MENINGKATKAN KEAMANAN DATA MENGGUNAKAN OPERASI XOR MODE ALGORITMA CIPHER BLOCK CHAINING (CBC) DENGAN KUNCI ACAK BLUM BLUM SHUB

Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi
Medan

SKRIPSI

OLEH

NAMA	**: WINDI ASMITA**
NPM	**: 1514370082**
PROGRAM STUDI	**: SISTEM KOMPUTER**

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2019

LEMBAR PENGESAHAN

MENINGKATKAN KEAMANAN DATA MENGGUNAKAN OPERASI XOR MODE ALGORITMA CIPHER BLOCK CHAINING (CBC) DENGAN KUNCI ACAK BLUM BLUM SHUB

Disusun Oleh:

NAMA	**: WINDI ASMITA**
NPM	**: 1514370082**
PROGRAM STUDI	**: SISTEM KOMPUTER**

Skripsi Telah Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
Pada Tanggal : 16 Desember 2019

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Eko Hariyanto, S.Kom., M.Kom	**Supina Batubara, S.Kom., M.Kom**

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi	Ketua Program Studi Sistem Komputer
Hasmiani, S.T., M.T	**Eko Hariyanto, S.Kom., M.Kom**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Windi Asmita
NPM : 1514370082
Prodi : Sistem Komputer
Konsentrasi : Keamanan Jaringan Komputer
Judul Skripsi : Meningkatkan Keamanan Data Menggunakan Operasi XOR Mode Algoritma Cipher Block Chaining (CBC) dengan Kunci Acak Blum Blum Shub.

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas Akhir/Skripsi saya bukan hasil Plagiat.
2. Saya tidak akan menuntut perbaikan nilai Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) setelah ujian Sidang Meja Hijau.
3. Skripsi saya dapat dipublikasikan oleh pihak lembaga dan saya tidak akan menuntut akibat publikasi tersebut

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sebenar-benarnya, terima kasih.

Medan, 16 Desember 2019

Yang membuat pernyataan

Windi Asmita
1514370082

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di dalam perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis didalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, 16 Desember 2019

Yang membuat pernyataan

Windi Asmita
1514370082

Telah Diperiksa oleh LPMU
dengan Plagiarisme 10 %
Medan, 07 NOV 2019
Ka. LPMU
Cahyo Pramono, SE,MM

FM-BPAA-2012-041

Hal : Permohonan Meja Hijau

Medan, 07 November 2019
Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
UNPAB Medan
Di -
Tempat

Telah di terima
berkas persyaratan
dapat di proses
Medan, 12 / 11 / 2019
BPAA
TEGUH WAHYONO, SE., MM.

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Windi Asmita
Tempat/Tgl. Lahir	: Minta Kasih / 31 Maret 1998
Nama Orang Tua	: SUWANDI
N. P. M	: 1514370082
Fakultas	: SAINS & TEKNOLOGI
Program Studi	: Sistem Komputer
No. HP	: 085359649513
Alamat	: Jl. Binjai Bahorok Kab. Langkat

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **MENINGKATKAN KEAMANAN DATA MENGGUNAKAN OPERASI XOR MODE ALGORITMA CIPHER BLOK CHAINING (CBC) DENGAN KUNCI ACAK BLUM-BLUM SHUB**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntut ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indek prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkipnya sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 examplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 examplar untuk penguji (bentuk dan warna penjilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya uang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan perincian sbb :

1.	[102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	100.000
2.	[170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,500,000
3.	[202] Bebas Pustaka	: Rp.	100,000
4.	[221] Bebas LAB	: Rp.	5,000
	Total Biaya	: Rp.	~~1,605,000~~ 1.705.000

12/11/19

Periode Wisuda Ke : 64

Ukuran Toga : M

Diketahui/Disetujui oleh

Sri Shindi Indira, S.T.,M.Sc.
Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

Hormat Saya

Windi Asmita
1514370082

Catatan :

- 1.Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
  - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
  - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2.Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.

TANDA BEBAS PUSTAKA
No. 1186/PERP/BP/2019
Dinyatakan tidak ada sangkut paut dengan UPT. Perpustakaan
Medan, 07 NOV 2019
Ka. UPT. Perpustakaan
a/n
SALNIA S.Ip

UKM CENTER PANCA BUDI
12/11-19

Plagiarism Detector v. 1281 - Originality Report

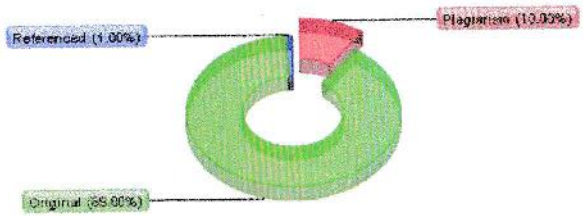
Analyzed document: 04/11/2019 16:53:01

"WINDI ASMITA_1514370082_SISTEM KOMPUTER.docx"

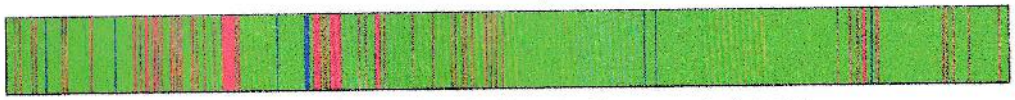
Check Type: Internet - via Google and Bing

Licensed to: Universitas Pembangunan Panca Budi_License2

Relation chart:



Distribution graph:



Comparison Preset: Rewrite. Detected language: Indonesian

Top sources of plagiarism:

% 4	wrds: 702	http://jurtek.akprind.ac.id/sites/default/files/84-89_rahman.pdf
% 2	wrds: 314	https://ndaabian.blogspot.com/2011/03/apa-sih-kriptografi-simetris-asimetris.ht...
% 2	wrds: 242	https://www.domaikom.com/pengertian-dan-fungsi-php-dalam-pemograman-web

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR*

a yang bertanda tangan di bawah ini :

ma Lengkap	: Windi Asmita
pat/Tgl. Lahir	: mintakasih / 31 Maret 1998
mor Pokok Mahasiswa	: 1514370082
gram Studi	: Sistem Komputer
sentrasi	: Keamanan Jaringan Komputer
lah Kredit yang telah dicapai	: 141 SKS, IPK 3.35
mor Hp	: 085359649513
gan ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut	:

Judul
MENINGKATKAN KEAMANAN DATA DENGAN MENGGUNAKAN OPERASI XOR MODE ALGORITMA CIPHER BLOK CHAINING (CBC) DENGAN KUNCI ACAK BLUM-BLUM SHUB

Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

Yang Tidak Perlu

Rektor I

(Ir. Bhakti Alamsyah, M.T., Ph.D.)

Medan, ~~17 Oktober~~ 20 Februari 2019

Pemohon,

(Windi Asmita)

Tanggal : .....

Disahkan oleh :

Dekan

(Sri Shindi Indira, S.T.,M.Sc.)

Tanggal : 19/02/2019

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I :

(Eko Hariyanto, S.Kom., M.Kom)

Tanggal : 19/02/2019

Disetujui oleh:

Ka. Prodi Sistem Komputer

(Eko Hariyanto, S.Kom., M.Kom)

Tanggal : 19/02/2019

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing II:

(Supina Batubara, S.Kom., M.Kom)

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
Jl. Jend. Gatot Subroto Km. 4,5 Telp (061) 8455571
website : www.pancabudi.ac.id email: unpab@pancabudi.ac.id
Medan - Indonesia

ersitas : Universitas Pembangunan Panca Budi
tas : SAINS & TEKNOLOGI
n Pembimbing I : EKO HARIYANTO, S. Kom, M. kom
n Pembimbing II : SUPINA BATUBARA, S. kom, M kom
a Mahasiswa : WINDI ASMITA
an/Program Studi : Sistem Komputer
r Pokok Mahasiswa : 1514370082
ng Pendidikan : S1
Tugas Akhir/Skripsi : Meningkatkan Keamanan Data Menggunakan Oprasi XOR Mode Algoritma Cipher Block Chaining (CBC) Dengan Kunci Acak Blum Blum Shub

NGGAL	PEMBAHASAN MATERI	PARAF	KETERANGAN
/2019.	ACC Sempro.		
9/19	* sesuaikan rumusan masalah dengan Latar belakang		BAB I
-/19	* Acc BAB I		
-19	* tambahkan fitur deskripsi pada program		
-19	* perbaiki tampilan program		
-19	* Acc program		
-19	* Acc Seminar hasil		

Medan, 17 Oktober 2019
Diketahui/Disetujui oleh :
Dekan,

UNPAB INDONESIA
FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Sri Shindi Indira, S.T.,M.Sc.

ang tidak perlu

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
Jl. Jend. Gatot Subroto Km. 4,5 Telp (061) 8455571
website : www.pancabudi.ac.id email: unpab@pancabudi.ac.id
Medan - Indonesia

rsitas : Universitas Pembangunan Panca Budi
tas : SAINS & TEKNOLOGI
n Pembimbing I : EKO HARIYANTO S.Kom, M.kom
n Pembimbing II : SUPINA BATUBARA S.Kom, M.kom.
Mahasiswa : WINDI ASMITA
an/Program Studi : Sistem Komputer
Pokok Mahasiswa : 1514370082
g Pendidikan : S1
Tugas Akhir/Skripsi : Meningkatkan keaman data menggunakan operasi XOR Mode Algoritma Cipher Block Chaing (CB) Dengan kunci Acak Blum-Blum Shub.

NGGAL	PEMBAHASAN MATERI	PARAF	KETERANGAN
10-19	Acc Sidang meja hijau		
-- 19	Acc Jilid Skripsi		

Medan, 17 Oktober 2019
Diketahui/Disetujui oleh :
Dekan

Sri Shindi Indira, S.T.,M.Sc.

g tidak perlu

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
Jl. Jend. Gatot Subroto Km. 4,5 Telp (061) 8455571
website : www.pancabudi.ac.id email: unpab@pancabudi.ac.id
Medan - Indonesia

versitas : Universitas Pembangunan Panca Budi
kultas : SAINS & TEKNOLOGI
sen Pembimbing I : Eko Hariyanto, S.Kom, M.Kom
sen Pembimbing II : Supina Batubara, S.Kom, M.Kom
ma Mahasiswa : WINDI ASMITA
usan/Program Studi : Sistem Komputer
mor Pokok Mahasiswa : 1514370082
jang Pendidikan : S1
ul Tugas Akhir/Skripsi : Meningkatkan Keamanan Data Dengan menggunakan Algoritma XOR Pada mode Operasi CBC (Cipher Block Chaining) Dengan Kunci acak Blum-Blum Shub

TANGGAL	PEMBAHASAN MATERI	PARAF	KETERANGAN
02/2019	Acc Seminar		
05/2019	Revisi Bab I, Lanjut Bab II		
06/2019	Revisi Bab II		
07/2019	Revisi Bab II (Daftar pustaka pakai endnote)		
08/2019	Acc Bab II		
08/2019	Revisi Bab III (Metode Penelitian dll)		
09/2019	Acc Bab III (Lanjut Bab IV)		
10/2019	Acc Seminar Hasil		
20/2019	Acc Sidang Meja Hijau		
12019	Lengkapi lampiran		
12019	Acc jilid		

Medan, 21 Februari 2019
Diketahui/Disetujui oleh :
Dekan,

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
UNPAB INDONESIA

Sri Shindi Indira, S.T.,M.Sc.

yang tidak perlu

YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
LABORATORIUM KOMPUTER
Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Sei Sikambing Telp. 061-8455571
Medan - 20122

KARTU BEBAS PRAKTIKUM

Yang bertanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium Komputer dengan ini menerangkan bahwa :

Nama	:	Windi Asmita
N.P.M.	:	1514370082
Tingkat/Semester	:	Akhir
Fakultas	:	SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi	:	Sistem Komputer

Benar dan telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Komputer Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 06 November 2019
a.n/ Ka. Laboratorium

YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA
LABORATORIUM KOMPUTER
INDONESIA
KAMPUS PANCA BUDI

Fachrid Wadly, S. Kom.

No. Dokumen : FM-LAKO-06-01	Revisi : 01	Tgl. Efektif : 04 Juni 2015

ABSTRAK

WINDI ASMITA
Meningkatkan Keamanan Data Menggunakan Operasi XOR Mode Algoritma Cipher Block Chaining (CBC) dengan Kunci Acak Blum Blum Shub
2019

Penelitian ini bertujuan untuk mengkombinasikan teknik XOR dengan mode operasi *Cipher Block Chaining* (CBC) 256-bits dengan kunci yang dibangkitkan secara acak sepanjang 256-bits dengan algoritma Blum Blum Shub. Kombinasi algoritma yang dihasilkan diimplementasikan dengan bahasa pemrograman PHP untuk kemudian diuji dan dianalisis hasil proses enkripsi dan dekripsi terhadap sampel pesan yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu proses yang dibutuhkan baik untuk enkripsi dan dekripsi sangat cepat, dan perangkat yang dibutuhkan untuk menjalankan aplikasi juga sangat ringan, sehingga algoritma yang dirancang dikategorikan hemat dalam hal sumber daya komputer dan waktu proses yang dibutuhkan. Hasil analisis keamanan juga menunjukkan bahwa dibutuhkan waktu 3,6717 x 10^{49} Juta Tahun untuk memecahkan kunci dengan menggunakan teknik bruto force dan asumsi 10^{14} percobaan perdetik. Cipher text yang dihasilkan juga sangat sensitif terhadap perubahan walau hanya 1 bit data yang dapat merusak seluruh *cipher text* setelahnya, sehingga keaslian *cipher text* juga terjaga karena setiap blok *cipher text* selalu berkaitan dengan blok sebelumnya. Setiap blok yang sama akan menghasilkan blok *cipher text* yang bervariasi dan benar-benar berbeda sehingga *cipher text* aman dari analisis frekuensi.

Kata Kunci : CBC, XOR, Blum Blum Shub, Kriptografi

ABSTRACT

WINDI ASMITA

Improving Data Security Using the XOR Algorithm in the Operation Mode of the Cipher Block Chaining (CBC) Algorithm with the Random Key Blum Blum Shub

2019

This research was conducted to combine the XOR technique with 256-bits Cipher Block Chaining (CBC) operation mode with a 256-bits randomly generated key with the Blum Blum Shub algorithm. The resulting algorithm combination is implemented with the PHP programming language to then be tested and analyzed the results of the encryption and decryption process on the sample message used. The results showed that the processing time needed for both encryption and decryption was very fast, and the device needed to run the application was also very light, so the algorithm designed was categorized as sparing in terms of computer resources and processing time needed. The results of the security analysis also show that it takes 3.6717 x 10^{49} Million Years to break the lock using the gross force technique and the assumption of 10^{14} experiments per second. The resulting cipher text is also very sensitive to changes even though only 1 bit of data can damage the entire cipher text afterwards, so the authenticity of the cipher text is also maintained because each block of cipher text is always related to the previous block. Each same block will produce a cipher text block that varies and is completely different so that the cipher text is safe from frequency analysis.

Keywords: CBC, XOR, Blum Blum Shub, Cryptography

DAFTAR GAMBAR

No. Judul **Halaman**

DAFTAR ISI

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Keamanan pesan pada sebuah komunikasi sangat penting untuk dijaga, terutama kerahasiaan pada pesan sehingga hanya pihak-pihak yang berhak yang dapat membaca pesan tersebut. Kerahasiaan pesan dapat dilakukan dengan menyandi pesan yang dikirim dan secara langsung mengubah isi dari pesan tersebut sehingga tidak lagi memiliki arti atau makna sehingga penyadap pesan tidak dapat memahami informasi dari pesan tersebut. Teknik ini dikenal dengan istilah kriptografi.

Kriptografi akan merahasiakan informasi dengan menyandikannya ke dalam bentuk yang tidak dapat dimengerti lagi maknanya. Saat ini banyak bermunculan algoritma kriptografi yang terus dianalisis, dicoba, dan disempurnakan untuk mencari algoritma yang dianggap memenuhi standar keamanan.

Setiap algoritma memiliki tingkat keamanan yang berbeda-beda, begitu juga dengan tingkat komplektifitas yang berbeda-beda pula. Algoritma dengan tingkat keamanan yang tinggi dan dengan komplektifitas yang rendah akan sangat baik untuk diterapkan, hal ini dikarenakan proses enkripsi dan deskripsi menjadi jauh lebih cepat dan hanya memakan sumber daya komputer yang rendah.

Salah satu algoritma kriptografi yang sangat sederhana namun handal adalah algoritma enkripsi dekripsi dengan teknik XOR. Dimana setiap bit dari *plain text* akan dilakukan operasi XOR dengan setiap bit dari kunci yang dibentuk.

Teknik XOR memiliki kelebihan utama dalam hal kecepatan, dimana teknik XOR menjadi algoritma dengan kecepatan proses enkripsi dan dekripsi tercepat dibandingkan algoritma kriptografi lainnya.

Teknik XOR memiliki proses enkripsi yang sangat cepat, mudah, namun sangat andal. Keamanan pada teknik XOR dapat ditingkatkan dengan memperbanyak kunci yang dimiliki dan melakukan pengacakan terhadap kunci seacak mungkin, sehingga kemungkinan *intruder* mampu menebak kunci yang digunakan mendekati nol. Teknik XOR termasuk dalam algoritma simetris yang dapat dioperasikan dengan mode operasi blok *cipher*, dimana panjang *plain text* akan dibagi-bagi ke dalam bentuk blok-blok pesan dengan panjang tertentu. Semakin panjang blok yang digunakan maka semakin aman hasil enkripsi yang diberikan.

CBC (*Cipher Blok Chaining*) merupakan salah satu mode opersai blok *cipher*, dimana hasil enkripsi dari blok pesan sebelumnya akan digunakan sebagai *initial vektor* untuk mengacak blok pesan selanjutnya sebelum dienkripsi dengan kunci yang digunakan. Sehingga pada mode operasi CBC, *plain text* akan diproses sebanyak dua kali untuk menjamin tidak adanya pemetaan dari setiap blok *cipher text*, sehingga jika *intruder* memiliki potongan dari *plain text*, namun hal tersebut tidak akan banyak membantu.

Oleh karena itu, kekuatan teknik XOR pada mode operasi blok *cipher* CBC terletak dari panjangnya kunci yang digunakan dan pengacakan terhadap kunci. Semakin panjang kunci yang dihasilkan maka *cipher text* yang dihasilkan juga akan semakin kuat. Begitu juga semakin panjang blok yang digunakan maka

kunci yang digunakan juga semakin panjang sehingga keamanan *cipher text* yang dihasilkan juga akan semakin meningkat.

Untuk meningkatkan keacakan dari kunci yang digunakan maka dibutuhkan suatu algoritma khusus untuk membangkitkan bilangan acak. Salah satu algoritma yang dapat digunakan adalah algoritma Blum Blum Shub. Dimana algoritma ini mampu membangkitkan bilangan acak dengan tingkat pengacakan yang sangat tinggi, terutama jika umpan bilangan prima yang diberikan adalah bilangan prima dengan digit yang besar.

Untuk meningkatkan keamanan dari *cipher text*, panjang blok yang digunakan pada penelitian ini ditetapkan sepanjang 256-bits. Hal ini dilakukan karena dengan panjang blok sepanjang 256-bits, maka kemungkinan kunci yang dapat terbentuk adalah sebanyak 1,15 X 10^{77}. Sehingga blok sepanjang 256-bits dapat diasumsikan memiliki kekuatan yang sangat tinggi untuk menjaga kerahasiaan kunci, terutama dari serangan *bruto force*.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini, algoritma teknik XOR pada mode operasi blok *cipher* CBC akan menggunakan blok sepanjang 256-bits dan menggunakan kunci acak yang dibangkitkan dengan algoritma Blum Blum Shub. Adapun laporan hasil penelitian tersebut akan disajikan dalam bentuk laporan skripsi yang berjudul: "*Meningkatkan Keamanan Data Menggunakan Operasi XOR Mode Algoritma Cipher Block Chaining (CBC) dengan Kunci Acak Blum Blum Shub*".

1.2. Rumusan Masalah

Setelah diuraikan latar belakang masalah serta diambilnya identifikasi masalah yang ada, maka dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana meningkatkan keamanan data menggunakan operasi XOR.
2. Bagaimana menerapkan kombinasi Algoritma CBC dengan operasi XOR untuk keamanan data.
3. Bagaimana mengimplementasikan kombinasi operasi XOR mode Algoritma CBC dengan Kunci Acak Blum Blum Shub.

1.3. Batasan Masalah

Mengingat ruang lingkup permasalahan yang ada cukup luas, dan karena adanya keterbatasan, waktu, dana, tenaga, teori, dan agar penelitian dapat dilakukan secara lebih mendalam sehingga hasil yang dicapai dapat seperti apa yang ditujukan, maka dalam penelitian ini diberikan batasan-batasan masalah yang ada sebagai berikut :

1. Panjang blok yang digunakan sepanjang 256-bits.
2. Pesan yang dienkripsi adalah pesan teks yang digunakan merupakan kombinasi alfanumerik dan simbol yang terdaftar pada kode ASCII 8 bit.
3. Fokus pengamanan data dalam penelitian ini hanya berfokus kepada pengamanan pesan teks, tanpa memandang pesan teks tersebut akan dikirim via apa.
4. Teknik enkripsi dan dekripsi yang digunakan adalah teknik XOR
5. Mode operasi blok *cipher* yang digunakan adalah mode CBC (*Cipher Block Chaining).*

6. Kunci yang di gunakan memakai Kunci Acak Blum Blum Shub.
7. Aplikasi dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan keamanan data mengunakan operasi XOR.
2. Mengkombinasikan Algoritma CBC dengan operasi XOR.
3. Mengimplementasikan kombinasi Operasi XOR dengan algoritma CBC dalam bentuk aplikasi.

1.5. Manfaat Penelitian.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan peningkatan keamanan data user menggunakan operasi XOR.
2. Tersedianya alternatif algoritma untuk keamanan data dari kombinasi algoritma CBC dengan operasi XOR..
3. Tersedianya aplikasi untuk keamanan data yang dapat digunakan oleh user dari kombinasi Operasi XOR dengan algoritma CBC.

BAB II
LANDASAN TEORI

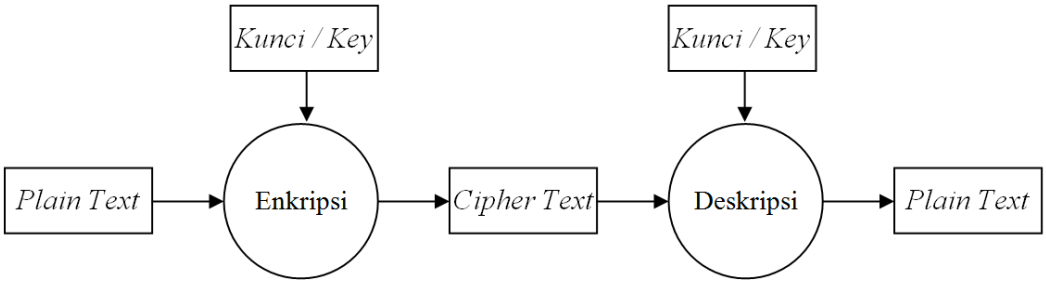
2.1. Kriptografi

2.1.1. Pengertian Kriptografi

Kriptografi adalah ilmu mengenai teknik enkripsi dimana data diacak menggunakan suatu kunci enkripsi menjadi sesuatu yang sulit dibaca oleh seseorang yang tidak memiliki kunci dekripsi. Dekripsi menggunakan kunci dekripsi untuk mendapatkan data asli kembali. Proses enkripsi dilakukan menggunakan suatu algoritma dengan beberapa parameter. Biasanya algoritma tidak dirahasiakan, bahkan enkripsi yang mengandalkan kerahasiaan algoritma dianggap sesuatu yang tidak baik. Rahasia terletak di beberapa parameter yang digunakan, jadi kunci ditentukan oleh parameter. Parameter yang menentukan kunci dekripsi itulah yang harus dirahasiakan (parameter menjadi ekuivalen dengan kunci), Kromodimoeljo (2014).

