

HYBIRD CRYPTOSYSTEM ALGORITMA HILL CIPHER DAN ALGORITMA ELGAMAL PADA KEAMANAN CITRA

Suci Ramadani

STMIK Kaputama, Binjai, Indonesia

Email: suci.ramadani23@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.46880/jmika.Vol4No1.ppl-9>

ABSTRAK

Perkembangan Teknologi pada saat ini memungkinkan setiap orang untuk saling bertukar informasi tanpa ada batasan waktu dan jarak. Kemungkinan yang akan terjadi adanya kebocoran data pada saat proses pertukaran informasi yang dilakukan, oleh karena itu dalam pengiriman data khususnya citra, aspek keamanan, kerahasiaan dan efisiensi penyimpanan data sangat diperlukan. Jika informasi penting tersebut jatuh ke tangan orang yang salah, maka akan menyebabkan hal yang tidak diinginkan, contohnya manipulasi gambar dengan bentuk yang negatif dan dapat merugikan pemilik gambar. Salah satu metode yang digunakan untuk menjaga keamanan data tersebut adalah kriptografi dengan menggunakan salah satu teknik yaitu Elgamal. Kekuatan algoritma ini terletak pada sulitnya menghitung algoritma diskrit pada bilangan bulat prima yang didalamnya dilakukan operasi perkalian. Dalam penelitian ini, penulis menggabungkan antara *Hill Cipher* untuk melakukan penyandian enkripsi citra dan Algoritma Elgamal untuk mendekripsi kunci dari *Hill Cipher*. Citra pertama kali dienkripsi menggunakan *Hill Cipher*, kemudian kunci *Hill Cipher* tersebut dienkripsi dengan menggunakan Algoritma Elgamal. Implementasi sistem menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic Net 2010. Hasil implementasi dengan citra awal dienkrip memiliki waktu 4282.85 Milidetik dengan hasil gambar yang beracak-acak sedangkan citra yang sudah dienkrip akan kembali di deskripsikan yang memiliki waktu 20442.84 Milidetik dengan hasil citra kembali ke awal.

Kata Kunci: Kriptografi, Simetris, Basiswa, Hill Cipher, Elgamal

PENDAHULUAN

Keamanan dan kerahasiaan citra merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam sistem informasi pada saat ini. Disebabkan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang memungkinkan munculnya teknik-teknik baru, yang disalah gunakan oleh pihak-pihak tertentu yang mengancam keamanan dari sistem informasi tersebut. Jatuhnya informasi ke tangan pihak lain dapat menimbulkan kerugian bagi pemilik informasi. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk pengamanan citra adalah diantaranya menggunakan algoritma *Hill Cipher* dan algoritma Elgamal.

Algoritma *Hill Cipher* dan algoritma Elgamal bertujuan untuk menjaga kerahasiaan informasi yang terkandung dalam citra sehingga informasi tersebut tidak dapat diketahui oleh pihak yang tidak sah. Beragam algoritma kriptografi dibuat untuk mengamankan suatu citra. Dalam beberapa penelitian sebelumnya telah dibahas mengenai kriptografi, antara lain: Implementasi Algoritma *Hill Cipher* Dalam Penyandian Data (Abdul Halim Hasugian, 2013), Perancangan Aplikasi Keamanan Pesan Menggunakan

Algoritma Elgamal Dengan Memanfaatkan Algoritma *One Time Pad* Sebagai Pembangkit Kunci (Achmad Fauzi, dkk., 2017) dan Pengamanan Data dengan Kombinasi Teknik Kriptografi Rabin dan Teknik Steganografi Chaotic LSB (Jamaluddin, dkk., 2018). Berdasarkan uraian di atas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul "*Hybird Cryptosystem Algoritma Hill Cipher dan Algoritma Elgamal Pada Pengamanan Citra*".

LANDASAN TEORI

Kriptografi

Kriptografi (*Cryptography*) berasal dari Bahasa Yunani yaitu "*cryptos*" yang artinya "*secret*" (rahasia) dan "*graphein*" yang artinya "*writing*" (menulis). Jadi kriptografi berarti "*secret writing*" (tulisan rahasia).

