

# APLIKASI ENKRIPSI DAN DEKRIPSI PESAN DENGAN ALGORITMA VIGENERE CIPHER PADA PONSEL MENGGUNAKAN J2ME

Nanang Tri Prasetyo<sup>1</sup>, R. Rizal Isnanto<sup>2</sup>, Adian Fatchurrohimi<sup>2</sup>

**Abstrak** : Saat ini ponsel merupakan kebutuhan bagi setiap orang untuk berkomunikasi. Apalagi ponsel mempunyai fasilitas pesan singkat yang mempunyai tarif lebih murah dibandingkan dengan komunikasi suara lewat ponsel. Namun demikian pesan yang dikirim dalam pesan singkat berbentuk pesan asli ( plaintext ) sehingga berbahaya jika pesan yang dikirimkan bersifat pribadi dan hanya orang tertentu yang boleh membaca pesan tersebut. Untuk itu dalam tugas akhir ini dibahas tentang perancangan program aplikasi yang bertujuan untuk mengenkripsi dan mendekripsi pesan menggunakan algoritma Vigenere. Hasil akhir dari tugas akhir ini adalah suatu program aplikasi dengan ukuran berkas yang relatif kecil sehingga dapat dipasang pada ponsel. Aplikasi ini dapat berjalan pada ponsel dengan spesifikasi khusus, yaitu ponsel Java dengan MIDP 2.0 dan CLDC 1.1. Program aplikasi ini menghasilkan pesan acak yang sulit diterjemahkan jika tidak mempunyai kunci untuk membukanya dan terbatas pada karakter alfabet.

**Kata-kunci** : Kriptografi, enkripsi, dekripsi, Vigenere.

Telepon seluler (Ponsel) merupakan media komunikasi bergerak yang dapat digunakan di mana saja dan kapan saja kita berada asalkan mendukung sinyal dari operator yang digunakan. Dengan ponsel kita dapat berkomunikasi baik lewat suara ataupun lewat pesan teks, sehingga informasi dan proses bisnis dapat berjalan dengan lancar. Komunikasi pesan singkat mempunyai tarif lebih murah dibandingkan dengan komunikasi suara lewat ponsel. Sehingga banyak sekali masyarakat yang menggunakan pesan singkat untuk berkomunikasi. Namun demikian, pesan yang dikirim dalam SMS berbentuk pesan asli (plaintext) sehingga berbahaya jika pesan yang dikirimkan bersifat pribadi dan hanya orang tertentu yang boleh membaca pesan tersebut. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah menggunakan teknik penyandian kriptografi.

Tujuan pembuatan tugas Akhir ini adalah memberikan keamanan pesan SMS dengan cara mengenkripsi pesan yang akan dikirim.

Pembatasan masalah untuk Tugas akhir ini adalah pertama, Algoritma yang digunakan dalam sistem, yaitu algoritma Vigenere cipher. Kedua, Aplikasi hanya diuji pada tipe ponsel Motorola V3X dan Sony Ericsson W830.

## Kriptografi

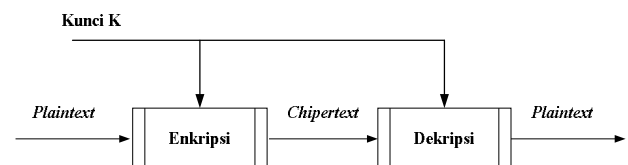
Kriptografi merupakan seni dan ilmu menyembunyikan informasi dari penerima yang tidak berhak. Kata *cryptography* berasal dari kata Yunani *kryptos* (tersembunyi) dan *graphein* (menulis).

Kriptografi mempunyai tujuan antara lain :

- a. Kerahasiaan Data (*Confidentiality*). Untuk melindungi identitas pemakai atau isi pesan agar tidak dapat dibaca oleh orang lain yang tidak berhak.

- b. Integritas Data (*Data Integrity*). Untuk melindungi pesan agar tidak diubah oleh orang lain.
- c. Autentikasi (*Authentication*). Untuk menjamin keaslian pesan.
- d. Tak-penolakan (*Non repudiation*). Membuktikan suatu pesan berasal dari seseorang, apabila ia menyangkal mengirim pesan tersebut.