Scheiner (2016) menyebutkan bahwa kriptografi adalah ilmu sekaligus seni untuk menjaga keamanan pesan. Sedangkan Ariyus (2017) menjelaskan bahwa kriptografi merupakan ilmu atau seni untuk menjaga keamanna pesan ketika pesan dikirimkan dari suatu tempat ke tempat yang lainnya.

Dalam arti lain, kriptografi adalah seni dan ilmu dalam mengamankan pesan. Dalam dunia kriptografi, pesan disebut *plain text* atau *clear text*. Proses untuk menyamarkan pesan dengan cara sedemikian rupa untuk menyembunyikan isi aslinya disebut enkripsi. Pesan yang telah dienkripsi disebut *cipher text*. Proses pengembalian sebuah *cipher text* ke *plain text* disebut dekripsi.



Gambar 2.1. Proses Enkripsi dan Dekripsi Data
Sumber: Subandi (2017)

Dalam kriptografi klasik, teknik enkripsi yang digunakan adalah enkripsi simetris dimana kunci dekripsi sama dengan kunci enkripsi. Untuk kriptografi kunci publik, diperlukan teknik enkripsi asimetris dimana kunci dekripsi tidak sama dengan kunci enkripsi. Enkripsi, dekripsi dan pembuatan kunci untuk teknik enkripsi asimetris memerlukan komputasi yang lebih intensif dibandingkan enkripsi simetris, karena enkripsi asimetris menggunakan bilangan-bilangan yang sangat besar. Namun, walaupun enkripsi asimetris lebih besar dalam komplektifitas dibandingkan enkripsi simetris, kriptografi kunci publik sangat berguna untuk *key management* dan *digital signature*, Kromodimoeljo (2014).

2.1.2. Tujuan Kriptografi

Munir (2016), Ada empat tujuan mendasar dari kriptografi yang juga merupakan aspek keamanan informasi, yaitu:

1. *Privacy/Confidentiality*

   Aspek yang berhubungan dengan penjagaan isi informasi dari siapapun kecuali yang memiliki otoritas atau kunci rahasia untuk membuka informasi yang telah dienkripsi.

2. *Integrity*

   Aspek yang berhubungan dengan penjagaan dari perubahan data secara tidak sah dan menjamin bahwa isi pesan tidak dapat diubah tanpa ijin.

3. *Authentication*

   Aspek yang berhubungan dengan identifikasi atau pengenalan, baik secara kesatuan sistem maupun informasi itu sendiri.

4. *Non-repudiation*

   Usaha untuk mencegah terjadinya penyangkalan terhadap pengiriman suatu informasi oleh yang mengirimkan, atau harus dapat membuktikan bahwa suatu pesan berasal dari seseorang, apabila dia menyangkal mengirim informasi tersebut.

2.1.3. Istilah-Istilah Pada Kriptografi

Munir (2016) menjelaskan terdapat beberapa istilah yang dikenal pada kriptografi, yaitu:

1. Algoritma Kriptografi

   Sebuah algoritma yang digunakan untuk melakukan proses enkripsi terhadap *plain text* menjadi *cipher text* dan proses dekripsi terhadap *cipher text* kembali menjadi *plain text* dengan suatu aturan dan kunci tertentu. Sehingga pada suatu algoritma kriptografi terdapat tiga buah proses, yaitu: *generate key*, enkripsi, dan dekripsi.

2. *Plain text*

   Yaitu pesan atau data dalam bentuk aslinya dapat terbaca. *Plaintext* merupakan masukan bagi algoritma enkripsi.

3. *Cipher text*

   Cipher text adalah keluaran algoritma enkipsi. *Cipher text* dapat dianggap sebagai pesan dalam bentuk tersembunyi. Algoritma enkripsi yang baik akan menghasilkan *cipher text* yang kelihatan acak. Selanjutnya digunakan istilah teks sandi sebagai sinonim kata *cipher text*

4. *Key* (kunci)

   Sebuah kunci yang akan mempengaruhi dan menentukan hasil dari proses enkripsi dan dekripsi dengan suatu algoritma kriptografi. Kunci dapat dibangkitkan dengan suatu aturan algoritma tertentu atau dengan memilih kunci secara bebas.

   Kunci terbagi menjadi dua jenis, yaitu :

   a. Kunci Simetris

      Kunci untuk melakukan proses enkripsi sama dengan kunci untuk melakukan proses dekripsi, sehingga hanya dikenal sebuah kunci untuk satu proses enkripsi dekripsi. Kunci simetris bersifat sangat rahasia, dan mutlak hanya boleh diketahui oleh pengirim dan penerima pesan.

   b. Kunci Asimetris

      Kunci untuk melakukan proses enkripsi berbeda dengan untuk melakukan proses dekripsi. Kunci untuk melakukan proses enkripsi disebut dengan *public key*. *Public key* bersifat tidak rahasia dan boleh diketahui oleh siapapun dan dapat disebarkan secara bebas. Kunci untuk melakukan proses dekripsi disebut sebagai *private key*. *Privatekey* bersifat sangat rahasia dan hanya boleh diketahui oleh penerima pesan

atau pembangkit kunci, bahkan pengirim pesan juga tidak diijinkan mengetahui *private key*.

5. Enkripsi

   Proses mengubah *plain text* menjadi *cipher text* dengan suatu algoritma kriptografi tertentu dan dengan sebuah kunci tertentu. Baik menggunakan kunci simetris atau menggunakan kunci asimetris (*public key*).

6. Dekripsi

   Proses mengubah *cipher text* menjadi *plain text* kembali dengan algoritma kriptografi tertentu dan dengan sebuah kunci tertentu. Baik kunci simetris atau kunci asimetris (*private key*).

2.1.4. Algoritma Kunci Simetris

Munir (2016) menjelaskan bahwa algoritma kunci simetris adalah suatu algoritma kriptografi yang melakukan proses enkripsi dan dekripsi dengan menggunakan sebuah kunci yang sama. Apabila kunci yang digunakan dalam melakukan enkripsi dan dekripsi berbeda, maka menyebabkan keluaran terakhir dari algoritma kacau, sehingga tidak berhasil mengembalikan bentuk *cipher text* ke *plain text* semula. Karena kunci ini memegang peranan yang sangat penting dalam melakukan enkripsi maupun dekripsi, maka algoritma simetris ini disebut juga dengan algoritma kunci rahasia (*secret key algorithm*).

Algortima ini mengharuskan pengirim dan penerima pesan untuk menyetujui kunci yang akan digunakan dan keamanan dari algoritma ini tergantung dari kunci yang digunakan, sehingga kunci ini harus dirahasiakan. Jika

kunci ini disebarkan berarti semua orang dapat melakukan enkripsi dan dekripsi pesan dalam sistem tersebut.

Dalam notasi matematika, proses algoritma kunci rahasia digambarkan sebagai berikut:

$$E_k(P) = C$$

$$D_k(C) = P$$

Keterangan :

E = Fungsi enkripsi

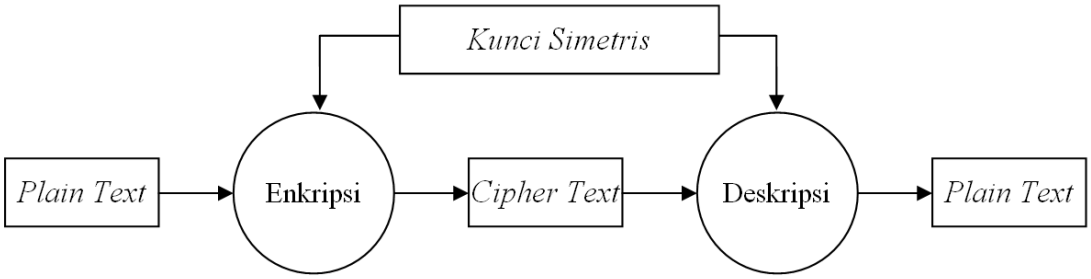
D = Fungsi dekripsi

k = Kunci simetris (sama untuk enkripsi maupun dekripsi)

C = *Cipher text*

P = Pesan (*message*) atau *plain text*.

E_k dan D_k adalah fungsi enkripsi dan dekripsi yang menggunakan kunci yang sama.



Gambar 2.2. Proses Enkripsi dan Dekripsi Data dengan Algoritma Kunci Simetris
Sumber: Subandi (2017)

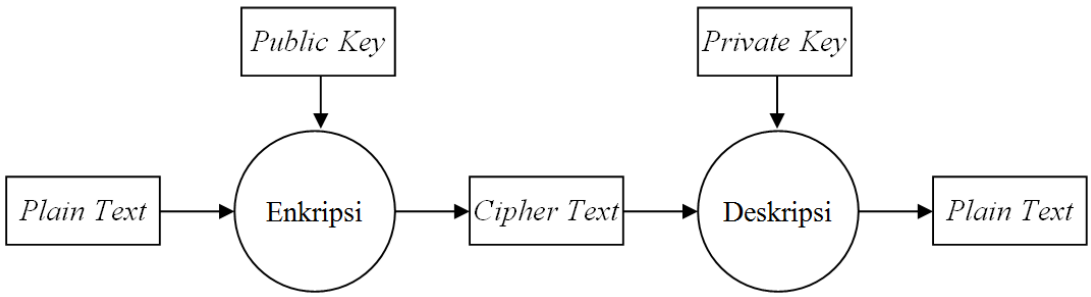
Algoritma Simetris dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu algoritma stream (*stream algorithm*) atau *stream ciphers*, yang beroperasi pada setiap bit

dari *plain text*, dan algoritma blok (*block algorithms*) atau *cipher* blok (*block cipher*s), yang beroperasi pada kelompok-kelompok bit.

2.1.5. Algoritma Kunci Asimetris

Munir (2016) menjelaskan bahwa algoritma kunci publik (disebut juga algoritma kunci asimetris) dirancang sedemikian rupa sehingga kunci yang digunakan untuk enkripsi berbeda dari kunci yang digunakan untuk dekripsi. Selanjutnya, kunci dekripsi tidak dapat dihitung dengan kunci enkripsi (setidaknya dengan proses yang sangat sulit dan atau dengan waktu yang cukup lama).

Algoritma ini disebut kunci publik karena kunci enkripsi dapat diberitahukan ke publik: Orang asing dapat menggunakan kunci enkripsi untuk mengenkripsi pesan, namun hanya orang-orang tertentu saja dengan kunci dekripsi yang sesuai yang dapat mendekripsi pesan. Dalam sistem ini, kunci enkripsi sering disebut sebagai *public key*, dan kunci dekripsi sering disebut *private key*. *Private key* terkadang disebut kunci rahasia, tetapi untuk menghindari kerancuan dengan algoritma simetris, istilah tersebut tidak digunakan, Schneier (2016).



Gambar 2.3. Proses Enkripsi dan Dekripsi Data dengan Algoritma Kunci Asimetris

Sumber: Subandi (2017)

Enkripsi menggunakan kunci publik K disimbolkan :

$$E_{public}\ (P) = C$$

Walaupun *publickey* dan *privatekey* berbeda, dekripsi dengan *privatekey* yang cocok disimbolkan dengan:

$$D_{private}\ (C) = P$$

Keterangan :

E = Fungsi enkripsi

D = Fungsi dekripsi

Public =*Public Key*

Private = *Private Key*

C = *Cipher text*

P = Pesan (*message*) atau *plain text*.

2.2. Teknik XOR

Salah satu algoritma kriptografi simetri yang cukup sederhana adalah algoritma kriptografi XOR. Sesuai dengan namanya, algoritma ini melakukan enkripsi dan dekripsi terhadap sebuah informasi dengan menggunakan kunci tunggal dan operasi bit XOR. Tabel logika dari operasi XOR adalah sebagai berikut: Munir (2016)

Tabel 2.1. Tabel Logika Operasi XOR

A	**B**	**A⊕ B**
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Sumber: Munir (2016)

Beberapa keunggulan operasi XOR dalam melakukan enkripsi adalah: Munir (2016)

1. Bersifat *Closure*

   Artinya operasi XOR terhadap suatu *plain text* yang panjangnya nbit akan menghasilkan *ciphertext* yang panjangnya juga n-bit.

2. Besifat Assosiatif.

   $A \oplus (B \oplus C) = (A \oplus B) \oplus C$

3. Bersifat Komutatif

   $A \oplus B = B \oplus A$

Dengan demikian algoritma kriptografi XOR memiliki sifat *commutative encryption*. Perubahan urutan proses enkripsi dan dekripsi ganda terhadap sebuah *plain text* dengan menggunakan kunci yang sesuai akan menghasilkan *plain text* yang sama: $D_{k2}(D_{k1}(E_{k2}(E_k(P))))=D_{k1}(D_{k2}(E_{k2}(E_{k1}(P))))=P$.

Sebagai contoh akan dilakukan enkripsi dan dekripsi sebanyak masing-masing dua kali terhadap *plain text*: 10101110, *k-1*(kunci-1): 11101110 dan *k-2* (kunci-2): 01101001. Meskipun urutan proses enkripsi-dekripsi yang akan dilakukan berbeda, operasi XOR akan menghasilkan *plain text* yang sama bila jumlah enkripsi dan dekripsi yang dilakukan jumlahnya sama dan menggunakan kunci yang bersesuaian.

Tabel 2.2. Sifat Commutative Encryption pada XOR

$D_{k1}(D_{k2}(E_{k1}(E_{k2}(P))))$	$D_{k2}(E_{k2}(D_{k1}(E_{k1}(P))))$
P:10101110	P:10101110
$C_1 = E_{k2}(P)$:11000111	$C_1 = E_{k1}(P)$:01000000
$C_2 = E_{k1}(C_1)$:00101001	$P = D_{k1}(C_1)$:10101110
$C_1 = D_{k2}(C_2)$:01000000	$C_2 = E_{k2}(P)$:11000111
$P = D_{k1}(C_1)$:10101110	$P = D_{k2}(C_2)$:10101110

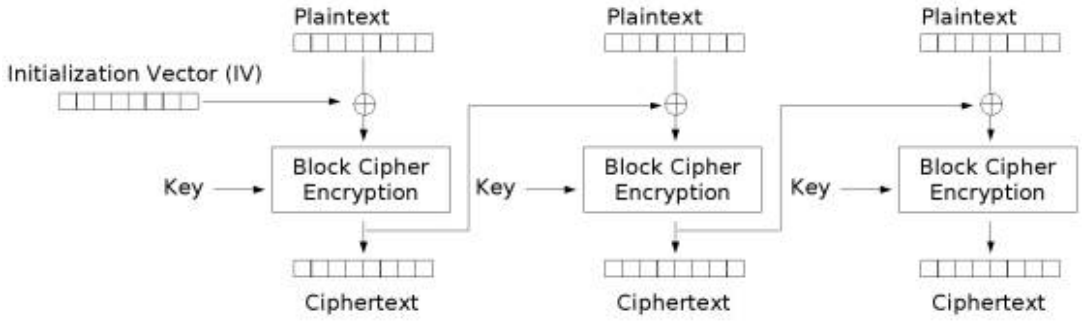
Sumber: Munir (2016)

2.3. CBC (*Cipher Block Chaining*)

Mode *Cipher Block Chaining* (CBC) menerapkan mekanisme umpan-balik (*feedback*) pada sebuah blok, yang dalam hal ini hasil enkripsi blok sebelumnya diumpan-balikkan ke dalam enkripsi blok yang sedang diproses. Caranya, blok *plain text* yang sedang diproses di-XOR-kan terlebih dahulu dengan blok *cipher text* hasil enkripsi sebelumnya, selanjutnya hasil peng-XOR-an ini masuk ke dalam fungsi enkripsi, Pascal (2017).

Pada mode *Cipher Block Chaining* (CBC), setiap blok *cipher text* bergantung tidak hanya pada blok *plain text*nya tetapi juga pada seluruh blok *plain text* sebelumnya. Dekripsi dilakukan dengan memasukkan blok *cipher text* yang sedang diproses ke fungsi dekripsi, kemudian meng-XOR-kan hasilnya dengan blok *cipher text* sebelumnya. Dalam hal ini, Blok *cipher text* sebelumnya berfungsi sebagai umpan-maju (*feed forward*) pada akhir proses dekripsi.

Pada Gambar berikut memperlihatkan skema proses Enkripsi dan Dekripsi pada *Cipher Block Chaining* (CBC).



Gambar 2.4. Diagram Mode Pemrosesan CBC (Cipher Block Chaining)

Sumber:Pascal (2017)

Secara matematis, enkripsi dengan *Cipher Block Chaining* (CBC) dinyatakan pada persamaan:

$$C_i = E_k (P_i \oplus C_{i-1})$$

Pada metode CBC (*Cipher Block Chaining*) blok *plain text* pertama menggunakan C_0 sebagai vektor awal (initialization vector atau IV) yang didefinisikan dengan bit 0 sepanjang blok yang digunakan. Blok-blok *plain text* yang identik dienkripsi menjadi blok-blok *cipher text* yang berbeda hanya jika blok-blok *plain text*nya sebelumnya berbeda. Jika blok-blok *plain text* sebelumnya ada yang sama, maka ada kemungkinan *cipher text*nya sama. Untuk mencegah hal ini, maka digunakan IV yang merupakan data acak sebagai blok pertama. IV tidak mempunyai makna, hanya diguanakan untuk membuat tiap blok *cipher text* menjadi unik. Keuntungan Mode *Cipher Block Chaining* (CBC) pesan menjadi jauh lebih aman untuk dideteksi kuncinya karena kunci tiap blok berbeda beda ergantung dari *plain text* sebelumnya. Terlihat bahwa dengan menggunakan mode CBC, blok *plain text* yang sama dienkripsikan menjadi dua blok *cipher text* yang berbeda. Setelah proses enkripsi dilakukan, maka proses selanjutnya adalah merubah ciphertext menjadi *plain text*, proses ini disebut dengan proses dekripsi. Proses dekripsi merupakan proses kebalikan dari proses enkripsi.

2.4. Pembangkit Bilangan Acak Semu

Pembangkitan bilangan acak sangat dibutuhkan oleh berbagai bidang keilmuan. Namun dua bidang keilmuan yang sangat bergantung pada pembangkitan bilangan acak adalah bidang statistik dan kriptografi. Pada bidang statistik, bilangan acak dibutuhkan untuk menghasilkan suatu analisa statistik, untuk itu bilangan acak harus benar-benar acak. Bila bilangan acak memiliki sifat-sifat tertentu karena hasil perhitungan aritmatika tertentu, misal: berulang, maka

hasil analisas statistiuk yang dihasilkan tidak akurat dan kurang dapat dipercaya. Pada bidang kriptografi, bilangan acak dibutuhkan untuk menghasilkan berbagai hal, seperti menghasilkan kata kunci yang baik, menghasilkan kunci dan padanannya pada algoritma kriptografi asimetrik/publik, membangkitkan vektor inisialisasi pada hampir seluruh algoritma kriptografi dan lainnya, Lietara (2016).

2.4.1. Syarat Algoritma Pembangkit Bilangan Acak Semu

Algoritma pembangkit bilangan acak harus setidaknya memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan pada *Request for Commands* 1750 (*Randomness Recommendations for Security*). Ringkasan dari RFC 1750 adalah sebagai berikut: Lietara (2016)

1. Tidak dapat diprediksi. Suatu algoritma pembangkit bilangan acak harus bersifat tidak dapat diprediksi hasil keluarannya. Sebab dengan dapat memprediksi keluaran suatu algoritma, maka dengan tidak langsung dapat pula mengetahui kelauran dari fungsi kriptografi secara keseluruhan.
2. Untuk algoritma yang berdasarkan pada perangkat keras maka harus tahan akan pembelokan. Yaitu bila perangkat keras dimanipulasi, maka algoritma dapat tahan terhadap manipulasi sumber bilangan tersebut hingga level tertentu yang tidak mungkin lagi dapat ditahan.
3. Untuk algoritma yang berdasarkan perangkat lunak/aritmatika, maka harus memiliki fungsi penggabungan dan pengacakan. Yang berguna untuk mencegah penyerangan terhadap algoritma secara keseluruhan.

2.4.2. Algoritma Blum Blum Shub (BBS)

Blum-blum shub cukup terkenal sebagai sebuah algoritma pembangkit bilangan acak yang baik dikarenakan kemangkusannya dan kesederhanaannya. BBS dibuat pada tahun 1986 oleh tiga orang: Lenore Blum, Manuel Blum, dan Michael Shub, Lietara (2016).

Kromodimoeljo (2014) menjelaskan bahwa algoritma Blum Blum Shub merupakan salah satu algoritma pembangkit bilangan acak semu yang kuat, tidak mudah diprediksi, dan cukup ringan walaupun menggunakan perasi perpangkatan.

Pada penelitian ini, kunci enkripsi-dekripsi algoritma *one time pad* yang digunakan serta kunci perotasian *cipher text* dibangkitkan dengan pembangkit bilangan acak *cryptographically secure pseudorandom generator* (CSPRNG) menggunakan teori bilangan *Blum-Blum Shub*. Algoritma pembangkitan bilangan acak BBS adalah sebagai berikut: Munir (2016)

1. Pilih dua buah bilangan prima rahasia p dan q, yang masing-masing kongruen 3 modulo 4 atau 3 = x mod 4 (dalam praktek bilangan prima yang digunakan cukup besar).
2. Kalikan keduanya menjadi n = pq. Bilangan n ini disebut bilangan bulat Blum.
3. Pilih bilangan acak lain s, sebagai umpan sedemikian sehingga:

   (i) $2 \leq s \leq n$

   (ii) s dan n relatif prima

   Kemudian hitung $x_0 = s^2 \bmod n$

4. Barisan bit acak dihasilkan dengan melakukan iterasi berikut sepanjang yang diinginkan.

   (iii) hitung $x_i = x_{i-1}^2 \bmod n$

   (iv) z_i = bit LSB dari x_i

   Barisan bit acak yang dihasilkan adalah z_1, z_2, z_3, ...

Yang menarik dari algoritma pembangkit bilangan acak ini adalah bahwa tidak perlu melakukan iterasi untuk mendapatkan bilangan acak jika p dan q diketahui, sebab x_i dapat dihitung secara langsung. Keamanan BBS terletak pada sulitnya memfaktorkan. Nilai n tidak perlu rahasia dan dapat diumumkan kepada publik. BBS tidak dapat diprediksi dari arah kiri dan tidak dapat diprediksi dari arah kanan, yaitu berarti jika diberikan barisan bit yang dihasilkan oleh BBS, kriptanalis tidak dapat menganalisa barisan bit sebelumnya dan barisan bit sesudahnya dalam urutan bilangan acak yang dihasilkan.

