



Modifikasi Karakter Kode Pada Cipher Hill Menggunakan Kode ASCII

Deni Hamdani^a, Junaidi*

^aUniversitas Mataram, Kota Mataram dan KodePos 83115, Indonesia. Email: deni.math@unram.ac.id

^bUniversitas Mataram, Kota Mataram dan KodePos 83115, Indonesia, Indonesia. Email: junaidi88@unram.ac.id

ABSTRACT

Cipher hill is a polygraphic cipher algorithm based on linear transformation, which was discovered by Lester S. Hill in 1929. The cipher Hill algorithm encrypt plaintext with linear congruence $C \equiv KP \pmod{26}$ and decrypt ciphertext with linear congruence $P \equiv K^{-1}C \pmod{26}$. Encryption or enciphering is the process of changing a plaintext (original message) into a ciphertext (encrypted message), while the process of turning a ciphertext back into a plaintext by the intended recipient is called decryption. Many codes or characters in Hill cipher are as many letters in the alphabet (A, B, C, ..., Z). The number or number of code characters in Hill cipher greatly influences the strength of a cipher, so modifications are required by adding or replacing code characters with ASCII (American Standard Code for Information Interchange) (decimal) code characters 33-126.

Keywords: ASCII, Encryption, Decryption, and Hill cipher.

ABSTRAK

Cipher hill adalah algoritma cipher poligrafik berdasarkan transformasi linear, yang ditemukan oleh Lester S. Hill pada tahun 1929. Algoritma cipher Hill mengenkripsi plainteks dengan kongruensi linier $C \equiv KP \pmod{26}$ dan mendekripsi cipherteks dengan kongruensi linier $P \equiv K^{-1}C \pmod{26}$. Enkripsi atau enciphering adalah proses mengubah plainteks (pesan asli) menjadi cipherteks (pesan tersandi), sementara proses balik mengubah cipherteks kembali menjadi plainteks oleh penerima yang dituju, disebut dekripsi atau deciphering. Banyak kode atau karakter dalam cipher Hill adalah sebanyak huruf dalam alphabet (A, B, C, ..., Z). Jumlah atau banyak karakter kode dalam cipher Hill, sangat berpengaruh terhadap kekuatan suatu cipher, sehingga diperlukan modifikasi dengan menambahkan atau mengganti karakter kode dengan karakter kode ASCII (American Standard Code for Information Interchange) (desimal) 33-126.

Keywords: ASCII, Enkripsi, Dekripsi, dan Cipher Hill

Diserahkan: 12-01-2020; Diterima: 29-04-2020;

Doi: <https://doi.org/10.29303/emj.v3i1.54>

1. Pendahuluan

Kriptografi adalah studi pengkodean (*encoding*) dan penguraian (*decoding*) pesan rahasia (Anton & Rorres, 2014), dan menjamin kerahasiaan informasi yang dikomunikasikan (Agustina & Kurniati, 2009). Kriptografi juga merupakan ilmu yang

mentransmisikan informasi melalui saluran yang aman, dengan tujuan untuk melindungi informasi dari musuh dan membuatnya hanya dapat dipahami oleh penerima yang dituju (Pujari et al., 2018).

Informasi disini bisa berupa pesan, yang terlindung karena pesan asli (plainteks) akan diubah menjadi pesan cipher (cipherteks: pesan sandi/pesan

* Deni Hamdani.

Alamat e-mail: deni.math@unram.ac.id

yang tidak bermakna atau terkode) dengan menggunakan kunci tertentu sehingga pesan ini tidak dapat diketahui pihak yang tidak berkepentingan (Hamdani & Rachman, 2018) dan (Agustina & Kurniati, 2009). Pesan yang telah disandikan dapat dikembalikan menjadi pesan aslinya hanya oleh orang yang berhak membacanya (orang yang mengetahui metode penyandian atau memiliki kuncinya) (Munir, 2016).

