



**ENKRIPSI CITRA RGB DENGAN ALGORITMA
SIMPLIFIED-DATA ENCRYPTION STANDARD (S-DES)
DAN *DNA-VIGENERE CIPHER***

SKRIPSI

Oleh

**Andrias Budi Hardjo
NIM 131810101029**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**ENKRIPSI CITRA RGB DENGAN ALGORITMA
SIMPLIFIED-DATA ENCRYPTION STANDARD (S-DES)
DAN *DNA-VIGENERE CIPHER***

SKRIPSI

diajukan guna memenuhi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Matematika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

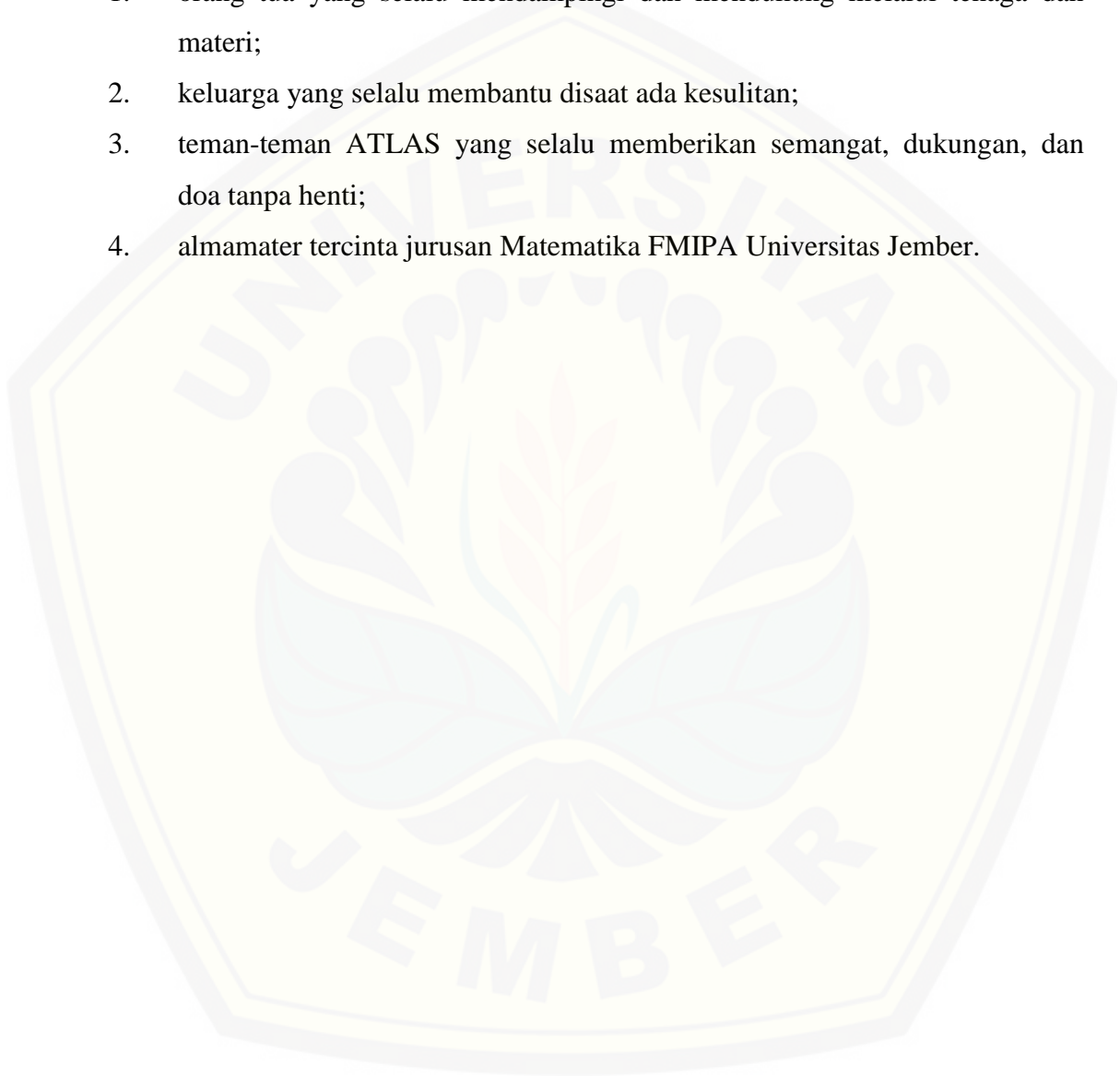
Andrias Budi Hardjo
NIM 131810101029

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. orang tua yang selalu mendampingi dan mendukung melalui tenaga dan materi;
2. keluarga yang selalu membantu disaat ada kesulitan;
3. teman-teman ATLAS yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan doa tanpa henti;
4. almamater tercinta jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.



MOTTO

“It’s not who i am underneath but what i do that defines me”.¹

“If you’re good at something, never do it for free”.²



¹ Bruce Wayne

² Joker

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama: Andrias Budi Hardjo

nim : 131810101029

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Enkripsi Citra RGB dengan Algoritma *Simplified-Data Encryption Standard (S-DES)* dan *DNA-Vigenere Cipher*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya, belum pernah diajukan di institusi manapun, 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 manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Desember 2016

Yang menyatakan,

Andrias Budi Hardjo

NIM 131810101029

SKRIPSI

**ENKRIPSI CITRA RGB DENGAN ALGORITMA
SIMPLIFIED-DATA ENCRYPTION STANDARD (S-DES)
DAN *DNA-VIGENERE CIPHER***

Oleh

Andrias Budi Hardjo
NIM 131810101029

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : M. Ziaul Arif, S.Si, M.Sc.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Enkripsi Citra RGB dengan Algoritma *Simplified-Data Encryption Standard (S-DES)* dan *DNA-Vigenere Cipher*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Ahmad Kamsyakawuni, S.Si, M.Kom.

NIP. 197211291998021001

Anggota II,

Prof. Drs. Kusno, DEA., PhD.

NIP. 196101081986021001

Anggota I,

M. Ziaul Arif, S.Si, M.Sc.

NIP. 198501112008121002

Anggota III,

Drs. Rusli Hidayat, M.Sc.

NIP. 196610121993031001

Mengesahkan
Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.

NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Enkripsi Citra RGB dengan Algoritma *Simplified-Data Encryption Standard (S-DES)* dan *DNA-Vigenere Cipher*; Andrias Budi Hardjo, 131810101029; 2016; 45 Halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyimpanan suatu data pada saat ini tidak lagi dalam bentuk dokumen-dokumen yang dicetak, melainkan disimpan dalam bentuk sebuah data yang disimpan di dalam komputer maupun ponsel. Untuk melindungi data tersebut dari pihak yang tidak berwenang, dibutuhkan suatu perlindungan.

Kriptografi merupakan suatu sistem atau metode untuk mengamankan dan melindungi suatu data digital. Kriptografi adalah ilmu untuk menjaga kerahasiaan data dengan cara mengubahnya menjadi bentuk yang tidak lagi dipahami maknanya. Salah satu algoritma kriptografi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Simplified-Data Encryption Standard (S-DES)*. Namun, untuk melindungi suatu data yang besar seperti citra, algoritma S-DES tidaklah aman karena algoritma ini menggunakan kunci yang relatif pendek dan juga dapat dideteksi menggunakan frekuensi analisis. Untuk mengatasi kelemahan ini, maka akan dilakukan suatu pemodifikasian sebelum kemudian dienkripsi lebih lanjut dengan menggunakan algoritma *DNA-Vigenere Cipher*. Kriptografi DNA merupakan hal yang masih baru dalam perlindungan data. Metode ini menggunakan basa nitrogen dari DNA yang merupakan suatu materi genetik dari makhluk hidup sebagai proses enkripsinya. Penggabungan antara kriptografi DNA dengan *Vigenere Cipher* mampu memberikan keamanan yang baik (Najaftorkaman dan Kazazi, 2015).

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data berupa citra berwarna (citra RGB) yang digunakan sebagai *plain image*. Citra tersebut kemudian akan dienkripsi menggunakan algoritma S-DES. Setelah itu akan dilakukan pemodifikasian derajat keabuannya sebelum dienkripsi lebih lanjut menggunakan *DNA-Vigenere Cipher*. Hasil dari operasi ini akan dihasilkan

sebuah *cipher image* yang tidak lagi mengandung informasi dari *plain image* yang ada.

Analisis keamanan dari algoritma yang diajukan menunjukkan bahwa algoritma aman dari serangan frekuensi analisis, memiliki kunci yang sensitif, serta memiliki nilai tambah keamanan karena terdapat pemodifikasian derajat keabuan.



PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Enkripsi Citra RGB dengan Algoritma *Simplified-Data Encryption Standard (S-DES)* dan *DNA-Vigenere Cipher*”. 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. Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Utama dan M. Ziaul Arif, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
4. Orang tua tercinta serta keluarga, yang selalu memberikan bantuan materi dan doa.
5. Dosen dan Karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
6. Teman-teman ATLAS yang telah memberikan banyak kenangan dan dukungan.

Semoga bimbingan, bantuan, dan dorongan beliau dibalas berlipat ganda oleh Tuhan yang Maha Esa. Selain itu, 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, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kriptografi	4
2.2 Citra	5
2.2.1 Citra RGB	6
2.3 Sistem Basis pada Bilangan	7
2.4 Algoritma S-DES	9
2.4.1 Pembangkitan Kunci pada S-DES	10
2.4.2 Enkripsi S-DES	11
2.5 Kriptografi DNA	14
2.6 Modifikasi <i>Vigenere Cipher</i> dengan Kriptografi DNA	15
2.7 Analisis Keamanan	16

2.7.1 Analisis Histogram	16
2.7.2 Analisis Diferensial	16
2.7.3 Analisis Sensitivitas Kunci	17
2.7.4 Analisis Panjang Kunci	17
BAB 3. METODE PENELITIAN	18
3.1 Data Penelitian	18
3.2 Langkah-Langkah Penelitian	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil	24
4.1.1 Enkripsi <i>Plain Image</i> dengan Algoritma S-DES	25
4.1.2 Memodifikasi Derajat Keabuan dari Hasil Enkripsi S-DES	27
4.1.3 Enkripsi dengan Algoritma DNA- <i>Vigenere Cipher</i>	28
4.1.4 Pengkodean Kembali DNA Menjadi Bilangan Desimal	29
4.1.5 Dekripsi DNA- <i>Vigenere Cipher</i>	30
4.1.6 Pengkodean Kembali DNA Menjadi Bilangan Biner	30
4.1.7 Memodifikasi Derajat Keabuan dari Hasil dekripsi DNA- <i>Vigenere Cipher</i>	30
4.1.8 Dekripsi <i>Cipher Image</i> dengan Algoritma S-DES	31
4.1.9 Analisis Keamanan	33
4.1.10 Aplikasi CRYPTON	36
4.1.11 Simulasi Aplikasi	37
4.2 Pembahasan	40
4.2.1 Proses Enkripsi	40
4.2.2 Proses Dekripsi	40
4.2.3 Analisis Keamanan	41
BAB 5. PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	46

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Proses enkripsi dan dekripsi	4
2.2 Menentukan koordinat titik pada citra	6
2.3 Citra RGB 512x512 <i>pixel</i> dengan kedalaman 8-bit	7
2.4 Alur pembangkitan kunci pada S-DES	10
3.1 Onion.png	18
3.2 Proses enkripsi	19
3.3 Proses dekripsi	21
3.5 <i>Flowchart</i> penelitian	23
4.1 Hasil proses enkripsi	24
4.2 Analisis histogram	34
4.3 Analisis sensitivitas kunci	35
4.4 Gambar hasil dekripsi tanpa modifikasi	36
4.5 Aplikasi CRYPTON	36
4.6 Tampilan enkripsi pada aplikasi CRYPTON	38
4.7 Proses enkripsi pada citra <i>grayscale</i>	39
4.8 Hasil dekripsi dengan kunci enkripsi	40

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Operasi XOR pada bilangan biner	9
2.2 Tabel permutasi P_{10}	11
2.3 Tabel permutasi P_8	11
2.4 Tabel permutasi IP	12
2.5 Tabel ekspansi/permutasi	12
2.6 S-Box S_0	12
2.7 S-Box S_1	12
2.8 Tabel permutasi P_4	12
2.9 Tabel permutasi Akhir IP^{-1}	13
2.10 Delapan macam bentuk pengkodean DNA	14
2.11 Tabel DNA- <i>Vigenere</i>	15
4.1 Potongan <i>pixel</i> onion.png	24
4.2 Pembangkitan sub kunci K_1 dan K_2	25
4.3 Bilangan biner dari potongan <i>pixel</i> onion.png	25
4.4 Hasil enkripsi pada pixel pertama kanal <i>Red</i>	26
4.5 Hasil enkripsi potongan <i>pixel</i> onion.png	27
4.6 <i>Cipher image</i> yang telah dimodifikasi	28
4.7 Pengkodean <i>cipher image</i> menjadi DNA	28
4.8 Hasil akhir proses enkripsi	29
4.9 Modifikasi derajat keabuan	31
4.10 Hasil dekripsi pada pixel pertama kanal <i>Green</i>	31
4.11 Hasil dekripsi S-DES	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Kunci 2	46
B. Matriks derajat keabuan dari Gambar 4.1(a)	47
C. Matriks derajat keabuan hasil operasi S-DES	50
D. Matriks derajat keabuan hasil modifikasi	53
E. Hasil pengkodean DNA	56
F. Hasil enkripsi DNA- <i>Vigenere Cipher</i>	57
G. Matriks derajat keabuan dari Gambar 4.1(b)	58
H. Matriks derajat keabuan dari citra hasil dekripsi	61

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Era digital telah membawa perubahan besar dalam kehidupan manusia. Penggunaan kertas telah dikurangi dan penyimpanan data-data sekarang dilakukan di komputer bahkan ponsel. Untuk melindungi data-data yang tersimpan di komputer atau ponsel tersebut, perlu dilakukan suatu proses perlindungan agar data-data yang ada tidak disalahgunakan oleh pihak yang tidak berwenang.