2.5. DFD (*Data Fow Diagram*)

Ladjamudin (2018) menyebutkan ”*Data Flow Diagram* merupakan model dari sistem untuk menggambarkan pembagian sistem ke modul yang lebih kecil. DFD menggunakan notasi–notasi (simbol–simbol) untuk menggambarkan arus data”.

DFD sering digunakan untuk menggambarkan suatu sistem yang telah ada atau sistem yang akan digambarkan secara logika tanpa mempertimbangkan lingkungan fisik dimana data tersebut mengalir.

Data Flow Diagram memiliki dua kegunaan, yaitu memberikan indikasi bagaimana data ditransformasikan di dalam sistem (dari sejak masuk hingga

menghasilkan keluaran), dan menunjukkan fungsi dan subfungsi yang mentransformasikan aliran data.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam membuat DFD antara lain :

1. DFD dapat terdiri dari beberapa level. Level 0 merupakan level tertinggi. Level 1 adalah penjabaran dari level 0, level 2 adalah penjabaran ari level 1, dst. Semakin rendah levelnya, fungsi yang digambarkanakan semakin rinci.
2. DFD level 0 hanya memiliki satu *bubble* (proses)
3. Setiap proses harus diberi nomor:level no-urut.
4. Masukan dan keluaran utama harus diperhatikan dengan seksama.
5. Proses *refinement* dimulai dengan menentukan kandidat proses, objek data, dan penyimpanan data yang akan direpresentasikan di level berikutnya.
6. Setiap panah (*arrow*) harus diberi nama yang mencerminkan arti panah tersebut.
7. Aliran informasi harus dijaga dari satu level ke level lainnya.
8. Lakukan proses dekomposisi satu per satu (per *bubble*).
9. Tuliskan sebuah P-SPEC (spesifikasi singkat dalam bahasa Inggris atau notasi algoritma) untuk setiap *bubble* di DFD final.

Di dalam suatu data flow diagram terdapat beberapa elemen, yaitu:

1. *Process*

   Process merupakan suatu aktifitas atau fungsi yang menggambarkan secara spesifik tujuan dari proses bisnis.

2. *Data Flow*

   Data flow menunjukkan suatu aliran dari data. Aliran data ini biasanya menghubungkan *process* dengan *process, process* dengan *data store*, juga menghubungkan *external entity* dengan *process.*

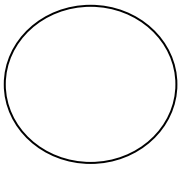
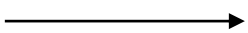
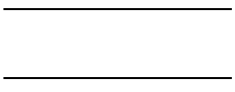
3. *Data Store*

   Data store merupakan kumpulan dari data yang disimpan dengan beberapa cara. Suatu data bisa mengalir masuk kedalam *data store* juga dapat keluar dari *data store.*

4. *External Entity*

   External entity merupakan gambaran dari orang, *user,* ataupun organisasi yang berinteraksi secara langsung dengan sistem.

Tabel 2.3. Simbol-Simbol Elemen DFD Veri Yourdan De Marco

No	Simbol	Nama Simbol	Fungsi
1.		*Entity External* (Kesatuan Luar)	Data harus selalu berasal dari suatu tempat dan harus selalu dikirim ke suatu *storage*
2.		*Process /Atribut*	Mengubah *input* menjadi *output* Data harus selalu diproses dengan cara tertentu untuk menghasilkan fungsi sistem.
3.		*Data Flow* (Aliran Data)	Data mengalir melalui sistem dimulai dengan sebagian *input* dan diubah atau diproses menjadi *output*.
4.		*Data Storage* (Penyimpanan Data)	Untuk menggambarkan simpanan data yang dapat berupa *file* atau *database*.

Sumber: Ladjamudin (2018)

2.6. Flowchart

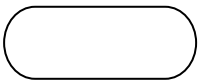
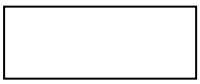
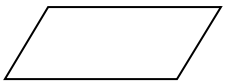
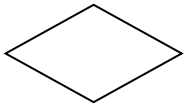
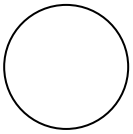
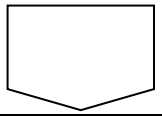
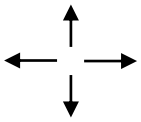
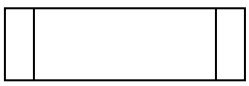
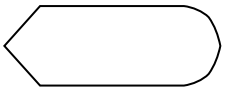
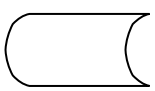
Flowchart yang juga disebut dengan diagram alir merupakan kumpulan simbol-simbol atau skema yang menunjukkan/menggambarkan rangkaian kegiatan-kegiatan program dari awal hingga akhir. *Flowchart* ini merupakan penggambaran dari urutan langkah-langkah pekerjaan dari suatu algoritma.

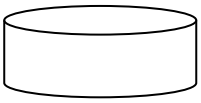
Menurut Jogiyanto (2015) "*flowchart* adalah sekumpulan simbol-simbol yang menunjukkan atau menggambarkan rangkaian kegiatan-kegiatan program dari awal hingga akhir atau suatu bagan yang menggambarkan alir logika dari data yang akan diproses dalam suatu program dari awal sampai akhir bagan alir terdiri dari simbol-simbol yang mewakili fungsi-fungsi langkah program dan garis alir (*flowlines*) menunjukkan alir terdiri dari simbol-simbol yang akan dikerjakan".

Ladjamudin (2018) menyatakan "*flowchart* adalah bagan-bagan yang memiliki arus yang menggambarkan langkah-langkah penyelesaian suatu masalah".

Tujuan utama pembuatan *flowchart* ini adalah untuk menggambarkan suatu tahapan penyelesaian masalah sederhana, terurai, rapi dan jelas. *Flowchart* atau diagram alir merupakan kumpulan simbol-simbol atau skema yang menunjukkan/menggambarkan rangkaian kegiatan-kegiatan program dari awal hingga akhir. *Flowchart* ini merupakan penggambaran dari urutan langkah-langkah pekerjaan dari suatu algoritma. Adapun simbol-simbol *flowchart* lihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2.4. Simbol-Simbol Flowchart

NO	SIMBOL	Nama Simbol	FUNGSI
1.		*Terminal*	untuk memulai atau mengakhiri suatu program
2.		Proses	suatu simbol yang menunjukkan setiap pengolahan yang dilakukan.
3.		*Input-Output*	untuk memasukkan menunjukkan hasil dari suatu proses
4.		*Decision*	suatu kondisi yang akan menghasilkan beberapa kemungkinan jawaban atau pilihan
5.		*Preparation*	suatu simbol yang menyediakan tempat pengolahan
6.		*Connector*	suatu prosedur penghubung yang akan masuk atau keluar melalui simbol ini dalam lembar yang sama
7.		*Off-Page Connector*	merupakan simbol masuk atau keluarannya suatu prosedur pada lembaran kertas lainnya
8.		Arus/*Flow*	dari pada prosedur yang dapat dilakukan atas ke bawah dari bawah ke atas, ke atas dari kiri ke kanan ataupun dari kanan ke kiri
9.		*Predefined Process*	untuk menyatakan sekumpulan langkah proses yang ditulis sebagai prosedur
10.		*Display*	Simbol untuk *output*, yang ditunjukkan ke suatu *device*, seperti *printer*, dan sebagainya
11		*Storage Data*	Penyimpanan *file* secara sementara

NO	SIMBOL	Nama Simbol	FUNGSI
12		*Magnetic Disk*	Menunjukkan *input / Output Harddisk* (media penyimpanan)

Sumber: Ladjamudin (2018)

2.7. PHP

PHP adalah bahasa pemrograman *script server-side* yang didesain untuk pengembangan *web*.Selain itu, PHP juga bisa digunakan sebagai bahasa pemrograman umum. MADCOMS (2015)

MADCOMS (2015) menerangkan bahwa pada awalnya PHP merupakan singkatan dari Personal Home Page (Situs personal). PHP pertama kali dibuat oleh Rasmus Lerdorf pada tahun 1995. Pada waktu itu PHP masih bernama Form Interpreted (FI), yang wujudnya berupa sekumpulan skrip yang digunakan untuk mengolah data formulir dari *web*. Selanjutnya Rasmus merilis kode sumber tersebut untuk umum dan menamakannya PHP/FI. Dengan perilisan kode sumber ini menjadi sumber terbuka, maka banyak pemrogram yang tertarik untuk ikut mengembangkan PHP.

PHP di kembangkan pada tahun 1995 oleh Rasmus Lerdorf, dan sekarang dikelola oleh *The PHP Group*.Situs resmi PHP beralamat di *http://www.php.net*. PHP disebut bahasa pemrograman *server side* karena PHP diproses pada komputer *server*. Hal ini berbeda dibandingkan dengan bahasa pemrograman *client-side* seperti JavaScript yang diproses pada *web browser* (*client*).

Pada awalnya PHP merupakan singkatan dari *Personal Home Page.*Sesuai dengan namanya, PHP digunakan untuk membuat *website* pribadi. Dalam beberapa tahun perkembangannya, PHP menjelma menjadi bahasa pemrograman

web yang *powerful* dan tidak hanya digunakan untuk membuat halaman *web* sederhana, tetapi juga *website* populer yang digunakan oleh jutaan orang seperti *wikipedia*, *wordpress, joomla*, dan lain sebagainya.

Saat ini PHP adalah singkatan dari **PHP: *Hypertext Preprocessor***, sebuah kepanjangan rekursif, yakni permainan kata dimana kepanjangannya terdiri dari singkatan itu sendiri: **P**HP**: H**ypertex**t P**reprocessor. PHP dapat digunakan dengan gratis dan bersifat *Open Source*.PHP dirilis dalam lisensi *PHP License*, sedikit berbeda dengan lisensi *GNU General Public License (GPL)* yang biasa digunakan untuk proyek *Open Source*. Kemudahan dan kepopuleran PHP sudah menjadi standar bagi programmer *web* di seluruh dunia. Menurut *wikipedia* pada februari 2014, sekitar 82% dari *web server* di dunia menggunakan PHP.PHP juga menjadi dasar dari *aplikasi CMS (Content Management System)* populer seperti *Joomla*, *Drupal*, dan *WordPress.*

2.8. Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa penelitian yang terkait dengan penelitian ini:

Tabel 2.5. Penelitian Terkait

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian	Hubungan dengan Penelitian Saai Ini
1	D. Sravan Kumar, C. H. Suneetha, dan A.Chandrasekhar	2016	*A Block Cipher Using Rotation and Logical XOR Operations*	Metode baru enkripsi data dalam blok menggunakan operasi Rotasi dan *Logical XOR* mampu meningkatkan kekuatan dari cipher text dari berbagai serangan-serangan kriptoanalis	Penelitian ini menganalisa penggunaan operasi XOR untuk keamanan data. Penelitian ini penting bagi penelitian yang sedang dilakukan untuk memahami penggunaan dari operasi XOR dalam melakukan enkripsi dan dekripsi data
2	Sridevi	2014	*Construction of Stream Ciphers*	Banyak stream cipher lebih unggul daripada	Penelitian ini melakukan analisa terhadap

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian	Hubungan dengan Penelitian Saai Ini
			from Block Ciphers and their Security	memblokir cipher terkait dengan propagasi kesalahan. Karenanya, membangun stream cipher dari cipher blok dapat menjadi alternatif yang berguna untuk stream cipher lainnya.	keamanan cari mode operasi blok cipher dan merancang algoritma blok cipher dan menganalisa keamanannya. Penelitian ini penting bagi penelitian yang saat ini sedang dilakukan untuk memahami keamanan dari algoritma blok cipher khususnya mode operasi *Electronic Code Book* (ECB)
3	Anita Dashti, Hashem Alvandi Kheradmand, dan Mohammad Davarpanah Jazi	2016	*Comparison Of Three Modes Of Cryptography Operation For Providing Security and Privacy Based on Important Factors*	Dalam makalah ini tiga mode klasik operasi CBC, CFB dan OFB telah diusulkan dalam literatur untuk perbandingan. Fitur perbandingan yang digunakan adalah ukuran blok, throughput, akses acak, propagasi kesalahan, paralelisasi, jenis sandi, dan plaintext yang identik.	Penelitian ini melakukan analisa dan perbandingan dari beberapa mode operasi blok cipher yang sangat berguna bagi penulis untuk memahami skema kerja mode operasi blok cipher yang akan digunakan pada penelitian ini.
4	Gulshan Kumar, Mritunjay Rai, and Gang-soo Lee	2015	*Implementation of Cipher Block Chaining in Wireless Sensor Networks for Security Enhancement*	Kombinasi DES dan Blowfish dalam mode CBC memberikan mekanisme yang efektif untuk peningkatan keamanan yang memberikan kerahasiaan dan otentikasi data yang lebih tinggi.	Penelitian ini menunjukkan efektifitas dari kombinasi algoritma DES dan Blowfish pada mode operasi CBC untuk peningkatan keamanan yang menyediakan kerahasiaan dan otentifikasi data yang tinggi. Penelitian menunjukkan konsep mode CBC dengan menggunakan Algoritma DES dan Blowfish
5	Dewi Rosmala, Riki Aprian	2015	Implementasi Mode Operasi *Cipher Block Chaining* (CBC) Pada Pengamanan Data	Perangkat lunak pengamanan data menggunakan metode *Cipher Block Chaining* (CBC) dapat merahasiahkan data dengan cara merubah data seperti file teks, Rich Text Format, file	Penelitian ini menunjukkan implementasi teknik XOR dengan mode CBC pada perangkat lunak untuk mengamankan data teks. Penelitian ini menunjukkan bagaimana

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian	Hubungan dengan Penelitian Saai Ini
				dokumen menjadi ciphertext yang tidak dapat dimengerti.	implementasi CBC pada aplikasi yang berguna pdaa panelitian yang sedang dilakukan
6	Siska Anraenia, Herdiantia, Mursyid	2016	*Hybrid Methods of Ciphertext and RSA Cryptographic Algorithm Using Classical Vigenère*	Penggabungan kedua metode ini menghasilkan ciphertext yang lebih kuat dan sulit dipecahkan.	Penelitian ini menunjukkan kombinasi dari algoritma RSA dan VIgenere Cipher, dimana cipher text hasil Vigenere cipher akan dienkripsi kembali dengan algoritma RSA untuk menjadi cipher text yang lebih kuat dan lebih sulit untuk dipecahkan. Penelitian ini menunjukkan teknik dari kombinasi sehingga sangat berguna dalam penelitian yang sedang dilakukan.
7	Arif Kurnia Rachman	2015	Perbandingan Mode Chiper Electronic Code Book dan Chiper Block Chaining Dalam Pengamanan Data	Dalam ECB muncul dari fakta bahwa karena blok plainteks yang sama selalu dienkripsi menjadi blok cipherteks yang sama, sedangkan mode CBC blok cipherteks bergantung tidak hanya pada blok plainteksnya tetapi juga pada seluruh blok plainteks sebelumnya	Penelitian ini menunjukkan bahwa pada ECB blok plainteks yang sama selalu dienkripsi menjadi blok cipherteks yang sama, sedangkan mode CBC blok cipherteks bergantung tidak hanya pada blok plainteksnya tetapi juga pada seluruh blok plainteks sebelumnya. Penelitian ini penting bagi penelitian yang sedang dilakukan. Penelitian ini menunjukkan kekurangan dan kelebihan dari ECB dan CBC
8	Abdessalem Abidi, Qianxue Wang, Belgacem bouallègue, Mohsen Machhout and Christophe Gyeux	2016	*Quantitative Evaluation of Chaotic CBC Mode of Operation*	*CBC Mode* memiliki pengacakan *plain text* menjadi *cipher text* dengan sangat baik, namun kerusakan sebuah bit dari *cipher text* akan menghancurkan rangkaian *cipher text* selanjutnya sehingga	Penelitian ini mengevaluasi kesensitifian dan expansivitas dari mode CBC untuk memahami ketahanan mode ini dari Chaos. Penelitian ini membantu penulis memahami tingkat keamanan dan

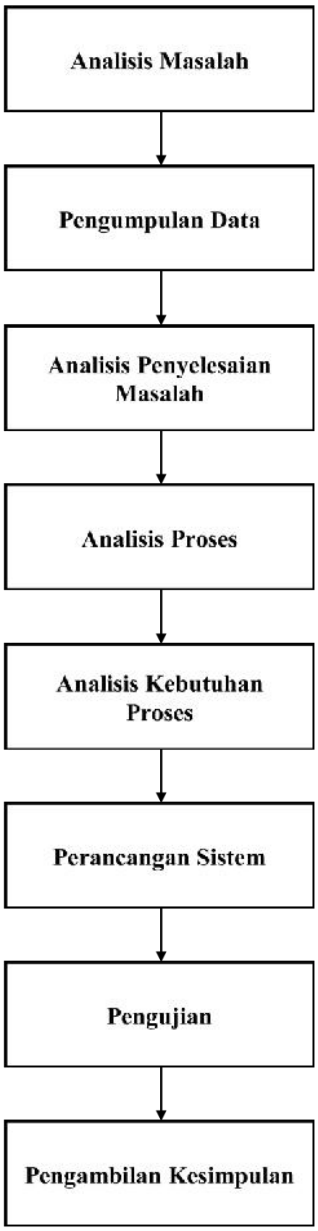
No	Nama	Tahun	Judul	Hasil Penelitian	Hubungan dengan Penelitian Saai Ini
				plain text tidak dapat dikembalikan.	ketahanan dari mode CBC
9	Andreas Parry Lietara	2019	Analisis & Perbandingan Blum Blum Shub dan Inversive Congruential Generator Beserta Implementasinya	Makalah ini akan membahas mengenai dua algoritma pembangkit bilangan acak, yaitu Blum Blum Shub dan *Inversive Congruential Generator,* baik itu cara algoritmanya, cara kerjanya serta perbandingan kedua algoritma tersebut. Dimana Blum Blum Shub lebih mangkus dan lebih aman dari pada *Inversive Congruential Generator*	Penelitian ini membandingkan dua buah algoritma bilangan acak, yaitu *Blum Blum Shub* dan *Inversive Congruential Generator*. Dari segi keamanan dan keceptan prosesnya. Adanya penelitian ini, sangat membantu penulis untuk menentukan algoritma pembangkit bilangan acak yang mana yang lebih efektik dan efisien untuk digunakan dalam penelitian yang yang dilakukan saat ini.
10	Muhammad Barja Sanjaya	2017	Perancangan dan Implementasi Random Number Blum Blum Shub pada Dynamic Cell Spreading untuk Pengamanan Berkas	Algoritma Blum Blum Shub mampu meningkatkan keacakan pada parameter-parameter yang digunakan algoritma Dynamic Cell Spreading	Penelitian ini menunjukkan betapa kuatnya algoritma Blum Blum Shub dan perananya dalam meningkatkan keacakan suatu bilangan yang dibutuhkan pada pembangkitan kunci pada algoritma kriptografi.

Sumber: Berbagai Data yang Dikumpulkan (2019)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang dapat dilihat pada bagan berikut:



Gambar 3.1. Tahapan Penelitian
Sumber: Oleh Penulis (2019)

Penjelasan dari masing-masing tahapan pada bagan di atas adalah sebagai berikut:

1. **Analisis Masalah**

   Tahap ini dilakukan untuk menganalisis masalah yang akan menjadi fokus penelitian untuk kemudian diteliti dan mendapatkan penyelesaian dari masalah.

2. **Pengumpulan Data**

   Teknik pengumpulan data yang dilakukan untuk mendukung penelitian yang sedang dilakukan.

3. **Analisis Penyelesaian Masalah**

   Analisis penyelesaian masalah dari masalah yang menjadi fokus penelitian berdasarkan berbagai data dan teori yang berhasil dikumpulkan sehingga terbentuk suatu bentuk penyelesaian masalah.

4. **Analisis Proses**

   Analisis proses dari penyelesaian masalah yang diusulkan yang terdiri dari tahap pembentukan kunci, tahap enkripsi, dan tahap dekripsi

5. **Analisis Kebutuhan Sistem**

   Analisis terhadap berbagai kebutuhan untuk membangun sistem dalam menerapkan penyelesaian masalah yang diusulkan agar dapat diterapkan dalam bentuk program.

6. Perancangan Sistem

Melakukan perancangan untuk membangun sistem yang terdiri dari rancangan sistem, rancangan database, dan rancangan *interface*.

7. Pengujian

Melakukan pengujian terhadap sistem yang berhasil dibangun. Pengujian dimaksudnya untuk membuktikan apakah penyelesaian masalah yang diusulkan mampu menyelesaikan masalah yang menjadi fokus penelitian.

8. Pengambilan Kesimpulan

Mengambil kesimpulan berdasarkan pengujian yang berhasil dilakukan.

3.2. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini berjenis penelitian laboratorium. Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan berbagai referensi melalui buku, jurnal nasional, dan jurnal international. Penelitian dilakukan dengan melakukan eksperimen komputer dengan menggunakan tools bahasa pemrograman.

3.3. Analisa Sistem yang Berjalan

Meningkatnya kebutuhan akan dan informasi menyebabkan terjadinya perpindahan informasi dalam jumlah besar dan waktu yang cepat. Komunikasi yang bersifat private seharusnya hanya pengirim dan penerima informasi saja yang mengetahui data tersebut. Namun pada kenyataanya banyak terjadi penyadapan yang bertujuan menyalin atau membaca data tersebut tanpa ijin. Hal ini sangat berbahaya jika data tersebut merupakan data yang penting dan dapat merugikan pihak pengirim atau penerima data bahkan pihak lain.

Banyak masyarakat yang belum menyadari tidak amannya data yang dikirimkan dari kemungkinan disadap dan disalahgunakan, sehingga membuat masyarat dengan ceroboh mengirimkan data mereka begitu saja tanpa melakukan pengamanan. Pengiriman data tanpa dilakukan pengamanan terlebih dahulu sangat rentan untuk disadap dimana kemudian data tersebut dapat disalahgunakan oleh pihak lain. Terlebih saat ini data dikirim melalui jaringan dunia dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi, sehingga segala data dapat dengan mudah disadap dari tempat yang sangat jauh atau bahkan di belahan dunia yang lain.

3.3.1. Analisis Masalah

Pendistribusian data antar pengguna membutuhkan jaminan keamanan dimana data yang dikirim tidak dapat dibaca oleh orang lain, sehingga dibutuhkan suatu teknik untuk mengamankannya. Pengiriman datatanpa pengamanan sangat rentan disadap oleh orang lain, sehingga kerahasian pesan yang dikirim oleh pengirim pesan menjadi terancam. Jika pesan tersebut merupakan pesan-pesan yang sangat rahasia, maka sangat berbahaya bila pesan tersebut sampai terbaca oleh orang lain yang tidak berhak. Untuk itu, dibutuhkan sebuah teknik pengaman data yang dapat menjaga kerahasiaan pesan yang dikirim, baik menjaga kerahasiaan pesan saat ditransmisikan atau saat pesan telah diterima dan disimpan oleh penerima pesan.

Kerahasiaan menjadi hal yang sangat penting dalam komunikasi atau pertukaran data. Di era teknologi informasi saat ini, informasi memegang peranan

yang sangat penting. Kerahasiaan informasi ini harus mutlak dijaga agar tidak sampai diketahui oleh orang lain.