Dalam bahasa kriptografi, kode disebut cipher. Pesan yang akan dirahasiakan (belum/tidak terkode) dinamakan plainteks, sedangkan pesan hasil penyandian (terkode) disebut cipherteks (Anton & Rorres, 2014), (Munir, 2016), dan (Rosen, 2011). Proses mengubah *plainteks* menjadi *cipherteks* disebut enkripsi, atau *enciphering*, sementara proses balik mengubah *cipherteks* kembali ke *plainteks* oleh penerima yang dituju, yang memiliki pengetahuan tentang metode untuk melakukannya, disebut dekripsi, atau *deciphering* (Munir, 2008), (Anton & Rorres, 2014), dan (Rosen, 2011).

Sejalan dengan perkembangannya, kriptografi telah dimanfaatkan untuk mendukung aspek-aspek keamanan informasi lainnya. Seperti aspek kerahasiaan (confidentiality), keutuhan data (data integrity), otentikasi penyedia/penerima informasi (authentication) serta nir penyangkalan (non repudiation) (Agustina & Kurniati, 2009). Salah satu teknik kriptografi yang telah lama digunakan dan dimodifikasi dalam melakukan *enciphering* dan *deciphering* untuk menjawab pertanyaan terkait dengan keamanan informasi berupa kerahasiaan, keutuhan data, nir penyangkalan, serta otentikasi adalah algoritma cipher Hill. Algoritma cipher Hill adalah algoritma cipher poligrafik berdasarkan transformasi linear, yang ditemukan oleh Lester S. Hill pada tahun 1929 (Reddy et al., 2012). Algoritma cipher Hill mengenkripsi plainteks dengan mengalikan matriks non-singular $n \times n$ dengan n blok plainteks modulo 26 atau dengan persamaan $C \equiv KP \pmod{26}$ dan mendekripsi cipherteks dengan mengalikan invers matriks singular $n \times n$ dengan n blok cipherteks modulo 26 atau $P \equiv K^{-1}C \pmod{26}$ (Hamdani & Rachman, 2018).

Algoritma cipher Hill juga merupakan salah satu teknik simetris yang memiliki keluaran yang tinggi, kecepatan tinggi, dan struktur yang sederhana, tetapi tingkat keamanan yang masih lemah, oleh karena pengirim dan penerima harus menggunakan dan berbagi kunci yang sama (kunci pribadi) melalui saluran yang tidak aman (Dawahdeh et al., 2018). Mengantisipasi kekuatan dari cipher, makalah ini akan menggunakan matriks kunci (matriks non-singular 3×3) yang awalnya berupa matriks

alphabet, dan memodifikasi ekuivalensi karakter cipher hill menggunakan karakter kode ANSI ASCII (Desimal) 33-126.

ASCII (*American Standart Code for Information Interchange*) merupakan kode huruf dan simbol yang berjumlah 255 kode. Kode ASCII dengan nilai ANSI (*American National Standards Institute*) ASCII 0-127 adalah kode untuk memanipulasi teks, dan nilai ANSI-ASCII 128-255 adalah kode untuk memanipulasi gambar/grafik (Injosoftware, 2020), (Wikipedia contributors, 2020). Kode ASCII cukup banyak digunakan untuk meningkatkan keamanan informasi, seperti keamanan informasi pada e-voting (Cop & Purnama, 2015), dan menghasilkan suatu deretan karakter yang tidak mudah untuk ditebak dan memberikan kemungkinan yang luas pada lebih banyak karakter yang tercakup, tidak hanya terbatas pada 26 alfabet, tetapi juga mencakup karakter-karakter seperti ., ", ', =, @, #, % dan sebagainya (Hernawati, 2006a) (Hernawati, 2006b).

