi dan bajak sawah dapat dilakukan dengan baik. Beberapa *cipher image* memiliki nilai NPCR dan UACI yang rendah bergantung pada kunci yang digunakan.
- b. Citra yang dienkripsi menggunakan DNA-*Vigenere Cipher* dengan pola tanam padi dan bajak sawah berhasil untuk didekripsikan. Hal ini dibuktikan dengan uji UACI dan NPCR yang bernilai 0, serta uji korelasi yang bernilai 1 yang dapat diartikan sebagai dua citra yang serupa.
- c. Berdasarkan hasil perhitungan NPCR, UACI, dan Koefisien Korelasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tingkat keamanan hasil penyandian citra menggunakan DNA-*Vigenere Cipher* berbasis pola tanam padi dan bajak sawah lebih kuat dibandingkan dengan enkripsi citra menggunakan *vigenere cipher* dan DNA-*Vigenere Cipher*.
- d. Hasil enkripsi menggunakan citra RGB lebih baik dibandingkan dengan citra grayscale. Hal ini dikarenakan citra RGB memiliki tiga kanal sehingga kemungkinan enkripsi lebih banyak dibandingkan kunci citra grayscale yang hanya satu kanal.

5.2 Saran

Saran yang perlu diperhatikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

- a. Menerapkan algoritma kriptografi modern yang lain untuk digabungkan dengan DNA-*Vigenere Cipher* dan membandingkan dengan algoritma kriptografi klasik lainnya.
- b. Penerapan algoritma DNA-*Vigenere Cipher* ke media yang lain seperti audio ataupun video agar menguatkan media tersebut.
- c. Menerapkan algoritma DNA-*Vigenere Cipher* dengan kunci bit yang lebih panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhvan, A., A. Samsudin, dan A. Akhsani. 2011. A Symmetric *Image* Encryption Scheme Based on Combination of Nonlinear Chaotic maps. *Journal of the Franklin Institute* 348(8): 1797-1813.
- Dulimarta, H. S. 1997. *Diktat Kuliah Pengolahan Citra*. Bandung: Jurusan Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung.
- Gerhana, Y. A., E. Insanudin, U. Syarifudin, dan M. R. Zulmi. 2016. Design of digital *image* application using vigenere cipher algorithm. in *2016 4th International Conference on Cyber and IT Service Management*, IEEE.
- Hardjo, A. B. 2016. Enkripsi Citra RGB Dengan Algoritma *Simplified-Data Encryption Standard* (S-DES) dan DNA-Vigenere Cipher. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Heider D., dan A. Barnekow. 2007. *DNA-Based Watermarks using DNA-Crypt Algorithm*. UK: BMC Bioinformatics.
- Jonathan, Sarwono. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Mousa, A., O. S. Faragallah, S. EL-Rabaie, dan E. M. Nigm. 2013. Security analysis of reverse encryption algorithm for databases. *International Journal of Computer Applications (IJCA)* 66(14): 19-27.
- Munir, R. 2006. *Diktat kuliah IF5054 Kriptografi*. Jakarta: Program Studi Teknik Informatika, Sekolah teknik Elektro dan Informatika.
- Najaftorkaman M., dan N. S. Kazazi. 2015. A Method to Encrypt Information with DNA-Based Cryptography. *International Journal of Cyber-Security and Digital Forensics (IJCSDF)* 4(3): 417-426.

Price, W. T., dan C. Peselnick. 1987. *Elements of Data Processing Mathematics*. 3rd ed. USA: Harcourt.

Riski, A., A. Kamsyakawuni, dan M. Z. Arif. 2018. Implementasi vigenere cipher pada pengamanan data medis. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika (JRAM)*. 2(1): 1-8.

Song, C., dan Y. Qiao. 2015. A Novel *Image* Encryption Algorithm Based on DNA Encoding and Spatiotemporal Chaos. *Entropy* 17: 6954-6968.




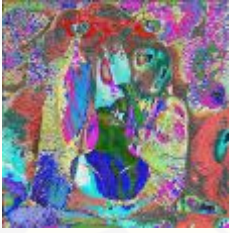
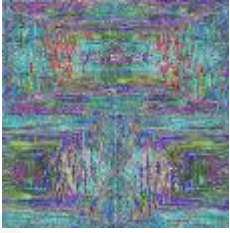









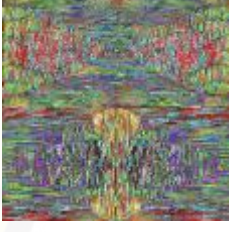

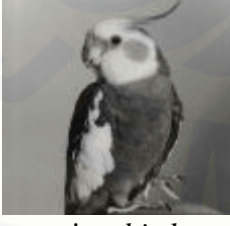
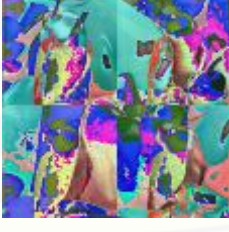
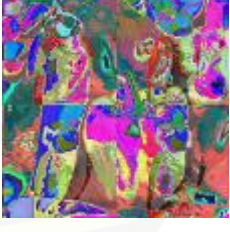





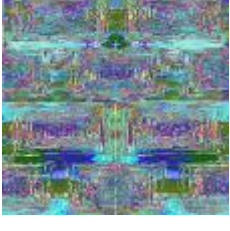
Sutoyo. T.M., Edy, S., Vincent, Dwi N.O., Wijanarto. 2009. *Teori Pengolahan Citra Digital*, Andi Yogyakarta dan UDINUS Semarang.