Pada proses komunikasi atau pertukaran data, data akan melewati suatu media tertentu, baik media kabel, nirkabel atau keduanya. Tidak ada jaminan bahwa data tersebut tidak akan di sadap saat diperjalanan, sehingga kerahasiaan data akan terancam. Jika data-data tersebut merupakan data-data yang sangat rahasia dan sangat penting, dan data-data tersebut jatuh ke tangan rival atau saingan dari pemilik data, maka dengan mudah rival tersebut akan membahayakan pemilik data karena data rahasianya telah terbongkar.

Sebagai contoh, komunikasi rahasia seorang penjabat tentang penggelapan uang negara, dan KPK berhasil menyadap komunikasi tersebut. Maka KPK akan dengan mudah menangkap penjabat tersebut dengan barang bukti percakapan yang berhasil disadap. Maka penjabat tersebut akan mengalami kerugian yang sangat besar dalam hidupnya. Begitu juga jika data rahasia suatu perusahaan jatuh ke tangan perusahaan saingan, maka perusahaan saingan tersebut dapat membuat kebijakan-kebijakan yang sangat mengancam berdasarkan data rahasia yang berhasil didapatkan

3.3.2. Analisis Penyelesaian Masalah

Salah satu penyelesaian terhadap masalah yang telah dianalisa, maka perlu adanya perlindungan terhadap data yang sedang dikirimkan, sehingga walaupun data berhasil jatuh ke tangan penyadap, tetapi data tersebut menjadi tidak berguna (kerahasiaan tetap terjaga).

Terdapat 3 cara yang dapat dilakukan, yaitu :

1) Disembunyikan pada suatu cover objek, sehingga data atau pesan rahasia tidak lagi tampak. Metode ini dikenal dengan nama steganografi.
2) Isi data/pesan diubah dan diacak sedemikian rupa dengan algoritma tertentu, sehingga tidak lagi memiliki arti. Pesan acak tersebut hanya bisa dikembalikan dengan suatu kunci tertentu. Mekanisme ini disebut dengan teknik kriptografi
3) Kombinasi dari steganografi dan kriptografi. Dimana data terlebih dahulu dienkripsi lalu kemudian disembunyikan ke dalam suatu file sebagai cover objek.

Pada penelitian ini, cara yang dipilih adalah kriptografi, yaitu dengan mengacak-acak (enkripsi) isi pesan hingga tidak memiliki arti dengan teknik kriptografi. Kriptografi adalah salah satu teknik untuk mengamankan data dengan cara mengubah bentuk data menjadi bentuk yang tidak dapat dikenali sehingga pihak asing hanya dapat mengetahui isi data tersebut jika memiliki kunci deskripsi untuk mengembalikan pesan tersebut menjadi pesan aslinya.

Kriptografi terbagi menjadi dua jenis, yaitu kriptografi kunci simetris dan kriptografi kunci asimetris. Kekurangan dari algoritma simetris adalah kunci yang digunakan untuk melakukan enkripsi dan deskripsi adalah sama, sehingga proses pertukaran kunci menjadi sangat sulit dilakukan dengan aman antara pengirim pesan dan penerima pesan. Sedangkan kriptografi kunci asimtris memiliki kunci enkripsi dan kunci deskripsi yang berbeda satu dengan yang lainnya.

Dengan menggunakan teknik kriptografi, maka secara otomatis proses pengiriman data akan bertambah sehingga akan menambah waktu pengiriman,

dimana data harus terlebih dahulu dienkripsi lalu kemudian dikirimkan, setelah diterima oleh penerima data, maka data tadi harus didekripsi terlebih dahulu, sehingga menambah waktu proses. Hal ini menjadi salah satu dampak negatif dari penerapan enkripsi.

Salah satu cara mengurangi dampak negatif kriptografi dalam waktu proses enkripsi dan dekripsi adalah dengan menggunakan algoritma kriptografi yang cepat, hemat, namun tetap memiliki keamanan yang tinggi. Salah satu teknik enkripsi dengan kriptografi yang paling sederhana, cepat, hemat, namun sangat kuat adalah dengan teknik XOR. Teknik XOR memiliki proses enkripsi dan dekripsi yang sangat sederhana namun sanga cepat dan hemat sumber daya komputer. Walau sederhana tetapi teknik XOR sangat kuat jika digunakan pada mode operasi yang tepat. Oleh sebab itu, penggunaan teknik XOR hanya menambah sedikit proses dan waktu.

Untuk meningkatkan keamanan dari *cipher text*, maka teknik XOR dapat dikombinasikan dengan mode operasi CBC (*Cipher Block Chaining*) dengan panjang blok sepanjang 256-*bits*. Mode operasi CBC dipilih karena memiliki kelebihan pemetaan *cipher text* yang sulit ditebak, dimana karakter *cipher text* akan saling berkaitan dan tidak menghasilkan blok pemetaan yang sama dan sulit ditebak. Karena panjang blok yang dipilih untuk mode operasi CBC sepanjang 256-*bits*, maka panjang kunci yang digunakan harus sepanjang 256-*bits*. Untuk meningkatkan keamanan kunci maka kunci yang digunakan harus bersifat acak, sehingga kunci dibangkitkan secara acak.

Blok 256-*bits* dipilih karena dengan panjang blok 256-*bits* maka dibutuhkan kunci acak sepanjang 256-*bits* juga. Sehingga kekuatan kunci sangat kuat, hal ini dikarenakan kombinasi kunci yang dapat terjadi sangat besar, yaitu terdapat 2^{256} kemungkinan kunci yang dapat terjadi. Semua kombinasi kunci mungkin dapat digunakan karena kunci yang digunakan bersifat acak. Banyaknya kunci yang mungkin terjadi adalah: $2^{256} = 1{,}16 \times 10^{77}$ kombinasi kunci yang mungkin terjadi.

Secara matematika, jika penyusup mampu melakukan operasi percobaan kunci dengan teknik bruto force sebanyak 10^{14} atau 100 triliun operasi percobaan perdetik, maka dibutuhkan waktu percobaan sebanyak:

$$\text{Waktu} = 2^{256} / 10^{14} = 1{,}16 \times 10^{63} \text{ detik}$$

$$= 3{,}67 \times 10^{55} \text{ Tahun}$$

Berdasarkan hitungan matematika diatas maka dibutuhkan waktu triliunan tahun untuk menemukan kunci yang tepat. Sehingga berdasarkan analisis ini maka panjang blok 256-*bits* telah cukup aman untuk diterapkan.

Untuk membangkitkan kunci secara acak, maka dibutuhkan algoritma pembangkit bilangan acak yang kuat sehingga menghasilkan deretan bilangan yang benar-benar acak sehingga kunci yang dihasilkan juga benar-benar acak. Salah satu algoritma pembangkit bilangan acak yang dapat digunakan adalah algoritma Blum Blum Shub. Algoritma ini mampu menghasilkan deretan bilangann acak yang sulit ditebak. Kunci yang dibangkitkan hanya digunakan untuk satu kali proses enkripsi dan dekripsi untuk meningkatkan keamanan pesan, sehingga jika ternyata kunci berhasil disadap atau dapatkan penyusup, maka

penyusup tidak dapat menggunakan kunci tersebut untuk mendekripsi *cipher text* lainnya.

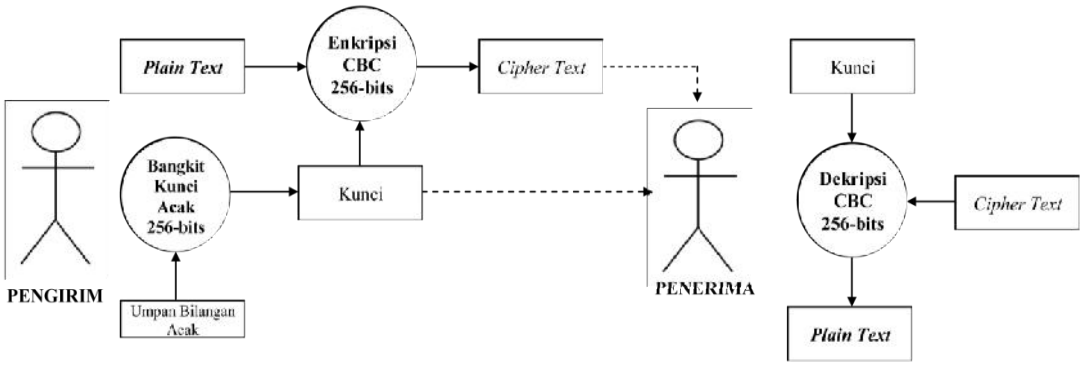
Kombinasi teknik XOR dengan mode operasi CBC (*Cipher Block Chaining*) 256-*bits* dan algoritma Blum Blum Shub diharapkan mampu menghasilkan algoritma kriptografi yang sangat kuat namun sangat cepat sehingga mampu mengamankan data tanpa banyak menambah waktu proses.

Sehingga berdasarkan analisa penyelesaian yang telah diuraikan, ada beberapa syarat yang harus dipenuhi :

1) Panjang Blok Cipher sepanjang 256-*bits* sehingga operasi dilakukan per 256-*bits plain text* atau *cipher text*.
2) Total panjang blok cipher mod 256 harus 0. Jika tidak, maka harus dilakukan *padding*, atau penambahan bit tambahan dengan bit '1' sampai *plain text* mod 256 = 0.
3) Panjang kunci harus sesuai dengan panjang blok, yaitu 256-bit dan harus benar-benar acak dimana kunci acak dibangkitkan dengan algoritma Blum Blum Shub. Kunci hanya boleh digunakan untuk sekali operasi enkripsi dan deskripsi untuk sebuah *plain text*, sedangkan untuk *plain text* yang lain harus menggunakan kunci yang lain.
4) Proses enkripsi dan dekripsi menggunakan teknik XOR agar proses menjadi cepat namun kuat

3.3.3. Analisis Proses

Analisis penyelesaian masalah yang telah dijelaskan dapat dirangkum ke dalam diagram proses berikut ini:



Gambar 3.1. Diagram Proses Penyelesaian Masalah yang Diusulkan
Sumber: Oleh Penulis (2019)

Proses di atas terbagi menjadi dua buah area, yaitu area pengirim pesan dan area penerima pesan. Diagram proses di atas juga terbagi menjadi 3 buah tahap proses, yaitu tahap pertama untuk membangkitkan kunci acak 256-*bits* yang dilakukan pengirim data, tahap kedua pengirm data mengenkripsi *plain text* menjadi *cipher text* menggunakan kunci yang berhasil dibangkitkan, lalu kemudian kunci dan *cipher text* dikirim ke penerima, lalu tahap ketiga penerima data melakukan proses dekripsi terhadap *cipher text* yang diterima.

Pada penjelasan berikut ini, akan dilakukan proses perhitungan manual dari diagram proses di atas dimana *plain text* yang akan dienkripsi adalah:

Plain text = Gantungkanlah cita-citamu lebih tinggi dari langit.

Panjang = 51 karakter = 408 *bits*

1. Tahap Pembangkitan Kunci

Tahap pembangkitan kunci merupakan tahapan pembangkitan kunci acak 256-*bits* dengan menggunakan algoritma Blum Blum Shub. Langkah-langkah membangkitkan kunci adalah sebagai berikut:

1) Pilih bilangan prima p dan q. misal bilangan prima p dan q yang dipilih adalah:

   p = 1987 dan q = 1627.

2) n = p.q = (1987) (1627) = 3232849

3) s = 2085153 , karena GCD(2085153, 3232849) = 1

Setelah itu, bangkitkan bit acak sebanyak 256 bit acak dengan persamaan $x_i = x_{i-1} \bmod n$ lalu kemudian dimodulo dengan 2 untuk menghasilkan serangkaian bilangan acak 0 atau 1, dimana pada perhitungan pertama gunakan persamaan berikut: $x_0 = s \bmod p$