Berdasarkan pendapat hasil penelitian di atas, maka tujuan dari makalah ini adalah melakukan modifikasi karakter kode cipher Hill yang berjumlah 26 karakter (26 huruf alphabet: A, B, C, ..., Z) menggunakan kode ASCII yang berjumlah 93 karakter kode (ANSI ASCII (Desimal) 33-126). Kode ASCII (33-126) yang dimaksud adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Ekuivalensi Karakter ASCII (desimal)

Des	Karak ter	ASCII (desimal)	Keterangan
0	!	33	Tanda seru (exclamation)
1	"	34	Tanda kutip dua
2	#	35	Tanda pagar (kres)
3	\$	36	Tanda mata uang dolar
4	%	37	Tanda persen
5	&	38	Karakter ampersand (&)
6	'	39	Karakter Apostrof
7	(40	Tanda kurung buka
8)	41	Tanda kurung tutup
9	*	42	Karakter asterisk (bintang)
10	+	43	Tanda tambah (plus)
11	,	44	Karakter koma
12	-	45	Karakter hyphen (strip)
13	.	46	Tanda titik
14	/	47	Garis miring (slash)
15	0	48	Angka nol
16	1	49	Angka satu
17	2	50	Angka dua
18	3	51	Angka tiga
19	4	52	Angka empat
20	5	53	Angka lima
21	6	54	Angka enam

22	7	55	Angka tujuh
23	8	56	Angka delapan
24	9	57	Angka Sembilan
25	:	58	Tanda titik dua
26	;	59	Tanda titik koma
27	<	60	Tanda lebih kecil
28	=	61	Tanda sama dengan
29	>	62	Tanda lebih besar
30	?	63	Tanda Tanya
31	@	64	A keong (@)
32	A	65	Huruf latin A capital
33	B	66	Huruf latin B capital
34	C	67	Huruf latin C capital
35	D	68	Huruf latin D capital
36	E	69	Huruf latin E capital
37	F	70	Huruf latin F capital
38	G	71	Huruf latin G capital
39	H	72	Huruf latin H capital
40	I	73	Huruf latin I capital
41	J	74	Huruf latin J capital
42	K	75	Huruf latin K capital
43	L	76	Huruf latin L capital
44	M	77	Huruf latin M capital
45	N	78	Huruf latin N capital
46	O	79	Huruf latin O kapital
47	P	80	Huruf latin P capital
48	Q	81	Huruf latin Q capital
49	R	82	Huruf latin R kapital
50	S	83	Huruf latin S kapital
51	T	84	Huruf latin T kapital
52	U	85	Huruf latin U kapital
53	V	86	Huruf latin V kapital
54	W	87	Huruf latin W kapital
55	X	88	Huruf latin X kapital
56	Y	89	Huruf latin Y kapital
57	Z	90	Huruf latin Z kapital
58	[91	Kurung siku kiri
59	\	92	Garis miring terbalik (backslash)
60]	93	Kurung sikur kanan
61	^	94	Tanda pangkat
62	_	95	Garis bawah (underscore)
63	`	96	Tanda petik satu
64	a	97	Huruf latin a kecil
65	b	98	Huruf latin b kecil
66	c	99	Huruf latin c kecil
67	d	100	Huruf latin d kecil
68	e	101	Huruf latin e kecil
69	f	102	Huruf latin f kecil
70	g	103	Huruf latin g kecil
71	h	104	Huruf latin h kecil
72	i	105	Huruf latin i kecil
73	j	106	Huruf latin j kecil
74	k	107	Huruf latin k kecil
75	l	108	Huruf latin l kecil
76	m	109	Huruf latin m kecil
77	n	110	Huruf latin n kecil

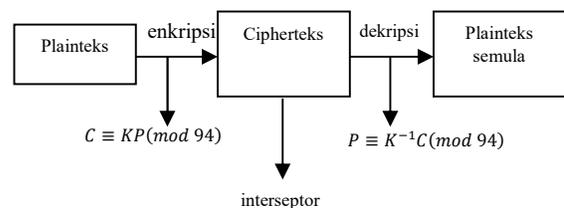
78	o	111	Huruf latin o kecil
79	p	112	Huruf latin p kecil
80	q	113	Huruf latin q kecil
81	r	114	Huruf latin r kecil
82	s	115	Huruf latin s kecil
83	t	116	Huruf latin t kecil
84	u	117	Huruf latin u kecil
85	v	118	Huruf latin v kecil
86	w	119	Huruf latin w kecil
87	x	120	Huruf latin x kecil
88	y	121	Huruf latin y kecil
89	z	122	Huruf latin z kecil
90	{	123	Kurung kurawal buka
91		124	Garis vertikal (pipa)
92	}	125	Kurung kurawal tutup
93	~	126	Karakter gelombang (tilde)

Catatan: Des=Desimal, desimal yang dibuat sendiri oleh penulis.