Hybrid Cryptosystem

Menurut penelitian tentang *Hybrid Cryptosystem* (H. Agung) *Hybrid Cryptosystem* yaitu kombinasi kriptografi dgn menggabungkan algoritma simetris dan algoritma asimetris atau dengan public key dan private key. Karena kelebihan dan

kekurangan yang ada pada masing-masing algoritma simetris dan algoritma asimetris, maka tidaklah benar bahwa kriptografi kunci asimetris menggantikan kriptografi kunci simetris.

Algoritma Hill Cipher

Algoritma kriptografi atau cipher, dan juga sering disebut dengan istilah sandi adalah suatu fungsi matematis yang digunakan untuk melakukan enkripsi dan dekripsi. Ada dua macam algoritma kriptografi, yaitu algoritma simetris (symmetric algorithms) dan algoritma asimetris (asymmetric algorithms). Hill cipher yang merupakan *polyalphabetic cipher* dapat dikategorikan sebagai *block cipher*, (Pardede, 2014) karena teks yang akan diproses akan dibagi menjadi blok-blok dengan ukuran tertentu. Setiap karakter dalam satu blok akan saling mempengaruhi karakter lainnya dalam proses enkripsi dan dekripsinya, sehingga karakter yang sama tidak dipetakan menjadi karakter yang sama pula Arya Widyanarko (2009 h. 231).

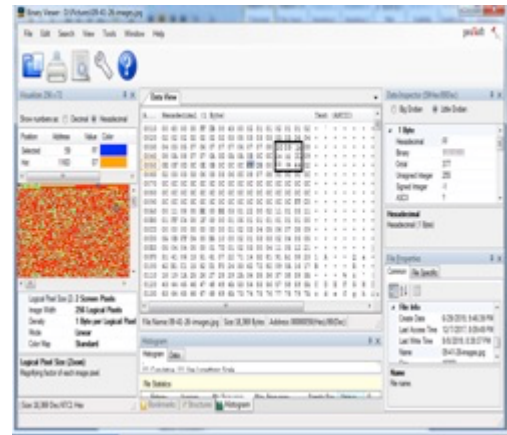
METODE PENELITIAN

Masalah yang akan diselesaikan dengan menggunakan *system* ini adalah pengamanan berupa citra. Dalam perancangan *system* pengkodean citra yang akan diimplementasikan dengan algoritma *hill cipher* dan algoritma elgamal, terlebih dahulu dilakukan analisa mengenai bentuk *system* yang akan dirancang.

Analisis Perhitungan Enkripsi Citra Dengan Algoritma Hill Cipher

Pada proses enkripsi *Hill Cipher* mempunyai panjang maksimal penentuan bilangan, langkah selanjutnya mengubah citra kedalam bilangan hexadesimal yang diurutkan kedalam bentuk matriks 3x3 dan dilakukan analisis enkripsi pada algoritma *Hill Cipher* yang bertujuan untuk mengubah citra asli (*plaintext*) ke bentuk citra yang rahasia (*ciphertext*) (Pardede, 2018).

Proses file gambar matriks 3x3 tersebut adalah:



Gambar 1. Citra Format .jpg

Maka proses dekripsi citra dengan algoritma *Hill Cipher* sebagai berikut:

pixel (0,0) = Red = 53, Green = 28, Blue = 67

212	140	3	53	253
33	34	166	x 28	=255
0	63	8	67	252

pixel (0,1) = Red = 53, Green = 28, Blue = 67

212	140	3	53	253
33	34	166	x 28	=255
0	63	8	67	252

pixel (0,2) = Red = 27, Green = 52, Blue = 153

212	140	3	27	151
33	34	166	x 52	= 153
0	63	8	153 148	

pixel (0,3) = Red = 179, Green = 220, Blue = 225

212	140	3	179 47	
33	34	166	x 220	= 49
0	63	8	225	44

pixel (0,4) = Red = 48, Green = 41, Blue = 4

212	140	3	48	56
33	34	166	x 41	= 58
0	63	8	4	55

pixel (0,5) = Red = 68, Green = 245, Blue = 0

212	140	3	68	76
33	34	166	x 245	= 78
0	63	8	0	75

pixel (0,6) = Red = 82, Green = 170, Blue = 53
 212 140 3 82 127
 33 34 166 x 170 = 132
 0 63 8 53 126