Pesan atau informasi yang dapat dibaca disebut dengan *plaintext* atau *cleartext*. Proses yang digunakan untuk menyamarkan atau menyembunyikan *plaintext* tersebut disebut dengan enkripsi. Teks yang sudah disamarkan atau disembunyikan pada proses enkripsi berisi informasi yang tidak dapat atau tidak mudah dibaca dan dimengerti dengan jelas. Teks hasil *enkripsi* ini disebut dengan *chipertext*. Proses kebalikan enkripsi, yaitu mengubah *chipertext* menjadi *plaintext* disebut dengan proses dekripsi. Diperlukan kunci yaitu kode untuk melakukan enkripsi dan dekripsi.



Gambar 1. Skema Kriptografi Simetris

Penggunaan metode ini membutuhkan persetujuan antara pengirim dan penerima tentang kunci sebelum mereka saling mengirim pesan. Keamanan dari kunci simetris tergantung pada kerahasiaan kunci, apabila seorang penyusup dapat menemukan kunci maka dengan mudah dapat membaca pesan yang sudah dienkripsi.

<sup>1</sup> Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro

<sup>2</sup> Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro

## Kriptosistem Vigenere Cipher

*Vigenere Cipher* merupakan salah satu algoritma kriptografi yang dipopulerkan oleh Blaise de Vigenere seorang diplomat dari Perancis, metode ini dikenal dengan sistem sandi Vigenere. Sistem sandi Vigenere adalah sistem sandi substitusi multi-alfabet, yaitu sistem sandi dengan pergeseran alfabet yang berlainan disesuaikan dengan kata kuncinya. Misalnya huruf 'A' pada *plaintext* dapat menjadi huruf 'P' atau 'H' pada *chipertext* yang berkaitan, bergantung pada kunci yang diberikan. Metode enkripsi ini dilakukan dengan menggunakan sebuah tabel yang berbentuk matriks alfabet yang dinamakan bujursangkar Vigenere seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Bujursangkar Vigenere

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

Matriks tersebut berisikan baris-baris alfabet yang telah diberi nomor dari 0 sampai 25. Setiap baris dan setiap kolom mendapat indeks sebuah huruf alfabet. Proses enkripsi dilakukan dengan cara mengambil karakter pertama kunci sebagai indeks baris dan karakter pertama *plaintext* sebagai indeks kolom. Elemen matriks yang ditunjuk oleh baris kolom tersebut merupakan karakter pada *chipertext*. Proses diulang sampai *plaintext* habis. Jika kunci lebih pendek daripada *plaintext*, maka kunci dapat diulang. Contoh : Misalkan kunci "besok" dan *plaintext* "ini pesan". Karena kunci lebih pendek daripada *plaintext*, kunci akan dirangkaikan beberapa kali sampai cukup panjang. Proses dekripsi dilakukan dengan cara mendapatkan nilai kolom berdasarkan baris (kunci) dan isi matriks (*chipertext*).

<i>Plaintext</i>	I	n	i	P	e	s	a	n
Kunci	b	e	s	o	k	b	e	s
<i>Ciphertext</i>	J	r	a	D	o	t	e	f

Vigenere juga dapat dituliskan dalam bentuk aljabar. Jika huruf A...Z diberi nomor 0 – 25, dan kemudian dilakukan operasi modulo 26, maka proses enkripsi dapat ditulis dalam persamaan (1)

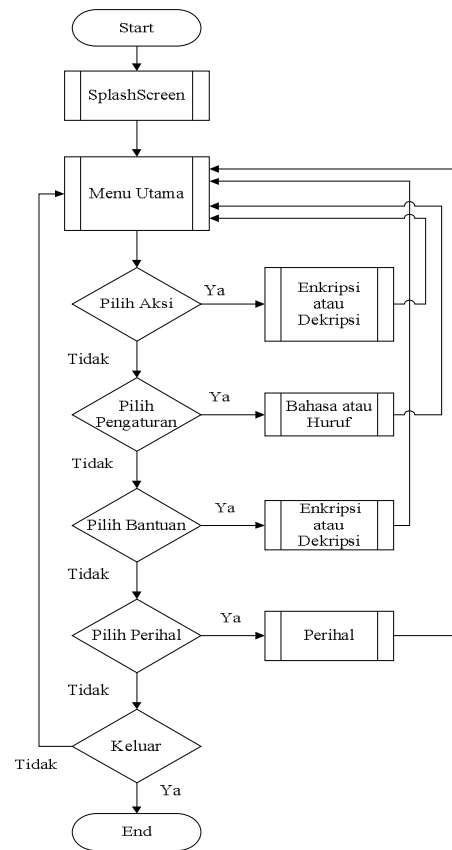
$$C \equiv (P + K) \text{ mod } 26 \quad (1)$$