Karakter kode ASCII (desimal) seperti tabel 1 di atas, dapat juga ditemui pada software pengolah kata Microsoft office word, dengan mengklik menu bar Insert dan memilih ribbon Symbol, kemudian pilih More Symbols. Jumlah karakter pada tabel ekuivalensi di atas sebanyak 94 karakter (33-126), maka untuk mengenkripsi suatu plainteks menjadi cipherteks dapat menggunakan kongruensi linier $C \equiv KP(mod 94)$, dimana K suatu matriks kunci $n \times n$, dengan $gcd(det(K),94) = 1$, C dan P berturut-turut merupakan matriks atau vektor kolom dari cipherteks dan plainteks. Selanjutnya untuk mendekripsikan (deciphering) suatu cipherteks menjadi plainteks, menggunakan kongruensi linier $P \equiv K^{-1}C(mod 94)$ dengan K^{-1} adalah invers dari matriks K .

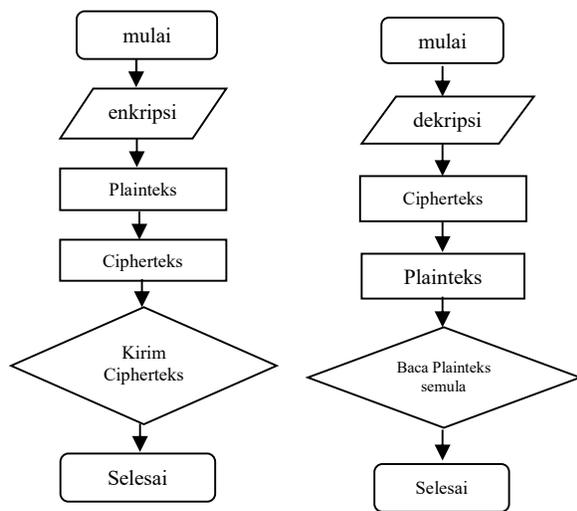
2. Langkah-langkah Enkripsi dan Dekripsi

Mengadopsi skema proses enkripsi dan dekripsi dasar dari (Munir, 2008), (Stallings, 2011), (Munir, 2016)., (Tutorial Point, 2014)., (Ubhad et al., 2015)., dan (Handayani et al., 2017). Maka model skema dalam enkripsi dan dekripsi dalam makalah ini digambarkan dengan skema berikut:



Gambar 1. Skema Enkripsi dan Dekripsi Teks Menggunakan Cipher Hill

Skema di atas, menggambarkan seorang pengirim terlebih dahulu akan mengenkripsi suatu pesan yang akan dirahasiakan (*plainteks*) menjadi pesan yang tidak dapat dimengerti (*cipherteks*) dengan kongruensi linier $C \equiv KP(mod 94)$. Kemudian mengirim pesan yang telah terenkripsi kepada seorang penerima, dan berbagi kunci. Selanjutnya seorang penerima akan mendekripsikan pesan yang terenkripsi tersebut (*cipherteks*) menjadi naskah yang dapat dimengerti (*plainteks*) dengan kongruensi linier $P \equiv K^{-1}C(mod 94)$. Interseptor adalah orang yang tidak berhak mengetahui metode enkripsi atau memiliki kunci, dan bekerja sebagai penyusup yang tidak berhak atas *cipherteks* dan *plainteks*. Untuk lebih jelasnya proses enkripsi dan dekripsi teks berbasis Hill cipher dapat digambarkan dalam algoritma berikut.



Gambar 2. Proses Enkripsi dan Dekripsi Teks

3. Enkripsi dan Dekripsi

Anggap *pengirim* akan mengirim pesan kepada *penerima*, dengan kesepakatan untuk menggunakan pesan “HAMDANIDN” sebagai kunci. Sehingga sebelum melakukan *enciphering* dan *deciphering* terlebih dahulu mengkonversi pesan kunci menjadi matriks kunci kemudian mencari determinan matriks kunci dengan cara berikut.