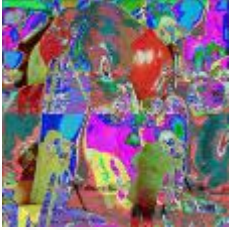



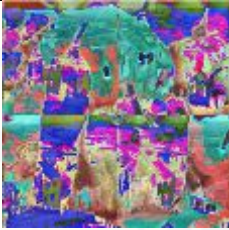
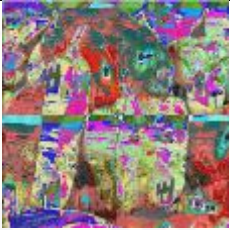
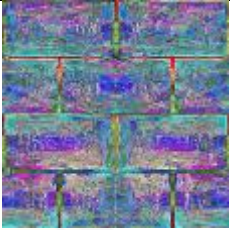



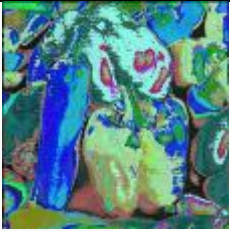
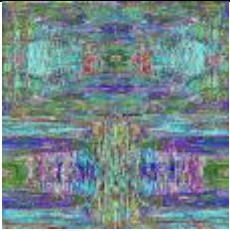



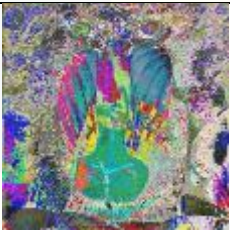
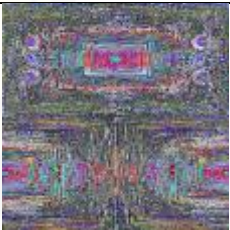




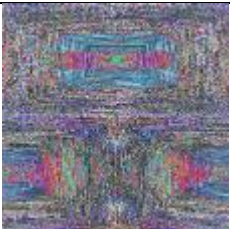
Wu, Y., J. P. Noonan, dan S. Aгаian. 2011. Npcr and uaci randomness for *image* encryption, in *Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Telecommunications (JSAT)*, pp. 31-38.


























Widodo, A., A. D. Wowor, E. Mailoa, dan M. A. I. 2015. Perancangan kriptografi *block cipher* berbasis pada teknik tanam padi dan bajak sawah. *Seminar Nasional Teknik Informatika dan Sistem Informasi (SETISI)*.

























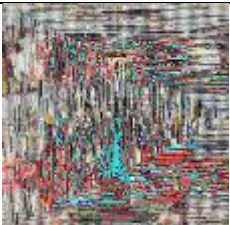
LAMPIRAN












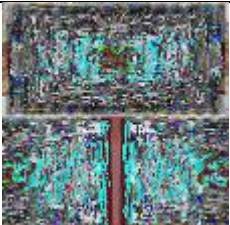




Lampiran 4.1 Hasil Proses Enkripsi















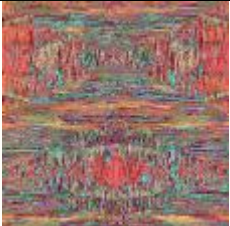

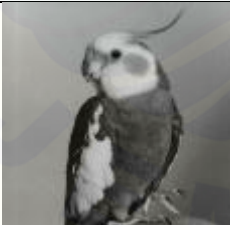


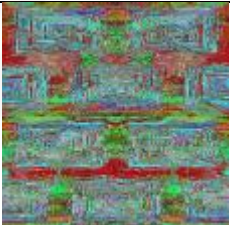





No	Plain image	kunci	Cipher vigenere	Cipher DNA- vigenere	Cipher DNA- Vigenere cipher + Pola
1	 <i>citra pappers</i>	 <i>citra baboon</i>			
2	 <i>citra pappers</i>	 <i>citra girl</i>			
3	 <i>citra pappers</i>	 <i>citra lena</i>			
4	 <i>citra pappers</i>	 <i>citra bird</i>			
5	 <i>citra pappers</i>	 <i>citra boat</i>			