Dan proses dekripsi dapat ditulis dalam persamaan (2)

$$C \equiv (C - K) \text{ mod } 26 \quad (2)$$

## DIAGRAM ALIR SISTEM

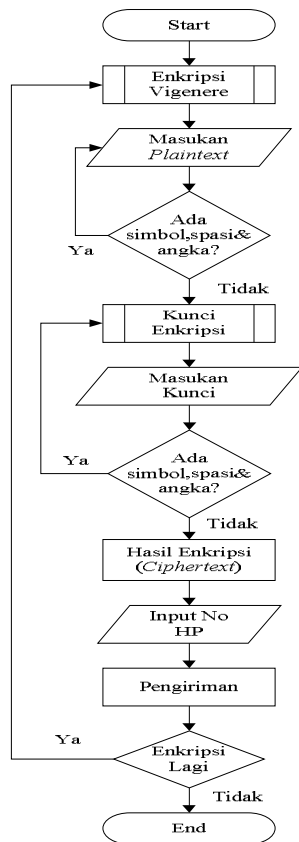
Pada tahap perancangan digunakan diagram alir (*flow chart*) diagram yang akan mendeskripsikan proses kerja dari sistem. Diagram alir sistem pada Gambar 2 menggambarkan aliran proses dari awal sistem, pemilihan menu dan akhir dari sistem.



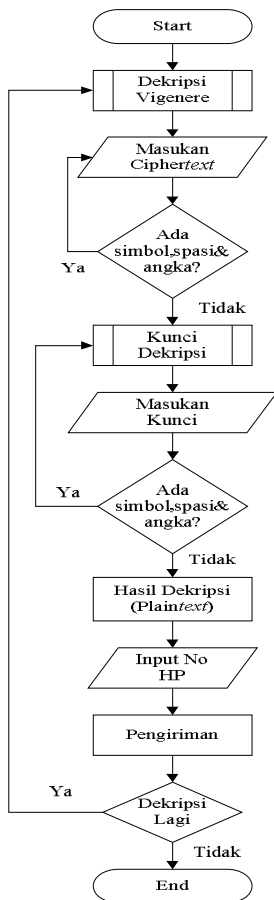
Gambar 2. Diagram Alir Menu Utama

## Diagram Alir Proses Enkripsi

Diagram Alir ini memperlihatkan proses kerja enkripsi pesan dari sistem. Algoritma yang digunakan dalam sistem ini adalah Algoritma Vigenere. Algoritma ini akan mengenkripsi pesan berdasarkan masukan kunci yang digunakan dan hanya terbatas pada karakter alfabet. Gambar 3 menunjukkan diagram alir dari proses enkripsi.



Gambar 3. Diagram Alir Proses Enkripsi



Gambar 4. Diagram Alir Proses Dekripsi

## Diagram Alir Proses Dekripsi

Diagram alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, memperlihatkan jalannya proses dekripsi. Proses kerja sistem untuk dekripsi hampir sama dengan proses enkripsi, mengetikkan karakter *ciphertext*, memasukkan kunci dan akan ditampilkan hasil dekripsi.

## HASIL

### Tampilan Menu Utama

Dalam MenuUtama ini akan disajikan semua fasilitas yang ada dalam aplikasi. Fasilitas tersebut meliputi **PilihAksi**, **Pengaturan**, **Bantuan** dan **Perihal**. Gambar 5 menunjukkan tampilan **Menu Utama** dari aplikasi.



Gambar 5. Tampilan Menu Utama

### Tampilan Masukan Plaintext

Dalam Rancangan Masukan *plaintext* ini menunjukkan tempat untuk memasukkan karakter pesan yang akan dienkripsi. Batas maksimal yang dapat diketikkan dalam layar tersebut adalah 160 karakter alfabet. Gambar 6 menunjukkan tampilan tempat untuk memasukkan karakter *plaintext*.