Pertama: Merubah pesan kunci menjadi matriks kunci alphabet ordo 3×3 , kemudian mengkonversi elemen matriks kuncialphabet ke dalam desimal yang ekuivalen, sehingga didapat matriks kunci K berikut.

$$K = \begin{bmatrix} D & A & N \\ 35 & 32 & 45 \end{bmatrix}$$

Kedua: Menentukan apakah matriks K invertibel modulo 94, dengan menentukan :

$$\Delta = \det(K) \equiv 79(mod 94)$$

Karena $\Delta = 79$ dan 94 relatif prima atau $\gcd(79,94) = 1$, itu artinya matriks K memiliki invers modulo 94. Sehingga matriks K dapat digunakan sebagai matriks kunci yang invertibel terhadap modulo 94. Proses enkripsi dan dekripsi teks menggunakan Hill cipher ditunjukkan pada berikut.

3.1. Enkripsi plainteks

Jika *plainteks* yang akan dikirim ke penerima adalah:



Maka pengirim sebelumnya akan mengenkripsi *plainteks* menjadi *cipherteks* dengan perhitungan berikut:

- 1) Pemblokkan karakter-karakter *plainteks* menjadi blok tiga.
 $K \ e \ p \quad u \ n \ g \quad d \ i \ a$
- 2) Konversi blok huruf dengan angka/bilangan yang bersesuaian sesuai dengan tabel ekuivalensi.
 $42 \ 68 \ 79 \quad 84 \ 77 \ 70 \quad 67 \ 72 \ 64$
- 3) Masing-masing blok bilangan *plainteks* p_1, p_2, p_3 diubah menjadi blok bilangan *cipherteks* c_1, c_2, c_3 dengan mendefinisikan c_1, c_2, c_3 sebagai residu positif terkecil modulo 94 dari suatu kombinasi linier p_1, p_2 dan p_3 . Jika diberikan persamaan matriks (sebagai kunci),
 $c_1 \equiv 39p_1 + 32p_2 + 44p_3(mod 94), 0 \leq c_1 < 94$
 $c_2 \equiv 35p_1 + 32p_2 + 45p_3(mod 94), 0 \leq c_2 < 94$
 $c_3 \equiv 40p_1 + 35p_2 + 45p_3(mod 94), 0 \leq c_3 < 94$

Maka Augmented matriks dari kombinasi linier di atas adalah:

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 39 & 32 & 44 \\ 35 & 32 & 45 \\ 40 & 35 & 45 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} (mod 94)$$

Oleh karena itu, enkripsi dari masing-masing blok, ditentukan dengan cara berikut :

Blok 42 68 79

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 39 & 32 & 44 \\ 35 & 32 & 45 \\ 40 & 35 & 45 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 42 \\ 68 \\ 79 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 52 \\ 57 \\ 1 \end{bmatrix} (mod 94)$$

Blok 84 77 70

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 39 & 32 & 44 \\ 35 & 32 & 45 \\ 40 & 35 & 45 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 84 \\ 77 \\ 70 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 78 \\ 0 \\ 87 \end{bmatrix} \pmod{94}$$

Blok 67 72 64

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 39 & 32 & 44 \\ 35 & 32 & 45 \\ 40 & 35 & 45 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 67 \\ 72 \\ 64 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 25 \\ 9 \\ 90 \end{bmatrix} \pmod{94}$$

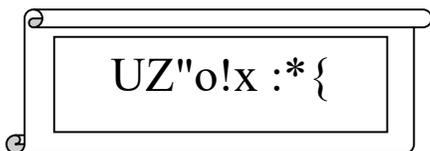
Secara keseluruhan, hasil enkripsi semua blok tiga adalah :

52 57 1 78 0 87 25 9 90

- 4) Jika desimal pada blok-blok tiga ini kembali ditransfer ke dalam karakter kode, maka diperoleh :