Kriptografi merupakan suatu ilmu mengenai teknik perubahan maupun pengacakan data sehingga data tersebut tidak terlihat seperti aslinya. Kriptografi memberikan banyak solusi untuk mengenkripsi data digital menjadi sebuah sandi (*cipher text*) yang tidak bisa dikenali oleh penyusup. Data digital yang berupa citra, ketika di enkripsi haruslah menghasilkan suatu citra baru yang tidak memuat informasi dari citra aslinya. Kumar dan Srivastava pada tahun 2014, telah melakukan enkripsi pada suatu citra menggunakan algoritma S-DES. Algoritma S-DES dipilih karena lebih sederhana daripada algoritma DES. S-DES juga membutuhkan ukuran blok *plaintext* dan kunci yang lebih kecil daripada DES. Proses enkripsi juga berlangsung lebih cepat. Akan tetapi, S-DES memiliki kelemahan. Dikarenakan ukuran kunci yang kecil, ketika proses enkripsi dilakukan pada suatu data yang besar seperti citra, maka keamanan dari S-DES tidaklah cukup baik.

Kriptografi DNA merupakan paradigma baru dalam perlindungan informasi. Kriptografi DNA ini menggunakan *deoxyribonucleic acid* (DNA) sebagai dasar perhitungan komputasinya. Sebuah barisan DNA mengandung empat buah basa nitrogen yakni A (*adenine*), C (*cytosine*), G (*guanine*), T (*thymine*), dimana nantinya kode biner yang terdapat dalam komputasi akan diubah menjadi basa nitrogen tersebut dan dilakukan operasi selanjutnya. Kunci yang dibutuhkan dalam algoritma ini juga harus berbentuk rangkaian basa nitrogen sehingga akan memberikan keamanan yang lebih baik (Song dan Qiao, 2015)

Pada tahun 2015, Najaforkaman dan Kazazi telah menggabungkan algoritma *Vigenere Cipher* dengan kriptografi DNA untuk mengenkripsi pesan teks dan membandingkan hasilnya dengan algoritma *Vigenere Cipher* tanpa modifikasi. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa modifikasi *Vigenere Cipher* dengan kriptografi DNA ini menghasilkan keluaran yang lebih baik dari segi keamanan dan efisiensi pengerjaan.

Pada penelitian ini, penulis ingin mengajukan suatu metode baru dalam mengenkripsi data digital yang berupa citra. Untuk mengatasi kelemahan dari algoritma S-DES, penulis akan melakukan dua kali proses enkripsi pada citra. Citra awal akan dienkripsi terlebih dahulu dengan algoritma S-DES kemudian citra hasil akan dimodifikasi terlebih dahulu sebelum dienkripsi lebih lanjut menggunakan modifikasi *Vigenere Cipher* dengan kriptografi DNA. Dari penelitian ini, penulis berharap bahwa metode yang diajukan ini akan memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi dari penelitian-penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah tertera diatas, maka rumusan masalah ditekankan pada :

- a. Bagaimana mengenkripsi citra RGB dengan algoritma S-DES, setelah itu menambah nilai derajat keabuannya sebelum kemudian dienkripsi lebih lanjut menggunakan DNA-*Vigenere Cipher*.
- b. Bagaimana mendekripsi citra RGB yang telah dienkripsi.
- c. Bagaimana analisis keamanan dari metode yang diajukan.

1.3 Tujuan

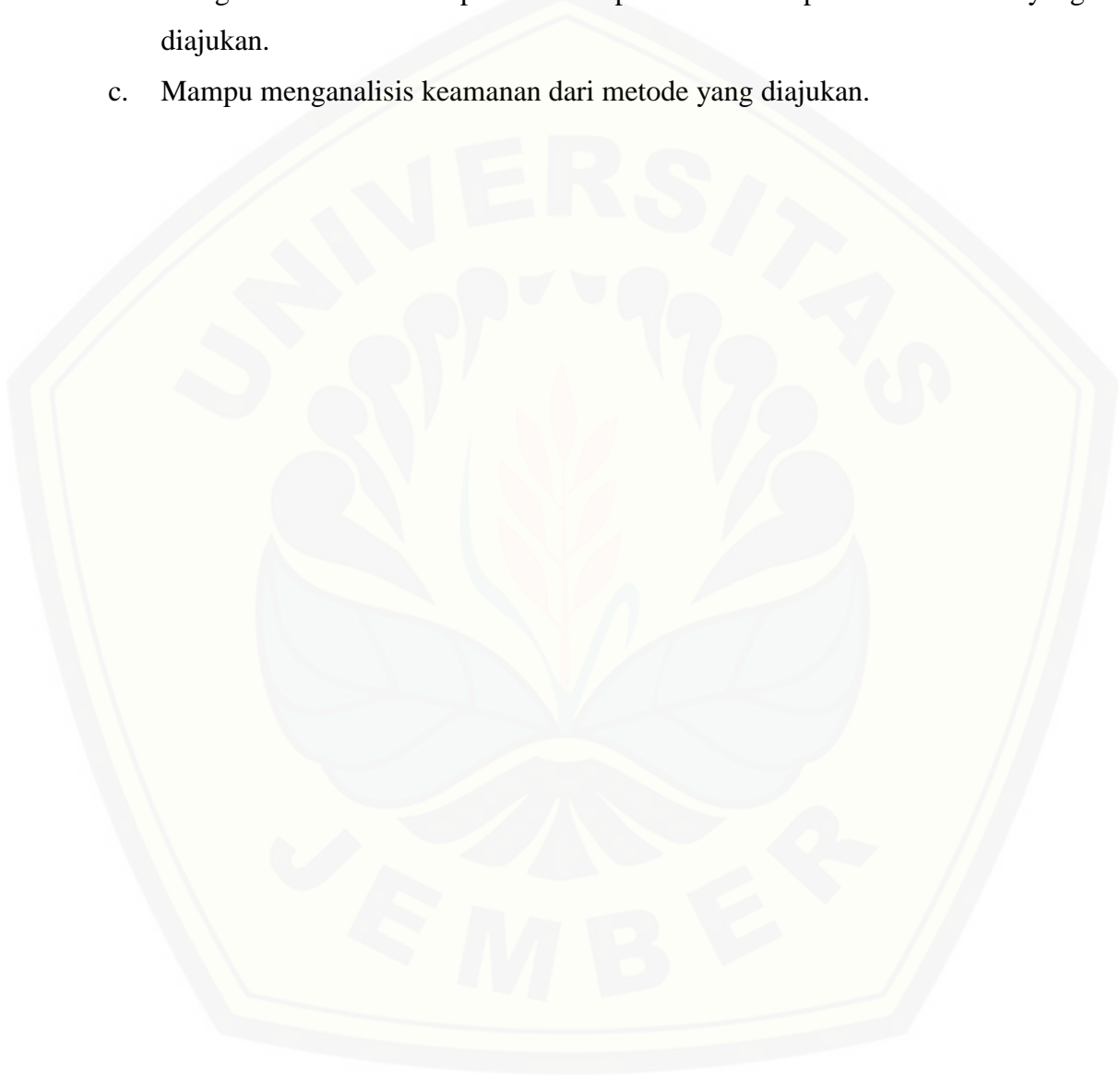
Tujuan dari penelitian ini ialah :

- a. Mengenkripsi citra RGB dengan algoritma S-DES, melakukan penambahan nilai derajat keabuan, kemudian mengenkripsi lebih lanjut menggunakan DNA-*Vigenere Cipher*.
- b. Mendekripsi citra RGB yang telah dienkripsi.
- c. Menganalisis keamanan metode yang diajukan

1.4 Manfaat

Manfaat yang ingin diperoleh dengan adanya penelitian ini adalah :

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



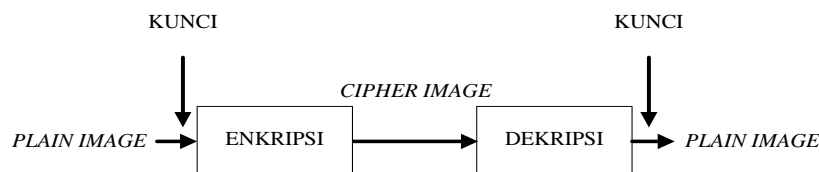
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kriptografi

Kriptografi berasal dari bahasa Yunani yang tersusun dari kata *cryptós* (rahasia) dan *gráphein* (tulisan). Sehingga kriptografi dapat diartikan sebagai *secret writing* atau tulisan rahasia. Kriptografi adalah ilmu dan seni untuk menjaga kerahasiaan pesan dengan cara menyandikannya ke dalam bentuk yang tidak dapat dimengerti lagi maknanya (Munir, 2006).

Kriptografi telah berkembang sedemikian rupa sehingga tidak lagi hanya sebatas mengenkripsi suatu pesan, tetapi juga memberikan aspek keamanan seperti kerahasiaan, integritas data, otentikasi, dan nirpenyangkalan. Sehingga pada saat ini kriptografi dapat didefinisikan sebagai ilmu dan seni untuk menjaga keamanan pesan.

Pada saat menjaga kerahasiaan suatu data citra, kriptografi mentransformasikan data asli (*plain image*) ke dalam bentuk data sandi (*cipher image*). Proses pengubahan suatu *plain text* ke dalam *cipher text* disebut dengan proses *Enchipherment* atau *encryption* (enkripsi). Sedangkan proses mentransformasikan kembali *cipher image* ke dalam bentuk *plain image* disebut dengan proses *Dechipherment* atau *decryption* (dekripsi). Dalam melakukan proses enkripsi dan dekripsi diperlukan sebuah kunci (*key*) dan suatu algoritma. Algoritma tersebut merupakan suatu fungsi matematika yang digunakan untuk mengenkripsi dan mendekripsi data. Sedangkan kunci merupakan suatu deretan *bit* yang diperlukan untuk mengontrol jalannya algoritma. Gambar 2.1 menunjukkan proses enkripsi dan dekripsi.



Gambar 2.1 Proses enkripsi dan dekripsi

2.2 Citra

Secara harafiah, citra (*image*) adalah gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya pada mata manusia, kamera, pemindai (*scanner*), dan sebagainya, sehingga bayangan objek yang disebut citra dapat terekam.

Menurut (Murni, 1992) citra sebagai keluaran dari suatu sistem perekam data dapat bersifat :

- a. optik berupa foto,
- b. analog berupa sinyal video seperti gambar pada monitor televisi,
- c. digital yang dapat langsung disimpan pada suatu pita magnetik.

Citra terdiri atas dua macam yaitu citra diam (*still images*) dan citra bergerak (*moving images*). Citra diam adalah citra tunggal yang tidak bergerak, sementara citra bergerak adalah rangkaian citra diam yang ditampilkan secara beruntun sehingga memberi kesan pada mata kita sebagai citra yang bergerak. Setiap citra dalam rangkaian itu biasa disebut dengan *frame*.

Secara matematis, fungsi intensitas cahaya pada suatu citra di bidang dwimatra disimbolkan dengan $f(x,y)$, dimana :

(x,y) : koordinat pada bidang dwimatra

$f(x,y)$: intensitas cahaya (*brightness*) pada titik (x,y)

Pada Gambar 2.2 terlihat cara untuk menentukan koordinat titik pada suatu citra. Intensitas f dari gambar hitam putih pada titik (x,y) disebut sebagai derajat keabuan (*gray level*), sedangkan citranya disebut sebagai citra hitam-putih (*grayscale image*) atau citra monokrom (*monochrome image*). Derajat keabuan memiliki rentang nilai dari l_{\min} sampai l_{\max} atau $l_{\min} < f < l_{\max}$. Selang (l_{\min}, l_{\max}) disebut sebagai skala keabuan.



Gambar 2.2 Menentukan koordinat titik pada citra
(Sumber: Gonzalez, 1977)

Agar suatu citra dapat diolah dengan komputer digital, suatu citra harus direpresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai diskrit. Representasi citra dari fungsi kontinu menjadi nilai-nilai diskrit disebut sebagai proses digitalisasi. Citra yang dihasilkan inilah yang disebut sebagai citra digital (*digital image*). Pada umumnya, citra digital berbentuk persegi panjang, dan dimensi ukurannya dinyatakan dengan tinggi x lebar atau lebar x panjang.

Citra digital berukuran $N \times M$ lazim dinyatakan dengan matriks yang berukuran N baris dan M kolom sebagai berikut :

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(1,1) & \cdots & f(1, M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f(N, 1) & \cdots & f(N, M) \end{bmatrix}$$

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*. Jadi citra yang berukuran $N \times M$ mempunyai NM buah pixel (Dulimarta, 1997).

2.2.1 Citra RGB

Citra berwarna yaitu citra yang nilai *pixel-pixel* nya mempresentasikan nilai dari suatu warna tertentu. Banyaknya kombinasi warna yang dihasilkan juga tergantung dari kedalaman *pixel* citra yang bersangkutan. 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 Citra RGB 512x512 *pixel* dengan kedalaman 8-bit

2.3 Sistem Basis pada Bilangan

Dikenal berbagai jenis bilangan berdasarkan basisnya seperti bilangan desimal, bilangan biner, dan bilangan hexadesimal. 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. Sementara bilangan hexadesimal memiliki basis 16, yaitu : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F (Price dan Peselnick, 1987).