$x_0 = 2085153^2 \bmod 3232849 = 1180460 \bmod 2 = 0$

$x_1 = 1180460^2 \bmod 3232849 = 1811489 \bmod 2 = 1$

$x_2 = 1811489^2 \bmod 3232849 = 1951067 \bmod 2 = 1$

$x_3 = 1951067^2 \bmod 3232849 = 2138083 \bmod 2 = 1$

$x_4 = 2138083^2 \bmod 3232849 = 1717835 \bmod 2 = 1$

$x_5 = 1717835^2 \bmod 3232849 = 2821478 \bmod 2 = 0$

$x_6 = 2821478^2 \bmod 3232849 = 2618736 \bmod 2 = 0$

$x_7 = 2618736^2 \bmod 3232849 = 310976 \bmod 2 = 0$

$x_8 = 310976^2 \bmod 3232849 = 1860439 \bmod 2 = 1$

$x_9 = 1860439^2 \bmod 3232849 = 2887965 \bmod 2 = 1$

$x_{10} = 2887965^2 \bmod 3232849 = 1993048 \bmod 2 = 0$

$x_{11} = 1993048^2 \bmod 3232849 = 3202665 \bmod 2 = 1$

$x_{12} = 3202665^2 \bmod 3232849 = 2643287 \bmod 2 = 1$

$x_{13} = 2643287^2 \bmod 3232849 = 358760 \bmod 2 = 0$

$x_{14} = 358760^2 \bmod 3232849 = 2553212 \bmod 2 = 0$

$x_{15} = 2553212^2 \bmod 3232849 = 219498 \bmod 2 = 0$

$x_{16} = 219498^2 \bmod 3232849 = 223357 \bmod 2 = 1$

$x_{17} = 223357^2 \bmod 3232849 = 2256530 \bmod 2 = 0$

$x_{18} = 2256530^2 \bmod 3232849 = 2960658 \bmod 2 = 0$

$x_{19} = 2960658^2 \bmod 3232849 = 739948 \bmod 2 = 0$

$x_{20} = 739948^2 \bmod 3232849 = 1270366 \bmod 2 = 0$

$x_{21} = 1270366^2 \bmod 3232849 = 1251703 \bmod 2 = 1$

$x_{22} = 1251703^2 \bmod 3232849 = 2159396 \bmod 2 = 0$

$x_{23} = 2159396^2 \bmod 3232849 = 809894 \bmod 2 = 0$

$x_{24} = 809894^2 \bmod 3232849 = 2626230 \bmod 2 = 0$

$x_{25} = 2626230^2 \bmod 3232849 = 1108038 \bmod 2 = 0$

$x_{26} = 1108038^2 \bmod 3232849 = 2679016 \bmod 2 = 0$

$x_{27} = 2679016^2 \bmod 3232849 = 1511618 \bmod 2 = 0$

$x_{28} = 1511618^2 \bmod 3232849 = 1606177 \bmod 2 = 1$

$x_{29} = 1606177^2 \bmod 3232849 = 751876 \bmod 2 = 0$

$x_{30} = 751876^2 \bmod 3232849 = 2146142 \bmod 2 = 0$

$x_{31} = 2146142^2 \bmod 3232849 = 1459790 \bmod 2 = 0$

$x_{32} = 1459790^2 \bmod 3232849 = 2700166 \bmod 2 = 0$

$x_{33} = 2700166^2 \bmod 3232849 = 788910 \bmod 2 = 0$

$x_{34} = 788910^2 \bmod 3232849 = 597167 \bmod 2 = 1$

$x_{35} = 597167^2 \bmod 3232849 = 2551246 \bmod 2 = 0$

$x_{36} = 2551246^2 \bmod 3232849 = 2851215 \bmod 2 = 1$

$x_{37} = 2851215^2 \bmod 3232849 = 1429657 \bmod 2 = 1$

$x_{38} = 1429657^2 \bmod 3232849 = 2082983 \bmod 2 = 1$

$x_{39} = 2082983^2 \bmod 3232849 = 1836842 \bmod 2 = 0$

$x_{40} = 1836842^2 \bmod 3232849 = 3044171 \bmod 2 = 1$

$x_{41} = 3044171^2 \bmod 3232849 = 2487345 \bmod 2 = 1$

$x_{42} = 2487345^2 \bmod 3232849 = 978181 \bmod 2 = 1$

$x_{43} = 978181^2 \bmod 3232849 = 2051684 \bmod 2 = 0$

$x_{44} = 2051684^2 \bmod 3232849 = 1839879 \bmod 2 = 1$

$x_{45} = 1839879^2 \bmod 3232849 = 2985402 \bmod 2 = 0$

$x_{46} = 2985402^2 \bmod 3232849 = 3090598 \bmod 2 = 0$

$x_{47} = 3090598^2 \bmod 3232849 = 945110 \bmod 2 = 0$

$x_{48} = 945110^2 \bmod 3232849 = 3199098 \bmod 2 = 0$

$x_{49} = 3199098^2 \bmod 3232849 = 1167153 \bmod 2 = 1$

$x_{50} = 1167153^2 \bmod 3232849 = 1145185 \bmod 2 = 1$

$x_{51} = 1145185^2 \bmod 3232849 = 1460338 \bmod 2 = 0$

$x_{52} = 1460338^2 \bmod 3232849 = 2670055 \bmod 2 = 1$

$x_{53} = 2670055^2 \bmod 3232849 = 1938510 \bmod 2 = 0$

$x_{54} = 1938510^2 \bmod 3232849 = 2602386 \bmod 2 = 0$

$x_{55} = 2602386^2 \bmod 3232849 = 1576970 \bmod 2 = 0$

$x_{56} = 1576970^2 \bmod 3232849 = 848989 \bmod 2 = 1$

$x_{57} = 848989^2 \bmod 3232849 = 2473326 \bmod 2 = 0$

$x_{58} = 2473326^2 \bmod 3232849 = 2379120 \bmod 2 = 0$

$x_{59} = 2379120^2 \bmod 3232849 = 932693 \bmod 2 = 1$

$x_{60} = 932693^2 \bmod 3232849 = 1826235 \bmod 2 = 1$

$x_{61} = 1826235^2 \bmod 3232849 = 1165714 \bmod 2 = 0$

$x_{62} = 1165714^2 \bmod 3232849 = 3079683 \bmod 2 = 1$

$x_{63} = 3079683^2 \bmod 3232849 = 2271212 \bmod 2 = 0$

$x_{64} = 2271212^2 \bmod 3232849 = 2194715 \bmod 2 = 1$

$x_{65} = 2194715^2 \bmod 3232849 = 262222 \bmod 2 = 0$

$x_{66} = 262222^2 \bmod 3232849 = 911903 \bmod 2 = 1$

$x_{67} = 911903^2 \bmod 3232849 = 730233 \bmod 2 = 1$

$x_{68} = 730233^2 \bmod 3232849 = 1188833 \bmod 2 = 1$

$x_{69} = 1188833^2 \bmod 3232849 = 3140314 \bmod 2 = 0$

$x_{70} = 3140314^2 \bmod 3232849 = 2142073 \bmod 2 = 1$

$x_{71} = 2142073^2 \bmod 3232849 = 399008 \bmod 2 = 0$

$x_{72} = 399008^2 \bmod 3232849 = 2502210 \bmod 2 = 0$

$x_{73} = 2502210^2 \bmod 3232849 = 2691498 \bmod 2 = 0$

$x_{74} = 2691498^2 \bmod 3232849 = 3143351 \bmod 2 = 1$

$x_{75} = 3143351^2 \bmod 3232849 = 2125031 \bmod 2 = 1$

$x_{76} = 2125031^2 \bmod 3232849 = 118046 \bmod 2 = 0$

$x_{77} = 118046^2 \bmod 3232849 = 1278926 \bmod 2 = 0$

$x_{78} = 1278926^2 \bmod 3232849 = 1460473 \bmod 2 = 1$

$x_{79} = 1460473^2 \bmod 3232849 = 2571962 \bmod 2 = 0$

$x_{80} = 2571962^2 \bmod 3232849 = 795473 \bmod 2 = 1$

$x_{81} = 795473^2 \bmod 3232849 = 2060412 \bmod 2 = 0$

$x_{82} = 2060412^2 \bmod 3232849 = 1124169 \bmod 2 = 1$

$x_{83} = 1124169^2 \bmod 3232849 = 2937971 \bmod 2 = 1$

$x_{84} = 2937971^2 \bmod 3232849 = 2328180 \bmod 2 = 0$

$x_{85} = 2328180^2 \bmod 3232849 = 1179570 \bmod 2 = 0$

$x_{86} = 1179570^2 \bmod 3232849 = 2736639 \bmod 2 = 1$

$x_{87} = 2736639^2 \bmod 3232849 = 885713 \bmod 2 = 1$

$x_{88} = 885713^2 \bmod 3232849 = 1147180 \bmod 2 = 0$

$x_{89} = 1147180^2 \bmod 3232849 = 247178 \bmod 2 = 0$

$x_{90} = 247178^2 \bmod 3232849 = 2583282 \bmod 2 = 0$

$x_{91} = 2583282^2 \bmod 3232849 = 2000254 \bmod 2 = 0$

$x_{92} = 2000254^2 \bmod 3232849 = 115079 \bmod 2 = 1$

$x_{93} = 115079^2 \bmod 3232849 = 1426737 \bmod 2 = 1$

$x_{94} = 1426737^2 \bmod 3232849 = 2162923 \bmod 2 = 1$

$x_{95} = 2162923^2 \bmod 3232849 = 2745972 \bmod 2 = 0$

$x_{96} = 2745972^2 \bmod 3232849 = 560204 \bmod 2 = 0$

$x_{97} = 560204^2 \bmod 3232849 = 2937790 \bmod 2 = 0$

$x_{98} = 2937790^2 \bmod 3232849 = 2422760 \bmod 2 = 0$

$x_{99} = 2422760^2 \bmod 3232849 = 1703713 \bmod 2 = 1$

$x_{100} = 1703713^2 \bmod 3232849 = 1881776 \bmod 2 = 0$

$x_{101} = 1881776^2 \bmod 3232849 = 2391969 \bmod 2 = 1$

$x_{102} = 2391969^2 \bmod 3232849 = 139667 \bmod 2 = 1$

$x_{103} = 139667^2 \bmod 3232849 = 3092872 \bmod 2 = 0$

$x_{104} = 3092872^2 \bmod 3232849 = 2495589 \bmod 2 = 1$

$x_{105} = 2495589^2 \bmod 3232849 = 473834 \bmod 2 = 0$

$x_{106} = 473834^2 \bmod 3232849 = 529355 \bmod 2 = 1$

$x_{107} = 529355^2 \bmod 3232849 = 3063252 \bmod 2 = 0$

$x_{108} = 3063252^2 \bmod 3232849 = 484856 \bmod 2 = 0$

$x_{109} = 484856^2 \bmod 3232849 = 2260003 \bmod 2 = 1$

$x_{110} = 2260003^2 \bmod 3232849 = 3096419 \bmod 2 = 1$

$x_{111} = 3096419^2 \bmod 3232849 = 1633207 \bmod 2 = 1$

$x_{112} = 1633207^2 \bmod 3232849 = 2819080 \bmod 2 = 0$

$x_{113} = 2819080^2 \bmod 3232849 = 2800868 \bmod 2 = 0$

$x_{114} = 2800868^2 \bmod 3232849 = 1074383 \bmod 2 = 1$

$x_{115} = 1074383^2 \bmod 3232849 = 396692 \bmod 2 = 0$

$x_{116} = 396692^2 \bmod 3232849 = 2384940 \bmod 2 = 0$

$x_{117} = 2384940^2 \bmod 3232849 = 2848869 \bmod 2 = 1$

$x_{118} = 2848869^2 \bmod 3232849 = 96057 \bmod 2 = 1$

$x_{119} = 96057^2 \bmod 3232849 = 396203 \bmod 2 = 1$

$x_{120} = 396203^2 \bmod 3232849 = 2601165 \bmod 2 = 1$

$x_{121} = 2601165^2 \bmod 3232849 = 589484 \bmod 2 = 0$

$x_{122} = 589484^2 \bmod 3232849 = 2145793 \bmod 2 = 1$

$x_{123} = 2145793^2 \bmod 3232849 = 383562 \bmod 2 = 0$

$x_{124} = 383562^2 \bmod 3232849 = 2548401 \bmod 2 = 1$

$x_{125} = 2548401^2 \bmod 3232849 = 148963 \bmod 2 = 1$

$x_{126} = 148963^2 \bmod 3232849 = 2932682 \bmod 2 = 0$

$x_{127} = 2932682^2 \bmod 3232849 = 726259 \bmod 2 = 1$

$x_{128} = 726259^2 \bmod 3232849 = 3122184 \bmod 2 = 0$

$x_{129} = 3122184^2 \bmod 3232849 = 710213 \bmod 2 = 1$

$x_{130} = 710213^2 \bmod 3232849 = 472993 \bmod 2 = 1$

$x_{131} = 472993^2 \bmod 3232849 = 2761551 \bmod 2 = 1$

$x_{132} = 2761551^2 \bmod 3232849 = 2448561 \bmod 2 = 1$

$x_{133} = 2448561^2 \bmod 3232849 = 3186261 \bmod 2 = 1$

$x_{134} = 3186261^2 \bmod 3232849 = 1200065 \bmod 2 = 1$

$x_{135} = 1200065^2 \bmod 3232849 = 2595950 \bmod 2 = 0$

$x_{136} = 2595950^2 \bmod 3232849 = 1840775 \bmod 2 = 1$

$x_{137} = 1840775^2 \bmod 3232849 = 112557 \bmod 2 = 1$

$x_{138} = 112557^2 \bmod 3232849 = 2775867 \bmod 2 = 1$

$x_{139} = 2775867^2 \bmod 3232849 = 201471 \bmod 2 = 1$

$x_{140} = 201471^2 \bmod 3232849 = 2144646 \bmod 2 = 0$

$x_{141} = 2144646^2 \bmod 3232849 = 2879056 \bmod 2 = 0$

$x_{142} = 2879056^2 \bmod 3232849 = 39267 \bmod 2 = 1$

$x_{143} = 39267^2 \bmod 3232849 = 3061165 \bmod 2 = 1$

$x_{144} = 3061165^2 \bmod 3232849 = 1511523 \bmod 2 = 1$

$x_{145} = 1511523^2 \bmod 3232849 = 2131343 \bmod 2 = 1$

$x_{146} = 2131343^2 \bmod 3232849 = 1375544 \bmod 2 = 0$

$x_{147} = 1375544^2 \bmod 3232849 = 2666065 \bmod 2 = 1$

$x_{148} = 2666065^2 \bmod 3232849 = 2363224 \bmod 2 = 0$

$x_{149} = 2363224^2 \bmod 3232849 = 205451 \bmod 2 = 1$

$x_{150} = 205451^2 \bmod 3232849 = 2036857 \bmod 2 = 1$

$x_{151} = 2036857^2 \bmod 3232849 = 194071 \bmod 2 = 1$

$x_{152} = 194071^2 \bmod 3232849 = 862191 \bmod 2 = 1$

$x_{153} = 862191^2 \bmod 3232849 = 2322874 \bmod 2 = 0$

$x_{154} = 2322874^2 \bmod 3232849 = 2256312 \bmod 2 = 0$

$x_{155} = 2256312^2 \bmod 3232849 = 1947198 \bmod 2 = 0$

$x_{156} = 1947198^2 \bmod 3232849 = 991383 \bmod 2 = 1$

$x_{157} = 991383^2 \bmod 3232849 = 2431105 \bmod 2 = 1$

$x_{158} = 2431105^2 \bmod 3232849 = 2842017 \bmod 2 = 1$

$x_{159} = 2842017^2 \bmod 3232849 = 769823 \bmod 2 = 1$

$x_{160} = 769823^2 \bmod 3232849 = 969743 \bmod 2 = 1$

$x_{161} = 969743^2 \bmod 3232849 = 1273288 \bmod 2 = 0$

$x_{162} = 1273288^2 \bmod 3232849 = 1488840 \bmod 2 = 0$

$x_{163} = 1488840^2 \bmod 3232849 = 2834562 \bmod 2 = 0$

$x_{164} = 2834562^2 \bmod 3232849 = 3099637 \bmod 2 = 1$

$x_{165} = 3099637^2 \bmod 3232849 = 328783 \bmod 2 = 1$

$x_{166} = 328783^2 \bmod 3232849 = 1489076 \bmod 2 = 0$

$x_{167} = 1489076^2 \bmod 3232849 = 861656 \bmod 2 = 0$

$x_{168} = 861656^2 \bmod 3232849 = 1426694 \bmod 2 = 0$

$x_{169} = 1426694^2 \bmod 3232849 = 2313652 \bmod 2 = 0$

$x_{170} = 2313652^2 \bmod 3232849 = 1874414 \bmod 2 = 0$

$x_{171} = 1874414^2 \bmod 3232849 = 3111535 \bmod 2 = 1$

$x_{172} = 3111535^2 \bmod 3232849 = 1157948 \bmod 2 = 0$

$x_{173} = 1157948^2 \bmod 3232849 = 50860 \bmod 2 = 0$

$x_{174} = 50860^2 \bmod 3232849 = 460400 \bmod 2 = 0$

$x_{175} = 460400^2 \bmod 3232849 = 3182466 \bmod 2 = 0$

$x_{176} = 3182466^2 \bmod 3232849 = 660224 \bmod 2 = 0$

$x_{177} = 660224^2 \bmod 3232849 = 1000959 \bmod 2 = 1$

$x_{178} = 1000959^2 \bmod 3232849 = 823299 \bmod 2 = 1$

$x_{179} = 823299^2 \bmod 3232849 = 2724967 \bmod 2 = 1$

$x_{180} = 2724967^2 \bmod 3232849 = 1569912 \bmod 2 = 0$

$x_{181} = 1569912^2 \bmod 3232849 = 3061312 \bmod 2 = 0$

$x_{182} = 3061312^2 \bmod 3232849 = 2783620 \bmod 2 = 0$

$x_{183} = 2783620^2 \bmod 3232849 = 2561314 \bmod 2 = 0$

$x_{184} = 2561314^2 \bmod 3232849 = 2683517 \bmod 2 = 1$

$x_{185} = 2683517^2 \bmod 3232849 = 1822017 \bmod 2 = 1$

$x_{186} = 1822017^2 \bmod 3232849 = 1200018 \bmod 2 = 0$

$x_{187} = 1200018^2 \bmod 3232849 = 2941764 \bmod 2 = 0$

$x_{188} = 2941764^2 \bmod 3232849 = 737784 \bmod 2 = 0$

$x_{189} = 737784^2 \bmod 3232849 = 745979 \bmod 2 = 1$

$x_{190} = 745979^2 \bmod 3232849 = 1438675 \bmod 2 = 1$

$x_{191} = 1438675^2 \bmod 3232849 = 2676110 \bmod 2 = 0$

$x_{192} = 2676110^2 \bmod 3232849 = 2450548 \bmod 2 = 0$

$x_{193} = 2450548^2 \bmod 3232849 = 374656 \bmod 2 = 0$

$x_{194} = 374656^2 \bmod 3232849 = 47605 \bmod 2 = 1$

$x_{195} = 47605^2 \bmod 3232849 = 8876 \bmod 2 = 0$

$x_{196} = 8876^2 \bmod 3232849 = 1195000 \bmod 2 = 0$

$x_{197} = 1195000^2 \bmod 3232849 = 1241173 \bmod 2 = 1$

$x_{198} = 1241173^2 \bmod 3232849 = 2908996 \bmod 2 = 0$

$x_{199} = 2908996^2 \bmod 3232849 = 678351 \bmod 2 = 1$

$x_{200} = 678351^2 \bmod 3232849 = 2818239 \bmod 2 = 1$

$x_{201} = 2818239^2 \bmod 3232849 = 1172223 \bmod 2 = 1$

$x_{202} = 1172223^2 \bmod 3232849 = 458524 \bmod 2 = 0$

$x_{203} = 458524^2 \bmod 3232849 = 2389559 \bmod 2 = 1$

$x_{204} = 2389559^2 \bmod 3232849 = 1763872 \bmod 2 = 0$

$x_{205} = 1763872^2 \bmod 3232849 = 2280368 \bmod 2 = 0$

$x_{206} = 2280368^2 \bmod 3232849 = 1804736 \bmod 2 = 0$

$x_{207} = 1804736^2 \bmod 3232849 = 2524988 \bmod 2 = 0$

$x_{208} = 2524988^2 \bmod 3232849 = 1463113 \bmod 2 = 1$

$x_{209} = 1463113^2 \bmod 3232849 = 795590 \bmod 2 = 0$

$x_{210} = 795590^2 \bmod 3232849 = 709541 \bmod 2 = 1$

$x_{211} = 709541^2 \bmod 3232849 = 88760 \bmod 2 = 0$

$x_{212} = 88760^2 \bmod 3232849 = 3117436 \bmod 2 = 0$

$x_{213} = 3117436^2 \bmod 3232849 = 822689 \bmod 2 = 1$

$x_{214} = 822689^2 \bmod 3232849 = 855477 \bmod 2 = 1$

$x_{215} = 855477^2 \bmod 3232849 = 1472305 \bmod 2 = 1$

$x_{216} = 1472305^2 \bmod 3232849 = 1800092 \bmod 2 = 0$

$x_{217} = 1800092^2 \bmod 3232849 = 1395878 \bmod 2 = 0$

$x_{218} = 1395878^2 \bmod 3232849 = 1737245 \bmod 2 = 1$

$x_{219} = 1737245^2 \bmod 3232849 = 471773 \bmod 2 = 1$

$x_{220} = 471773^2 \bmod 3232849 = 1041275 \bmod 2 = 1$

$x_{221} = 1041275^2 \bmod 3232849 = 1330911 \bmod 2 = 1$

$x_{222} = 1330911^2 \bmod 3232849 = 862935 \bmod 2 = 1$

$x_{223} = 862935^2 \bmod 3232849 = 2375565 \bmod 2 = 1$

$x_{224} = 2375565^2 \bmod 3232849 = 2594939 \bmod 2 = 1$

$x_{225} = 2594939^2 \bmod 3232849 = 765923 \bmod 2 = 1$

$x_{226} = 765923^2 \bmod 3232849 = 2029540 \bmod 2 = 0$

$x_{227} = 2029540^2 \bmod 3232849 = 1509418 \bmod 2 = 0$

$x_{228} = 1509418^2 \bmod 3232849 = 2064521 \bmod 2 = 1$

$x_{229} = 2064521^2 \bmod 3232849 = 646559 \bmod 2 = 1$

$x_{230} = 646559^2 \bmod 3232849 = 2069140 \bmod 2 = 0$

$x_{231} = 2069140^2 \bmod 3232849 = 820524 \bmod 2 = 0$

$x_{232} = 820524^2 \bmod 3232849 = 2666081 \bmod 2 = 1$

$x_{233} = 2666081^2 \bmod 3232849 = 390637 \bmod 2 = 1$

$x_{234} = 390637^2 \bmod 3232849 = 327271 \bmod 2 = 1$

$x_{235} = 327271^2 \bmod 3232849 = 2020071 \bmod 2 = 1$

$x_{236} = 2020071^2 \bmod 3232849 = 564848 \bmod 2 = 0$

$x_{237} = 564848^2 \bmod 3232849 = 162445 \bmod 2 = 1$

$x_{238} = 162445^2 \bmod 3232849 = 1864487 \bmod 2 = 1$

$x_{239} = 1864487^2 \bmod 3232849 = 147828 \bmod 2 = 0$

$x_{240} = 147828^2 \bmod 3232849 = 2291193 \bmod 2 = 1$

$x_{241} = 2291193^2 \bmod 3232849 = 500069 \bmod 2 = 1$

$x_{242} = 500069^2 \bmod 3232849 = 1668913 \bmod 2 = 1$

$x_{243} = 1668913^2 \bmod 3232849 = 3079921 \bmod 2 = 1$

$x_{244} = 3079921^2 \bmod 3232849 = 543518 \bmod 2 = 0$

$x_{245} = 543518^2 \bmod 3232849 = 540402 \bmod 2 = 0$

$x_{246} = 540402^2 \bmod 3232849 = 1372887 \bmod 2 = 1$

$x_{247} = 1372887^2 \bmod 3232849 = 3090789 \bmod 2 = 1$

$x_{248} = 3090789^2 \bmod 3232849 = 1600142 \bmod 2 = 0$

$x_{249} = 1600142^2 \bmod 3232849 = 2450825 \bmod 2 = 1$

$x_{250} = 2450825^2 \bmod 3232849 = 258397 \bmod 2 = 1$

$x_{251} = 258397^2 \bmod 3232849 = 979212 \bmod 2 = 0$

$x_{252} = 979212^2 \bmod 3232849 = 2826091 \bmod 2 = 1$

$x_{253} = 2826091^2 \bmod 3232849 = 1324442 \bmod 2 = 0$

$x_{254} = 1324442^2 \bmod 3232849 = 2743964 \bmod 2 = 0$

$x_{255} = 2743964^2 \bmod 3232849 = 783806 \bmod 2 = 0$

Gabungkan seluruh bit acak yang diperoleh untuk mendapatkan kunci acak 256-*bits* sebagai berikut:

Kunci :

0111100011011000100001000000100000101110111010000110100010011010101110100011001010110011000011100001011010100111001001111010110111111011110011111010111100011111000110000010000011100000110001100010010111010000101001110011111111100110011111011011111001101101000

Lalu konversi kunci tersebut ke dalam bentuk bilangan heksadesimal sebagai berikut:

Kunci :

78d884082ee8689aba32b30e16a727ad7ef3d78f8c1070c625d0a73fccf6f36

8

2. Tahap Enkripsi

Tahap enkripsi merupakan tahapan untuk melakukan proses enkripsi terhadap *plain text* dengan teknik XOR pada mode operasi CBC 256-*bits*..

Misal, terdapat sebuah pesan atau *plain text* yang sangat rahasia yang akan dikirimkan, maka pesan ini harus dienkripsi terlebih dahulu agar terjaga kerahasiaannya. Andai pesan tersebut adalah:

Plain text = Gantungkanlah cita-citamu lebih tinggi dari langit.

Pesan tersebut memiliki:

Panjang Karakter = 51

Panjang Biner = 408

Kemudian konversi setiap karakter dari *plain text* ke dalam bentuk biner 8-*bits*, sehingga menjadi:

G = 01000111

a = 01100001

n = 01101110

t = 01110100

u = 01110101

n = 01101110

g = 01100111

k = 01101011

a = 01100001

n = 01101110

l = 01101100

a = 01100001

h = 01101000

spasi = 00100000

c = 01100011

i = 01101001

t = 01110100

a = 01100001

- = 00101101

c = 01100011

i = 01101001

t = 01110100

a = 01100001

m = 01101101

u = 01110101

spasi = 00100000

l = 01101100

e = 01100101

b = 01100010

i = 01101001

h = 01101000

spasi = 00100000

t = 01110100

i = 01101001

n = 01101110

g = 01100111

g = 01100111

i = 01101001

spasi = 00100000

d = 01100100

a = 01100001

r = 01110010

i = 01101001

spasi = 00100000

l = 01101100

a = 01100001

n = 01101110

g = 01100111

i = 01101001

t = 01110100

. = 00101110

Sehingga *plain text* dalam bentuk biner menjadi:

Plain text =

01000111011000010110111001110100011101010110111001100111011010110111000010110111001101100011000010110100000100000011000110100100111010001100001001011010110001101101001011101000110001011011010111010100100000011010000110000101110010011010010010000000110110001101000010000000111010001101001011011100110011101100111011001001000000110010001100001011100100110100100100000011011000110000101110111001100111011010010111010000101110

Mengingat mode operasi blok cipher CBC yang dipilih beroperasi dengan panjang blok 256-*bits*, maka *plain text* dibagi ke dalam blok-blok berukuran 256-*bits*, dimana jika blok terakhir panjangnya kurang dari 256-*bits*, maka ditambahkan bit padding '1' sepanjang yang dibutuhkan sehingga panjang blok terakhir tetap 256-*bits*. Untuk menghitung jumlah bit padding maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Bit padding = 256 – (panjang biner *plain text* mod 256)

Bit padding = 256 – (408 mod 256)

Bit padding = 256 – 152

Bit padding = 104

Sehingga berdasarkan perhitungan di atas, maka *plain text* perlu ritambahkan bit padding "1" sebanyak 104 buah bit.

Seperti contoh berikut ini:

Blok ke – 0

0100011101100001011011100111010001110101011011100110011101101011000010110111001101100011000010110100000100000011000110110100011101000110000100101101011000110110100101110100011000010010110101100011011010010111010001100001011010111010100100000011011000110010101100010011010010001011010

Blok ke – 1

0111010001101001011011100110011101100111011010010010000001100100011000010111001001101001001000000110011101101001011101000010**1110111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111**

104 *bits* ‘1’ di atas merupakan bit padding (bit tambahan) agar blok terakhir tetap memiliki panjang 256-*bits*.

Kemudian lakukan proses enkripsi untuk masing-masing blok dengan kunci acak 256-*bits* yang sebelumnya berhasil dibangkitkan, yaitu:

Kunci =

78d884082ee8689aba32b30e16a727ad7ef3d78f8c1070c625d0a73fccf6f368

Kemudian konversi kunci acak tersebut ke dalam bentuk biner sehingga menjadi:

Kunci =

0111100011011000100001000000100000101110111010000110100010011010101110100011001010110011000011100001011010100111001001111

1010110101111110111100111101011110001111100011000001000001111
0000110001100010010111010000101001110011111111001100111101101
1111001101101000

Tentukan nilai awal dari *Initial Vector* (IV), yaitu deretan bit "0" sepanjang 256-*bits*.

Initial Vector (IV) =

0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
0000000000000000

Lakukan proses XOR terhadap blok ke - 0 dari biner *plain text* dengan IV awal. Proses tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1. Proses XOR Plain text Blok ke - 0 dengan Initial Vector (IV)

Blok Pesan	***Plain text***	***Initial Vector* (IV)**	***Hasil IV***
Blok ke - 0	010001110110000101 101110011101000111 010101101110011001 110110101101100001 011011100110110001 100001011010000010 000001100011011010 010111010001100001 001011010110001101 101001011101000110 000101101101011101 010010000001101100 011001010110001001 101001011010000010 0000	000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 0000	010001110110000101 101110011101000111 010101101110011001 110110101101100001 011011100110110001 100001011010000010 000001100011011010 010111010001100001 001011010110001101 101001011101000110 000101101101011101 010010000001101100 011001010110001001 101001011010000010 0000

Sumber: Oleh Penulis (2019)

Proses di atas menghasilkan deretan hasil operasi XOR dari *plain text* dengan IV yang menghasilkan hasil IV. Kemudian hasil IV dilakukan proses XOR kembali dengan kunci acak 256-*bits*. Proses tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.2. Proses XOR Plain text Blok ke - 0 dengan Kunci Acak

Blok Pesan	***Hasil IV***	**Kunci**	***Cipher text***
Blok ke - 0	010001110110000101 101110011101000111 010101101110011001 110110101101100001 011011100110110001 100001011010000010 000001100011011010 010111010001100001 001011010110001101 101001011101000110 000101101101011101 010010000001101100 011001010110001001 1010010110100000100000	011110001101100010 000100000010000010 111011101000011010 001001101010111010 001100101011001100 001110000101101010 011100100111101011 010111111011110011 110101111000111110 001100000100000111 000011000110001001 011101000010100111 001111111100110011 1101101111001101101000	001111111011100111 101010011111000101 101110000110000011 111111000111011011 010111001101111101 101111011111101000 011101000100110001 000000101010010010 111110101110110011 100101011001000001 000110101011010100 001111000011001011 010110101010111010 011111100110110100 1000

Sumber: Oleh Penulis (2019)

Hasil operasi di atas menghasilkan *cipher text* blok ke – 0 yaitu:

00111111101110011110101001111100010110111000011000001111111100011101101101011100110111110110111101111110100001110100010011000100000010101001001011111010111011001110010101011001000001000110101011010100000111100001100101101011010101011101001111110011010010001001000

Kemudian inisialisasikan nilai dari *Initial Vector* (IV) yang baru, dimana *cipher text* blok ke – 0 atau *cipher text* sebelumnya dijadikan sebagai *Initial Vector* (IV) yang baru untuk proses blok selanjutnya, sehingga:

Initial Vector (IV) =

0011111110111001111010100111110001011011100001100000111111110001110110110101110011011111011011110111111010000111010001001100010000001010100100101111101011101100111001010110010000010001101010110101000011110000110010110101101010101110100111111001101101001000

Lakukan proses di atas untuk blok selanjutnya, yaitu blok ke – 1. Dimana *plain text* dari blok ke – 1 di lakukan operasi XOR dengan *Initial Vector* (IV) terbaru. Proses tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.3. Proses XOR Plain text Blok ke - 1 dengan Initial Vector (IV)

Blok Pesan	***Plain text***	***Initial Vector* (IV)**	***Hasil IV***
Blok ke - 1	011101000110100101 101110011001110110 011101101001001000 000110010001100001 011100100110100100 100000011011000110 000101101110011001 110110100101110100 001011101111111111 111111111111111111 111111111111111111 111111111111111111 111111111111111111 111111111111111111 1111	001111111011100111 101010011111000101 101110000110000011 111111000111011011 010111001101111101 101111011111101000 011101000100110001 000000101010010010 111110101110110011 100101011001000001 000110101011010100 001111000011001011 010110101010111010 011111100110110100 1000	010010111101000010 000100000110110011 110011101111001011 111001010110111010 001011101011011001 001111000100101110 011000101010101000 110110001111100110 110101000001001100 011010100110111110 111001010100101011 110000111100110100 101001010101000101 100000011001001011 0111

Sumber: Oleh Penulis (2019)

Proses di atas menghasilkan deretan hasil operasi XOR dari *plain text* dengan IV yang menghasilkan hasil IV. Kemudian hasil IV dilakukan proses XOR kembali dengan kunci acak 256-*bits*. Proses tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.4. Proses XOR Plain text Blok ke - 1 dengan Kunci Acak

Blok Pesan	***Hasil IV***	**Kunci**	***Cipher text***
Blok ke - 1	010010111101000010 000100000110110011 110011101111001011 111001010110111010 001011101011011001 001111000100101110 011000101010101000 110110001111100110 110101000001001100 011010100110111110 111001010100101011 110000111100110100 101001010101000101 100000011001001011 0111	011110001101100010 000100000010000010 111011101000011010 001001101010111010 001100101011001100 001110000101101010 011100100111101011 010111111011110011 110101111000111110 001100000100000111 000011000110001001 011101000010100111 001111111100110011 110110111100110110 1000	001100110000100 000000000100110001 001000000111010001 110000011110000000 000111000000010101 000001000001000100 000100001101000011 100001110100010101 000000111001110010 010110100010111001 111010010010100010 101101111110010011 100110101001110110 010110100101111101 1111

Sumber: Oleh Penulis (2019)

Hasil operasi di atas menghasilkan *cipher text* blok ke – 1 yaitu:

00110011000010000000000000010011000100100000011101000111000011111000000000001110000000101010000010000010001000001000011010000111000011101000101010000001110011100100101101000101110010111010010010100010101101111111001001110011010100111011001011010010010100010101101111110010011100110101001110110010110100100101111111011111

Karena blok *plain text* telah habis, maka proses dihentikan, kemudian gabungkan seluruh *cipher text* yang diperoleh dari setiap blok untuk membentuk *cipher text* yang utuh sebagai berikut:

Cipher text =

00111111101110011110101001111100010110111000011000001111111100011101101101011100110111110110111101111110100001110100010011000100000010101001001011111010111011001110010101100100000101010010010111110101110110011100101011001000001

000110101011010100001111000011001011010110101010111010011111
100110110100100000110011000010000000000000010011000100100000
011101000111000011110000000000011100000001010100000100000100
010000010000110100001110000111010001010100000011100111001001
011010001011100111101001001010001010110111111001001110011010
100111011001011010010111111011111

Lalu konversikan seluruh bit dari *cipher text* ke dalam bentuk heksadesimal, sehingga menjadi:

Cipher text =

3fb9ea7c5b860ff1db5cdf6f7e8744c40a92faece56411ab50f0cb5aae9f9b48
330800131207470f001c054104410d0e1d15039c968b9e928adf939a9d969
7df

3. Tahap Dekripsi

Proses dekripsi dilakukan oleh penerima pesan setelah penerima pesan menerima dua buah data dari pengirim pesan, yaitu *cipher text* dan kunci. Tahap proses dekripsi dapat dijelaskan sebagai berikut:

Konversi *cipher text* yang diterima oleh penerima data dari bentuk heksadesimal ke dalam bentuk biner.