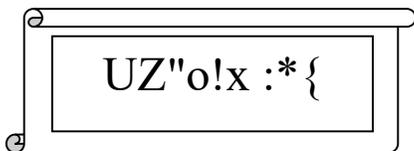
U Z " o ! x : * {

Penggabungan naskah rahasia (cipherteks), menjadi



3.2. Dekripsi cipherteks

Setelah menerima cipherteks dari pengirim, yakni:



Maka penerima akan berusaha untuk mendekripsikan atau deciphering cipherteks tersebut menjadi plainteks agar dapat dibaca, langkah-langkah deciphering sebagai berikut.

- 1) Pemblokkan karakter-karakter cipherteks menjadi blok tiga berikut,

U Z " o ! X : * {
- 2) Konversi blok karakter ke desimal/angka yang bersesuaian dengan tabel ekuivalensi karakter.

52 57 1 78 0 87 25 9 90
- 3) Dekripsi cipherteks menjadi plainteks: Masing-masing blok desimal cipherteks c_1, c_2, c_3 diubah menjadi blok tiga desimal plainteks p_1, p_2, p_3 , dengan mendefinisikan p_1, p_2, p_3 masing sebagai

residu positif terkecil modulo 94 dari suatu kombinasi linier c_1, c_2 dan c_3 . Karena $\Delta = \det(K) = 79 \pmod{94}$, dan 79 dan 94 relatif prima atau $\gcd(79, 94) = 1$, itu artinya matriks K memiliki invers modulo 94, yakni $P \equiv K^{-1}C \pmod{94}$

$$\begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 9 & 56 & 48 \\ 79 & 63 & 77 \\ 35 & 37 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} \pmod{94}$$

Dengan demikian, untuk mendekripsikan atau deciphering naskah rahasia (cipherteks) menjadi naskah biasa (plainteks) dengan perhitungan berikut:

Blok 52 57 1

$$\begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 9 & 56 & 48 \\ 79 & 63 & 77 \\ 35 & 37 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 52 \\ 57 \\ 1 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 42 \\ 68 \\ 79 \end{bmatrix} \pmod{94}$$

Blok 78 0 87

$$\begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 9 & 56 & 48 \\ 79 & 63 & 77 \\ 35 & 37 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 78 \\ 0 \\ 87 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 84 \\ 77 \\ 70 \end{bmatrix} \pmod{94}$$

Blok 25 9 90

$$\begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 9 & 56 & 48 \\ 79 & 63 & 77 \\ 35 & 37 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 25 \\ 9 \\ 90 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 67 \\ 72 \\ 64 \end{bmatrix} \pmod{94}$$

Secara keseluruhan konversi blok chipper menjadi blok plainteks sebagai berikut:

42 68 79 84 77 70 67 72 64

- 4) Jika blok-blok tiga (blok plainteks) ini kembali ditransfer ke karakter-karakter yang ekuivalen, maka diperoleh :

K e p u n g d i a

Penggabungan blok-blok tiga (blok plainteks) menjadi kalimat yang benar:



4. Kesimpulan

Berdasarkan proses enkripsi dan dekripsi di atas, dapat disimpulkan bahwa dengan memodifikasi karakter kode pada cipher hill (alphabet) dengan karakter kode ASCII (Desimal 33-126)

memungkinkan proses enkripsi dan dekripsi yang dilakukan oleh orang yang tidak berkepentingan (interceptor) membutuhkan waktu yang cukup lama dan rumit. Hal ini dapat menjadi indikator semakin kuat cipher-nya, serta semakin aman digunakan untuk menyandikan suatu pesan.

Karena proses enkripsi dan dekripsi teks masih menggunakan matriks kunci berukuran 3×3 , dan karakter kode ASCII yang berfungsi untuk memanipulasi teks yang masih dari (33-126), maka untuk kajian selanjutnya perlu menggunakan karakter kode yang lebih besar dan ukuran ordo matriks yang lebih besar lagi bahkan menggunakan model transformasi kriptografi yang lain; dan membutuhkan simulasi untuk menguji kekuatan cipher yang dikembangkan serta perlunya pengembangan software aplikasi dalam bentuk dekstop untuk memudahkan enciphering dan deciphering agar lebih menarik (rencananya akan dikembangkan bersama-sama team dari laboratorium FKIP unram, serta kolega dosen teknik informatika unram menggunakan bahasa pemrograman: javascript atau python) .