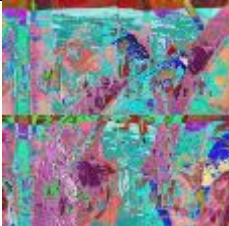

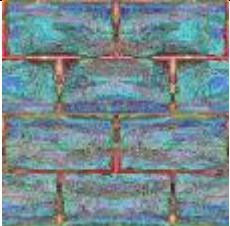




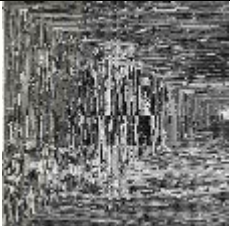





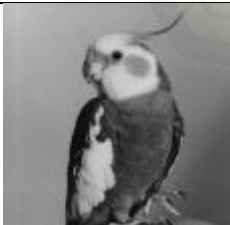




No	Plain image	kunci	Cipher vigenere	Cipher DNA- vigenere	Cipher DNA- Vigenere cipher + Pola
6	 citra pappers	 citra cameraman			
7	 citra pappers	 citra hill			
8	 citra pappers	 citra pappers			
9	 citra baboon	 citra pappers			
10	 citra baboon	 citra baboon			






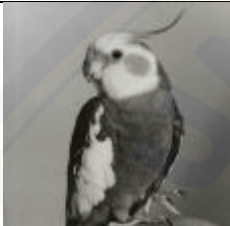
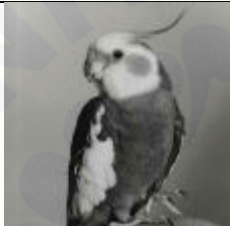
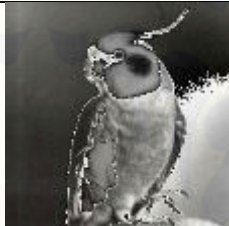


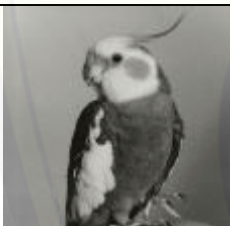



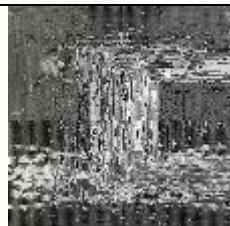
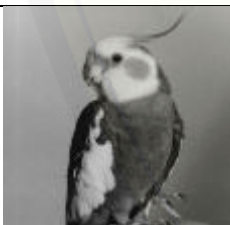



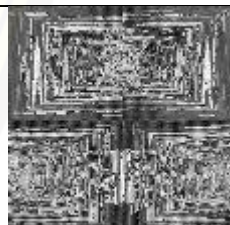




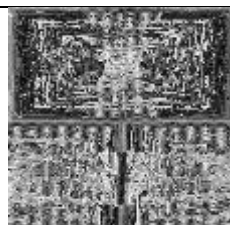
No	Plain image	kunci	Cipher vigenere	Cipher DNA- vigenere	Cipher DNA- Vigenere cipher + Pola
11	 citra baboon	 citra girl			
12	 citra baboon	 citra lena			
13	 citra baboon	 citra bird			
14	 citra baboon	 citra boat			
15	 citra baboon	 citra cameraman			




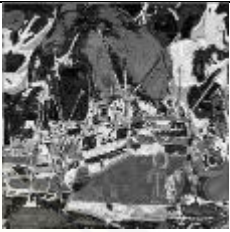
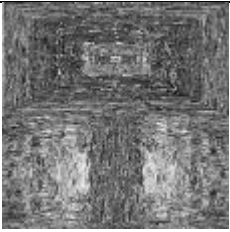














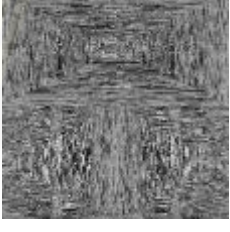





No	Plain image	kunci	Cipher vigenere	Cipher DNA- vigenere	Cipher DNA- Vigenere cipher + Pola
16	 citra baboon	 citra hill			
17		 citra pappers			
18	 citra girl	 citra baboon			
19	 citra girl	 citra girl			
20	 citra girl	 citra lena			





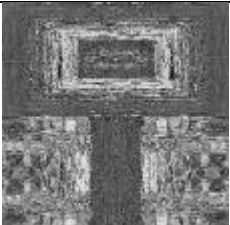




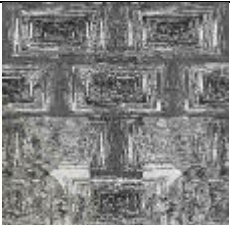




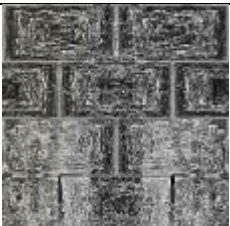










No	Plain image	kunci	Cipher vigenere	Cipher DNA- vigenere	Cipher DNA- Vigenere cipher + Pola
21	 citra girl	 citra bird			
22	 citra girl	 citra boat			
23	 citra girl	 citra cameraman			
24	 citra girl	 citra hill			
25	 citra lena	 citra pappers			





No	Plain image	kunci	Cipher vigenere	Cipher DNA- vigenere	Cipher DNA- Vigenere cipher + Pola
26	 citra lena	 citra baboon			
27	 citra lena	 citra girl			
28	 citra lena	 citra lena			
29	 citra lena	 citra bird			
30	 citra lena	 citra boat			