Cipher text Heksadesimal =

3fb9ea7c5b860ff1db5cdf6f7e8744c40a92faece56411ab50f0cb5aae9f9b48
330800131207470f001c054104410d0e1d15039c968b9e928adf939a9d9697df

Konversi menjadi *cipher text* biner =

0011111110111001111010100111110001011011100001100000111111110001110110110101110011011111010111010000111010001001100010000010101001001011111010111011001110010101100100000100011010101101000011110000110010110101101010101110100111111001101101000001100110000100000000000000100110001001000000011101000111000001111000000000011100000001010100000100000100010000010000110100000111000011101000101010000001110011100100101101000101100111010010010100010101101111110010011100110101001110110010010011101101011111101111001111010111100011111000110000010000011100001100011000100101110100001010011100111111110011001111011011110011010001101101000

Begitu juga kunci yang diterima oleh penerima pesan dari bentuk heksadesimal diubah ke dalam bentuk biner.

Kunci Heksadesimal =

78d884082ee8689aba32b30e16a727ad7ef3d78f8c1070c625d0a73fccf6f368

Kunci biner =

0111100011011000100001000000100000101110111010000110100010011010101110100011001010110011000011100001011010100111001001111010110111100111010111111011110011110101111000111111000110000010000011100001100011000100101110100001010011100111111110011001111011011110011010001101101000

Kemudian bagi *cipher text* ke dalam blok sepanjang 256-*bits*, sehingga menjadi:

Cipher text Blok ke – 0 :

0011111110111001111010100111110001011011100001100000011111111 0001110110110101110011011111011011110111111010000111010001001 1 0001000000101010010010111110101110110011100101011001000001000 1 1010101101010000111100001100101101011010101011101001111110011 0 1101001000

Cipher text Blok ke – 1 :

0011001100001000000000000000100110001001000000011101000111000 0 1111000000000000111000000010101000000100000100010000001000011010 0 0011100001110100010101000000111001110010010110100010111001111 0 1001001010001010110111111001001110011010100111011001011010010 1 1111011111

Kemudian lakukan operasi XOR dari blok ke – 0 dengan kunci biner, kemudian hasilnya di proses XOR kembali dengan *Initial Vector* (IV) pertama yaitu serangkaian bit 0 sepanjang 256-*bits*.

Initial Vector (IV) pertama =

000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 0000000000

Adapun proses XOR *cipher text* blok ke – 0 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.5. Proses XOR Cipher Text Blok ke - 0 dengan Kunci Acak

Blok *Cipher Text*	***Cipher Text***	**Kunci**	***Hasil XOR***
Blok ke - 0	001111111011100111 101010011111000101 101110000110000011 111111000111011011 010111001101111101 101111011111101000 011101000100110001 000000101010010010 111110101110110011 100101011001000001 000110101011010100 001111000011001011 010110101010111010 011111100110110100 1000	011110001101100010 000100000010000010 111011101000011010 001001101010111010 001100101011001100 001110000101101010 011100100111101011 010111111011110011 110101111000111110 001100000100000111 000011000110001001 011101000010100111 001111111100110011 110110111100110110 1000	010001110110000101 101110011101000111 010101101110011001 110110101101100001 011011100110110001 100001011010000010 000001100011011010 010111010001100001 001011010110001101 101001011101000110 000101101101011101 010010000001101100 011001010110001001 101001011010000010 0000

Sumber: Oleh Penulis (2019)

Kemudian hasil XOR antara *cipher text* blok ke – 0 dengan kunci di-XOR-kan kembali dengan *Initial Vector* (IV) pertama untuk mendapatkan *plain text* seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3.6. Proses XOR Hasil Blok ke – 0 dengan Initial Vector (IV)

Blok *Cipher Text*	**Hasil XOR**	***Initial Vector* (IV)**	***Plain Text***
Blok ke - 0	001111111011100111 101010011111000101 101110000110000011 111111000111011011 010111001101111101 101111011111101000 011101000100110001 000000101010010010 111110101110110011 100101011001000001 000110101011010100 001111000011001011 010110101010111010 011111100110110100 1000	000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 000000000000000000 0000	010001110110000101 101110011101000111 010101101110011001 110110101101100001 011011100110110001 100001011010000010 000001100011011010 010111010001100001 001011010110001101 101001011101000110 000101101101011101 010010000001101100 011001010110001001 101001011010000010 0000

Sumber: Oleh Penulis (2019)

Selanjutnya nilai dari *Initial Vector* (IV) berubah digantikan dengan nilai dari hasil XOR antara *cipher text* blok sebelumnya (blok ke – 0) dengan kunci sehingga *Initial Vector* (IV) berubah menjadi:

Initial Vector (IV) kedua =

00111111101110011110101001111100010110111000011000001111111100011101101101011100110111110110111101111110100001110100010011000010000001010100100101111101011101100111001010110010000010001101010110101000011110000110010110101101010101110100111111001101101001000

Plain text dari blok ke – 0 telah didapatkan yaitu:

Plain text Blok Ke – 0 =

01000111011000010110111001110100011101010110111001100111011010110000101101110011011000110000101101000001000000110001101010010111010001100001001011010110001101101001011101000100001101011101001000000011011000110010101100010011010010110100000100000

Selanjutnya lakukan proses yang sama untuk *cipher text* blok selanjutnya, dalam hal ini adalah *cipher text* blok ke – 1. Proses dekripsi *cipher text* blok ke – 1 mula-mula dilakukan proses XOR dengan kunci seperti pada tabel berikut:

Tabel 3.7. Proses XOR Cipher Text Blok ke - 1 dengan Kunci Acak

Blok *Cipher Text*	***Cipher text***	**Kunci**	***Hasil XOR***
Blok ke - 1	001100110000100000 000000000100110001 001000000111010001 110000111100000000 000111000000010101 000001000001000100 000100001101000011 100001110100010101 000000111001110010 010110100010111001 111010010010100010 101101111110010011 100110101001110110 010110100101111101 1111	011110001101100010 000100000010000010 111011101000011010 001001101010111010 001100101011001100 001110000101101010 011100100111101011 010111111011110011 110101111000111110 001100000100000111 000011000110001001 011101000010100111 001111111100110011 110110111100110110 1000	010010111101000010 000100000110110011 110011101111001011 111001010110111010 001011101011011001 001111000100101110 011000101010101000 110110001111100110 110101000001001100 011010100110111110 111001010100101011 110000111100110100 101001010101000101 100000011001001011 0111

Sumber: Oleh Penulis (2019)

Kemudian hasil XOR antara *cipher text* blok ke – 1 dengan kunci di-XOR-kan kembali dengan *Initial Vector* (IV) kedua untuk mendapatkan *plain text* seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3.8. Proses XOR Blok ke – 1 Hasil dengan Initial Vector (IV)

Blok *Cipher Text*	***Hasil XOR***	***Initial Vector* (IV)**	***Plain text***
Blok ke - 1	010010111101000010 000100000110110011 110011101111001011 111001010110111010 001011101011011001 001111000100101110 011000101010101000 110110001111100110 110101000001001100 011010100110111110 111001010100101011 110000111100110100 101001010101000101 100000011001001011 0111	001111111011100111 101010011111000101 101110000110000011 111111000111011011 010111001101111101 101111011111101000 011101000100110001 000000101010010010 111110101110110011 100101011001000001 000110101011010100 001111000011001011 010110101010111010 011111100110110100 1000	011101000110100101 101110011001110110 011101101001001000 000110010001100001 011100100110100100 100000011011000110 000101101110011001 110110100101110100 001011101111111111 111111111111111111 111111111111111111 111111111111111111 111111111111111111 111111111111111111 1111

Sumber: Oleh Penulis (2019)

Hasil proses diatas dihasilkan *plain text* blok ke – 1 yaitu:

Plain text blok ke – 1 :

01110100011010010110111001100111011001110110100100100000110
01000110000101110010011010010010000001101100011000010110111001
10011101101001011101000010111011111111111111111111111111111
11111111111111111111111111111111111111111111111111111111111
1111111111

Jika terdapat blok *plain text* ke 2, 3, 4, 5, dan seterusnya maka langkah-langkah diatas terus diulang, dimana nilai dari *Initial Vector* (IV) terus berubah menjadi nilai XOR dari *cipher text* sebelumnya dengan kunci.

Setelah seluruh blok *cipher text* didekripsi, maka gabungkan seluruh *plain text* dari seluruh blok *plain text* yang diperoleh menjadi:

Plain text =

01000111011000010110111001110100011101010110111001100111010110
10110110000101101110011011000110000101101000001000000110001101
10100101110100011000010010110101100011011010010111010001100001
01101101011101010010000001101100011001010110001001101001011010
00001000000111010001101001011011100110011101100111011010010010
00000110010001100001011100100110100100100000011011000110000101
10111001100111011010010111010000101110111111111111111111111111
11111111111111111111111111111111111111111111111111111111111
11111111111111111

Kemudian bagi *plain text* ke dalam masing-masing 8 *bits* kemudian konversi setiap 8 *bits* tersebut ke dalam karakter ASCII, namun dengan catatan jika 8 *bits* tersebut seluruhnya terdiri dari bit 1 maka diabaikan. Proses konversi setiap 8 *bits* ke karakter ASCII dapat dilihat sebagai berikut:

01000111 = 71 = G

01100001 = 97 = a

01101110 = 110 = n

01110100 = 116 = t

01110101 = 117 = u

01101110 = 110 = n

01100111 = 103 = g

01101011 = 107 = k

01100001 = 97 = a

01101110 = 110 = n

01101100 = 108 = l

01100001 = 97 = a

01101000 = 104 = h

00100000 = 32 = spasi

01100011 = 99 = c

01101001 = 105 = i

01110100 = 116 = t

01100001 = 97 = a

00101101 = 45 = -

01100011 = 99 = c

01101001 = 105 = i

01110100 = 116 = t

01100001 = 97 = a

01101101 = 109 = m

01110101 = 117 = u

00100000 = 32 = spasi

01101100 = 108 = l

01100101 = 101 = e

01100010 = 98 = b

01101001 = 105 = i

01101000 = 104 = h

00100000 = 32 = spasi

01110100 = 116 = t

01101001 = 105 = i

01101110 = 110 = n

01100111 = 103 = g

01100111 = 103 = g

01101001 = 105 = i

00100000 = 32 = spasi

01100100 = 100 = d

01100001 = 97 = a

01110010 = 114 = r

01101001 = 105 = i

00100000 = 32 = spasi

01101100 = 108 = l

01100001 = 97 = a

01101110 = 110 = n

01100111 = 103 = g

01101001 = 105 = i

01110100 = 116 = t

00101110 = 46 = .

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

11111111 = 255 = diabaikan

Kemudian gabungkan seluruh karakter ASCII yang berhasil ditemukan untuk mendapatkan *plain text* dalam bentuk karakter sebagai berikut:

Plain text = Gantungkanlah cita-citamu lebih tinggi dari langit.

3.3.4. Analisis Kebutuhan Sistem

Beberapa hal yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem ini adalah :

1. **Hardware**

   a. Seperangkat Komputer

   Seperangkat komputer yang meliputi : processor, RAM, harddisk, monitor, *mouse*, dan *keyboard* yang digunakan sebagai sistem komputer oleh aplikasi saat dijalankan dan juga digunakan untuk membangun aplikasi. Komputer digunakan sebagai media penguji algoritma yang dirancang.

2. ***Software***

   a. Sistem Operasi

   Sistem operasi dibutuhakan sebagai *software* induk utama pada komputer. Sistem operasi yang dapat digunakan adalah Windows XP, 7, 8, dan 10. Atau juga bisa menggunakan Linux dengan berbagai varian distronya. Sistem operasi menjadi dasar dimana aplikasi yang dirancang dijalankan.

   b. XAMPP

   Sebuah aplikasi paket yang di dalamnya terdapat software PHP dan DBMS MySQL. PHP digunakan untuk membangun aplikasi yang berbasis *web*.

c. *Text Editor*

Text editor digunakan untuk mengetikkan *source code* dari aplikasi atau pengkodingan dari aplikasi yang akan dibangun.

d. *Browser*

Browser digunakan untuk menjalankan aplikasi yang berbasis *web*. Dikarenakan aplikasi yang akan dibangun merupakan jenis aplikasi berbasis *web*, maka sebuah *browser* dibutuhkan untuk menjalankan aplikasi tersebut. *Browser* yang dapat digunakan adalah Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera Mini, dan berbagai jenis *browser* lainnya.

3.4. Rancangan Penelitian

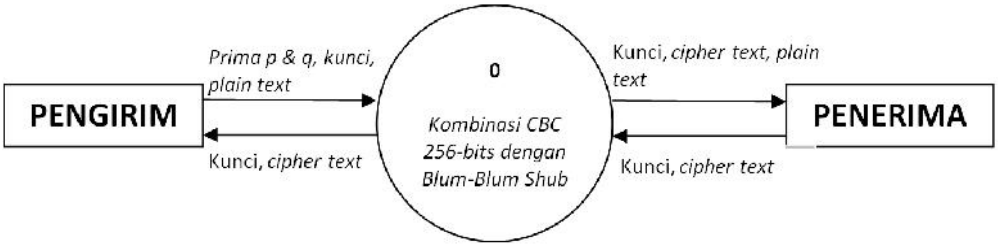
Rancangan penelitian dilakukan terhadap 3 objek, yaitu rancangan sistem, rancangan database, rancangan *interface*, dan *flowchart* proses.

3.4.1. Rancangan Sistem

Pemodelan sistem yang akan diberikan dalam bentuk diagram konteks dan DFD (*Data Flow Diagram*).

1. Diagram Konteks

Berikut merupakan diagram konteks dari sistem yang akan dibangun:

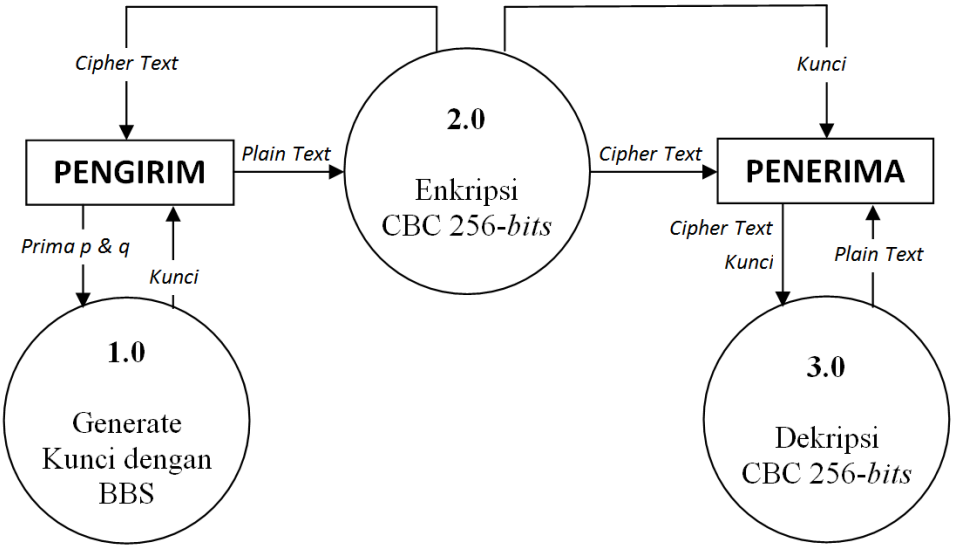


Gambar 3.2. Diagram Konteks dari Sistem
Sumber: Oleh Penulis (2019)

Pada diagram di atas, terdapat aliran data dari pengirim ke sistem dan dari penerima ke sistem. Pengirim dapat mengalirkan data bilangan prima p dan q, kunci dan *plain text*, kemudian sistem dapat mengalirkan data kunci, dan *cipher text* ke pengirim. Penerima juga dapat mengalirkan data kunci dan *cipher text*, kemudian sistem dapat mengalirkan data kunci, *plain text* dan *cipher text*.

2. Data Flow Diagram

Berikut merupakan DFD Level 1 dari sistem yang dirancang:



Gambar 3.3. DFD Level 1 dari Sistem
Sumber: Oleh Penulis (2019)

Pada gambar diagram DFD diatas merupakan penjabaran dari diagram konteks dari sistem agar alur data dan proses yang ada menjadi lebih jelas dan mudah dipahami. Dimana pada proses utama atau proses 0 pada diagram konteks dijabarkan kedalam tiga buah proses yaitu proses 1.0 (*generate* kunci dengan Blum Blum Shub), proses 2.0 (enkripsi CBC 256-*bits*), dan proses 3.0 (dekripsi CBC 256-*bits*).

1.0 (*generate* kunci dengan Blum Blum Shub) berfungsi melakukan proses pembangkitan pembangkitan kunci simteris acak sepanjang 256-*bits* yag akan digunakan dalam proses enkripsi dan dekripsi. Proses ini membutuhkan masukan berupa dua buah bilangan prima p dan q yang diinputkan oleh pengirim. Kemudian hasil dari proses ini berupa kunci acak sepanjang 256-*bits* yang dikirimkan ke pengirim.

Proses 2.0 (enkripsi CBC 256-*bits*) berfungsi melakukan proses enkripsi dengan mode operasi CBC 256-*bits* menggunakan teknik XOR. Proses ini membutuhkan dua buah data dari pengirim, yaitu kunci dan *plain text*. Hasil proses ini kemudian dikirimkan kepada penerima beserta kunci.

Proses 3.0 (dekripsi CBC 256-*bits*) berfungsi melakukan proses dekripsi dari *cipher text* yang diterima dari pengirim melalui sistem. Proses ini menggunakan mode operasi CBC 256-*bits* dengan teknik XOR. Proses ini membutuhkan dua buah data, yaitu: kunci dan *cipher text*. Hasil dari proses ini adalah *plain text* yang kemudian dikirimkan ke penerima pesan.

3.4.2. Rancangan Interface

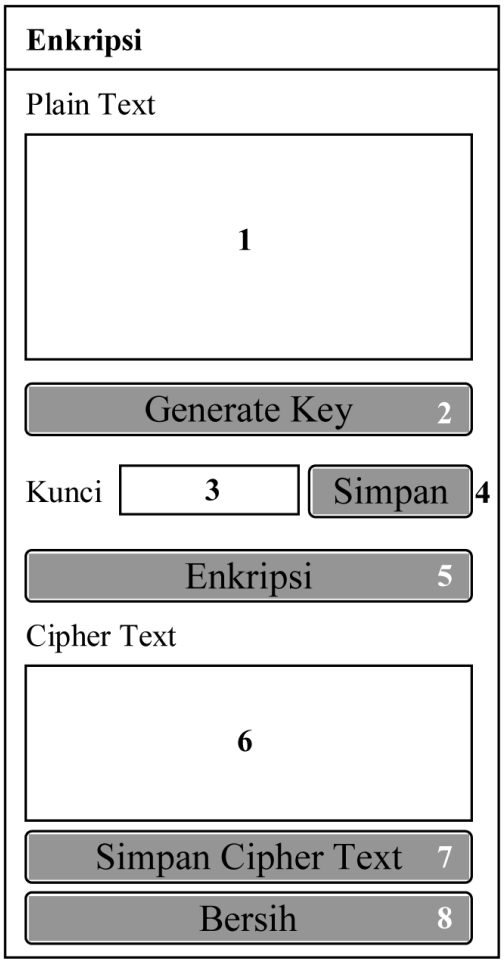
Interface yang akan digunakan aplikasi terbagi menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Interface Enkripsi

Adapun keterangan dari interface di bawah adalah :

1) *Textarea* untuk meng-*input plain text*
2) Tombol untuk membangkitkan kunci sepanjang 128-bit secara acak
3) *Textfield* tempat dimana kunci yang berhasil dibangkitkan akan diletakkan

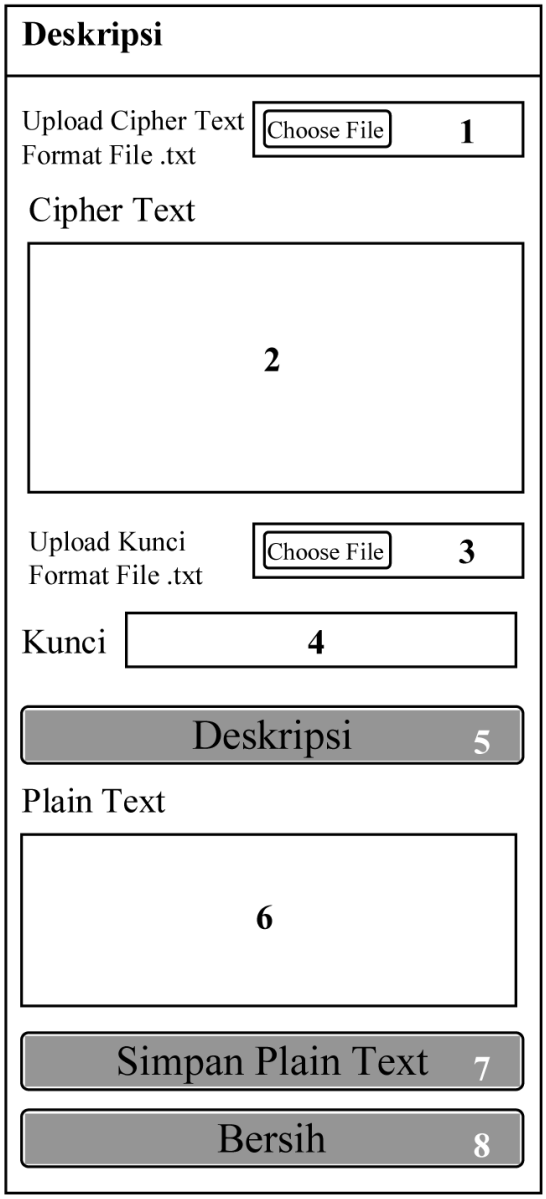
4) Tombol untuk menyimpan kunci yang berhasil dibangkitkan dalam bentuk file .txt.
5) Tombol untuk melakukan enkripsi *plain text* menjadi *cipher text*
6) *Textarea* dimana *cipher text* hasil enkripsi dari *plain text* akan diletakkan.
7) Tombol untuk menyimpan *cipher text* yang dihasilkan dalam bentuk file .txt.
8) Tombol untuk membersihkan semua form untuk menginputkan semua data baru.