pixel (0,7) = Red = 222, Green = 214, Blue = 61
 212 140 3 222 151
 33 34 166 x 214 = 152
 0 63 8 61 146

pixel (0,8) = Red = 16, Green = 110, Blue = 221
 212 140 3 16 255
 33 34 166 x 110 = 250
 0 63 8 221 250

pixel (0,9) = Red = 103, Green = 235, Blue = 101
 212 140 3 103 255
 33 34 166 x 235 = 251
 0 63 8 101 253

pixel (0,10) = Red = 122, Green = 89, Blue = 195
 212 140 3 122 253
 33 34 166 x 89 = 254
 0 63 8 195 255

pixel (0,11) = Red = 237, Green = 1, Blue = 184
 212 140 3 237 248
 33 34 166 x 1 = 255
 0 63 8 184 255

pixel (0,12) = Red = 161, Green = 145, Blue = 202
 212 140 3 161 254
 33 34 166 x 145 = 255
 0 63 8 202 255

pixel (0,13) = Red = 109, Green = 83, Blue = 114
 212 140 3 109 254
 33 34 166 x 83 = 255
 0 63 8 114 253

pixel (0,14) = Red = 197, Green = 174, Blue = 229
 212 140 3 197 251
 33 34 166 x 174 = 255
 0 63 8 229 250

pixel (1,0) = Red = 139, Green = 107, Blue = 117
 212 140 3 139 255
 33 34 166 x 107 = 255
 0 63 8 117 253

pixel (1,1) = Red = 61, Green = 105, Blue = 107
 212 140 3 61 49

33 34 166 x 105 = 49
 0 63 8 107 47

pixel (1,2) = Red = 89, Green = 88, Blue = 111
 212 140 3 89 33
 33 34 166 x 88 = 35
 0 63 8 111 32

pixel (1,3) = Red = 18, Green = 75, Blue = 23
 212 140 3 18 49
 33 34 166 x 75 = 50
 0 63 8 23 45

pixel (1,4) = Red = 37, Green = 173, Blue = 84
 212 140 3 37 60
 33 34 166 x 173 = 55
 0 63 8 84 51

pixel (1,5) = Red = 11, Green = 82, Blue = 191
 212 140 3 11 49
 33 34 166 x 82 = 41
 0 63 8 191 38

pixel (1,6) = Red = 168, Green = 184, Blue = 23
 212 140 3 168 5
 33 34 166 x 184 = 2
 0 63 8 23 0

pixel (1,7) = Red = 208, Green = 50, Blue = 63
 212 140 3 208 85
 33 34 166 x 50 = 78
 0 63 8 63 70

pixel (1,8) = Red = 200, Green = 212, Blue = 15
 212 140 3 200 189
 33 34 166 x 212 = 170
 0 63 8 15 164

pixel (1,9) = Red = 120, Green = 198, Blue = 196
 212 140 3 120 244
 33 34 166 x 198 = 220
 0 63 8 196 218

pixel (1,10) = Red = 33, Green = 109, Blue = 5
 212 140 3 33 255
 33 34 166 x 109 = 249
 0 63 8 5 251

pixel (1,11) = Red = 67, Green = 107, Blue = 85
 212 140 3 67 255
 33 34 166 x 107 = 247
 0 63 8 85 253

pixel (1,12) = Red = 192, Green = 143, Blue = 153
 212 140 3 192 255
 33 34 166 x 143 = 244
 0 63 8 153 249

pixel (1,13) = Red = 227, Green = 206, Blue = 201
 212 140 3 227 255
 33 34 166 x 206 = 245
 0 63 8 201 250