Bilangan-bilangan tersebut dapat dikonversi menjadi satu lainnya. Berikut merupakan beberapa langkah untuk melakukan konversi bilangan-bilangan tersebut.

- a. Konversi bilangan desimal ke bilangan biner

Salah satu cara dalam mengkonversi bilangan desimal menjadi bilangan biner adalah dengan melakukan proses pembagian. Bilangan desimal dibagi dengan

2, pembacaan nilai akhir pembagian dan urutan sisa hasil pembagian adalah bentuk bilangan biner dari nilai desimal.

Contoh :

$$10 = 1010$$

$$10_{10} : 2 = 5 \text{ sisa } 0$$

$$5_{10} : 2 = 2 \text{ sisa } 1$$

$$2_{10} : 2 = 1 \text{ sisa } 0$$

Maka bilangan biner dari 10 adalah 1010

b. Konversi bilangan biner ke bilangan desimal

Masing-masing digit dalam sistem biner disebut bit (*binary digit*) dan hanya mempunyai dua harga, 0 dan 1.

Contoh :

110011_2 adalah :

$$1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 =$$

$$32 + 16 + 0 + 0 + 2 + 1 = 51$$

c. Konversi biner ke hexadesimal

Setiap 4 digit bilangan biner akan dikonversi menjadi 1 digit bilangan hexadesimal karena 4 digit bilangan biner bisa dikonversi menjadi 16 macam bilangan hexadesimal.

Contoh :

01001111_2 adalah 4F pada hexadesimal karena $0100 = 4$ dan $1111 = F$.

d. Konversi hexadesimal ke biner

Untuk melakukan proses ini, hanya tinggal mengubah nilai hexadesimal menjadi sebuah bilangan biner.

Contoh :

$$5B \text{ (hex)} = 5 \ 11 \text{ (desimal)} = 0101 \ 1011 \text{ (biner)}$$

Pada sistem bilangan digital, dikenal juga operasi-operasi bilangan seperti *exclusive-OR* (XOR). Tabel 2.1 menunjukkan hasil dari operasi XOR pada bilangan biner.

Tabel 2.1 Operasi XOR pada bilangan biner

Bilangan 1	Bilangan 2	Bilangan 1 \oplus Bilangan 2
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

2.4 Algoritma S-DES

Simplified-Data Encryption Standard (S-DES) memiliki sifat dan struktur yang sama seperti DES hanya saja S-DES memiliki parameter yang lebih sedikit. Untuk proses enkripsi pada algoritma S-DES, dibutuhkan 8-bit *plain text*, 10-bit *key*, dan menghasilkan 8-bit *cipher text*. Sementara untuk proses dekripsi, dibutuhkan 8-bit *cipher text*, 10-bit *key*, dan menghasilkan 8-bit *plain text* (Sharma dan Gupta, 2013). Algoritma S-DES melibatkan 5 fungsi diantara lain :

- Permutasi awal (IP)
- Fungsi kompleks f_K , yang melibatkan operasi permutasi dan substitusi dan bergantung pada kunci
- Permutasi sederhana (SW) yang menukar posisi dari setengah bagian data
- Fungsi f_K
- Fungsi permutasi yang merupakan invers dari permutasi awal (IP^{-1}).

Dari langkah-langkah diatas, maka proses enkripsi dapat dituliskan :

$$Cipher\ text = IP^{-1} (f_{K2} (SW (f_{K1} (IP (plain\ text)))))) \quad (2.1)$$

dimana

$$K_1 = P8 (Shift (P10 (key))) \quad (2.2)$$

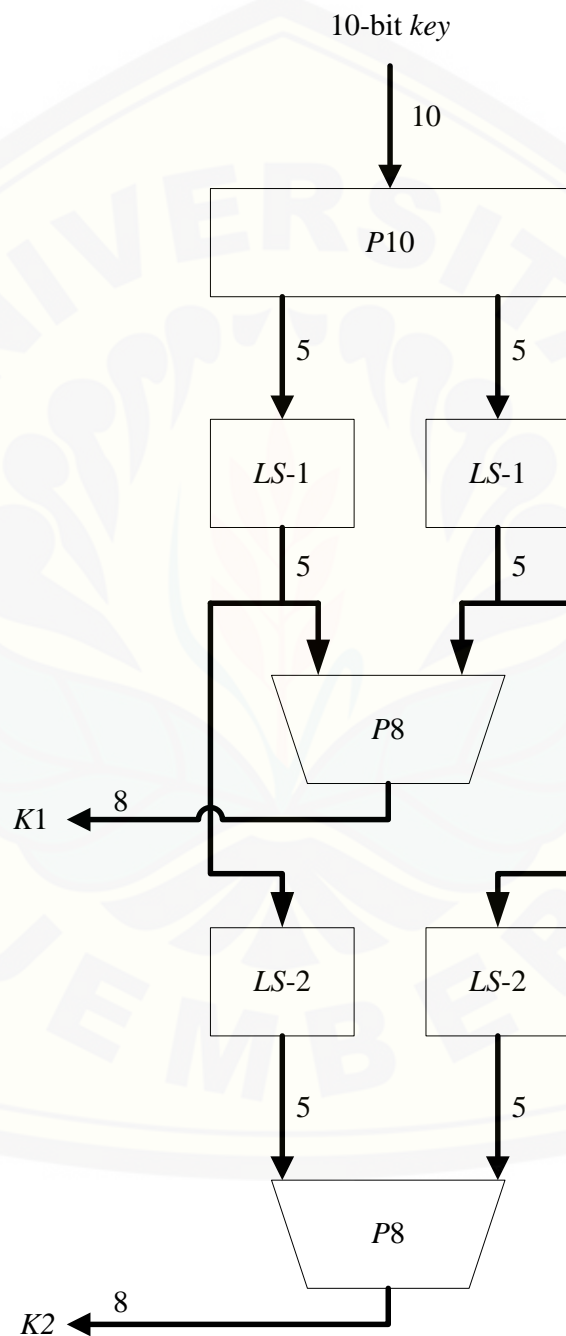
$$K_2 = P8 (Shift (Shift (Shift (P10 (key)))))) \quad (2.3)$$

sehingga proses dekripsi dapat dituliskan :

$$Plain\ text = IP^{-1} (f_{K1} (SW (f_{K2} (IP (cipher\ text)))))) \quad (2.4)$$

2.4.1 Pembangkitan Kunci pada S-DES

S-DES bergantung pada 10-bit kunci. Dari 10-bit kunci ini akan diperoleh 8-bit sub kunci yang nantinya akan digunakan pada beberapa proses enkripsi maupun dekripsi. Proses pembangkitan kunci dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Alur pembangkitan kunci pada S-DES

Langkah-langkah membangkitkan kunci seperti pada Gambar 2.4 akan dijelaskan sebagai berikut.

- Kunci 10-bit ($k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7, k_8, k_9, k_{10}$) akan dilakukan permutasi P_{10} sehingga menjadi ($k_3, k_5, k_2, k_7, k_4, k_{10}, k_1, k_9, k_8, k_6$) seperti terlihat pada Tabel 2.2.
- Lakukan pergeseran kiri ($LS-1$) masing-masing untuk 5-bit awal dan 5-bit akhir.
- Lakukan operasi P_8 seperti pada Tabel 2.3 untuk mengambil 8-bit dari 10-bit kunci.
- Hasil dari langkah (c) ialah sub kunci K_1
- Hasil dari langkah (b) dilakukan pergeseran kiri sebanyak 2 kali ($LS-2$) masing-masing untuk 5-bit awal dan 5-bit akhir.
- Operasikan hasil dari (e) dengan P_8 untuk memperoleh sub kunci K_2 .

Tabel 2.2 Tabel permutasi P_{10}

P_{10}									
3	5	2	7	4	10	1	9	8	6

Tabel 2.3 Tabel permutasi P_8

P_8							
6	3	7	4	8	5	10	9

2.4.2 Enkripsi S-DES

Untuk melakukan suatu enkripsi dengan algoritma DES, terdapat 5 macam langkah. Langkah-langkah untuk melakukan enkripsi dengan algoritma S-DES terdiri dari:

- Permutasi Awal

Masukan berupa 8-bit *plain text* yang kemudian dilakukan operasi IP seperti pada Tabel 2.4 agar data menjadi acak.

Tabel 2.4 Tabel permutasi IP

IP							
2	6	3	1	4	8	5	7

b. Fungsi f_K

Fungsi ini merupakan fungsi yang kompleks dari S-DES dimana mengandung campuran dari fungsi permutasi dan substitusi. Fungsi f dapat dituliskan sebagai berikut.

$$f_K(L, R) = (L \oplus F(R, SK), R) \quad (2.5)$$

dimana L adalah 4-bit pertama dari *plain text*, R adalah 4-bit terakhir dari *plain text*, SK merupakan sub kunci, dan \oplus adalah operasi XOR.

Tabel 2.5 Tabel ekspansi/permutasi

E/P							
4	1	2	3	2	3	4	1

Tabel 2.6 S-Box S_0

	0	1	2	3
0	1	0	3	2
1	3	2	1	0
2	0	2	1	3
3	3	1	3	2

Tabel 2.7 S-Box S_1

	0	1	2	3
0	0	1	2	3
1	2	0	1	3
2	3	0	1	0
3	2	1	0	3

Tabel 2.8 Tabel permutasi P_4

P_4			
2	4	3	1

Tabel 2.9 Tabel permutasi Akhir IP^{-1}

IP^{-1}							
4	1	3	5	7	2	8	6

Secara detail, F dapat dideskripsikan sebagai berikut.

1. R merupakan masukan untuk fungsi f_K .
 2. Operasi pertama yakni operasi ekspansi/permutasi (E/P) seperti terlihat pada Tabel 2.5. Setelah proses ini, akan diperoleh keluaran 8-bit dari 4-bit R .
 3. Lakukan operasi XOR dari hasil pada langkah (2) dengan sub kunci K_1 , dimana nantinya akan menghasilkan keluaran 8-bit.
 4. 4-bit pertama dari hasil pada langkah (3) akan diproses dengan S-Box S_0 (Tabel 2.6), dan 4-bit terakhir akan diproses dengan S-Box S_1 (Tabel 2.7).
 5. Operasi pada S-Box berlaku demikian. Bit pertama dan keempat dari masukan diperlakukan seperti bilangan 2-bit yang dapat dilihat pada baris S-Box, sementara bit kedua dan ketiga dapat dilihat pada kolom S-Box. Nilai pada baris dan kolom yang bersangkutan merupakan keluaran 2-bit dalam basis 2.
 6. 4-bit hasil penggabungan dari S_0 dan S_1 dilakukan permutasi P_4 seperti pada Tabel 2.8.
 7. Hasil dari langkah (6) merupakan keluaran dari fungsi F
- c. Fungsi SW
- Fungsi f_K hanya mengubah 4-bit awal, sehingga fungsi SW berfungsi untuk menukar 4-bit awal dengan 4-bit terakhir, sehingga f_K berikutnya beroperasi pada 4-bit yang lain.
- d. Fungsi f_K
- Pada perulangan kedua ini, fungsi yang dilakukan adalah sama. Hanya saja sub kunci K_1 diganti dengan sub kunci K_2

e. Permutasi Akhir

Hasil dari f_2 akan diproses dengan IP^{-1} seperti pada Tabel 2.9 dan akan diperoleh 8-bit *cipher text*.

2.5 Kriptografi DNA

Kriptografi DNA merupakan ilmu yang baru dalam perlindungan informasi. Ilmu ini didasarkan pada struktur dari DNA. Pada DNA terdapat 4 buah basa nitrogen yakni A, C, T, dan G dimana A & T serta C & G adalah pasangan komplemen. Dasar ini yang digunakan untuk melakukan proses perhitungan komputasinya. Pada tahun 2007, Heider dan Barnekow telah mengajukan suatu algoritma untuk mengkodekan informasi biner menjadi suatu barisan DNA. Heider mengubah 00 menjadi 'T', 01 menjadi 'G', 10 menjadi 'C', dan 11 menjadi 'A'. Dengan adanya penelitian tersebut, maka data biner dapat dikodekan menjadi sebuah DNA, sehingga kriptografi yang telah ada sebelumnya seperti DES, S-DES, dan AES dapat mengimplementasikan konsep kriptografi DNA ini.

Dalam melakukan pengkodean bilangan biner menjadi DNA atau sebaliknya, perlu diperhatikan aturan pasangan basa komplemen yang ada. Oleh karena itu hanya terdapat 8 macam kombinasi pengkodean yang memenuhi aturan pasangan basa komplemen seperti yang terdapat pada Tabel 2.10

Tabel 2.10 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

2.6 Modifikasi *Vigenere Cipher* dengan Kriptografi DNA

Vigenere Cipher merupakan algoritma kriptografi *cipher* abjad-majemuk. Algoritma ini menggunakan tabel *Vigenere* untuk melakukan proses enkripsi. Setiap baris di dalam tabel menyatakan huruf-huruf *cipher text*. Setiap huruf *cipher text* yang sama belum tentu berasal dari *plain text* yang sama pula sehingga algoritma ini tergolong *cipher* abjad-majemuk. *Vigenere Cipher* membutuhkan kunci (*key*) dalam algoritmanya. Ketika panjang kunci kurang dari panjang *plain text*, maka kunci tersebut akan diulang hingga panjang kunci sama dengan panjang *plain text*.