Gambar 3.4. Interface Enkripsi
Sumber: Oleh Penulis (2019)

2. Interface Deskripsi

Berikut merupakan interface dari form dekripsi yang akan digunakan oleh aplikasi :



Gambar 3.5. Interface Deskripsi
Sumber : Oleh Penulis (2019)

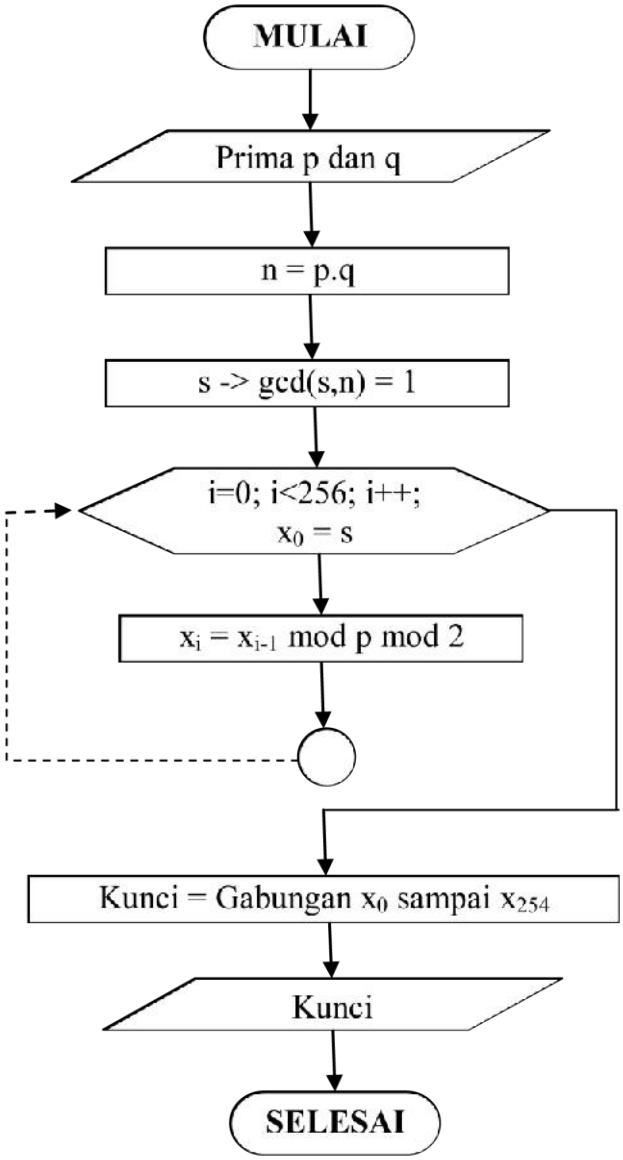
Adapun keterangan dari interface deskripsi yang ada di atas adalah sebagai berikut:

1) Tombol untuk mencari data *plain text* dalam bentuk file .txt untuk diupload dalam *textarea* 2.
2) *Textarea* dimana *cipher text* yang akan dideskripsikan akan di*input*kan
3) Tombol untuk mencari data kunci dalam bentuk file .txt untuk diupload dalam *textfield* 4.
4) *Textfield* dimana kunci yang akan digunakan di*input*kan
5) Tombol untuk melakukan deskripsi terhadap *cipher text* menjadi *plain text*
6) *Textarea* untuk menempatkan *plain text* hasil deskripsi *cipher text*.
7) Tombol untuk menyimpan *plain text* yang dihasilkan dalam bentuk file .txt
8) Tombol untuk membersihkan semua form untuk memulai menginputkan data baru..

3.4.3. Flowchart Proses

1. Flowchart *Generate* Kunci 256-*bits*

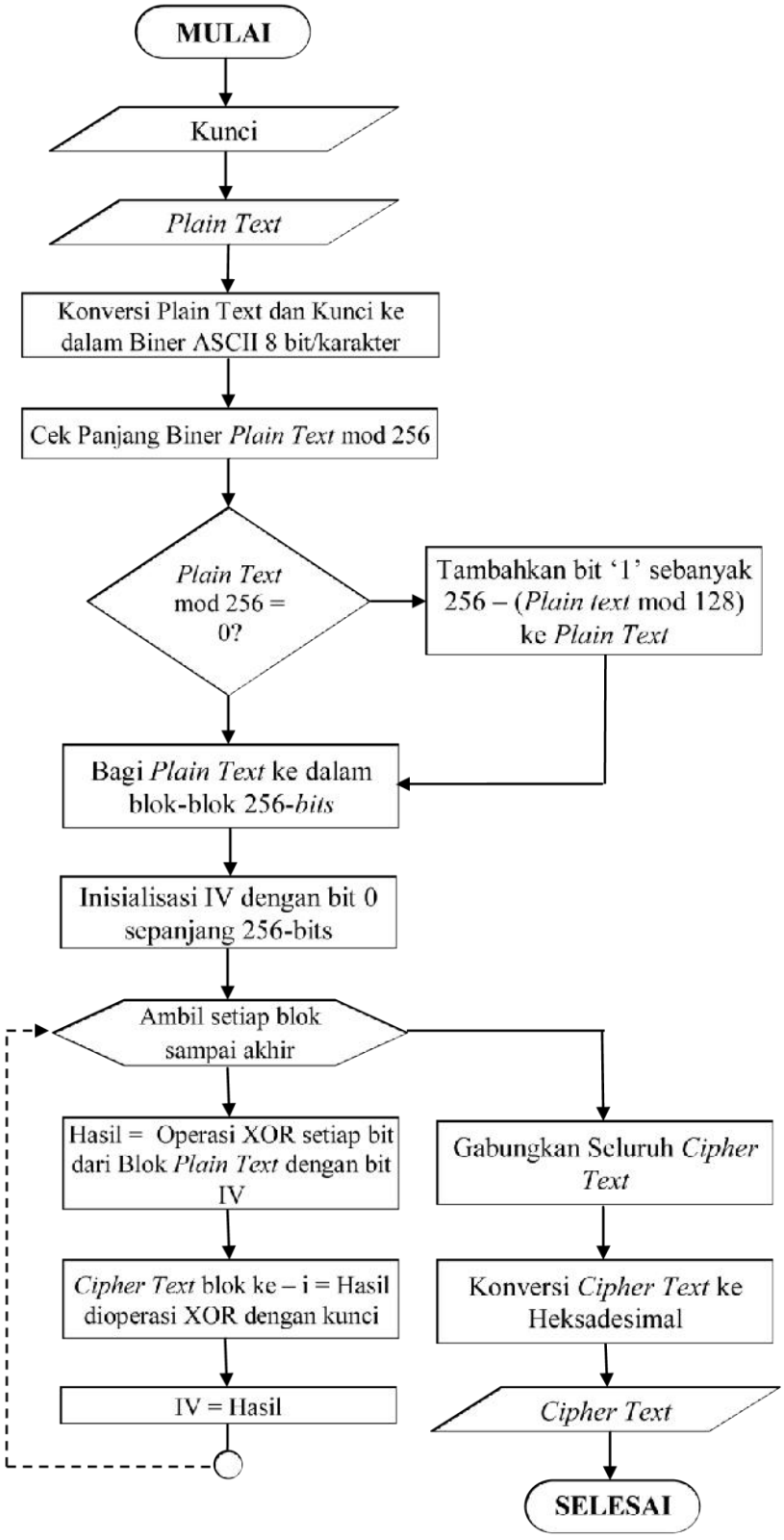
Flowchart berikut menggambarkan proses dari pembangkitan kunci simetris sepanjang 256-*bits* secara acak dengan menggunakan algoritma Blum Blum Shub.



Gambar 3.6. Flowchart Generate Kunci 256-bits
Sumber: Oleh Penulis (2019)

2. Flowchart Enkripsi dengan Mode CBC 256-*bits*

Flowchart berikut menggambarkan proses pengenkripsian *plain text* menjadi *cipher text* dengan menggunakan mode operasi CBC 256-*bits* dan teknik XOR.

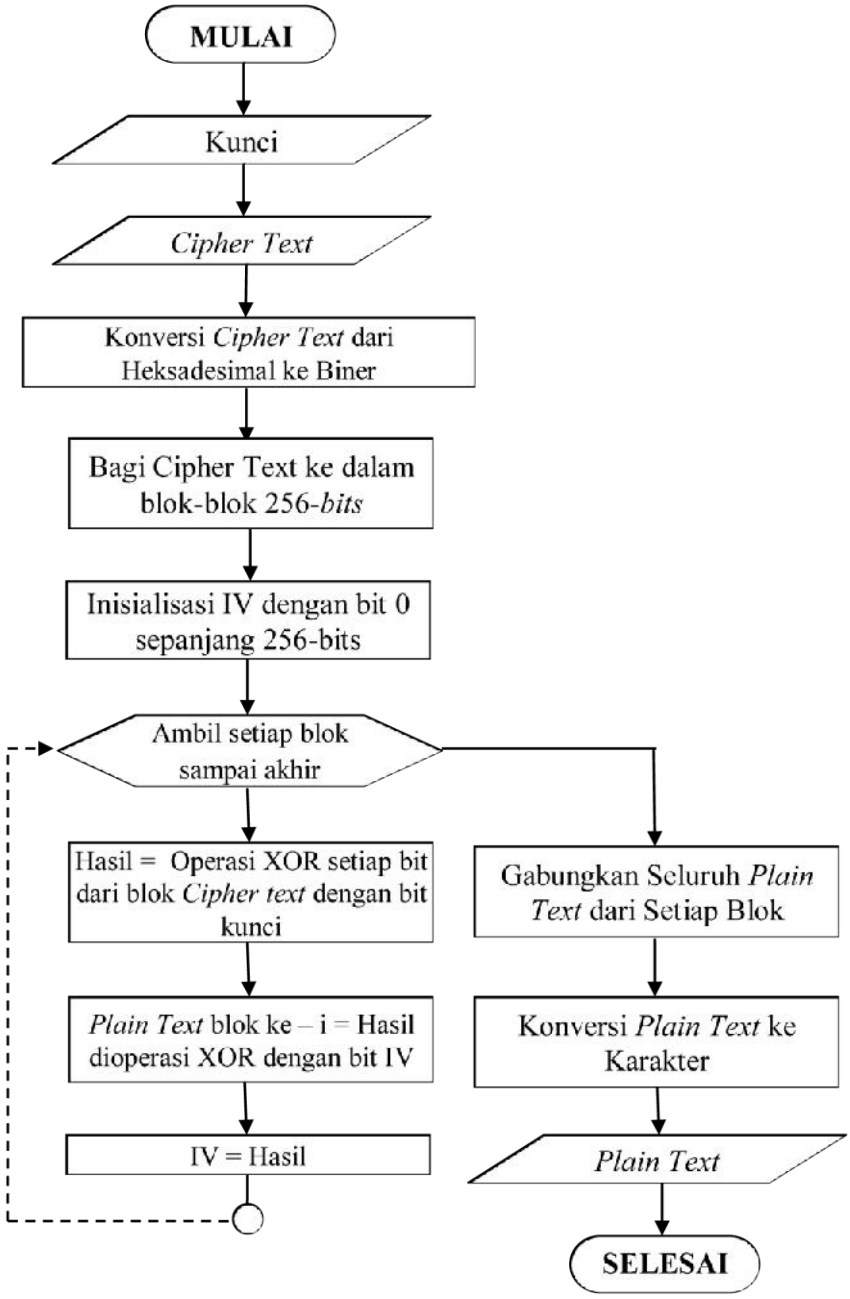


Gambar 3.7. Flowchart Enkripsi dengan Mode CBC 256-bits

Sumber: Oleh Penulis (2019)

3. Flowchart Dekripsi dengan Mode CBC 256-*bits*

Flowchart berikut menggambarkan proses pendekripsian *cipher text* menjadi *plain text* dengan menggunakan mode operasi CBC 256-*bits* dan teknik XOR.



Gambar 3.8. Flowchart Dekripsi dengan Mode CBC 256-bits
Sumber: Oleh Penulis (2019)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kebutuhan Spesifikasi Minimum Hardware dan Software

Setelah sistem telah berhasil dibangun dalam bentuk aplikasi, maka untuk dilakukan implementasi agar aplikasi berjalan dengan lancar, dibutuhkan beberapa perangkat yang harus tersedia, beberapa perangkat tersebut antara lain :

1. **Perangkat Keras**

   Saat melakukan pengimplementasian sistem ini untuk diuji, digunakan sepesifikasi komputer sebagai berikut :

   Processor : *Intel Pentium* Core i3 CPU G2030 @ 3.00 GHz

   RAM : 2 GB

   HD : 500 GB

   Monitor : Samsung 21”

   VGA : *Intel (R) HD Graphics*

   Keyboard : *Logitech*

   Mouse : Powerlock

   Adapun perangkat minimum yang dapat digunakan agar sistem tetap dapat berjalan secara optimal adalah sebagai berikut :

   Processor : *Intel Pentium* III 1.6GHz

   RAM : 256 MB

   HD : *free* 1 GB

   Monitor : 19”

   VGA : *onboard* dari *motherboard*

Keyboard : apapun

Mouse : apapun

2. Perangkat Lunak Komputer

a. Sistem Operasi

Sistem Operasi yang digunakan dalam pengujian adalah *Windows* 10 Professional buatan pabrikan *Microsoft*. Aplikasi juga masih dapat berjalan dengan baik pada Sistem Operasi *Windows* XP dan *Windows* 7, *Windows* 8, *Windows* 8.1, dan *Windows* 10..

b. XAMPP 1.7.3

Merupakan aplikasi yang menyediakan paket perangkat lunak yang terdiri dari beberapa perangkat lunak yang diperlukan untuk menjalakan aplikasi yang dibangun, yaitu : *Apache* (*web server*), MYSQL (*database*), PHP (*server side scripting*) dan *PhpMyAdmin*. Aplikasi masih dapat berjalan dengan baik dengan menggunakan XAMPP versi yang lebih rendah.

Aplikasi ini dibutuhkan jika pengujian dilakukan secara *local server* atau *localhost*. Sedangkan jika aplikasi telah memiliki domain sendiri dan terhubung dengan *internet,* maka aplikasi ini tidak lagi dibutuhkan, aplikasi akan dapat diakses langsung dari komputer menggunakan *browser*.

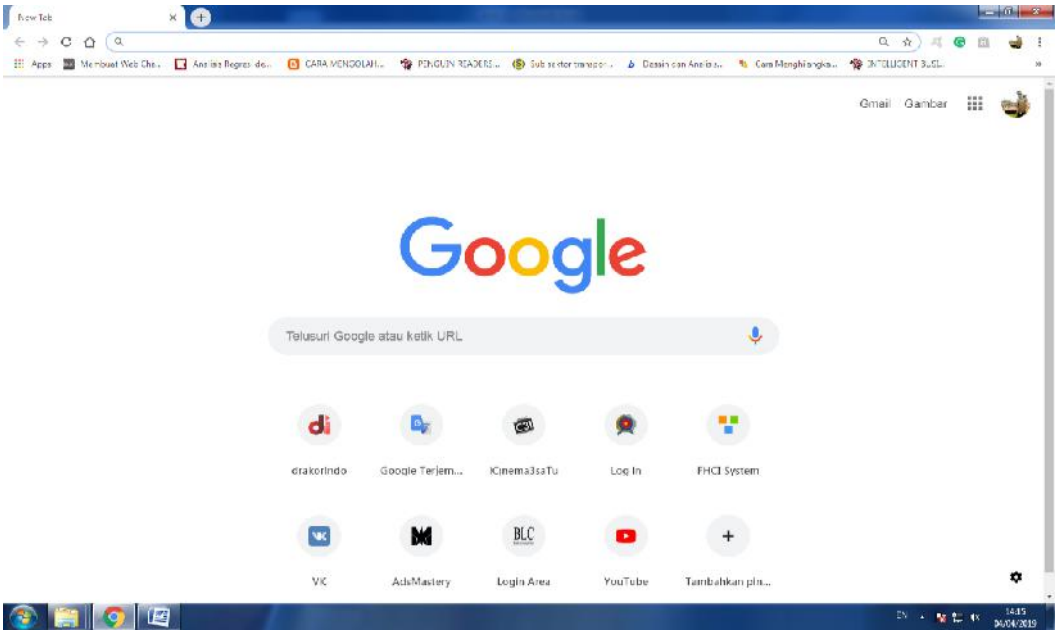
c. *Browser*

Digunakan untuk mengeksekusi aplikasi, *browser* yang digunakan adalah *Google Chrome 73.0*. Aplikasi masih dapat berjalan dengan baik

menggunakan *browser* lain seperti *Mozilla Firefox, Internet Explore* atau *Opera*.

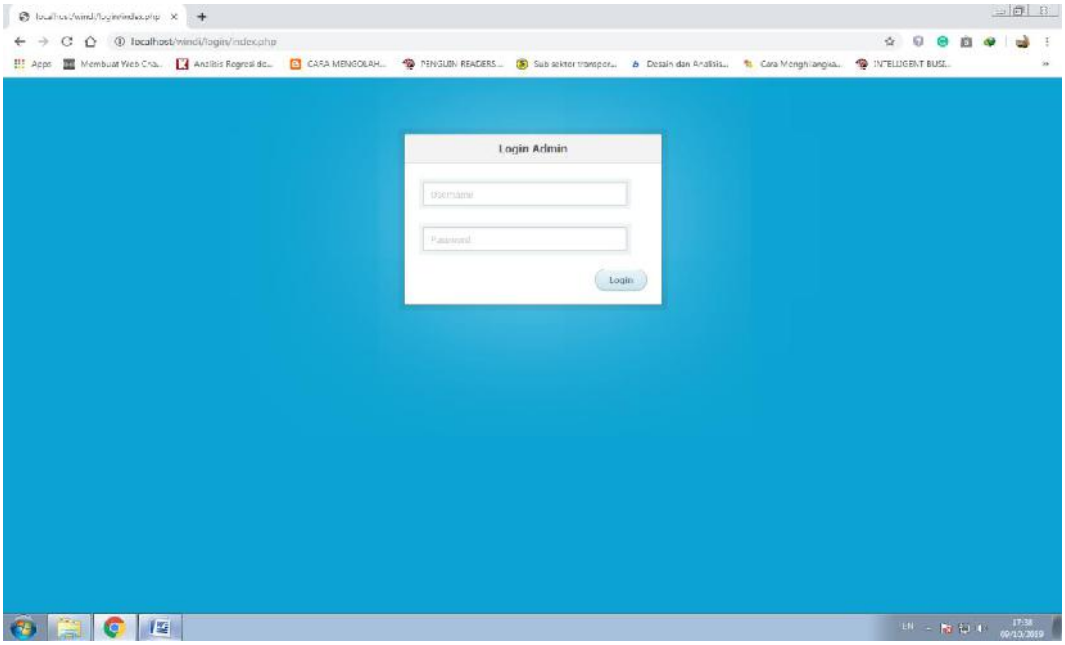
4.2. Pengujian Aplikasi dan Pembahasan

File aplikasi diletakkan ke dalam folder bayes dengan alamat file C:/xampplite/htdoc/windi/. Untuk menjalankan aplikasi, maka dibutuhkan sebuah browser, dalam pengujian yang dilakukan menggunakan browser Google Chrome. Setelah menjalankan aplikasi Google Chrome, maka tampilan Google Chrome sebagai berikut:



Gambar 4.1. Tampilan Awal Google Chrome
Sumber: Hasil Pengujian Aplikasi (2019)

Ketikkan alamat http:localhost/bayes pada area *address* pada aplikasi *Google Chrome*, maka aplikasi akan ditampilkan seperti gambar berikut:



Gambar 4.2. Tampilan Login dari Aplikasi
Sumber: Hasil Pengujian Aplikasi (2019)

Untuk masuk ke dalam aplikasi, maka user harus login dengan menginput *username* dan *password* yang tepat, yaitu: *Username* : admin, *Password* : system. Kemudian klik ok, maka tampilan enkripsi dari aplikasi akan ditampilkan.

Gambar 4.3. Tampilan Halaman Enkripsi dari Aplikasi
Sumber: Hasil Pengujian Aplikasi (2019)

Pengujian yang dilakukan terbagi menjadi dua bagian, yaitu: enkripsi dan dekripsi, sedangkan analisis hasil yang dilakukan dengan menganalisis keamanan dari *cipher text* dan kunci yang dihasilkan.

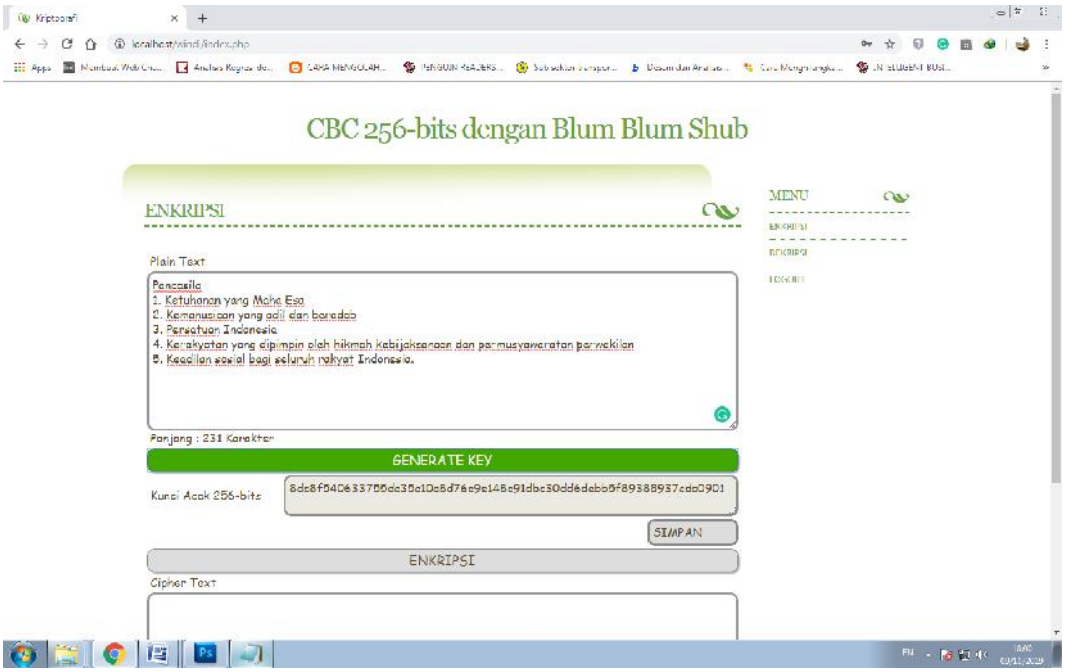
4.2.1. Enkripsi

Pada pengujian ini, *plain text* yang akan dijadikan sebagai contoh pesan atau data adalah teks pancasila yang berbunyi::

Pancasila

1. Ketuhanan yang Maha Esa
2. Kemanusiaan yang adil dan beradab
3. Persatuan Indonesia
4. Kerakyatan yang dipimpin oleh hikmah kebijaksanaan dan permusyawaratan perwakilan
5. Keadilan sosial bagi seluruh rakyat Indonesia.