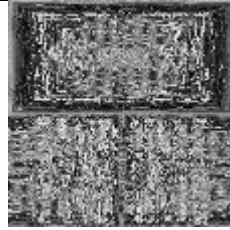














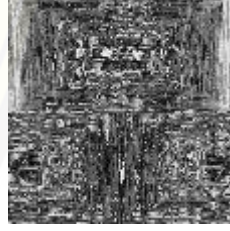





No	Plain image	kunci	Cipher vigenere	Cipher DNA- vigenere	Cipher DNA- Vigenere cipher + Pola
31	 <i>citra lena</i>	 <i>citra cameraman</i>			
32	 <i>citra lena</i>	 <i>citra hill</i>			
33	 <i>citra bird</i>	 <i>citra pappers</i>			
34	 <i>citra bird</i>	 <i>citra baboon</i>			
35	 <i>citra bird</i>	 <i>citra girl</i>			





















No	Plain image	kunci	Cipher vigenere	Cipher DNA- vigenere	Cipher DNA- Vigenere cipher + Pola
36	 <i>citra bird</i>	 <i>citra lena</i>			
37	 <i>citra bird</i>	 <i>citra bird</i>			
38	 <i>citra bird</i>	 <i>citra boat</i>			
39	 <i>citra bird</i>	 <i>citra cameraman</i>			
40	 <i>citra bird</i>	 <i>citra hill</i>			

No	Plain image	kunci	Cipher vigenere	Cipher DNA- vigenere	Cipher DNA- Vigenere cipher + Pola
41	 citra boat	 citra pappers			
42	 citra boat	 citra baboon			
43	 citra boat	 citra girl			
44	 citra boat	 citra lena			
45	 citra boat	 citra bird			

No	Plain image	kunci	Cipher vigenere	Cipher DNA- vigenere	Cipher DNA- Vigenere cipher + Pola
46	 citra boat	 citra boat			
47	 citra boat	 citra cameraman			
48	 citra boat	 citra hill			
49	 citra cameraman	 citra pappers			
50	 citra cameraman	 citra baboon			

No	Plain image	kunci	Cipher vigenere	Cipher DNA- vigenere	Cipher DNA- Vigenere cipher + Pola
51	 <i>citra cameraman</i>	 <i>citra girl</i>			
52	 <i>citra cameraman</i>	 <i>citra lena</i>			
53	 <i>citra cameraman</i>	 <i>citra bird</i>			
54	 <i>citra cameraman</i>	 <i>citra boat</i>			
55	 <i>citra cameraman</i>	 <i>citra cameraman</i>			

No	Plain image	kunci	Cipher vigenere	Cipher DNA- vigenere	Cipher DNA- Vigenere cipher + Pola
56	 citra cameraman	 citra hill			
57	 citra hill	 citra pappers			
58	 citra hill	 citra baboon			
59	 citra hill	 citra girl			
60	 citra hill	 citra lena			

No	<i>Plain image</i>	kunci	<i>Cipher vigenere</i>	<i>Cipher DNA-vigenere</i>	<i>Cipher DNA-Vigenere cipher + Pola</i>
61	 <i>citra hill</i>	 <i>citra bird</i>			
62	 <i>citra hill</i>	 <i>citra boat</i>			
63	 <i>citra hill</i>	 <i>citra cameraman</i>			
64	 <i>citra hill</i>	 <i>citra hill</i>			