pixel (1,14) = Red = 201, Green = 175, Blue = 157
 212 140 3 201 255
 33 34 166 x 175 = 245
 0 63 8 157 249

pixel (2,0) = Red = 64, Green = 133, Blue = 152
 212 140 3 64 132
 33 34 166 x 133 = 122
 0 63 8 152 123

pixel (2,1) = Red = 2, Green = 31, Blue = 49
 212 140 3 2 47
 33 34 166 x 31 = 38
 0 63 8 49 41

pixel (2,2) = Red = 60, Green = 139, Blue = 128
 212 140 3 60 52
 33 34 166 x 139 = 50
 0 63 8 128 53

pixel (2,3) = Red = 106, Green = 234, Blue = 212
 212 140 3 106 60
 33 34 166 x 234 = 54
 0 63 8 212 54

pixel (2,4) = Red = 66, Green = 236, Blue = 130
 212 140 3 66 62
 33 34 166 x 236 = 38
 0 63 8 130 36

pixel (2,5) = Red = 83, Green = 249, Blue = 77
 212 140 3 83 207
 33 34 166 x 249 = 179
 0 63 8 77 175

pixel (2,6) = Red = 236, Green = 134, Blue = 186
 212 140 3 236 230
 33 34 166 x 134 = 212
 0 63 8 186 202

pixel (2,7) = Red = 40, Green = 44, Blue = 63

212 140 3 40 237
 33 34 166 x 44 = 218
 0 63 8 63 204

pixel (2,8) = Red = 71, Green = 218, Blue = 163
 212 140 3 71 237
 33 34 166 x 218 = 205
 0 63 8 163 190

pixel (2,9) = Red = 232, Green = 74, Blue = 111
 212 140 3 232 229
 33 34 166 x 74 = 182
 0 63 8 111 174

pixel (2,10) = Red = 202, Green = 149, Blue = 105
 212 140 3 202 255
 33 34 166 x 149 = 234
 0 63 8 105 243

pixel (2,11) = Red = 184, Green = 188, Blue = 239
 212 140 3 184 253
 33 34 166 x 188 = 170
 0 63 8 239 188

pixel (2,12) = Red = 111, Green = 169, Blue = 126
 212 140 3 111 210
 33 34 166 x 169 = 117
 0 63 8 126 135

pixel (2,13) = Red = 124, Green = 74, Blue = 135
 212 140 3 124 189
 33 34 166 x 74 = 90
 0 63 8 135 110

pixel (2,14) = Red = 19, Green = 143, Blue = 74
 212 140 3 19 206
 33 34 166 x 143 = 109
 0 63 8 74 129

pixel (3,0) = Red = 57, Green = 100, Blue = 115
 212 140 3 57 61
 33 34 166 x 100 = 51
 0 63 8 115 52

pixel (3,1) = Red = 33, Green = 219, Blue = 9
 212 140 3 33 51
 33 34 166 x 219 = 45
 0 63 8 9 45

pixel (3,2) = Red = 194, Green = 149, Blue = 178
 212 140 3 194 58
 33 34 166 x 149 = 56