Gambar 6. Tempat mengetikkan Plaintext

### Tampilan Masukan Kunci

Tampilan ini merupakan tempat untuk memasukkan kunci yang berupa kata, dan batas maksimal karakter alfabet yang dapat dimasukkan sebesar 10 buah karakter. Adapun tempat untuk memasukkan karakter kunci tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan untuk karakter kunci

### Tampilan Hasil Enkripsi

Dalam layar ini akan ditunjukkan hasil dari proses enkripsi dan akan ditampilkan besarnya durasi waktu yang diperlukan untuk proses enkripsi. Gambar 8 menunjukkan tampilan hasil dari proses enkripsi.



Gambar 8. Tampilan hasil Enkripsi

### Tampilan Masukan Ciphertext

Untuk masukan *ciphertext*, **KunciDekripsi** dan **HasilDekripsi** mempunyai rancangan yang hampir sama dengan rancangan pada *plaintext*, Gambar 9 menunjukkan tampilan untuk memasukkan karakter *ciphertext*.



Gambar 9. Tempat mengetikkan *ciphertext*

Sistem ini menggunakan algoritma Vigenere, sehingga karakter yang dapat diproses terbatas pada karakter alfabet. Jika *plaintext* dan *ciphertext* diberi masukan berupa angka, simbol atau spasi, maka sistem tidak akan memproses dan akan menampilkan pesan peringatan “HanyaAlfabet

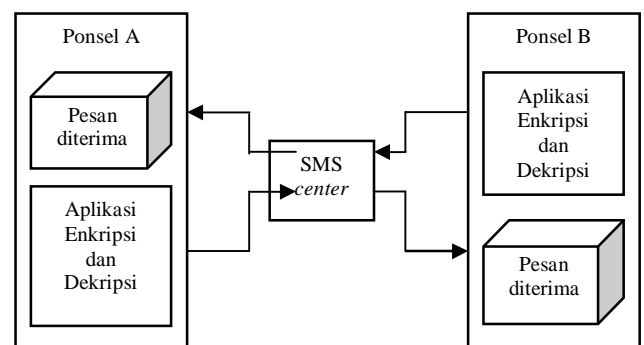
AngkaSimbolDanSpasiTidakDiperkenankan” seperti yang ditunjukkan Gambar 10.



Gambar 10. Pesan Peringatan

## PEMBAHASAN

Sistem secara fungsional dirancang untuk mengenkripsikan dan mendekripsikan pesan yang dikirim dan diterima melalui fitur SMS pada ponsel. Proses enkripsi dilakukan sebelum proses pengiriman pesan sedangkan proses dekripsi dilakukan sesudah pesan tersebut terkirim di ponsel penerima. Dengan kata lain proses enkripsi dan dekripsi dilakukan didalam ponsel. Gambar 11 menunjukkan diagram kerja dari sistem.



Gambar 11 Diagram kerja sistem

Sistem yang telah dirancang ini merupakan sebuah aplikasi yang memiliki spesifikasi khusus untuk penggunaannya. Apabila dibandingkan dengan aplikasi di PC aplikasi ini mempunyai ukuran berkas yang relatif lebih kecil. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi yang digunakan untuk aplikasi ini.

Tabel 2. Spesifikasi sistem

Atribut	Tipa	Keterangan
MIDlet-Name	KriptoPonselNng	Nama dari MIDlet
MIDlet-Jar-Size	125 kb	Ukuran Berkas JAR
MicroEdition Configuration	CLDC 1.1	Versi dari CLDC yang digunakan
MicroEdition Profile	MIDP 2.0	Versi dari MIDP yang digunakan

Emulator merupakan program yang meniru kerja ponsel. Oleh sebab itu MIDlet yang berjalan di emulator belum tentu dapat berjalan pada alat yang sebenarnya. Demikian juga untuk sistem ini, ada bagian sistem yang berjalan baik pada emulator tetapi juga ada yang tidak berjalan baik pada alat yang sebenarnya. Bagian yang tidak dapat berjalan dengan baik antara lain :

1. Tampilan pada **HasilEnkripsi**, untuk ponsel merk Sony Ericsson mempunyai kekurangan, jika karakter yang diketikkan melebihi 30 karakter, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12, maka **HasilEnkripsi** hanya terlihat sebagian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13, hal ini disebabkan keterbatasan ponsel merk Sony Ericsson yang hanya mampu menampilkan TextBox sebesar empat baris karakter, dan dua baris karakter sudah digunakan untuk menampilkan informasi durasi waktu sehingga hanya tersisa dua baris karakter yang masing-masing baris maksimal sebesar 14 sampai 15 karakter.