Lampiran 4.2 Hasil Nilai NPCR Setelah Dienkripsi

No	Plain image	Kunci image	NPCR		
			Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher + Pola
1	Citra Papers	Citra Baboon	99,9779%	99,9805%	99,6414%
2	Citra Papers	Citra Girl	100%	100%	99,4966%
3	Citra Papers	Citra Lena	100%	100%	99,5758%
4	Citra Papers	Citra Bird	100%	100%	99,6529%
5	Citra Papers	Citra Boat	99,9996%	99,9996%	99,6128%
6	Citra Papers	Citra Cameraman	100%	100%	99,6492%
7	Citra Papers	Citra Hill	100%	100%	99,6140%
8	Citra Papers	Citra Papers	95,977%	99,2977%	99,6361%
9	Citra Baboon	Citra Papers	95,977%	99,297%	99,6363%
10	Citra Baboon	Citra Baboon	99,9779%	99,9805%	99,8362%
11	Citra Baboon	Citra Girl	100%	100%	99,5883%
12	Citra Baboon	Citra Lena	100%	100%	99,5632%
13	Citra Baboon	Citra Bird	100%	100%	99,6396%
14	Citra Baboon	Citra Boat	99,9996%	99,9996%	99,6236%
15	Citra Baboon	Citra Cameraman	100%	100%	99,6216%
16	Citra Baboon	Citra Hill	100%	100%	99,634%
17	Citra Girl	Citra Papers	96,9628%	99,2203%	99,6735%
18	Citra Girl	Citra Baboon	100%	100%	99,6618%
19	Citra Girl	Citra Girl	100%	100%	98,8317%
20	Citra Girl	Citra Lena	100%	100%	99,5478%
21	Citra Girl	Citra Bird	100%	100%	99,6989%
22	Citra Girl	Citra Boat	100%	100%	99,6379%
23	Citra Girl	Citra Cameraman	100%	100%	99,6801%
24	Citra Girl	Citra Hill	100%	100%	99,7182%
25	Citra Lena	Citra Papers	99,977%	99,2977%	99,6227%
26	Citra Lena	Citra Baboon	99,9779%	99,9805%	99,6464%
27	Citra Lena	Citra Girl	100%	100%	99,5276%
28	Citra Lena	Citra Lena	100%	100%	99,509%
29	Citra Lena	Citra Bird	100%	100%	99,6281%
30	Citra Lena	Citra Boat	99,9996%	99,9996%	99,673%
31	Citra Lena	Citra Cameraman	100%	100%	99,697%
32	Citra Lena	Citra Hill	100%	100%	99,6861%
33	Citra Bird	Citra Papers	99,2203%	99,2203%	99,6216%
34	Citra Bird	Citra Baboon	100%	100%	99,675%
35	Citra Bird	Citra Girl	100%	100%	99,382%
36	Citra Bird	Citra Lena	100%	100%	99,4888%
37	Citra Bird	Citra Bird	100%	100%	99,704%
38	Citra Bird	Citra Boat	100%	100%	99,6536%
39	Citra Bird	Citra Cameraman	100	100	99,6445%

No	Plain image	Kunci image	NPCR		
			Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher + Pola
40	Citra Bird	Citra Hill	100	100	99,6872%
41	Citra Boat	Citra Papers	99,2977%	99,2977%	99,6696%
42	Citra Boat	Citra Baboon	99,9805%	99,9805%	99,6754%
43	Citra Boat	Citra Girl	100%	100%	99,4892%
44	Citra Boat	Citra Lena	100%	100%	99,4602%
45	Citra Boat	Citra Bird	100%	100%	99,7723%
46	Citra Boat	Citra Boat	99,9996%	99,9996%	99,762%
47	Citra Boat	Citra Cameraman	100%	100%	99,7787%
48	Citra Boat	Citra Hill	100%	100%	99,7425%
49	Citra Cameraman	Citra Papers	99,2203%	99,2203%	99,6246%
50	Citra Cameraman	Citra Baboon	100%	100%	99,6735%
51	Citra Cameraman	Citra Girl	100%	100%	99,4675%
52	Citra Cameraman	Citra Lena	100%	100%	99,469%
53	Citra Cameraman	Citra Bird	100%	100%	99,6964%
54	Citra Cameraman	Citra Boat	100%	100%	99,7635%
55	Citra Cameraman	Citra Cameraman	100%	100%	99,7467%
56	Citra Cameraman	Citra Hill	100%	100%	99,6552%
57	Citra Hill	Citra Papers	99,2203%	99,2203%	99,6552%
58	Citra Hill	Citra Baboon	100%	100%	99,6277%
59	Citra Hill	Citra Girl	100%	100%	99,5148%
60	Citra Hill	Citra Lena	100%	100%	99,5346%
61	Citra Hill	Citra Bird	100%	100%	99,6185%
62	Citra Hill	Citra Boat	100%	100%	99,6689%
63	Citra Hill	Citra Cameraman	100%	100%	99,6414%
64	Citra Hill	Citra Hill	100%	100%	99,6902%

Lampiran 4.3 Hasil Nilai UACI Setelah Dienkripsi

No	Plain image	Kunci image	UACI		
			Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher + Pola
1	Citra Papers	Citra Baboon	37,7574%	34,0232%	33,7761%
2	Citra Papers	Citra Girl	38,8899%	38,755%	31,3348%
3	Citra Papers	Citra Lena	35,786%	38,8126%	30,8133%
4	Citra Papers	Citra Bird	42,8105%	32,8141%	34,9526%
5	Citra Papers	Citra Boat	40,9982%	32,0894%	34,1704%
6	Citra Papers	Citra Cameraman	37,4273%	29,0562%	34,2804%
7	Citra Papers	Citra Hill	39,748%	29,5356	35,1175%
8	Citra Papers	Citra Papers	26,9237%	34,99%	34,1395%
9	Citra Baboon	Citra Papers	32,1905%	35,7885%	30,7863%
10	Citra Baboon	Citra Baboon	31,607%	32,2868%	31,2395%
11	Citra Baboon	Citra Girl	36,9017%	36,4497%	28,8284%
12	Citra Baboon	Citra Lena	35,2249%	24,4983%	28,4721%
13	Citra Baboon	Citra Bird	42,2672%	34,4015%	31,3953%
14	Citra Baboon	Citra Boat	39,5823%	34,7305%	30,7652%
15	Citra Baboon	Citra Cameraman	36,8205%	30,9076%	30,9814%
16	Citra Baboon	Citra Hill	39,5335%	30,093%	31,9156%
17	Citra Girl	Citra Papers	32,063%	35,6844%	31,4682%
18	Citra Girl	Citra Baboon	37,5332%	35,1058%	32,6954%
19	Citra Girl	Citra Girl	32,1258%	37,807%	26,946%
20	Citra Girl	Citra Lena	34,9277%	32,7251%	27,7143%
21	Citra Girl	Citra Bird	40,8875%	37,57%	33,409%
22	Citra Girl	Citra Boat	33,5683%	40,8544%	30,3439%
23	Citra Girl	Citra Cameraman	33,3084%	30,7734%	32,0931%
24	Citra Girl	Citra Hill	41,1621%	32,1366%	35,0202%
25	Citra Lena	Citra Papers	31,6962%	35,2078%	30,7715%
26	Citra Lena	Citra Baboon	37,8111%	34,7248%	31,9332%
27	Citra Lena	Citra Girl	35,7152%	36,1466%	27,0515%