Modifikasi *Vigenere Cipher* dengan kriptografi DNA menghasilkan suatu algoritma yang berdasar pada *Vigenere Cipher*, hanya saja *plain text*, *cipher text*, serta *key* nya haruslah dikodekan menjadi basa nitrogen pada DNA terlebih dahulu dengan menggunakan Tabel 2.10. *Key* yang digunakan dapat berupa rangkaian nukleotida dari suatu virus, sel, dsb. Contoh *key* dapat dilihat pada Lampiran A dimana data diperoleh dari *National Center for Biotechnology Information* (NCBI). Tabel 2.11 menyatakan tabel *Vigenere* yang telah dimodifikasi dengan kriptografi DNA.

Tabel 2.11 Tabel DNA-*Vigenere*
(Sumber: Najaftorkaman dan Kazazi, 2015)

		<i>Plain text</i>			
		A	T	C	G
<i>Key</i>	A	A	T	C	G
	T	T	C	G	A
	C	G	C	A	T
	G	G	A	T	C

Berikut adalah contoh enkripsi dan dekripsi menggunakan modifikasi *Vigenere Cipher* dengan kriptografi DNA.

a. Contoh Enkripsi

Plain text : CGAT

Key : GAAT

Cipher text : TGAC

b. Contoh Dekripsi

Cipher text : TGAC

Key : GAAT

Plain text : CGAT

2.7 Analisis Keamanan

Dalam proses perlindungan data pada sebuah gambar, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis keamanan dari suatu algoritma yang digunakan. Berikut ini merupakan beberapa analisis keamanan yang ada.

2.7.1 Analisis Histogram Derajat Keabuan

Histogram dapat mencerminkan informasi dari penyebaran nilai *pixel* pada sebuah citra. Histogram dari sebuah *cipher image* haruslah tersebar secara merata agar aman dari serangan statistik, dan jika tidak maka nantinya histogram akan memberikan informasi yang dapat digunakan untuk mendeduksi *plain image* (Behnia S. dkk., 2007).

2.7.2 Analisis Diferensial

Untuk menentukan perbedaan dari dua buah citra, maka dapat ditentukan dengan menghitung nilai dari *number of pixels change rate (NPCR)*.

$$NPCR = \frac{\sum_{i,j,k} D(i,j,k)}{W \times H \times d} \times 100\% \quad (2.6)$$

dimana W melambangkan lebar citra, H melambangkan tinggi citra, dan d adalah dimensi dari citra. $D(i, j, k)$ ditentukan sebagai berikut.

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

dimana $C(i, j, k)$ dan $C'(i, j, k)$ menunjukkan nilai derajat keabuan dari baris i , kolom j , dan kanal k dari citra C dan C' (Akhavan A. dkk., 2011).

2.7.3 Analisis Sensitivitas Kunci

Sensitivitas kunci dari suatu algoritma menurut Song dan Qiao (2015) diuji dengan dasar berikut: (i) ketika kunci yang sedikit berbeda digunakan untuk mengenkripsi citra, maka akan diperoleh *cipher image* yang sangat berbeda; (ii) *plain image* tidak dapat diperoleh jika ada perbedaan kunci antara proses enkripsi dan dekripsi. Pengukuran perbedaan citra diukur menggunakan persamaan (2.6)

2.7.4 Analisis Panjang Kunci

Masalah yang terdapat pada enkripsi berbasis *Vigenere Cipher* ialah perulangan dari kuncinya apabila kuncinya pendek. Jika panjang kunci dari *Vigenere Cipher* diketahui, maka seluruh *cipher text* akan dapat dipecahkan karena panjang dari setiap bagian diketahui dan setelah itu setiap bagian akan digunakan untuk memperoleh *plain text* dengan menggunakan pendekatan frekuensi analisis. Tes *Friedman* digunakan untuk menentukan panjang kunci. Persamaannya adalah sebagai berikut.

$$Key\ length = \frac{K_p - K_r}{K_0 - K_r} \quad (2.7)$$

dimana

K_p = Peluang dua buah *cipher text* yang dipilih adalah sama. Dalam bahasa Inggris, nilainya adalah 0,067

K_r = Peluang dari terambilnya dua buah huruf yang sama dari alfabet. Di dalam kriptografi DNA, terdapat empat huruf yakni A, C, T, dan G. Sehingga nilainya adalah 0.25

K_0 = Tingkat kebetulan yang dirumuskan dengan :

$$IC = \frac{\sum_{i=1}^c (f_i \times f_{i-1})}{N(N-1)} \quad (2.8)$$

dimana c adalah banyaknya alfabet, N adalah panjang *cipher text*, dan f_i adalah frekuensi kemunculan alfabet (Najaftorkaman dan Kazazi, 2015).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Data yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah citra RGB yang berlaku sebagai *plain image*. Gambar 3.1 merupakan citra RGB yang digunakan sebagai *plain image*. Citra berdimensi 135x198 *pixels*.



Gambar 3.1 Onion.png
(Sumber : MATLAB *library*)

3.2 Langkah-langkah Penelitian

Secara sistematis, langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Studi Literatur

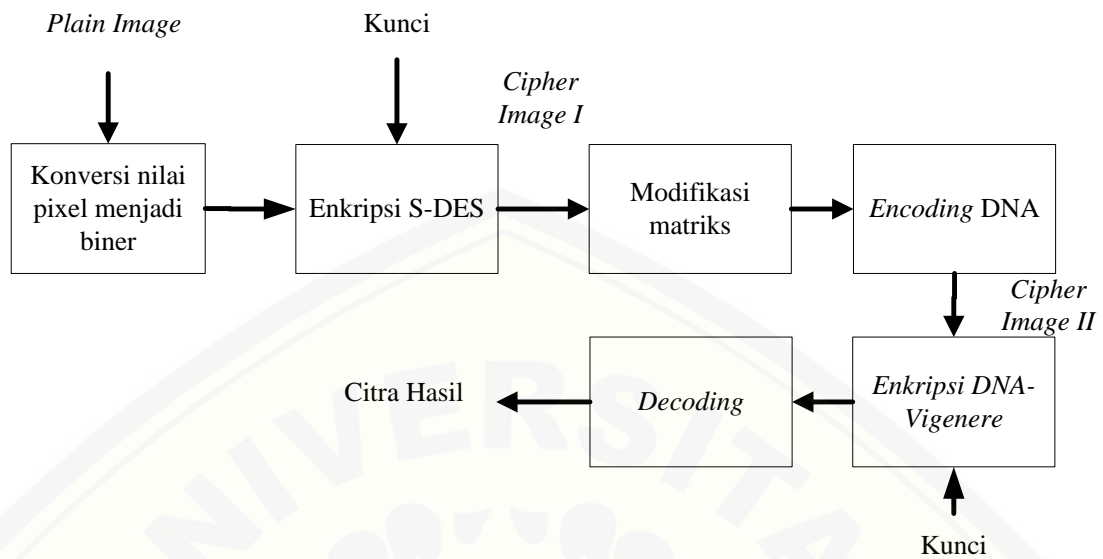
Pada tahap ini dilakukan pemahaman mengenai teori-teori terkait dengan penelitian yang dilakukan. Teori-teori tersebut adalah definisi citra RGB, algoritma S-DES, dan algoritma modifikasi *Vigenere Cipher* dengan kriptografi DNA.

b. Analisa Data

Langkah-langkah berikut ini akan diterapkan pada seluruh kanal dari citra RGB yang menjadi *plain image*.

1. Proses Enkripsi

Proses Enkripsi dilakukan seperti pada Gambar 3.2. Proses tersebut akan diuraikan sebagai berikut.



Gambar 3.2 Proses enkripsi

- a) Konversi nilai *pixel* menjadi bilangan biner
 Nilai-nilai *pixel* pada *plain image* akan diubah menjadi bilangan biner.
- b) Enkripsi dengan algoritma S-DES
 Nilai derajat keabuan pada setiap *pixel* akan dienkripsi dengan algoritma S-DES (seperti penjelasan pada subsubbab 2.4.2 halaman 11). Dengan menggunakan sebuah kunci yang akan diinputkan oleh pengguna. Hasil dari proses ini akan menghasilkan *cipher image I*.
- c) Modifikasi *cipher image I*.
 Modifikasi derajat keabuan dilakukan sebagai berikut :
 - 1) Pada kanal *Red*, nilai derajat keabuan pada setiap pixel akan ditambah 1.
 - 2) Pada kanal *Green*, nilai derajat keabuan pada setiap pixel akan ditambah 2.
 - 3) Pada kanal *Blue*, nilai derajat keabuan pada setiap pixel akan ditambah 3.

Jika hasil penjumlahan melebihi batas maximum derajat keabuan (2^8-1 untuk kedalaman 8-bit), maka akan dilakukan pengurangan sebesar (2^8). Contoh :

Nilai derajat keabuan pada *pixel* pertama di kanal *Green* adalah 255, ketika dimodifikasi maka $255+2 = 257 > 2^8-1$, sehingga $257 - (2^8) = 257 - 256 = 1$.

- d) Pengkodean nilai *cipher image* I menjadi basa nitrogen DNA
Nilai *cipher image* I yang telah dimodifikasi masih berupa bilangan biner. Untuk itu akan dikodekan menjadi basa nitrogen dengan menggunakan Tabel 2.10.
- e) Enkripsi menggunakan modifikasi *Vigenere Cipher* dengan kriptografi DNA
Dibutuhkan sebuah kunci yang berupa rangkaian basa nitrogen DNA yang akan diinputkan oleh pengguna. *Cipher image* I yang telah dikonversi menjadi basa nitrogen akan dioperasikan dengan *key* berdasarkan Tabel 2.11. Hasil dari operasi ini akan menghasilkan *cipher image* II.
- f) Pengkodean kembali nilai *cipher image* II menjadi bilangan desimal
Cipher image II akan dikodekan kembali menjadi bilangan biner berdasarkan Tabel 2.10. Setelah itu, bilangan biner akan dikonversi menjadi bilangan desimal yang akan menjadi hasil akhir dari proses enkripsi.

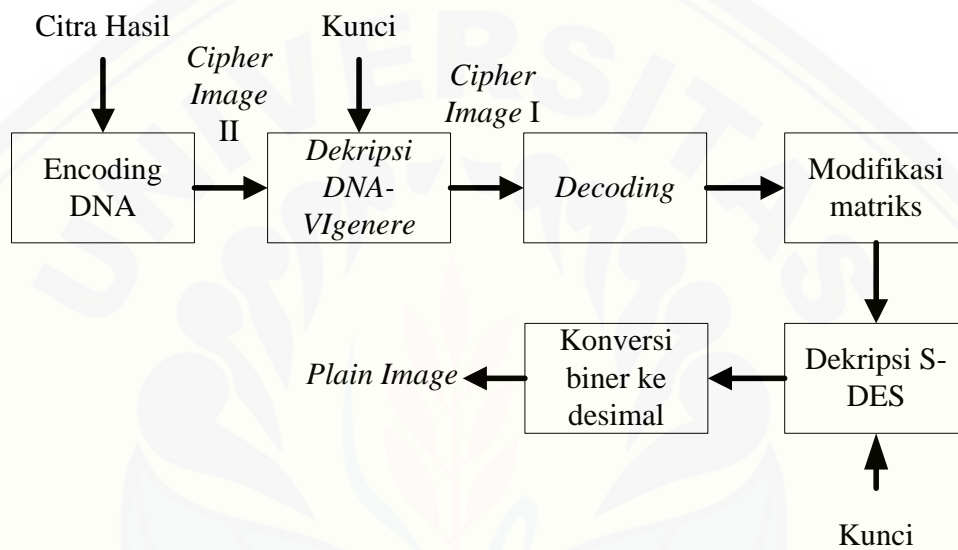
2. Proses Dekripsi

Proses dekripsi dilakukan seperti pada Gambar 3.3.

- a) Pengkodean nilai *cipher image* II menjadi basa nitrogen DNA
Cipher image II yang berupa bilangan desimal akan dikonversikan menjadi bilangan biner kemudian dikodekan menjadi basa nitrogen DNA berdasarkan Tabel 2.10.
- b) Dekripsi menggunakan modifikasi *Vigenere Cipher* dengan kriptografi DNA

Cipher image II yang telah dikodekan, bersamaan dengan kunci yang berupa basa nitrogen DNA akan dioperasikan berdasarkan Tabel 2.11 sehingga menghasilkan *cipher image* I.

- c) Pengkodean kembali *cipher image* I menjadi bilangan biner
Berdasarkan Tabel 2.10, *cipher image* I dikodekan kembali menjadi bilangan biner.



Gambar 3.3 Proses dekripsi

- d) Modifikasi *cipher image* I
Untuk proses dekripsi, pemodifikasian derajat keabuan akan dilakukan sebagai berikut :

- 1) Pada kanal *Red*, nilai derajat keabuan pada setiap pixel akan dikurangi 1.
- 2) Pada kanal *Green*, nilai derajat keabuan pada setiap pixel akan dikurangi 2.
- 3) Pada kanal *Blue*, nilai derajat keabuan pada setiap pixel akan dikurangi 3.

Jika nilai derajat keabuan hasil modifikasi < 0 , maka akan ditambahkan nilai sebesar (2^8) . Contoh :

Nilai derajat keabuan pada *pixel* pertama di kanal *Blue* adalah 1., ketika dimodifikasi maka $1 - 3 = -2 < 0$, sehingga

$$-2 + (2^8) = -2 + 256 = 254.$$

- e) Dekripsi dengan algoritma S-DES

Cipher image I akan didekripsi dengan algoritma S-DES menggunakan persamaan (2.4). Hasil dari dekripsi ini akan menghasilkan *plain image* yang berupa bilangan biner.