Gambar 12. Masukan Enkripsi dengan masukan 30 karakter



Gambar 13. Hasil Enkripsi dengan masukan 30 karakter

2. Tampilan **Pengaturan Huruf**, pada ponsel Motorola V3x dapat berjalan sesuai dengan emulator pada PC, tetapi pada ponsel Sony Ericsson pengaturan huruf yang dilakukan tidak mengalami perubahan apapun, hal ini disebabkan karena masing-masing ponsel mempunyai kemampuan dan perangkat lunak yang berbeda. Gambar 14 menunjukkan perbedaan tampilan **Pengaturan Huruf** pada masing-masing alat dan emulator.



Gambar 14. Perbedaan Tampilan Pengaturan Font

3. Tampilan **Pengaturan Bahasa**, masing-masing ponsel dapat berjalan dengan baik, tetapi pada ponsel Sony Ericsson mempunyai tampilan yang sedikit berbeda, seperti pada lingkaran merah yang ditunjukkan pada Gambar 15, hal ini disebabkan masing-masing peralatan mempunyai kemampuan dan perangkat lunak yang berbeda tergantung dari masing-masing vendor pembuat peralatan. Untuk ponsel Motorola V3X mempunyai perangkat lunak versi "R252211LD-AS\_U\_85.98.90R" sedangkan Sony Ericsson W830 mempunyai perangkat lunak versi "CXC1250710R1KG001070418 Sony Ericsson", yang dapat mempengaruhi jalannya MIDlet yang terpasang pada peralatan. Ponsel Sony Ericsson tersebut menggunakan pengaturan Bahasa Indonesia, sedangkan MIDlet menggunakan pengaturan Bahasa Inggris, sehingga terjadi perbedaan antara emulator dengan ponsel Sony Ericsson, perbedaan tersebut berupa tambahan antar muka seperti yang ditunjukkan pada lingkaran merah pada Gambar 15.



Gambar 15. Perbedaan Tampilan Pengaturan Bahasa

4. Durasi yang diberikan pada sistem, untuk emulator durasi waktu yang diberikan tidak mengalami perubahan sama sekali, meskipun karakter yang diproses banyak. Pada tampilan durasi ini masing-masing ponsel dapat berjalan, tetapi untuk durasi waktu yang ditampilkan mempunyai perbedaan, misalkan masing-masing diketikkan huruf sebanyak 30 karakter, maka masing-masing alat akan mempunyai durasi yang berbeda. Untuk emulator Durasi: 0 milidet; Sony Ericsson Durasi: 1 milidet dan Motorola Durasi: 2 milidet Gambar 16 menunjukkan perbedaan durasi waktu dari masing-masing alat.



Gambar 16. Perbedaan Durasi Waktu Alat

Perbedaan durasi tersebut disebabkan karena masing-masing peralatan mempunyai kemampuan komputasi yang berbeda, perbedaan komputasi tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. JVM Test

SPMarkJava 06			
JVM Test Suite		V3X	W830
JVM Score		N/A	2153
		kOps/s	kOps/s
32bitAdd/Subtract		6592	68340
32bitMultiply		3394	33099
32bitDivide		1884	2015
32bitArrayAccess		1577	12925
32bitConditionalCode		2466	20027

Dari Tabel 3 tersebut dapat diketahui bahwa ponsel Sony Ericsson W830 mempunyai kemampuan komputasi yang lebih baik dibandingkan dengan Motorola V3X, sehingga durasi waktu untuk proses komputasi seperti yang dilakukan pada proses enkripsi menjadi lebih cepat, yaitu 1 milidet untuk masukkan 30 karakter dibandingkan ponsel Motorola V3X yang mempunyai durasi waktu 2 milidet dengan jumlah karakter yang sama. Untuk emulator, karena menggunakan komputer yang mempunyai kecepatan komputasi jauh lebih cepat dibandingkan dengan ponsel maka untuk proses enkripsi dengan jumlah karakter yang sama (30karakter) durasi waktu yang dihasilkan tidak ada perubahan, tetap menunjukkan 0 (nol) milidet.