No	Plain image	Kunci image	UACI		
			Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher + Pola
28	Citra Lena	Citra Lena	30,7213%	32,0881%	26,7081%
29	Citra Lena	Citra Bird	40,8824%	34,3873%	31,3135%
30	Citra Lena	Citra Boat	39,3847%	34,5859%	30,6663%
31	Citra Lena	Citra Cameraman	35,3625%	30,436%	31,547%
32	Citra Lena	Citra Hill	39,7175%	31,5025%	33,9422%
33	Citra Bird	Citra Papers	37,5858%	35,6919%	28,6231%
34	Citra Bird	Citra Baboon	36,7687%	30,4021%	29,7568%
35	Citra Bird	Citra Girl	30,5436%	37,9343%	24,3699%
36	Citra Bird	Citra Lena	28,4774%	34,2673%	24,7836%
37	Citra Bird	Citra Bird	34,9104%	37,1793%	28,7757%
38	Citra Bird	Citra Boat	39,0167%	44,0485%	28,2941%
39	Citra Bird	Citra Cameraman	32,7907%	33,3175%	28,256%
40	Citra Bird	Citra Hill	36,56%	28,7566%	30,9869%
41	Citra Boat	Citra Papers	38,1094%	35,2621%	31,5508%
42	Citra Boat	Citra Baboon	37,0504%	33,3459%	32,0827%
43	Citra Boat	Citra Girl	31,7331%	39,5409%	27,0949%
44	Citra Boat	Citra Lena	30,0667%	35,2242%	26,7283%
45	Citra Boat	Citra Bird	39,6251%	35,1072%	33,2226%
46	Citra Boat	Citra Boat	32,131%	42,5474%	30,0485%
47	Citra Boat	Citra Cameraman	34,212%	32,2545%	31,4774%
48	Citra Boat	Citra Hill	38,9721%	27,2387%	34,3131%
49	Citra Cameraman	Citra Papers	37,7748%	36,9454%	30,8987%
50	Citra Cameraman	Citra Baboon	38,4771%	30,1873%	33,0564%
51	Citra Cameraman	Citra Girl	33,1654%	38,8999%	28,689%
52	Citra Cameraman	Citra Lena	34,8212%	37,5445%	27,6885%

No	Plain image	Kunci image	UACI		
			Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher + Pola
53	Citra Cameraman	Citra Bird	40,08%	35,1229%	32,4384%
54	Citra Cameraman	Citra Boat	42,0973%	44,0138%	32,1509%
55	Citra Cameraman	Citra Cameraman	30,344%	36,5959%	31,2867%
56	Citra Cameraman	Citra Hill	37,0756%	28,2297%	33,6414%
57	Citra Hill	Citra Papers	39,1283%	37,253%	31,3441%
58	Citra Hill	Citra Baboon	38,4165%	32,7661%	30,2927%
59	Citra Hill	Citra Girl	32,6095%	38,0971%	27,768%
60	Citra Hill	Citra Lena	28,7696%	35,5794%	27,8619%
61	Citra Hill	Citra Bird	38,2541%	33,1996%	31,7979%
62	Citra Hill	Citra Boat	42,105%	41,2392%	31,017%
63	Citra Hill	Citra Cameraman	34,823%	29,4266%	31,2677%
64	Citra Hill	Citra Hill	33,547%	26,4562%	33,029%