0 63 8 178 59

pixel (3,3) = Red = 9, Green = 130, Blue = 231

212 140 3 9 65

33 34 166 x 130 = 55

0 63 8 231 54

pixel (3,4) = Red = 148, Green = 243, Blue = 179

212 140 3 148 141

33 34 166 x 243 = 108

0 63 8 179 101

pixel (3,5) = Red = 83, Green = 118, Blue = 53

212 140 3 83 227

33 34 166 x 118 = 189

0 63 8 53 178

pixel (3,6) = Red = 124, Green = 169, Blue = 70

212 140 3 124 238

33 34 166 x 169 = 210

0 63 8 70 199

pixel (3,7) = Red = 158, Green = 194, Blue = 155

212 140 3 158 193

33 34 166 x 194 = 164

0 63 8 155 150

pixel (3,8) = Red = 147, Green = 238, Blue = 5

212 140 3 147 243

33 34 166 x 238 = 205

0 63 8 5 186

pixel (3,9) = Red = 179, Green = 14, Blue = 9

212 140 3 179 255

33 34 166 x 14 = 197

0 63 8 9 186

pixel (3,10) = Red = 6, Green = 172, Blue = 121

212 140 3 6 115

33 34 166 x 172 = 20

0 63 8 121 28

pixel (3,11) = Red = 245, Green = 12, Blue = 6

212 140 3 245 134

33 34 166 x 12 = 17

0 63 8 6 36

pixel (3,12) = Red = 120, Green = 121, Blue = 172

212 140 3 120 144

33 34 166 x 121 = 18

0 63 8 172 39

pixel (3,13) = Red = 248, Green = 184, Blue = 220

212 140 3 248 148

33 34 166 x 184 = 16

0 63 8 220 40

pixel (3,14) = Red = 103, Green = 229, Blue = 90

212 140 3 103 150

33 34 166 x 229 = 13

0 63 8 90 43

pixel (4,0) = Red = 148, Green = 249, Blue = 125

212 140 3 148 51

33 34 166 x 249 = 52

0 63 8 125 47

pixel (4,1) = Red = 225, Green = 139, Blue = 160

212 140 3 225 56

33 34 166 x 139 = 55

0 63 8 160 53

pixel (4,2) = Red = 146, Green = 179, Blue = 38

212 140 3 146 62

33 34 166 x 179 = 60

0 63 8 38 61

pixel (4,3) = Red = 101, Green = 204, Blue = 99

212 140 3 101 93

33 34 166 x 204 = 79

0 63 8 99 76

pixel (4,4) = Red = 4, Green = 148, Blue = 135

212 140 3 4 213

33 34 166 x 148 = 182

0 63 8 135 164

pixel (4,5) = Red = 26, Green = 253, Blue = 174

212 140 3 26 238

33 34 166 x 253 = 200

0 63 8 174 179

pixel (4,6) = Red = 19, Green = 85, Blue = 211

212 140 3 19 177

33 34 166 x 85 = 143

0 63 8 211 131

pixel (4,7) = Red = 213, Green = 192, Blue = 101

212 140 3 213 147

33 34 166 x 192 = 115

0 63 8 101 104

pixel (4,8) = Red = 213, Green = 212, Blue = 48
212 140 3 213 228
33 34 166 x 212 = 189
0 63 8 48 172

pixel (4,9) = Red = 36, Green = 187, Blue = 244
212 140 3 36 240
33 34 166 x 187 = 178
0 63 8 244 165

pixel (4,10) = Red = 216, Green = 161, Blue = 46
212 140 3 216 118
33 34 166 x 161 = 14
0 63 8 46 15

pixel (4,11) = Red = 128, Green = 87, Blue = 88
212 140 3 128 156
33 34 166 x 87 = 30
0 63 8 88 41

pixel (4,12) = Red = 7, Green = 83, Blue = 119
212 140 3 7 149
33 34 166 x 83 = 23
0 63 8 119 37

pixel (4,13) = Red = 204, Green = 207, Blue = 39
212 140 3 204 153
33 34 166 x 207 = 20
0 63 8 39 41

pixel (4,14) = Red = 64, Green = 23, Blue = 177
212 140 3 64 167
33 34 166 x 23 = 20
0 63 8 177 49

pixel (5,0) = Red = 83, Green = 206, Blue = 189
212 140 3 83 155
33 34 166 x 206 = 157
0 63 8 189 154

pixel (5,1) = Red = 32, Green = 185, Blue = 212
212 140 3 32 40
33 34 166 x 185 = 42
0 63 8 212 39

pixel (5,2) = Red = 170, Green = 219, Blue = 238
212 140 3 170 86
33 34 166 x 219 = 84
0 63 8 238 85

pixel (5,3) = Red = 192, Green = 126, Blue = 43
212 140 3 192 105

33 34 166 x 126 = 94
0 63 8 43 90

pixel (5,4) = Red = 16, Green = 71, Blue = 73
212 140 3 16 239
33 34 166 x 71 = 212
0 63 8 73 193