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, E. R., & Kurniati, A. (2009). Pemanfaatan Kriptografi dalam Mewujudkan Keamanan Informasi pada e-voting di Indonesia. *Seminar Nasional Informatika 2009 (SemnasIF 2009) UPN "Veteran" Yogyakarta, 23 Mei 2009, 2009(semnasIF)*, 22–28.
- Anton, H., & Rorres, C. (2014). *Elementary Linear Algebra, Application Version, 11 th Edition* (11 th). Wiley.
- Cop, P., & Purnama, R. A. (2015). *Sistem Keamanan E-Voting Menggunakan Algoritma Kode ASCII*. *I(1)*, 84–95.
- Dawahdeh, Z. E., Yaakob, S. N., & Razif bin Othman, R. (2018). A new image encryption technique combining Elliptic Curve Cryptosystem with Hill Cipher. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*.
<https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2017.06.004>
- Hamdani, D., & Rachman, S. (2018). Encryption and Decryption of Text using Hill Cipher Modified. *3rd International Conference on Science and Technology, Mataram, December 10, 2018*, 227–25.
- Handayani, E., Pratitis, W. L., Nur, A., Mashuri, S. A., & Nugroho, B. (2017). *PERANCANGAN APLIKASI KRIPTOGRAFI BERBASIS WEB DENGAN ALGORITMA DOUBLE CAESAR CIPHER MENGGUNAKAN TABEL ASCII*. 241–246.
- Hernawati, K. (2006a). Implementasi Cipher Hill pada kode ASCII dengan Memanfaatkan Digit Desimal Bilangan Euler. *Seminar Nasional MIPA 2006 Dengan Tema "Penelitian, Pendidikan, Dan Penerapan MIPA Serta Peranannya Dalam Peningkatan Keprofesionalan Pendidik Dan Tenaga Kependidikan" Yang Diselenggarakan Oleh Fakultas MIPA UNY, Yogyakarta Pada Tanggal 1 Agustus 2006*.
- Hernawati, K. (2006b). *Implementasi Cipher Viginere pada kode ASCII dengan memanfaatkan Digit Desimal Bilangan Euler*. 1–9.
- Injosoft. (2020). *ASCII Code - The extended ASCII table* (pp. 1–7). <http://www.ascii-code.com/>
- Munir, R. (2008). *Pengantar Ilmu Kriptografi*. Penerbit Andi.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Munir, R. (2016). *Matematika Diskrit*. Informatika.
- Pujari, S. K., Bhattacharjee, G., & Bhoi, S. (2018). A Hybridized Model for Image Encryption through Genetic Algorithm and DNA Sequence. *Procedia Computer Science*.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.023>
- Reddy, K. A., Vishnuvardhan, B., Madhuviswanatham, & Krishna, A. V. N. (2012). A Modified Hill Cipher Based on Circulant Matrices. *Procedia Technology*, 4, 114–118.
<https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.05.016>
- Rosen, K. H. (2011). *Elementary Number Theory & Its Applications (Sixth Edition)* (Sixth Edit). Addison-Wesley is an imprint of Pearson.
- Stallings, W. (2011). *CRYPTOGRAPHY AND NETWORK SECURITY PRINCIPLES AND PRACTICE, FIFTH EDITION*. Prentice Hall.
- Tutorial Point. (2014). *Cyptography tutorial. Organizational Behavior*, 1–305.
- Ubhad, S. A., Chaubey, P. N., & Dubey, P. S. P. (2015). *Advanced ASCII Based Cryptography Using Matrix Operation , Palindrome Range , Unique id*. *4(8)*, 66–71.
- Wikipedia contributors. (2020). *ASCII*. Wikipedia, The Free Encyclopedia.