Lampiran 4.4 Hasil Nilai Koefisien Korelasi Setelah Dienkripsi

No	Plain image	Kunci image	Koefisien korelasi		
			Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher + Pola
1	Citra Papers	Citra Baboon	-0,17537%	0,022811%	-0,060131%
2	Citra Papers	Citra Girl	-0,29682%	-0,2135%	0,019903%
3	Citra Papers	Citra Lena	-0,11213%	-0,24328%	0,042754%
4	Citra Papers	Citra Bird	-0,31588%	0,068499%	-0,090605%
5	Citra Papers	Citra Boat	-0,33299%	0,053575%	-0,051912%
6	Citra Papers	Citra Cameraman	-0,21226%	0,15347%	-0,066493%
7	Citra Papers	Citra Hill	-0,20019%	0,20213%	-0,096894%
8	Citra Papers	Citra Papers	0,31925%	-0,054649%	-0,066964%
9	Citra Baboon	Citra Papers	-0,10712%	-0,16653%	-0,0021411%
10	Citra Baboon	Citra Baboon	0,06765%	-0,032579%	-0,027255%
11	Citra Baboon	Citra Girl	-0,22571%	-0,13925%	0,016742%
12	Citra Baboon	Citra Lena	-0,14794%	-0,070527%	0,018126%
13	Citra Baboon	Citra Bird	-0,36667%	-0,12313%	-0,012999%
14	Citra Baboon	Citra Boat	-0,2954%	-0,107%	-0,014792%
15	Citra Baboon	Citra Cameraman	-0,21457%	-0,018681%	-0,0034703%
16	Citra Baboon	Citra Hill	-0,32022%	0,010193%	-0,01936%
17	Citra Girl	Citra Papers	-0,03365%	-0,084342%	0,031021%
18	Citra Girl	Citra Baboon	-0,15596%	-0,18272%	-0,01552%
19	Citra Girl	Citra Girl	0,23506%	0,072439%	0,13274%
20	Citra Girl	Citra Lena	-0,20551%	0,16802%	0,018805%
21	Citra Girl	Citra Bird	-0,10497%	-0,10979%	-0,0006150%
22	Citra Girl	Citra Boat	0,66471%	-0,10242%	0,028024%
23	Citra Girl	Citra Cameraman	-0,03154%	-0,012192%	0,048302%
24	Citra Girl	Citra Hill	-0,2782%	-0,11557%	-0,07208%
25	Citra Lena	Citra Papers	-0,11347%	-0,1321%	0,044173%
26	Citra Lena	Citra Baboon	-0,26084%	-0,13448%	-0,02252%
27	Citra Lena	Citra Girl	-0,14327%	-0,08847%	0,1739%
28	Citra Lena	Citra Lena	0,14877%	0,0056729%	0,16916%

No	Plain image	Kunci image	Koefisien korelasi		
			Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher + Pola
29	Citra Lena	Citra Bird	-0,27289%	-0,082091%	-0,02054%
30	Citra Lena	Citra Boat	-0,20883%	-0,065356%	0,0505%
31	Citra Lena	Citra Cameraman	-0,09403%	0,034587%	-0,008859%
32	Citra Lena	Citra Hill	-0,30899%	-0,049077%	-0,099564%
33	Citra Bird	Citra Papers	-0,38226%	-0,19743%	-0,030335%
34	Citra Bird	Citra Baboon	-0,16074%	0,14172%	-0,031169%
35	Citra Bird	Citra Girl	-0,22049%	-0,35753%	0,052799%
36	Citra Bird	Citra Lena	-0,19887%	-0,34011%	0,032055%
37	Citra Bird	Citra Bird	-0,27452%	-0,3315%	-0,01746%
38	Citra Bird	Citra Boat	-0,46825%	-0,49078%	-0,04311%
39	Citra Bird	Citra Cameraman	-0,22475%	-0,21755%	0,043498%
40	Citra Bird	Citra Hill	-0,25807%	0,09347%	-0,045372%
41	Citra Boat	Citra Papers	-0,40817%	-0,10294%	-0,14159%
42	Citra Boat	Citra Baboon	-0,13533%	-0,017931%	-0,085256%
43	Citra Boat	Citra Girl	-0,23435%	-0,36644%	-0,040415%
44	Citra Boat	Citra Lena	-0,1165%	-0,27569%	-0,019524%
45	Citra Boat	Citra Bird	-0,29751%	-0,047493%	-0,13919%
46	Citra Boat	Citra Boat	-0,00043%	-0,10789%	-0,071049%
47	Citra Boat	Citra Cameraman	-0,1909%	0,010897%	-0,07498%
48	Citra Boat	Citra Hill	-0,17735%	0,2739%	-0,097236%
49	Citra Cameraman	Citra Papers	-0,422%	-0,13358%	-0,0041131%
50	Citra Cameraman	Citra Baboon	-0,1243%	0,24617%	-0,063344%
51	Citra Cameraman	Citra Girl	-0,25779%	-0,35096%	-0,0045356%
52	Citra Cameraman	Citra Lena	-0,46688%	0,40215%	0,03321%
53	Citra Cameraman	Citra Bird	-0,29328%	-0,018948%	-0,071725%
54	Citra Cameraman	Citra Boat	-0,66036%	-0,39921%	-0,06950%