pixel (5,5) = Red = 224, Green = 99, Blue = 106
212 140 3 224 226
33 34 166 x 99 = 194
0 63 8 106 173

pixel (5,6) = Red = 91, Green = 254, Blue = 133
212 140 3 91 211
33 34 166 x 254 = 181
0 63 8 133 170

pixel (5,7) = Red = 250, Green = 251, Blue = 224
212 140 3 250 236
33 34 166 x 251 = 208
0 63 8 224 197

pixel (5,8) = Red = 1, Green = 180, Blue = 41
212 140 3 1 191
33 34 166 x 180 = 159
0 63 8 41 148

pixel (5,9) = Red = 49, Green = 48, Blue = 91
212 140 3 49 229
33 34 166 x 48 = 179
0 63 8 91 168

pixel (5,10) = Red = 110, Green = 211, Blue = 113
212 140 3 110 207
33 34 166 x 211 = 122
0 63 8 113 117

pixel (5,11) = Red = 40, Green = 19, Blue = 175
212 140 3 40 145
33 34 166 x 19 = 40
0 63 8 175 37

pixel (5,12) = Red = 155, Green = 233, Blue = 153
212 140 3 155 147
33 34 166 x 233 = 35
0 63 8 153 31

pixel (5,13) = Red = 249, Green = 120, Blue = 145
212 140 3 249 135
33 34 166 x 120 = 15
0 63 8 145 16

pixel (5,14) = Red = 157, Green = 162, Blue = 167
 212 140 3 157 145
 33 34 166 x 162 = 11
 0 63 8 167 22

Sampai Perhitungan tersebut mencapai pixel ke (14,14)

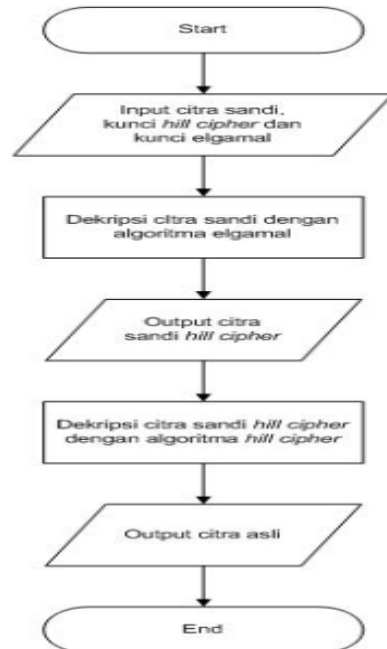
pixel (14,14) = Red = 152, Green = 65, Blue = 118
 212 140 3 152 206
 33 34 166 x 65 = 190
 0 63 8 118 175

Perancangan Proses

Dalam perancangan aplikasi citra ini penulis menggunakan metode algoritma *Hill Cipher* dan algoritma *Elgamal* dalam menyelesaikan masalah.