- f) Konversi *plain image* menjadi bilangan desimal

Plain image akan dikonversi dari bilangan biner menjadi bilangan desimal dan hasilnya akan menjadi nilai *pixel* dari citra RGB.

- c. Perancangan Program

Pada langkah ini dilakukan perancangan desain GUI (*Guide User Interface*) dengan menggunakan software MATLAB seperti tata-letak tombol-tombol serta pengaturan warna dan latar belakang agar tampilan menjadi menarik.

- d. Pembuatan Program

Pembuatan program menggunakan konsep matriks sebagai pembangkit citra pada MATLAB, melakukan proses enkripsi dengan algoritma S-DES untuk setiap *pixel* kemudian dilanjutkan dengan memodifikasi hasil dari enkripsi S-DES sebelum dilanjutkan proses enkripsi dengan DNA-*Vigenere Cipher*.

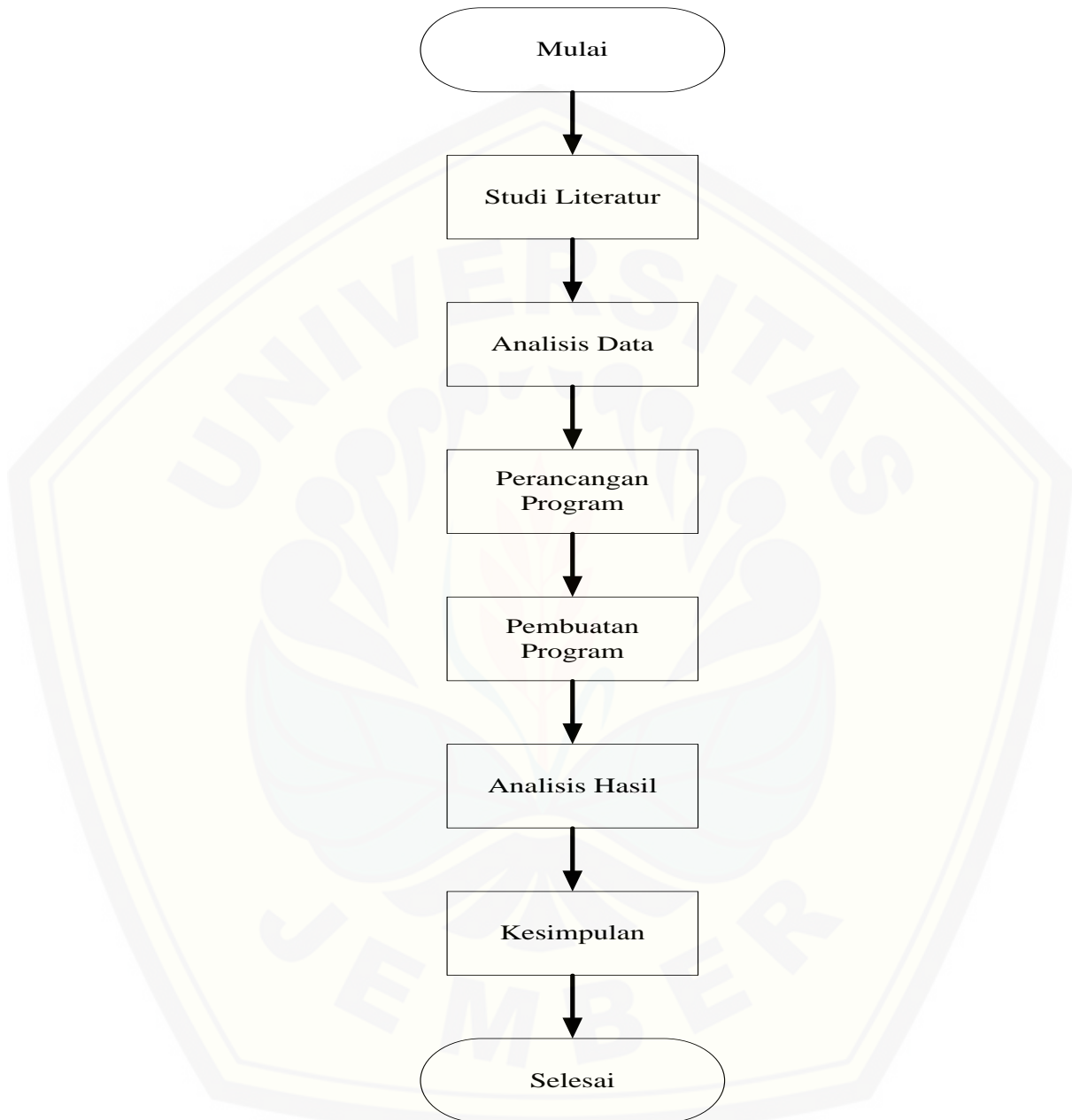
- e. Analisis Hasil

Menguji jalannya program yang telah dibuat untuk menentukan apakah setiap proses telah berjalan dengan baik sesuai dengan hasil yang diinginkan atau tidak.

- f. Kesimpulan

Mengambil kesimpulan dari penelitian yang dilakukan, yaitu menganalisis proses enkripsi dan dekripsi dalam mengubah *plain image* menjadi *cipher image* dan sebaliknya menggunakan metode yang diajukan.

Flowchart dari langkah-langkah penelitian yang dilakukan dapat diamati pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Flowchart* penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- a. Proses enkripsi citra RGB dapat dilakukan dengan melakukan proses enkripsi algoritma S-DES, penambahan nilai derajat keabuan, setelah itu dilanjutkan dengan algoritma DNA-*Vigenere Cipher*. Proses enkripsi dapat memberikan keamanan bagi citra yang dienkripsi karena *cipher image* yang dihasilkan sangatlah berbeda dengan *plain image* nya.
- b. Proses dekripsi dapat dilakukan dengan melakukan proses dekripsi algoritma DNA-*Vigenere Cipher*, pengurangan nilai derajat keabuan, kemudian mendekripsi dengan algoritma S-DES. Proses dekripsi mampu mengembalikan *cipher image* menjadi *plain image*.
- c. Berdasarkan analisis keamanan, algoritma yang diajukan aman untuk proses perlindungan citra RGB karena memiliki kunci yang sensitif dan *cipher image* yang dihasilkan memiliki histogram yang merata sehingga sulit diserang menggunakan frekuensi analisis.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yakni :

- a. Menggabungkan proses enkripsi algoritma S-DES dan DNA-*Vigenere Cipher* sehingga tidak perlu dua kali proses enkripsi untuk memperpendek waktu berjalannya proses enkripsi maupun dekripsi.
- b. Menerapkan kriptografi DNA pada algoritma enkripsi modern yang lainnya seperti DES, AES, dsb.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhavan, 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.
- Behnia, S., A. Akhsani, S. Ahadpour, H. Mahmodi, dan A. Akhavan. 2007. A fast chaotic encryption scheme based on piecewise nonlinear chaotic maps. *Physics Letters A* 366(4-5): 391-396.
- Dulimarta, H.S. 1997. *Diktat Kuliah Pengolahan Citra*. Bandung : Jurusan Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung.
- Gonzalez, R.C. 1977. *Digital Image Processing*. USA : Addison-Wesley Publishing.
- Heider D., dan A. Barnekow. 2007. *DNA-based watermarks using the DNA-Crypt algorithm*. UK : BMC Bioinformatics.
- Kumar, S., dan S. Srivastava. 2014. Image Encryption using Simplified Data Encryption Standard (S-DES). *International Journal of Computer Application* 104(2).
- Munir, R. 2006. *Diktat Kuliah IF5054 Kriptografi*. Jakarta : Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika.
- Murni, A. 1992. *Pengantar Pengolahan Citra*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo.
- 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.

Sharma, I. R., dan V. Gupta. 2013. Comparative Analysis of DES and S-DES Encryption Algorithm Using Verilog Coding. *International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering* 1(9).

Song, C., dan Y. Qiao. 2015. A Novel Image Encryption Algorithm Based on DNA Encoding and Spatiotemporal Chaos. www.mdpi.com/journal/entropy. [Diakses pada 1 Oktober 2016].



LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Kunci 2

AJ305306.1 Influenza A virus (A/chicken/Italy/8/98(H5N2)) H5 gene for hemagglutinin precursor, genomic RNA

AGCAAAGCAGGGGTCTAATCTGTCAAATGGAGAAAATAGTGCTTCT
TCTTGCAATAGTTAGTCTTGTTAAAAGTGACCAGATTTGCATCGGTAC
CATGCAAACAACCTCGACAGAGCAGGTTGACACAATAATGGAAAAGAA
TGTTACTGTAACACATGCCCAAGACATACTGGAAAAGACACACAATGG
GAAGCTCTGCAGTCTAAATGGAGTGAAACCCCTCATTTTGAGGGATTG
TAGTGTAGCTGGATGGCTCCTTGGAATCCCATGTGTGACGAATTCCT
CAATGTGCCGAATGGTCTTACATAGTGGAGAAGGACAACCCAGTCA
ATGGCCTCTGCTACCCGGGGGATTTCAACGACTATGAAGAACTGAAAC
ACCTATTGAGCAGCACAAACCATTTAGAGAAAATTCAAATCATTCTTA
GGAGTTCTTGGTCCAATCATGATGCCTCATCAGGGGTGAGCTCCGCAT
GTCCATACATTGGGAGGTCTCTCTTTTTTCAGAAATGTGGTATGGCTTAT
CAAAAAGAACAATGCATACCCAACAATAAAGAGGAGTTACAATAATA
CCAACCAAGAAGATCTTTTGGTACTGTGGGGGATTCACCATCCTAATG
ATGCAGCAGAGCAGACAAAGCTTTATCAAACCCAACCACTTACGTTT
CTGTTGGAACATCAACACTGAACCAGAGATCGGTCCCAGAAATAGCTA
CTAGGCCTAAGGTAAACGGGCAAAGTGGAAGAATGGAGTTCTTCTGG
ACAATTTTAAAACCGAATGATGTCATCAATTTTCGAGAGTAATGGAAAT
TTTATTGCTCCAGAATATGCATACAAAATTGTCAAGAAGGGGGACTCA
GCAATCATGAAAAGTGGATTGGAATATGGTAACTGCAACACCAAGTGT
CAAACCTCAATGGGTGCAATAAATTCTAGCATGCCATTCCACAACATA
CACCCCTCTCACCATTGGGGAATGCCCCAGATACGTGAAATCAGATAGA
TTAGTCCTTGCGACTGGACTCAGGAATGTCCCTCAAAGAAGAAGAAAA
AAAAGAGGACTATTTGGGGCTATAGCAGGCTTTATAGAGGGAGGATG
GCAAGGAATGGTAGACGGTTGGTATGGGTACCACCATAGCAACGAAC
AGGGGAGTGGATACGCTGCAGACAAAGAGTCCACTCAAAGGCAATA
GATGGAATCACTAATAAGGTCAACTCAATCATTGACAAAATGAACACT
CAATTTGAGGCCGTTGGGAAGGAGTTTAATAACTTGGAAAGGAGAAT
AGAGAATTTGAACAAGAAGATGGAAGACGGATTTCTAGATGTCTGGA
CTTATAATGCTGAACTTCTGGTTCTCATGGAAAATGAGAGAACTCTAG
ACTTCCATGACTCAAATGTCAAGAACCTTTATGACAAGGTTTCGACTAC
AGCTTAGGGATAATGCAAAGGAACTGGGTAATGGTTGTTTCGAGTTCT
ATCACAAATGTGATAATGAATGTATGGAAAGTGTAAGAAACGGAACG
TATGACTACCCGCAGTATTCAGAAGAAGCAAGATTAACAGAGAGGA
AATAAGTGGAGTAAAATTGGAATCGATGGGAACTTACCAAATACTGTC
AATTTATTCAACAGTGGCGAGTCCCTAGCACTGGCAATCATGGTAGC
TGGTCTATCTTTCTGGATGTGTTCCAATGGATCATTGCAGTGCAGAATT
TGCATTTAAA (Sumber : Database NCBI).