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan proses perencanaan, pembuatan dan pengujian sistem maka dapat dibuat kesimpulan, *pertama*, sistem ini dirancang dan diimplementasikan untuk mengenkripsi dan mendekripsi pesan dalam fitur pesan singkat (SMS). *Kedua*, sistem masih menggunakan algoritma klasik sehingga keamanan masih dirasa kurang, dan hanya terbatas pada karakter alfabet saja sesuai dengan tabel Vigenere. *Ketiga*, perangkat lunak yang dipasang pada ponsel untuk masing-masing *vendor* mempunyai perbedaan, sehingga perbedaan tampilan MIDlet pada masing-masing peralatan sangat dimungkinkan, karena perangkat lunak yang dipasang pada ponsel juga mempengaruhi tampilan pada MIDlet. *Keempat*, setiap peralatan dari *vendor* yang berbeda mempunyai kemampuan komputasi yang berbeda pula, sehingga untuk melakukan suatu operasi perhitungan masing-masing peralatan mempunyai durasi waktu yang berbeda. *Kelima*, sistem tidak mempunyai kotak pesan sehingga untuk melakukan proses enkripsi dan dekripsi pengguna harus mengetikkan ulang pesan yang akan diproses. *Keenam*, sistem ini bersifat kompatibel dengan ponsel yang *enable* Java MIDP 2.0 dan mempunyai spesifikasi CLDC 1.1 seperti yang terdapat pada ponsel merk Motorola V3X dan Sony Ericsson W830.

## SARAN

Setelah aplikasi ini dibuat, maka untuk pemasangan sistem dalam ponsel perlu diperhatikan spesifikasi dari ponsel terutama versi MIDP dan CLDC-nya. Dan ada beberapa hal yang dapat digunakan sebagai bahan penelitian selanjutnya. *Pertama*, supaya keamanan lebih baik dan tidak terbatas pada karakter alfabet maka algoritma yang digunakan dapat diganti dengan algoritma kriptografi yang lain tanpa merusak integritas pesan. *Kedua*, sistem ini diharapkan mempunyai kotak pesan, sebagai fasilitas yang dibutuhkan pada proses enkripsi dan dekripsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Indrajani dan Martin, *Pemrograman Berorientasi Obyek dengan Java*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 2004.
- Isnanto, R, *Buku Ajar Kriptografi*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2004.
- Knudsen, J and Sing Li, *Beginning J2ME From Novice to Professional*, Apress, New York, 2005.
- Mic, C, *Tips J2ME*, <http://www.ilmukomputer.com>, 2003.

Raharjo, B., Heryanto, I., dan Haryono, A, *Tuntunan Pemrograman Java Untuk Handphone*, Informatika, Bandung, 2007.  
Shalahuddin.M dan Rosa A.S, *Pemrograman J2ME Belajar Cepat Pemrograman Perangkat Telekomunikasi Mobile*, Informatika, Bandung, 2006.  
Siregar, I.M, *Membangun Aplikasi Chat Lewat GPRS dengan J2ME Menggunakan netBeans IDE 5.0*, Gava Media, Yogyakarta, 2007.  
---, *Pengembangan Aplikasi Sistem Informasi Akademik Berbasis SMS dengan Java*, Salemba Infotek, Jakarta, 2005.



**Nanang Tri Prasetyo**

(L2F306042)

Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Ekstensi 2006, Bidang Konsentrasi Teknik Informatika dan Komputer. Universitas Diponegoro Semarang.  
Email : nanang.tp@gmail.com

Semarang, September 2008

Menyetujui :

Pembimbing I

R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T.

NIP. 132 288 515

Tanggal :

Pembimbing II

Adian Fatchurrohlim, S.T., M.T

NIP. 132 205 680

Tanggal :