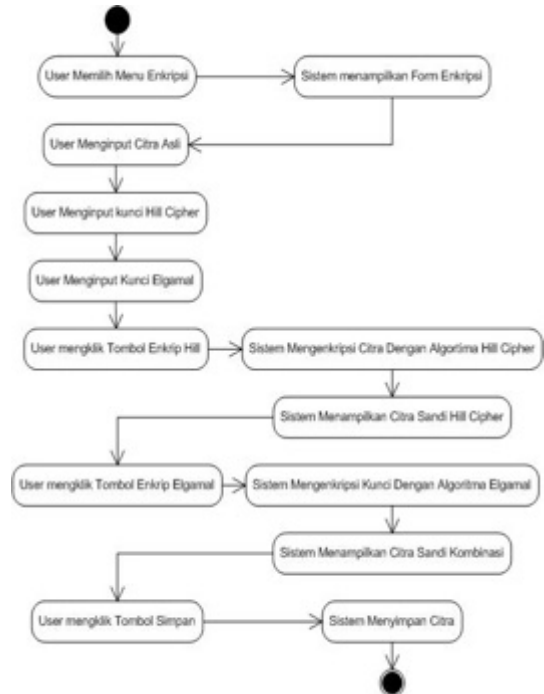
Gambar 2. Flowchart Enkripsi



Gambar 3. Flowchart Dekripsi

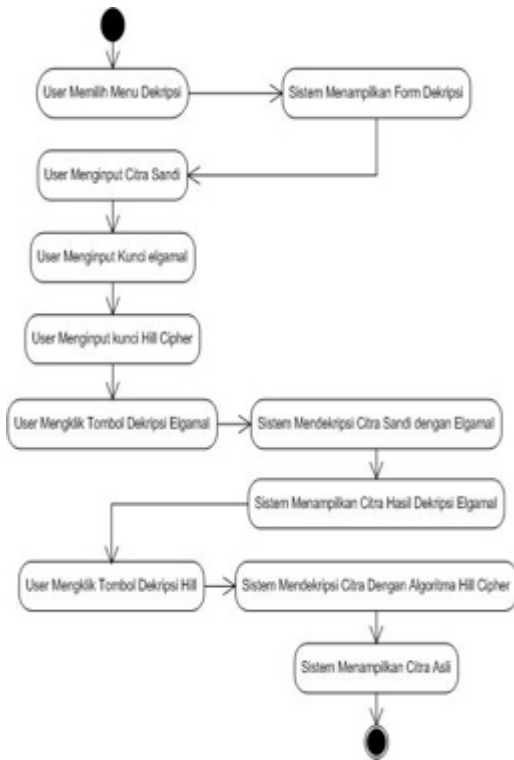
Activity Diagram

Berikut merupakan gambaran dari Activity diagram untuk enkripsi citra :



Gambar 4. Activity Diagram Enkripsi Citra

Menggambarkan aktivitas yang dilakukan pada saat melakukan enkripsi citra.

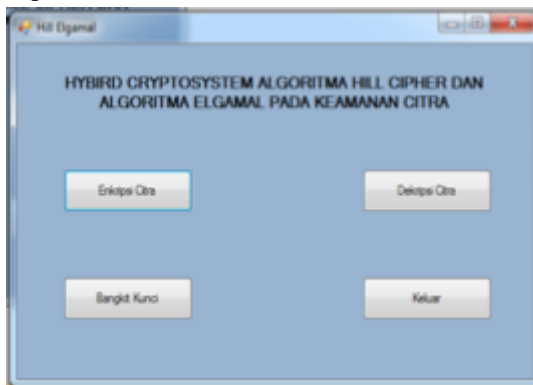


Gambar 5. Activity Diagram Dekripsi Citra

HASIL DAN PEMBAHASAN

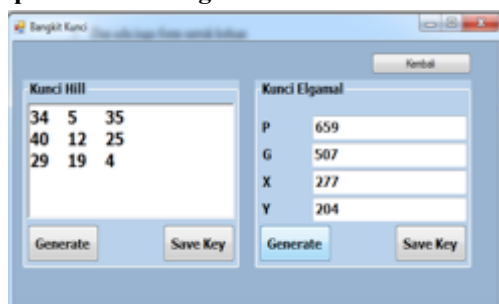
Aplikasi pengamanan citra menggunakan metode Hill Cipher dan metode Elgamal.

Tampilan Menu Utama



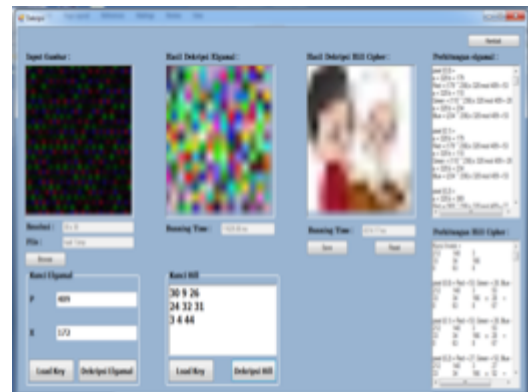
Gambar 6. Menu Utama

Tampilan Menu Bangkit Kunci Citra



Gambar 7. Proses Pembangkitan Kunci

Tampilan Menu Dekripsi Citra





Gambar 8. Tampilan Hasil Proses

Hasil Uji Coba Enkripsi Citra

Hasil uji cobanya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Uji coba Enkripsi Citra