LAMPIRAN B. Matriks derajat keabuan dari Gambar 4.1(a)

Ukuran matriks : 135x198

Kanal Red

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	63	67	65	68	66	64	63	66	68	68	64	61	...	71
2	61	61	64	66	67	67	66	66	64	63	60	60	...	78
3	61	61	64	65	66	65	65	67	65	62	60	59	...	77
4	65	63	64	65	65	63	66	64	61	62	62	62	...	75
5	62	60	60	65	66	64	64	64	63	62	66	67	...	77
6	66	64	63	64	67	67	68	65	62	66	66	59	...	77
7	62	64	64	67	66	63	64	65	62	66	67	63	...	79
8	65	60	61	66	66	61	63	66	65	65	71	69	...	81
9	62	61	61	62	65	65	64	66	67	65	67	67	...	82
10	61	65	62	63	66	68	68	68	67	67	64	64	...	78
11	68	70	64	66	68	67	65	63	64	64	67	67	...	72
12	67	68	66	70	69	65	65	66	66	68	66	66	...	69
13	62	65	68	65	65	65	68	67	65	67	69	70	...	68
14	66	67	69	64	61	63	66	63	64	66	67	65	...	67
15	65	69	64	58	59	66	65	64	65	66	68	66	...	66
16	69	67	62	59	60	67	69	69	64	65	70	68	...	63
17	70	67	67	66	64	64	66	66	62	66	67	66	...	54
18	63	67	67	70	68	66	67	67	67	66	64	67	...	52
19	65	67	68	66	66	69	68	67	67	66	67	66	...	56
20	70	67	68	66	65	65	66	67	68	70	68	66	...	62
21	70	68	66	68	66	61	63	67	71	71	69	69	...	81
22	69	69	69	65	63	61	65	65	69	72	70	70	...	120
23	68	69	69	67	64	67	68	67	67	68	66	66	...	133
24	68	70	70	66	63	66	71	69	67	63	65	67	...	132
25	69	71	67	67	67	65	64	64	66	66	68	68	...	132
26	68	69	65	66	67	64	65	66	64	64	66	65	...	128
27	72	68	63	66	69	68	70	68	66	65	65	65	...	131
28	75	68	64	67	69	66	70	70	70	69	69	68	...	139
29	76	72	69	70	70	69	69	68	70	69	67	63	...	135
30	66	69	65	67	67	66	66	67	65	67	64	61	...	130
31	72	67	65	66	69	69	69	70	68	67	63	62	...	125
32	71	70	68	72	73	70	69	69	68	63	62	63	...	126
33	66	66	66	73	76	70	68	69	66	63	63	66	...	133
34	66	66	66	70	73	73	73	66	64	64	63	68	...	136
35	64	62	64	70	73	76	74	70	68	70	78	94	...	139
36	67	66	65	66	67	70	69	72	78	86	100	105	...	143
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	255	255	253	251	247	244	241	237	245	255	255	255	...	255

Ukuran matriks : 135x198

Kanal Green

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	35	35	32	35	36	37	36	35	34	34	31	31	...	44
2	37	35	34	35	35	38	37	35	34	34	32	31	...	46
3	36	36	37	35	35	36	37	36	34	35	35	32	...	45
4	35	36	37	35	35	34	36	37	36	35	36	35	...	47
5	35	36	36	36	34	36	37	38	37	36	35	33	...	48
6	35	35	35	34	35	36	35	36	38	34	34	35	...	45
7	36	34	33	33	34	36	36	37	39	37	35	34	...	47
8	37	36	35	34	36	37	38	37	35	36	36	37	...	48
9	36	33	34	36	37	35	35	35	35	35	36	38	...	46
10	36	35	33	35	35	33	35	36	36	36	33	37	...	45
11	36	37	36	37	37	37	37	38	38	35	34	35	...	41
12	37	39	38	35	36	38	37	36	36	36	36	36	...	43
13	38	38	40	38	38	36	34	37	38	36	36	36	...	41
14	37	37	36	36	35	36	35	36	38	38	36	36	...	39
15	38	39	34	36	37	38	38	37	37	38	38	36	...	40
16	38	36	36	37	37	37	38	38	38	37	38	38	...	38
17	37	37	38	35	35	36	37	39	39	37	35	37	...	34
18	38	39	38	37	36	37	38	38	41	41	39	39	...	34
19	38	38	39	36	35	38	39	39	39	41	42	40	...	35
20	38	39	38	35	35	36	36	38	38	39	38	37	...	37
21	39	38	35	35	37	37	36	37	39	39	40	38	...	64
22	36	37	36	37	39	38	36	36	37	37	39	37	...	114
23	38	37	37	37	36	38	39	39	38	36	36	37	...	125
24	40	38	38	38	36	37	38	36	35	36	36	36	...	125
25	39	39	39	39	38	36	36	35	37	38	36	36	...	125
26	36	39	39	37	38	37	39	39	38	38	38	37	...	128
27	36	38	37	36	37	38	38	37	36	36	36	37	...	131
28	38	39	38	39	39	38	38	38	38	37	36	35	...	132
29	38	39	37	39	39	35	37	38	40	38	36	36	...	135
30	37	40	39	38	39	38	39	39	37	38	36	36	...	125
31	39	39	40	38	40	40	40	39	38	39	38	37	...	120
32	40	41	41	40	39	39	40	39	39	37	34	34	...	124
33	37	37	40	42	42	39	40	39	36	36	35	35	...	128
34	37	35	38	41	42	39	39	38	37	36	39	49	...	131
35	35	37	39	39	40	44	42	39	41	49	66	90	...	135
36	34	36	38	38	39	42	42	46	63	85	104	111	...	135
37	39	37	37	38	38	41	55	76	92	102	109	106	...	136
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	120	119	115	109	106	103	101	99	108	121	126	126	...	167

LAMPIRAN C. Matriks derajat keabuan hasil operasi S-DES

Ukuran matriks : 135x198

Kanal Red

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	182	225	86	110	70	11	182	70	110	110	11	10	...	68
2	10	10	11	70	225	225	70	70	11	182	223	223	...	17
3	10	10	11	86	70	86	86	225	86	16	223	243	...	253
4	86	182	11	86	86	182	70	11	10	16	16	16	...	27
5	16	223	223	86	70	11	11	11	182	16	70	225	...	253
6	70	11	182	11	225	225	110	86	16	70	70	243	...	253
7	16	11	11	225	70	182	11	86	16	70	225	182	...	90
8	86	223	10	70	70	10	182	70	86	86	68	19	...	24
9	16	10	10	16	86	86	11	70	225	86	225	225	...	67
10	10	86	16	182	70	110	110	110	225	225	11	11	...	17
11	110	3	11	70	110	225	86	182	11	11	225	225	...	69
12	225	110	70	3	19	86	86	70	70	110	70	70	...	19
13	16	86	110	86	86	86	110	225	86	225	19	3	...	110
14	70	225	19	11	10	182	70	182	11	70	225	86	...	225
15	86	19	11	81	243	70	86	11	86	70	110	70	...	70
16	19	225	16	243	223	225	19	19	11	86	3	110	...	182
17	3	225	225	70	11	11	70	70	16	70	225	70	...	62
18	182	225	225	3	110	70	225	225	225	70	11	225	...	241
19	86	225	110	70	70	19	110	225	225	70	225	70	...	158
20	3	225	110	70	86	86	70	225	110	3	110	70	...	16
21	3	110	70	110	70	10	182	225	68	68	19	19	...	24
22	19	19	19	86	182	10	86	86	19	69	3	3	...	14
23	110	19	19	225	11	225	110	225	225	110	70	70	...	97
24	110	3	3	70	182	70	68	19	225	182	86	225	...	92
25	19	68	225	225	225	86	11	11	70	70	110	110	...	92
26	110	19	86	70	225	11	86	70	11	11	70	86	...	217
27	69	110	182	70	19	110	3	110	70	86	86	86	...	147
28	27	110	11	225	19	70	3	3	3	19	19	110	...	41
29	224	69	19	3	3	19	19	110	3	19	225	182	...	214
30	70	19	86	225	225	70	70	225	86	225	11	10	...	112
31	69	225	86	70	19	19	19	3	110	225	182	16	...	154
32	68	3	110	69	120	3	19	19	110	182	16	182	...	32
33	70	70	70	120	224	3	110	19	70	182	182	70	...	97
34	70	70	70	3	120	120	120	70	11	11	182	110	...	55
35	11	16	11	3	120	224	80	3	110	3	17	200	...	41
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	38	38	56	129	29	195	22	51	83	38	38	38	...	38

Ukuran matriks : 135x198

Kanal Green

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	93	93	23	93	82	15	82	93	126	126	26	26	...	124
2	15	93	126	93	93	63	15	93	126	126	23	26	...	45
3	82	82	15	93	93	82	15	82	126	93	93	23	...	65
4	93	82	15	93	93	126	82	15	82	93	82	93	...	98
5	93	82	82	82	126	82	15	63	15	82	93	106	...	176
6	93	93	93	126	93	82	93	82	63	126	126	93	...	65
7	82	126	106	106	126	82	82	15	216	15	93	126	...	98
8	15	82	93	126	82	15	63	15	93	82	82	15	...	176
9	82	106	126	82	15	93	93	93	93	93	82	63	...	45
10	82	93	106	93	93	106	93	82	82	82	106	15	...	65
11	82	15	82	15	15	15	15	63	63	93	126	93	...	228
12	15	216	63	93	82	63	15	82	82	82	82	82	...	39
13	63	63	249	63	63	82	126	15	63	82	82	82	...	228
14	15	15	82	82	93	82	93	82	63	63	82	82	...	216
15	63	216	126	82	15	63	63	15	15	63	63	82	...	249
16	63	82	82	15	15	15	63	63	63	15	63	63	...	63
17	15	15	63	93	93	82	15	216	216	15	93	15	...	126
18	63	216	63	15	82	15	63	63	228	228	216	216	...	126
19	63	63	216	82	93	63	216	216	216	228	136	249	...	93
20	63	216	63	93	93	82	82	63	63	216	63	15	...	15
21	216	63	93	93	15	15	82	15	216	216	249	63	...	11
22	82	15	82	15	216	63	82	82	15	15	216	15	...	203
23	63	15	15	15	82	63	216	216	63	82	82	15	...	154
24	249	63	63	63	82	15	63	82	93	82	82	82	...	154
25	216	216	216	216	63	82	82	93	15	63	82	82	...	154
26	82	216	216	15	63	15	216	216	63	63	63	15	...	217
27	82	63	15	82	15	63	63	15	82	82	82	15	...	147
28	63	216	63	216	216	63	63	63	63	15	82	93	...	92
29	63	216	15	216	216	93	15	63	249	63	82	82	...	214
30	15	249	216	63	216	63	216	216	15	63	82	82	...	154
31	216	216	249	63	249	249	249	216	63	216	63	15	...	14
32	249	228	228	249	216	216	249	216	216	15	126	126	...	107
33	15	15	249	136	136	216	249	216	82	82	93	93	...	217
34	15	93	63	228	136	216	216	63	15	82	216	132	...	147
35	93	15	216	216	249	124	136	216	228	132	70	109	...	214
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	14	123	58	149	252	172	187	9	8	219	32	32	...	122

Ukuran matriks : 135x198

Kanal Blue

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	11	70	11	70	225	19	110	86	11	70	182	10	...	3
2	70	11	11	70	225	70	70	86	182	243	10	223	...	253
3	10	223	11	86	86	182	70	225	11	223	16	10	...	80
4	182	182	16	86	70	11	11	86	86	182	182	182	...	120
5	11	86	70	110	110	86	86	86	70	70	182	16	...	27
6	86	16	86	225	110	70	86	11	86	225	11	16	...	224
7	11	16	86	110	70	86	182	70	86	16	86	86	...	253
8	110	70	86	19	86	11	86	70	86	70	19	19	...	80
9	70	86	86	70	11	225	86	11	11	86	70	110	...	69
10	182	225	70	86	70	11	10	70	225	86	11	3	...	68
11	70	225	70	70	86	11	86	225	225	86	19	120	...	110
12	70	86	86	3	68	225	225	110	19	110	110	3	...	19
13	182	11	70	225	110	86	11	70	70	11	70	19	...	70
14	10	16	3	68	110	86	70	86	11	11	86	225	...	182
15	110	110	225	86	86	70	70	86	86	70	19	225	...	182
16	19	225	70	86	11	86	225	11	86	225	19	225	...	16
17	19	225	70	70	70	86	86	225	70	110	70	225	...	207
18	70	110	70	225	19	68	19	19	68	19	70	19	...	127
19	11	16	110	68	68	19	19	69	3	86	86	110	...	241
20	68	110	110	3	19	70	110	19	19	68	19	225	...	62
21	19	19	70	70	70	86	110	110	19	110	86	70	...	228
22	225	225	110	110	110	225	19	225	225	110	225	225	...	15
23	110	70	225	225	70	225	225	19	225	86	225	19	...	146
24	225	11	70	19	110	110	70	225	70	16	223	11	...	175
25	3	110	86	110	19	225	86	70	110	110	225	70	...	135
26	70	19	225	11	86	86	225	19	70	10	86	11	...	50
27	19	110	110	110	19	70	11	11	86	86	225	110	...	91
28	68	19	86	110	3	70	86	110	3	110	225	110	...	96
29	19	110	182	86	70	70	110	3	68	70	10	11	...	96
30	182	86	86	19	86	86	225	70	11	225	70	86	...	169
31	86	225	70	19	225	110	3	110	70	110	182	243	...	151
32	70	110	225	3	3	110	3	225	11	223	10	16	...	197
33	225	70	225	19	3	110	70	86	182	182	11	70	...	12
34	182	70	110	3	19	225	3	225	3	70	16	132	...	116
35	16	11	70	225	3	120	80	120	19	62	93	91	...	197
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	...	191