No	Plain image	Kunci image	Koefisien korelasi		
			Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher	Dna-Vigenere Cipher + Pola
55	Citra <i>Cameraman</i>	Citra <i>Cameraman</i>	0,25485%	0,057166%	-0,020666%
56	Citra <i>Cameraman</i>	Citra <i>Hill</i>	-0,07330%	0,27103%	-0,085699%
57	Citra <i>Hill</i>	Citra <i>Papers</i>	-0,1975%	-0,14584%	-0,026405%
58	Citra <i>Hill</i>	Citra <i>Baboon</i>	-0,21117%	-0,12126%	0,005552%
59	Citra <i>Hill</i>	Citra <i>Girl</i>	-0,09618%	-0,20489%	-0,018488%
60	Citra <i>Hill</i>	Citra <i>Lena</i>	0,077715%	-0,1304%	0,0039283%
61	Citra <i>Hill</i>	Citra <i>Bird</i>	-0,237%	-0,06293%	-0,05188%
62	Citra <i>Hill</i>	Citra <i>Boat</i>	-0,32789%	-0,25901%	-0,074582%
63	Citra <i>Hill</i>	Citra <i>Cameraman</i>	-0,24225%	-0,031834%	-0,074469%
64	Citra <i>Hill</i>	Citra <i>Hill</i>	0,040587%	0,053849%	-0,034932%

Lampiran 4.5 Skrip Program Enkripsi dan Dekripsi pada MATLAB R2015b

```

%VIGENERE CIPHER - VIGENERE CIPHER - VIGENERE CIPHER
plainimage=handles.plain;
kunci=handles.kunci;
cipherimage=Vigen(plainimage,kunci);
guidata(hObject,handles);
axes(handles.axes3);
imshow(uint8(cipherimage));
%UJI ANALISIS
% Analisis korelasi
plainimage=double(getimage(handles.axes1));
%ciph
cipherimage=double(getimage(handles.axes3));
korr=KORRcal(plainimage,cipherimage)
set(handles.text21,'String',num2str(korr));
% NPCR
plainimage=double(getimage(handles.axes1));
cipherimage=double(getimage(handles.axes3));
npcr=NPCRcal(plainimage,cipherimage)
set(handles.text16,'String',num2str(npcr));
% UACI
plainimage=double(getimage(handles.axes1));
cipherimage=double(getimage(handles.axes3));
uaci=UACIcal(plainimage,cipherimage);
set(handles.text20,'String',num2str(uaci));

% DNA VIGENERE CIPHER - DNA VIGENERE CIPHER - DNA VIGENERE CIPHER
plainimage=handles.plain;
kunci=handles.kunci;
cipherimage=EnVigenere(plainimage,kunci);
guidata(hObject,handles);
axes(handles.axes4);
imshow(uint8(cipherimage));
%UJI ANALISIS
% Analisis korelasi
plainimage=double(getimage(handles.axes1));
%ciph
cipherimage=double(getimage(handles.axes4));
korr=KORRcal(plainimage,cipherimage)
set(handles.text27,'String',num2str(korr));
% NPCR
plainimage=double(getimage(handles.axes1));
cipherimage=double(getimage(handles.axes4));
npcr=NPCRcal(plainimage,cipherimage)
set(handles.text24,'String',num2str(npcr));
% UACI
plainimage=double(getimage(handles.axes1));
cipherimage=double(getimage(handles.axes4));
uaci=UACIcal(plainimage,cipherimage);
set(handles.text26,'String',num2str(uaci));

```



```

% DNA VIGENERE+POLA - DNA VIGENERE+POLA - DNA VIGENERE+POLA
plainimage=handles.plain;
kunci=handles.kunci;
cipherimage=EnViPola(plainimage,kunci);
guidata(hObject,handles);
axes(handles.axes5);
imshow(uint8(cipherimage));
%UJI ANALISIS
% Analisis korelasi
plainimage=double(getimage(handles.axes1));
%ciph
cipherimage=double(getimage(handles.axes5));
korr=KORRcal(plainimage,cipherimage);
set(handles.text33,'String',num2str(korr));
% NPCR
plainimage=double(getimage(handles.axes1));
cipherimage=double(getimage(handles.axes5));
npcr=NPCRcal(plainimage,cipherimage);
set(handles.text30,'String',num2str(npcr));
% UACI
plainimage=double(getimage(handles.axes1));
cipherimage=double(getimage(handles.axes5));
uaci=UACIcal(plainimage,cipherimage);
set(handles.text32,'String',num2str(uaci));

% DEKRIPSI - DEKRIPSI - DEKRIPSI - DEKRIPSI
%UJI ANALISIS
% Analisis korelasi
plainimage=double(getimage(handles.axes5));
%ciph
cipherimage=double(getimage(handles.axes2));
kunci=cipherimage;
%dekrip
cipherimage=DekViPola(plainimage,kunci);
guidata(hObject,handles);
axes(handles.axes6);
imshow(uint8(cipherimage));
%ganti plain image
plainimage=double(getimage(handles.axes1));
%korelasi
korr=KORRcal(plainimage,cipherimage)
set(handles.text39,'String',num2str(korr));
% NPCR
npcr=NPCRcal(plainimage,cipherimage)
set(handles.text36,'String',num2str(npcr));
% UACI
uaci=UACIcal(plainimage,cipherimage);
set(handles.text38,'String',num2str(uaci));

```