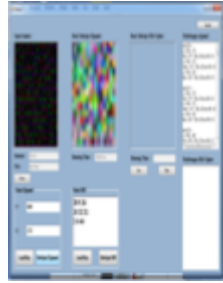

No.	Keterangan	Gambar	Waktu
1.	Enkrip citra dengan algoritma hill cipher.		4282.85 Milidetik
2.	Enkrip citra dengan algoritma elgamal.		00442.84 Milidetik

Dekripsi Citra

Pengujian dilakukan pada citra untuk mengetahui perbedaan antara citra yang sudah dienkripsi dengan citra yang didekripsi.

Hasil uji cobanya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Uji coba Dekripsi Citra

No.	Keterangan	Gambar	Waktu
1.	Dekripsi citra dengan algoritma elgamal.		11650.67 Milidetik
2.	Dekripsi citra dengan algoritma hill cipher.		4307.72 Milidetik

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan program aplikasi kriptografi menggunakan metode *Hill Cipher* dan Elgamal ini dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam citra berhasil di terapkan dan mampu melakukan proses enkripsi dan dekripsi Semakin besar ukuran citra maka waktu proses enkripsi dan proses dekripsi akan membutuhkan waktu yang lebih lama, Hasil pengujian pada sistem di dapatkan bahwa citra yang telah mengalami proses enkripsi dan proses dekripsi dengan algoritma *Hill Cipher* dan Elgamal memiliki isi informasi yang sama dengan citra yang asli.
2. Pengamanan citra dengan menggunakan algoritma *Hill Cipher* dan Elgamal untuk merahasiakan citra berjalan dengan baik. citra berhasil di enkripsi dan di dekripsi, percobaan yang dilakukan pada algoritma *Hill Cipher* dan Elgamal, waktu proses yang di hasilkan dekripsi *ciphertext* lebih cepat dibandingkan hasil enkripsi *plaintext*.

DAFTAR PUSTAKA

Agung, H. (2016). *Hybird Cryptosystem*. Skripsi. Universitas Prima Indonesia, Medan.

Fauzi, A. dkk. (2017). Perancangan aplikasi keamanan pesan menggunakan algoritma elgamal dengan memanfaatkan algoritma one time pad sebagai pembangkit kunci. *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)*, 1(1), 1-9.

Hasugian, A. H. (2013). Implementasi algoritma hill cipher dalam penyandian data. *Pelita Informatika Budi Darma*, 4(2), 115-122.

Jamaluddin, J., Zarlis, M., & Tulus, T. (2018). Pengamanan Data dengan Kombinasi Teknik Kriptografi Rabin dan Teknik Steganografi Chaotic LSB. *Prosiding SNASTIKOM 2014*. STT Harapan. Medan

Ladjudin, A. B. (2006). *Analisis Desain Sistem Informasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Pardede, A. M. H., & Maulita, Y., (2014). Perancangan perangkat lunak enkripsi dan deskripsi file dengan metode transposisi kolom. *Jurnal Kaputama*, 8(1), 28-35.

Pardede, A. M. H. (2018). Aplikasi pengamanan file gambar menggunakan algoritma elgamal. *Journal Information System Development (ISD)*, 3(2).

Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Rini, B. (2011). *Microsoft visual basic 2010 dan mysql untuk aplikasi point of sales*. Yogyakarta: Wahana Komputer.

Sugiarti, Y. (2013). *Analisis dan Perancangan UML (Unifed Modeling Language)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Widyartono, A. (2011). *Algoritma Elgamal Untuk Enkripsi Data Menggunakan Gnupg*. Bandung: Informatika.

Widyanarko, A. (2019). *Algoritma Hill Cipher*. Yogyakarta: Graha Ilmu.