LAMPIRAN D. Matriks derajat keabuan hasil modifikasi

Ukuran matriks : 135x198

Kanal Red

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	183	226	87	111	71	12	183	71	111	111	12	11	...	69
2	11	11	12	71	226	226	71	71	12	183	224	224	...	18
3	11	11	12	87	71	87	87	226	87	17	224	244	...	254
4	87	183	12	87	87	183	71	12	11	17	17	17	...	28
5	17	224	224	87	71	12	12	12	183	17	71	226	...	254
6	71	12	183	12	226	226	111	87	17	71	71	244	...	254
7	17	12	12	226	71	183	12	87	17	71	226	183	...	91
8	87	224	11	71	71	11	183	71	87	87	69	20	...	25
9	17	11	11	17	87	87	12	71	226	87	226	226	...	68
10	11	87	17	183	71	111	111	111	226	226	12	12	...	18
11	111	4	12	71	111	226	87	183	12	12	226	226	...	70
12	226	111	71	4	20	87	87	71	71	111	71	71	...	20
13	17	87	111	87	87	87	111	226	87	226	20	4	...	111
14	71	226	20	12	11	183	71	183	12	71	226	87	...	226
15	87	20	12	82	244	71	87	12	87	71	111	71	...	71
16	20	226	17	244	224	226	20	20	12	87	4	111	...	183
17	4	226	226	71	12	12	71	71	17	71	226	71	...	63
18	183	226	226	4	111	71	226	226	226	71	12	226	...	242
19	87	226	111	71	71	20	111	226	226	71	226	71	...	159
20	4	226	111	71	87	87	71	226	111	4	111	71	...	17
21	4	111	71	111	71	11	183	226	69	69	20	20	...	25
22	20	20	20	87	183	11	87	87	20	70	4	4	...	15
23	111	20	20	226	12	226	111	226	226	111	71	71	...	98
24	111	4	4	71	183	71	69	20	226	183	87	226	...	93
25	20	69	226	226	226	87	12	12	71	71	111	111	...	93
26	111	20	87	71	226	12	87	71	12	12	71	87	...	218
27	70	111	183	71	20	111	4	111	71	87	87	87	...	148
28	28	111	12	226	20	71	4	4	4	20	20	111	...	42
29	225	70	20	4	4	20	20	111	4	20	226	183	...	215
30	71	20	87	226	226	71	71	226	87	226	12	11	...	113
31	70	226	87	71	20	20	20	4	111	226	183	17	...	155
32	69	4	111	70	121	4	20	20	111	183	17	183	...	33
33	71	71	71	121	225	4	111	20	71	183	183	71	...	98
34	71	71	71	4	121	121	121	71	12	12	183	111	...	56
35	12	17	12	4	121	225	81	4	111	4	18	201	...	42
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	39	39	57	130	30	196	23	52	84	39	39	39	...	39

Ukuran matriks : 135x198

Kanal Green

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	95	95	25	95	84	17	84	95	128	128	28	28	...	126
2	17	95	128	95	95	65	17	95	128	128	25	28	...	47
3	84	84	17	95	95	84	17	84	128	95	95	25	...	67
4	95	84	17	95	95	128	84	17	84	95	84	95	...	100
5	95	84	84	84	128	84	17	65	17	84	95	108	...	178
6	95	95	95	128	95	84	95	84	65	128	128	95	...	67
7	84	128	108	108	128	84	84	17	218	17	95	128	...	100
8	17	84	95	128	84	17	65	17	95	84	84	17	...	178
9	84	108	128	84	17	95	95	95	95	95	84	65	...	47
10	84	95	108	95	95	108	95	84	84	84	108	17	...	67
11	84	17	84	17	17	17	17	65	65	95	128	95	...	230
12	17	218	65	95	84	65	17	84	84	84	84	84	...	41
13	65	65	251	65	65	84	128	17	65	84	84	84	...	230
14	17	17	84	84	95	84	95	84	65	65	84	84	...	218
15	65	218	128	84	17	65	65	17	17	65	65	84	...	251
16	65	84	84	17	17	17	65	65	65	17	65	65	...	65
17	17	17	65	95	95	84	17	218	218	17	95	17	...	128
18	65	218	65	17	84	17	65	65	230	230	218	218	...	128
19	65	65	218	84	95	65	218	218	218	230	138	251	...	95
20	65	218	65	95	95	84	84	65	65	218	65	17	...	17
21	218	65	95	95	17	17	84	17	218	218	251	65	...	13
22	84	17	84	17	218	65	84	84	17	17	218	17	...	205
23	65	17	17	17	84	65	218	218	65	84	84	17	...	156
24	251	65	65	65	84	17	65	84	95	84	84	84	...	156
25	218	218	218	218	65	84	84	95	17	65	84	84	...	156
26	84	218	218	17	65	17	218	218	65	65	65	17	...	219
27	84	65	17	84	17	65	65	17	84	84	84	17	...	149
28	65	218	65	218	218	65	65	65	65	17	84	95	...	94
29	65	218	17	218	218	95	17	65	251	65	84	84	...	216
30	17	251	218	65	218	65	218	218	17	65	84	84	...	156
31	218	218	251	65	251	251	251	218	65	218	65	17	...	16
32	251	230	230	251	218	218	251	218	218	17	128	128	...	109
33	17	17	251	138	138	218	251	218	84	84	95	95	...	219
34	17	95	65	230	138	218	218	65	17	84	218	134	...	149
35	95	17	218	218	251	126	138	218	230	134	72	111	...	216
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	16	125	60	151	254	174	189	11	10	221	34	34	...	124

Ukuran matriks : 135x198

Kanal *Blue*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	14	73	14	73	228	22	113	89	14	73	185	13	...	6
2	73	14	14	73	228	73	73	89	185	246	13	226	...	0
3	13	226	14	89	89	185	73	228	14	226	19	13	...	83
4	185	185	19	89	73	14	14	89	89	185	185	185	...	123
5	14	89	73	113	113	89	89	89	73	73	185	19	...	30
6	89	19	89	228	113	73	89	14	89	228	14	19	...	227
7	14	19	89	113	73	89	185	73	89	19	89	89	...	0
8	113	73	89	22	89	14	89	73	89	73	22	22	...	83
9	73	89	89	73	14	228	89	14	14	89	73	113	...	72
10	185	228	73	89	73	14	13	73	228	89	14	6	...	71
11	73	228	73	73	89	14	89	228	228	89	22	123	...	113
12	73	89	89	6	71	228	228	113	22	113	113	6	...	22
13	185	14	73	228	113	89	14	73	73	14	73	22	...	73
14	13	19	6	71	113	89	73	89	14	14	89	228	...	185
15	113	113	228	89	89	73	73	89	89	73	22	228	...	185
16	22	228	73	89	14	89	228	14	89	228	22	228	...	19
17	22	228	73	73	73	89	89	228	73	113	73	228	...	210
18	73	113	73	228	22	71	22	22	71	22	73	22	...	130
19	14	19	113	71	71	22	22	72	6	89	89	113	...	244
20	71	113	113	6	22	73	113	22	22	71	22	228	...	65
21	22	22	73	73	73	89	113	113	22	113	89	73	...	231
22	228	228	113	113	113	228	22	228	228	113	228	228	...	18
23	113	73	228	228	73	228	228	22	228	89	228	22	...	149
24	228	14	73	22	113	113	73	228	73	19	226	14	...	178
25	6	113	89	113	22	228	89	73	113	113	228	73	...	138
26	73	22	228	14	89	89	228	22	73	13	89	14	...	53
27	22	113	113	113	22	73	14	14	89	89	228	113	...	94
28	71	22	89	113	6	73	89	113	6	113	228	113	...	99
29	22	113	185	89	73	73	113	6	71	73	13	14	...	99
30	185	89	89	22	89	89	228	73	14	228	73	89	...	172
31	89	228	73	22	228	113	6	113	73	113	185	246	...	154
32	73	113	228	6	6	113	6	228	14	226	13	19	...	200
33	228	73	228	22	6	113	73	89	185	185	14	73	...	15
34	185	73	113	6	22	228	6	228	6	73	19	135	...	119
35	19	14	73	228	6	123	83	123	22	65	96	94	...	200
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	...	194

LAMPIRAN E. Hasil pengkodean DNA

Ukuran matriks : 135x198

Kanal Red

	1	2	3	4	5	6	7	...	198
1	CTGT	TCAC	GGGT	GCTT	GAGT	AATA	CTGT	...	GAGG
2	AACT	AACT	AATA	GAGT	TCAC	TCAC	GAGT	...	AGAC
3	AACT	AACT	AATA	GGGT	GAGT	GGGT	GGGT	...	TTTC
4	GGGT	CTGT	AATA	GGGT	GGGT	CTGT	GAGT	...	AGTA
5	AGAG	TCAA	TCAA	GGGT	GAGT	AATA	AATA	...	TTTC
6	GAGT	AATA	CTGT	AATA	TCAC	TCAC	GCTT	...	TTTC
7	AGAG	AATA	AATA	TCAC	GAGT	CTGT	AATA	...	GGCT
8	GGGT	TCAA	AACT	GAGT	GAGT	AACT	CTGT	...	AGCG
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	ACGT	ACGT	ATCG	CAAC	AGTC	TAGA	AGGT	...	ACGT

Kanal Green

	1	2	3	4	5	6	7	...	198
1	GGTT	GGTT	AGCG	GGTT	GGGA	AGAG	GGGA	...	GTTC
2	AGAG	GGTT	CAAA	GGTT	GGTT	GAAG	AGAG	...	ACTT
3	GGGA	GGGA	AGAG	GGTT	GGTT	GGGA	AGAG	...	GAAT
4	GGTT	GGGA	AGAG	GGTT	GGTT	CAAA	GGGA	...	GCGA
5	GGTT	GGGA	GGGA	GGGA	CAAA	GGGA	AGAG	...	CTAC
6	GGTT	GGTT	GGTT	CAAA	GGTT	GGGA	GGTT	...	GAAT
7	GGGA	CAAA	GCTA	GCTA	CAAA	GGGA	GGGA	...	GCGA
8	AGAG	GGGA	GGTT	CAAA	GGGA	AGAG	GAAG	...	CTAC
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	AGAA	GTTG	ATTA	CGGT	TTTC	CCTC	CTTG	...	GTTA

Kanal Blue

	1	2	3	4	5	6	7	...	198
1	AATC	GACG	AATC	GACG	TCGA	AGGC	GTAG	...	AAGC
2	GACG	AATC	AATC	GACG	TCGA	GACG	GACG	...	AAAA
3	AATG	TCAC	AATC	GGCG	GGCG	CTCG	GACG	...	GGAT
4	CTCG	CTCG	AGAT	GGCG	GACG	AATC	AATC	...	GTCT
5	AATC	GGCG	GACG	GTAG	GTAG	GGCG	GGCG	...	AGTC
6	GGCG	AGAT	GGCG	TCGA	GTAG	GACG	GGCG	...	TCAT
7	AATC	AGAT	GGCG	GTAG	GACG	GGCG	CTCG	...	AAAA
8	GTAG	GACG	GGCG	AGGC	GGCG	AATC	GGCG	...	GGAT
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	TAAC	TAAC	TAAC	TAAC	TAAC	TAAC	TAAC	...	TAAC

LAMPIRAN F. Hasil enkripsi DNA-Vigenere Cipher

Ukuran matriks : 135x198

Kanal Red

	1	2	3	4	5	6	7	...	198
1	CATT	TCAT	TGCA	CTCC	AAGC	GTAT	ATGT	...	AGGA
2	GACC	TTAA	AGTG	AAGC	ATAC	TGTG	AAAC	...	GAGT
3	AGGT	AACC	TGAA	GATA	GTCA	CGGC	AAGC	...	TACG
4	AAGC	ATGT	AGCG	GGTC	GTAC	CCCC	ATTC	...	ACCT
5	TGGC	ACTA	TGGG	GGGA	CAGC	TGAG	TATT	...	AACA
6	TTTC	TTCT	GCGA	AATT	AGGT	CCTT	CACC	...	ATTG
7	ACAC	AACT	TGTA	CCAT	GACT	GACT	AGTG	...	GTAC
8	CCCA	ACTT	TGCT	TGGC	AAAA	AATT	CCAA	...	GTCG
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	GCGC	GAGC	ACAT	CAGC	AATC	TGGG	GGCC	...	TCCT

Kanal Green

	1	2	3	4	5	6	7	...	198
1	GCCT	GGTA	GGTC	CCCC	AGGT	GAGA	TGGA	...	ACTG
2	GGAA	AACA	CGAG	AGTC	CCTT	GTTA	TGTA	...	GGAA
3	GCAA	GGGT	TCGG	GACA	GAAA	CGGG	TAAT	...	GGGC
4	AATC	TGGA	ATGT	GGCC	GTCC	CGGT	AATT	...	GTTT
5	AGAA	CGAA	GACG	GGGG	TAAG	ACCG	TGAA	...	TATA
6	TACC	AACC	ATTA	CAAT	CAAA	AGAG	CTCC	...	CAAC
7	GCGG	CATT	ATTA	TCTG	CAGA	ACCA	GCGG	...	GATG
8	GCGC	CGAT	ATTT	AGAG	AGAG	AGGG	GGTC	...	TCAC
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	GGAT	CCTA	ACCG	CGTT	TCTC	CTTT	TTAA	...	ATAA

Kanal Blue

	1	2	3	4	5	6	7	...	198
1	AGCC	GACC	GAAT	CGGT	CCGT	GACG	TTAG	...	TGGG
2	TACA	TTCT	AGTT	AACA	ATGA	GTGA	AAGA	...	GTGG
3	AGCG	TCAG	TGAC	GAAC	GATC	TTCT	ATCT	...	GCGC
4	GCCA	ATCG	ATGC	GGAT	GGGA	AGAG	TTCG	...	GAAC
5	TAAT	CGGG	GTTT	GTAC	CTAT	ACTC	AGCA	...	GCCA
6	TAAT	TATC	ATCC	TCGT	CCGC	AAGC	CTGA	...	ACAC
7	AGTT	AGTC	ACCG	TTAC	GATG	ACTG	CACT	...	AGGG
8	CAGC	CAGA	ATCG	GCGA	AGGC	AAAC	GTGC	...	CTAT
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	CAAG	AGAG	TGGA	TAGC	TTAC	TGAT	AAGG	...	CAGC

LAMPIRAN G. Matriks derajat keabuan dari Gambar 4.1(b)

Ukuran matriks : 135x198

Kanal Red

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	143	227	216	186	6	115	55	120	127	107	113	242	...	20
2	74	240	29	6	50	221	2	146	64	166	3	192	...	71
3	23	10	208	76	120	150	6	162	30	69	223	225	...	201
4	6	55	25	94	114	170	62	121	74	5	51	225	...	43
5	214	44	213	84	134	209	207	91	226	98	62	214	...	8
6	254	251	100	15	23	175	138	79	17	134	64	176	...	61
7	34	11	220	163	75	75	29	166	196	86	21	198	...	114
8	168	47	219	214	0	15	160	70	126	64	93	117	...	121
9	97	76	88	229	28	202	29	68	252	222	162	244	...	149
10	215	80	84	247	222	14	24	112	223	165	125	113	...	226
11	91	64	75	82	216	176	43	47	92	217	140	227	...	197
12	253	122	58	196	33	127	146	31	24	30	192	199	...	244
13	82	168	74	111	79	39	98	49	43	209	96	17	...	50
14	138	132	217	25	91	102	147	224	123	126	149	166	...	44
15	162	117	15	101	224	158	20	124	120	151	120	132	...	187
16	215	33	64	4	253	163	21	100	88	38	205	251	...	54
17	5	246	30	198	8	92	215	132	4	48	16	16	...	34
18	71	156	181	209	80	71	179	242	149	86	249	214	...	237
19	100	226	27	66	114	69	162	141	60	198	175	122	...	128
20	1	206	95	146	94	214	194	38	110	69	74	66	...	244
21	216	106	214	146	140	6	34	239	31	149	235	64	...	89
22	20	37	95	66	200	122	111	174	199	87	85	65	...	94
23	124	89	200	166	60	182	108	239	144	59	86	122	...	194
24	146	68	125	64	192	198	68	240	1	239	14	194	...	253
25	232	20	182	20	242	0	75	204	74	71	140	178	...	104
26	218	232	214	51	224	92	38	191	220	249	139	135	...	158
27	86	143	242	70	37	115	0	120	138	87	8	82	...	76
28	127	203	48	182	117	95	76	9	240	244	29	238	...	29
29	162	76	192	213	9	205	48	226	245	103	239	55	...	152
30	144	47	250	213	129	86	24	245	242	157	248	75	...	228
31	27	231	98	6	31	232	25	20	35	33	107	49	...	111
32	134	76	74	80	118	95	73	221	240	198	197	171	...	96
33	147	140	176	168	52	28	206	44	91	164	203	184	...	65
34	80	135	86	21	118	137	167	31	123	15	196	63	...	33
35	217	53	241	84	3	130	67	120	106	23	33	140	...	93
36	162	120	103	67	20	255	243	150	213	202	176	133	...	184
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	102	70	35	134	14	213	90	252	68	238	46	43	...	235

Ukuran matriks : 135x198

Kanal Green

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	107	92	94	170	23	68	212	64	144	140	65	203	...	45
2	80	8	145	30	175	124	220	186	4	179	120	60	...	80
3	96	87	229	72	64	149	195	212	71	139	74	7	...	86
4	14	212	55	90	122	151	15	78	149	75	117	47	...	127
5	16	144	73	85	193	41	208	156	76	229	10	88	...	204
6	202	10	60	131	128	17	186	76	65	193	141	219	...	130
7	101	143	60	237	132	40	101	96	129	32	138	209	...	77
8	102	147	63	17	17	21	94	19	122	65	108	115	...	226
9	228	225	209	40	214	194	110	92	106	218	212	87	...	76
10	48	88	163	159	250	15	8	105	65	27	157	70	...	19
11	76	93	147	47	78	99	229	245	145	42	29	92	...	165
12	44	228	52	31	97	85	92	44	57	5	209	212	...	201
13	130	150	230	85	117	36	135	96	21	71	160	113	...	184
14	84	247	25	113	191	55	171	177	180	116	15	167	...	20
15	159	187	131	111	61	151	2	65	54	145	94	149	...	47
16	0	151	135	97	46	210	67	145	221	227	7	213	...	192
17	18	37	189	222	91	244	113	27	193	206	142	238	...	181
18	17	132	20	255	73	17	18	81	157	244	128	206	...	191
19	82	65	130	81	74	242	29	181	36	165	7	238	...	64
20	79	246	113	170	90	215	211	133	64	24	95	28	...	244
21	174	79	254	130	86	28	241	30	160	42	142	253	...	77
22	84	34	159	12	47	240	108	175	192	34	43	94	...	159
23	82	86	197	85	68	21	219	215	51	32	117	7	...	60
24	46	193	247	78	161	80	64	48	190	188	13	116	...	60
25	174	185	162	12	81	1	211	31	23	65	181	171	...	171
26	193	174	153	205	67	97	169	2	17	63	133	65	...	159
27	100	145	92	85	34	85	77	46	155	84	9	31	...	77
28	208	182	117	162	59	85	133	71	61	241	93	222	...	65
29	194	208	205	168	223	8	61	199	168	144	81	212	...	157
30	110	194	188	116	185	80	175	237	127	252	12	148	...	51
31	175	223	198	0	242	143	252	234	5	25	53	49	...	228
32	56	46	204	198	215	49	174	144	175	96	116	148	...	172
33	109	86	36	249	221	242	170	226	120	117	163	128	...	250
34	62	159	83	196	135	42	52	21	68	87	43	86	...	191
35	58	53	143	42	130	239	184	14	224	149	91	34	...	143
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	83	172	41	159	238	191	240	195	58	155	36	38	...	48

Ukuran matriks : 135x198

Kanal *Blue*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	26	74	67	151	167	73	241	78	30	69	239	248	...	213
2	200	251	31	8	52	116	4	183	61	229	92	194	...	117
3	25	225	210	66	78	251	59	164	201	22	14	59	...	102
4	104	57	54	83	84	17	249	134	155	161	171	73	...	66
5	195	149	127	114	179	46	24	164	180	218	96	7	...	104
6	195	206	58	231	166	6	180	58	89	37	11	95	...	34
7	31	30	41	242	77	45	139	152	0	34	128	171	...	21
8	134	132	57	100	22	2	118	75	112	118	46	116	...	179
9	217	222	170	29	203	153	107	15	24	208	201	71	...	153
10	101	225	140	153	211	221	250	94	209	28	127	123	...	23
11	113	32	132	87	198	92	45	156	52	39	112	120	...	240
12	84	103	12	198	80	204	35	5	251	35	254	70	...	246
13	250	83	87	252	101	41	1	152	29	61	149	51	...	31
14	64	246	200	80	161	56	149	182	121	57	0	55	...	247
15	143	226	231	96	117	147	10	137	126	153	35	37	...	237
16	213	39	184	169	27	26	229	94	229	181	220	188	...	82
17	23	248	181	200	69	249	249	37	112	46	187	177	...	196
18	25	239	28	129	11	71	231	38	254	36	51	10	...	189
19	31	19	37	66	114	71	89	23	80	216	214	103	...	233
20	66	109	97	80	29	200	252	94	21	134	48	227	...	20
21	234	16	216	188	130	84	239	126	236	129	44	245	...	39
22	228	245	180	108	134	151	46	63	151	66	53	33	...	96
23	66	206	152	172	121	184	229	19	149	37	197	8	...	53
24	27	78	243	19	142	240	72	128	152	119	148	30	...	34
25	218	32	33	167	38	145	212	9	119	113	5	156	...	149
26	247	234	167	250	91	233	183	78	25	251	157	126	...	121
27	38	161	188	115	39	93	10	27	156	89	153	127	...	10
28	214	114	77	5	87	81	145	119	242	33	237	243	...	86
29	87	119	101	43	78	50	109	72	52	152	10	78	...	228
30	198	96	255	9	248	120	185	92	88	147	49	153	...	3
31	46	233	84	213	239	5	11	65	13	176	109	230	...	110
32	138	181	205	16	3	164	120	173	83	49	249	55	...	11
33	48	130	17	69	89	101	216	97	173	170	82	190	...	30
34	166	137	67	20	19	52	80	188	125	72	96	87	...	110
35	254	26	62	52	220	232	66	175	16	80	115	17	...	191
36	57	78	105	181	112	205	18	93	118	208	40	58	...	206
37	209	151	65	215	160	169	221	153	21	176	177	113	...	162
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	129	17	212	198	242	211	5	134	242	132	196	198	...	134

LAMPIRAN H. Matriks derajat keabuan dari citra hasil dekripsi

Ukuran matriks : 135x198

Kanal *Red*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	63	67	65	68	66	64	63	66	68	68	64	61	...	71
2	61	61	64	66	67	67	66	66	64	63	60	60	...	78
3	61	61	64	65	66	65	65	67	65	62	60	59	...	77
4	65	63	64	65	65	63	66	64	61	62	62	62	...	75
5	62	60	60	65	66	64	64	64	63	62	66	67	...	77
6	66	64	63	64	67	67	68	65	62	66	66	59	...	77
7	62	64	64	67	66	63	64	65	62	66	67	63	...	79
8	65	60	61	66	66	61	63	66	65	65	71	69	...	81
9	62	61	61	62	65	65	64	66	67	65	67	67	...	82
10	61	65	62	63	66	68	68	68	67	67	64	64	...	78
11	68	70	64	66	68	67	65	63	64	64	67	67	...	72
12	67	68	66	70	69	65	65	66	66	68	66	66	...	69
13	62	65	68	65	65	65	68	67	65	67	69	70	...	68
14	66	67	69	64	61	63	66	63	64	66	67	65	...	67
15	65	69	64	58	59	66	65	64	65	66	68	66	...	66
16	69	67	62	59	60	67	69	69	64	65	70	68	...	63
17	70	67	67	66	64	64	66	66	62	66	67	66	...	54
18	63	67	67	70	68	66	67	67	67	66	64	67	...	52
19	65	67	68	66	66	69	68	67	67	66	67	66	...	56
20	70	67	68	66	65	65	66	67	68	70	68	66	...	62
21	70	68	66	68	66	61	63	67	71	71	69	69	...	81
22	69	69	69	65	63	61	65	65	69	72	70	70	...	120
23	68	69	69	67	64	67	68	67	67	68	66	66	...	133
24	68	70	70	66	63	66	71	69	67	63	65	67	...	132
25	69	71	67	67	67	65	64	64	66	66	68	68	...	132
26	68	69	65	66	67	64	65	66	64	64	66	65	...	128
27	72	68	63	66	69	68	70	68	66	65	65	65	...	131
28	75	68	64	67	69	66	70	70	70	69	69	68	...	139
29	76	72	69	70	70	69	69	68	70	69	67	63	...	135
30	66	69	65	67	67	66	66	67	65	67	64	61	...	130
31	72	67	65	66	69	69	69	70	68	67	63	62	...	125
32	71	70	68	72	73	70	69	69	68	63	62	63	...	126
33	66	66	66	73	76	70	68	69	66	63	63	66	...	133
34	66	66	66	70	73	73	73	66	64	64	63	68	...	136
35	64	62	64	70	73	76	74	70	68	70	78	94	...	139
36	67	66	65	66	67	70	69	72	78	86	100	105	...	143
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	255	255	253	251	247	244	241	237	245	255	255	255	...	255

Ukuran matriks : 135x198

Kanal Green

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...	198
1	35	35	32	35	36	37	36	35	34	34	31	31	...	44
2	37	35	34	35	35	38	37	35	34	34	32	31	...	46
3	36	36	37	35	35	36	37	36	34	35	35	32	...	45
4	35	36	37	35	35	34	36	37	36	35	36	35	...	47
5	35	36	36	36	34	36	37	38	37	36	35	33	...	48
6	35	35	35	34	35	36	35	36	38	34	34	35	...	45
7	36	34	33	33	34	36	36	37	39	37	35	34	...	47
8	37	36	35	34	36	37	38	37	35	36	36	37	...	48
9	36	33	34	36	37	35	35	35	35	35	36	38	...	46
10	36	35	33	35	35	33	35	36	36	36	33	37	...	45
11	36	37	36	37	37	37	37	38	38	35	34	35	...	41
12	37	39	38	35	36	38	37	36	36	36	36	36	...	43
13	38	38	40	38	38	36	34	37	38	36	36	36	...	41
14	37	37	36	36	35	36	35	36	38	38	36	36	...	39
15	38	39	34	36	37	38	38	37	37	38	38	36	...	40
16	38	36	36	37	37	37	38	38	38	37	38	38	...	38
17	37	37	38	35	35	36	37	39	39	37	35	37	...	34
18	38	39	38	37	36	37	38	38	41	41	39	39	...	34
19	38	38	39	36	35	38	39	39	39	41	42	40	...	35
20	38	39	38	35	35	36	36	38	38	39	38	37	...	37
21	39	38	35	35	37	37	36	37	39	39	40	38	...	64
22	36	37	36	37	39	38	36	36	37	37	39	37	...	114
23	38	37	37	37	36	38	39	39	38	36	36	37	...	125
24	40	38	38	38	36	37	38	36	35	36	36	36	...	125
25	39	39	39	39	38	36	36	35	37	38	36	36	...	125
26	36	39	39	37	38	37	39	39	38	38	38	37	...	128
27	36	38	37	36	37	38	38	37	36	36	36	37	...	131
28	38	39	38	39	39	38	38	38	38	37	36	35	...	132
29	38	39	37	39	39	35	37	38	40	38	36	36	...	135
30	37	40	39	38	39	38	39	39	37	38	36	36	...	125
31	39	39	40	38	40	40	40	39	38	39	38	37	...	120
32	40	41	41	40	39	39	40	39	39	37	34	34	...	124
33	37	37	40	42	42	39	40	39	36	36	35	35	...	128
34	37	35	38	41	42	39	39	38	37	36	39	49	...	131
35	35	37	39	39	40	44	42	39	41	49	66	90	...	135
36	34	36	38	38	39	42	42	46	63	85	104	111	...	135
37	39	37	37	38	38	41	55	76	92	102	109	106	...	136
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	120	119	115	109	106	103	101	99	108	121	126	126	...	167