Copy *plain text* di atas ke dalam area *plain text* pada aplikasi, lalu lalu generate key dengan mengklik tombol generate. Ketika user mengklik tombol generate key, maka aplikasi akan membangkitkan kunci acak sepanjang 256-bits ke dalam bentuk bilangan heksadesimal dan menampilkan ke dalam aplikasi. Kunci acak ini yang akan digunakan untuk mendekripsi dan dekripsi. Untuk menyimpan kunci acak tersebut, maka klik tombol simpan pada aplikasi, maka aplikasi akan menyimpan kunci yang berhasil dibangkitkan. Adapun *plain text* yang berhasil di copy ke dalam aplikasi pada area *plain text* dan kunci acak yang berhasil dibangkitkan dapat dilihat pada gambar berikut:

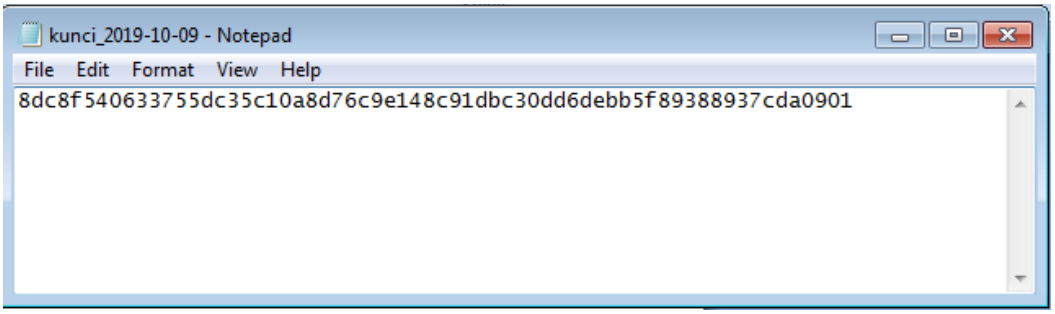


Gambar 4.4. Tampilan Hasil Generate Key pada Aplikasi
Sumber: Hasil Pengujian Aplikasi (2019)

Pada gambar di atas diketahui bahwa panjang *plain text* 231 karakter, sedangkan kunci acak 256-bits yang berhasil dibangkitkan adalah:

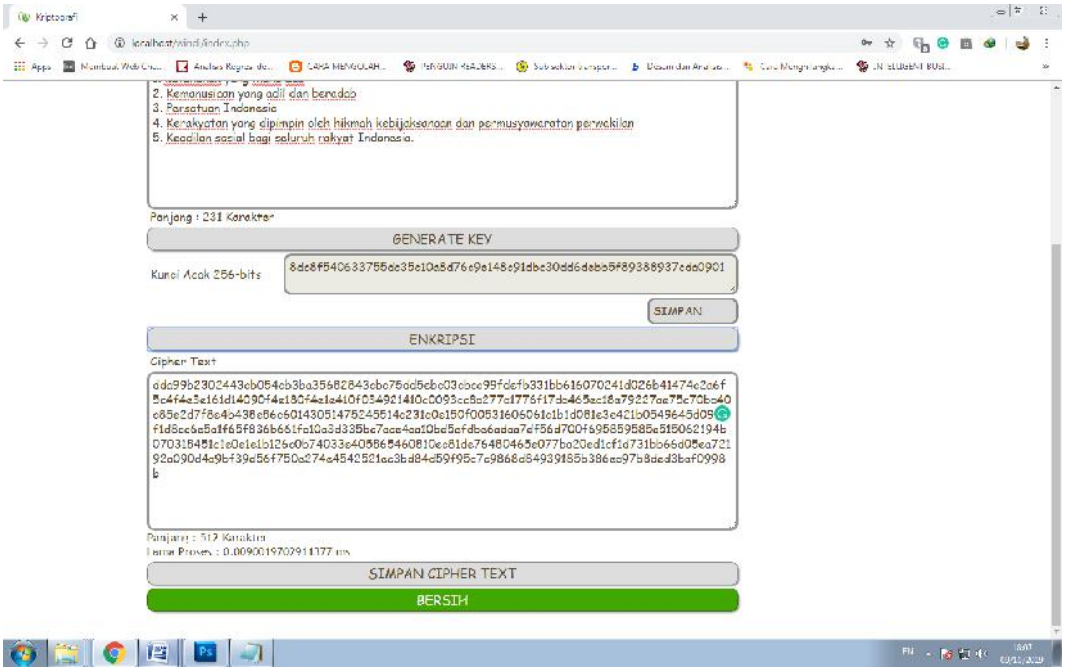
8dc8f540633755dc35c10a8d76c9e148c91dbc30dd6debb5f89388937cda0901

Kunci yang berhasil disimpan oleh aplikasi akan disimpan ke dalam bentuk format text yaitu: .txt, seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.5. Tampilan Kunci yang Berhasil Disimpan oleh Aplikasi
Sumber: Hasil Pengujian Aplikasi (2019)

Untuk melakukan enkripsi, maka klik tombol enkripsi yang terdapat pada aplikasi, maka aplikasi akan melakukan enkripsi terhadap *plain text* sehingga dihasilkan *cipher text* yang akan diletakkan pada area *cipher text*. Sedangkan untuk menyimpan *cipher text* tersebut, maka klik tombol simpan *cipher text*, maka *cipher text* akan disimpan ke dalam bentuk format file .txt sama seperti menyimpan kunci sebelumnya. Hasil enkripsi yang dilakukan aplikasi dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.6. Tampilan Hasil Hasil Enkripsi pada Aplikasi
Sumber: Hasil Pengujian Aplikasi (2019)

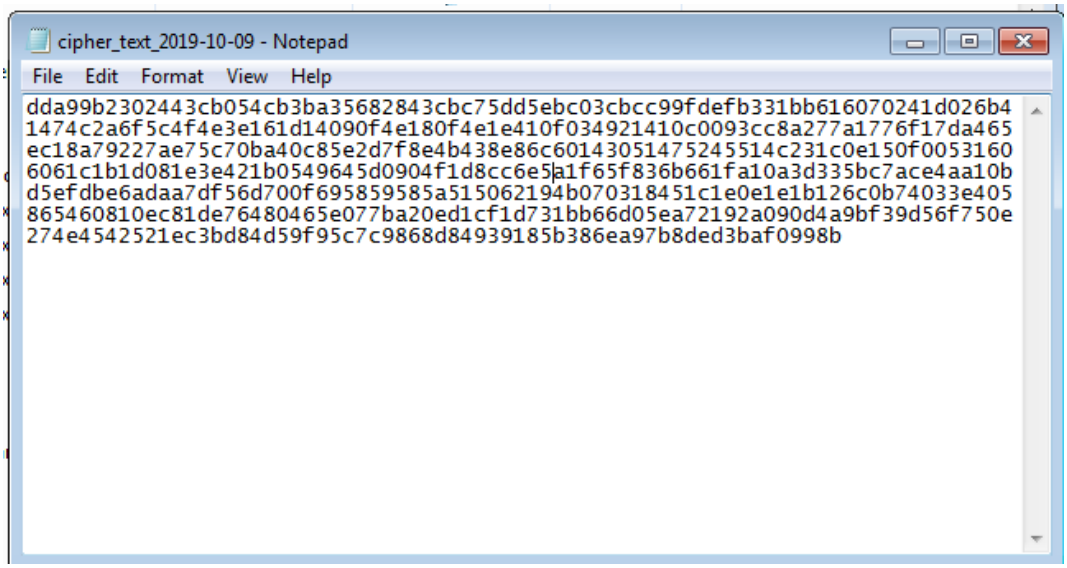
Cipher text hasil enkripsi terletak pada area *cipher text*, dimana *cipher text* yang dihasilkan adalah:

dda99b2302443cb054cb3ba35682843cbc75dd5ebc03cbcc99fdefb331bb61607024
1d026b41474c2a6f5c4f4e3e161d14090f4e180f4e1e410f034921410c0093cc8a277
a1776f17da465ec18a79227ae75c70ba40c85e2d7f8e4b438e86c601430514752455
14c231c0e150f00531606061c1b1d081e3e421b0549645d0904f1d8cc6e5a1f65f83

6b661fa10a3d335bc7ace4aa10bd5efdbe6adaa7df56d700f695859585a515062194b
070318451c1e0e1e1b126c0b74033e405865460810ec81de76480465e077ba20ed1
cf1d731bb66d05ea72192a090d4a9bf39d56f750e274e4542521ec3bd84d59f95c7c
9868d84939185b386ea97b8ded3baf0998b

Dimana *cipher text* yang dihasilkan memiliki panjang 512 Karakter dengan waktu proses yang dibutuhkan sebesar 0.0090019702911377 ms.

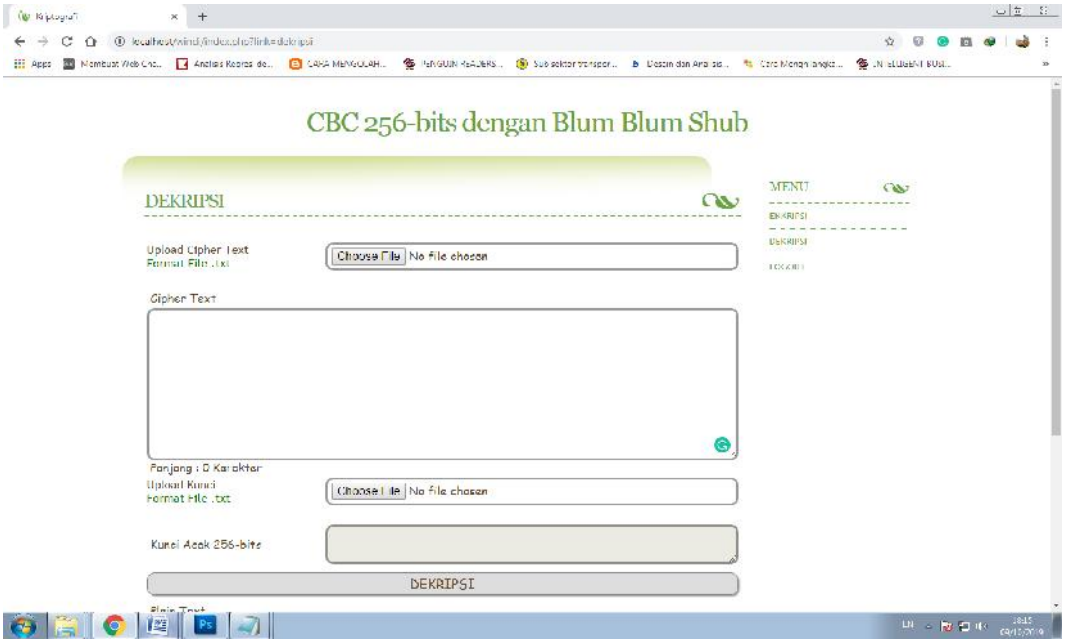
Cipher text yang berhasil disimpan oleh aplikasi akan disimpan ke dalam bentuk format text yaitu: .txt, seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.6. Tampilan Cipher text yang berhasil Disimpan oleh Aplikasi
Sumber: Hasil Pengujian Aplikasi (2019)

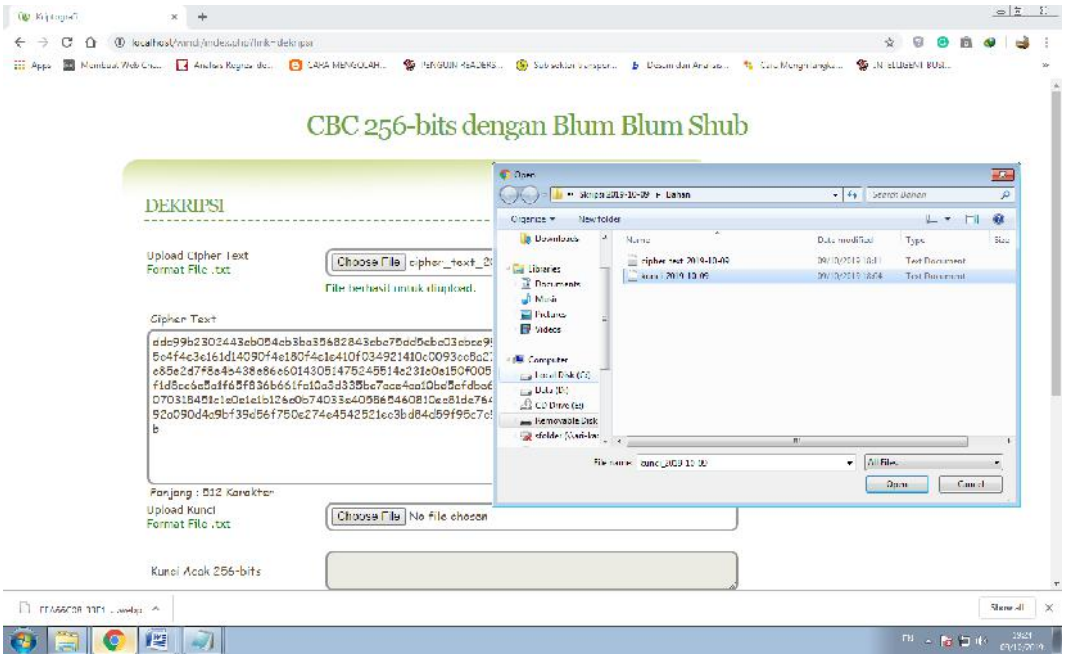
4.2.2. Dekripsi

Proses dekripsi dilakukan dengan masuk terlebih dahulu ke area dekripsi pada aplikasi. Klik menu dekripsi, maka halaman dekripsi akan ditampilkan sebagai berikut:



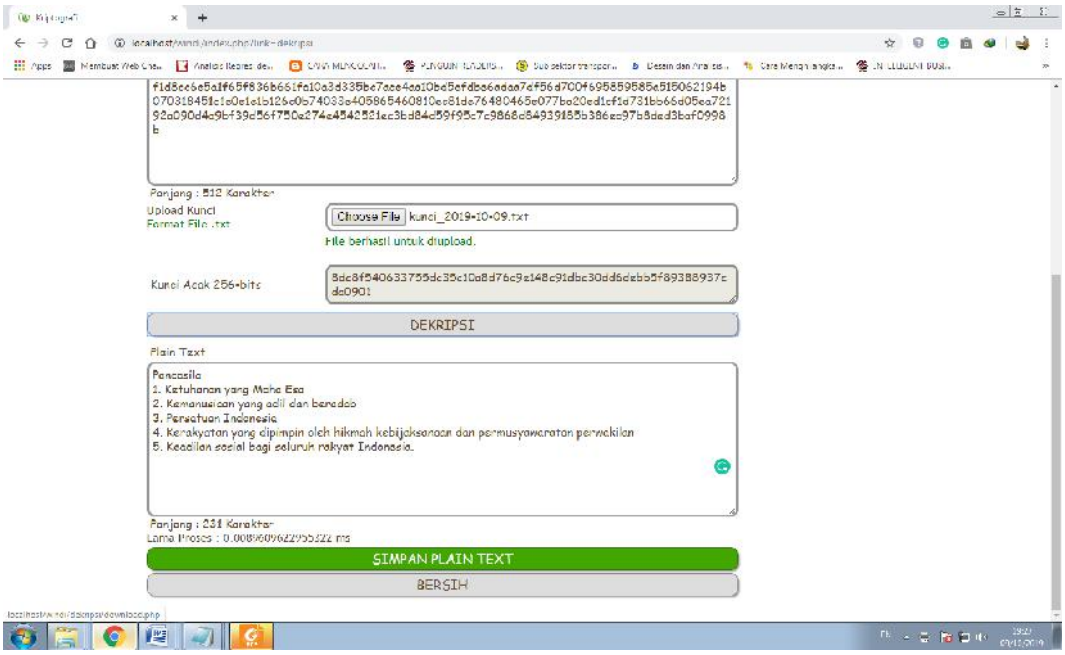
Gambar 4.7. Tampilan Halaman Dekripsi pada Aplikasi
Sumber: Hasil Pengujian Aplikasi (2019)

Untuk mendekripsi *cipher text*, maka upload file *cipher text* dan file kunci yang berhasil diterima oleh penerima file, seperti yang ditunjukkan gambar berikut:



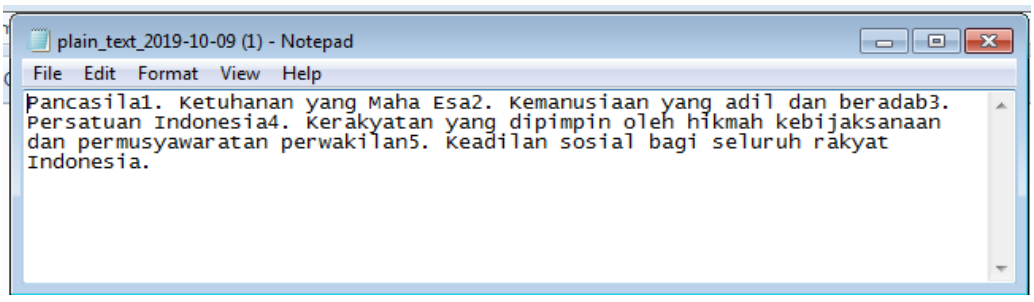
Gambar 4.8. Tampilan Upload File Cipher text dan Kunci pada Aplikasi
Sumber: Hasil Pengujian Aplikasi (2019)

Untuk mendekripsi *cipher text* maka klik tombol dekripsi pada aplikasi, maka aplikasi akan melakukan proses dekripsi terhadap *cipher text* dengan menggunakan kunci yang diinput user dan meletakkan *plain text* hasil dekripsi pada area *plain text* seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 4.9. Tampilan Hasil Dekripsi pada Aplikasi
Sumber: Hasil Pengujian Aplikasi (2019)

Pada gambar di atas, pesan asli atau *plain text* berhasil dibentuk kembali, dimana waktu proses untuk dekripsi sebesar: 0.0089609622955322 ms. Untuk menyimpan *plain text* yang diperoleh, maka klik simpan *plain text*, maka aplikasi akan menyimpan *plain text* ke dalam format file .txt seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.10. Tampilan Plain text yang Berhasil Disimpan oleh Aplikasi
Sumber: Hasil Pengujian Aplikasi (2019)

4.3. Analisis Keamanan

Analisis keamanan terbagi menjadi dua bagian analisis, yaitu analisis keamanan pada *cipher text* dan analisis keamanan pada kunci.

4.3.1. Analisis Keamanan *Cipher text*

Cipher text merupakan hasil enkripsi dengan mode operasi *Cipher Block Chaining* (CBC) dengan panjang blok 256-bits, sehingga *plain text* akan dipecah ke dalam blok 256-bits dan akan dihasilkan blok-blok acak sepanjang 256-bits. Blok berikutnya akan berhubungan langsung dengan blok sebelumnya, sehingga perubahan *cipher text* yang terjadi pada blok sebelumnya akan merusak seluruh rantai dari *cipher text* setelahnya walau hanya perubahan sebanyak 1 bit *cipher text*. Hal ini membuat keaslian *plain text* tetap tejaga. Selain itu, hal ini juga membuat blok sebelumnya dengan blok setelahnya tidak memiliki pola yang sama sehingga *cipher text* mustahil bisa dipecahkan dengan teknik frekuensi, dikarenakan blok *plain text* yang sama tidak akan menghasilkan *cipher text* yang seragam. Sehingga cara yang memungkinkan untuk mendekripsi *cipher text* adalah dengan menggunakan kunci enkripsi-dekripsi yang digunakan sebelumnya.

4.3.2. Analisis Keamanan Kunci

Kunci enkripsii-dekripsi yang digunakan dibangkitkan dengan acak menggunakan algoritma Blum Blum Shub. Hal ini membuat kunci yang dibangkitkan memiliki keacakan yang sangat baik dan sulit ditebak maupun diprediksi. Keacakan kunci ini membuat intruder harus mencoba seluruh kombinasi kunci untuk mendapatkan kunci yang benar yang dapat digunakan untuk mendekripsi *cipher text*. Dengan panjang kunci sepanjang 256-bits, maka

kemungkinan kunci yang dapat dibangkitkan adalah 2^{256} = 1,1579 x 10^{77}. Jika diasumsikan bahwa intruder mampu mencoba 100 triliun atau 10^{14} kunci per detik dengan teknik *bruto force* (mencoba semua kemungkinan kunci satu per satu) untuk menemukan kunci yang benar, maka dibutuhkan:

$$time = \frac{2^{256}}{10^{14}} = 1{,}1579\ x\ 10^{63}\ detik$$

$$= 3{,}6717 \text{ x } 10^{49} \text{ Juta Tahun}$$

Besarnya waktu yang dibutuhkan intruder untuk memecahkan kunci yang digunakan membuat kunci menjadi sangat aman dan layak untuk digunakan.

4.4. Kelebihan dan Kekurangan Algoritma yang Dirancang

Algoritma yang dirancang memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan, yaitu:

4.4.1. Kelebihan

Algoritma yang dirancang memiliki kecepatan proses yang baik, dimana waktu yang dibutuhkan untuk proses enkripsi dan dekripsi sangat cepat sehingga memiliki komplektifitas algoritma yang rendah. Selain itu, algoritma yang dirancang juga hemat dalam hal sumber daya yang digunakan karena prosesnya yang sederhana sehingga tidak membutuhkan spesifikasi perangkat keras yang tinggi. Dari segi keamanan, *cipher text* yang dihasilkan juga dikategorikan sangat aman, selain itu kunci acak yang digunakan juga sangat aman dan sangat sulit dipecahkan dengan teknik *bruto force*.

4.4.2. Kekurangan

Kunci acak untuk enkripsi-dekripsi yang digunakan adalah sama atau termasuk ke dalam kunci simetris. Hal ini membuat terdapat masalah *key distribution*, dimana tidak ada cara yang benar-benar aman untuk mengirimkan kunci dari pengirim pesan kepada penerima pesan. Hal ini dikarenakan penerima pesan membutuhkan kunci tersebut untuk melakukan dekripsi, namun kunci tersebut dibangkitkan oleh pengirim pesan sehingga penerima pesan harus mengirimkan kunci tersebut kepada penerima pesan. Kendala yang terjadi bahwa kunci acak yang digunakan sangat rahasia, sehingga jika kunci berhasil disadap maka *cipher text* akan terbongkar. Jika kunci dikirimkan oleh pengirim pesan kepada penerima pesan baik dari jalur komunikasi apapun, maka kunci acak tersebut berpeluang sangat besar untuk disadap. Sehingga menjaga kerahasiaan kunci menjadi sangat fatal dan fital saat pendistribusian kunci dari pengirim pesan ke penerima pesan. Sehingga dibutuhkan mekanisme lain untuk mengatasi masalah *key distribution* ini.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengujiaan sistem yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Keamanan data atau pesan dapat ditingkatkan dengan proses enkripsi menggunakan teknik XOR dengan mode operasi Cipher Block Chanining (CBC) 256-bits dan kunci acak Blum Blum Shub, dimana waktu yang dibutuhkan untuk memecahkan kunci acak yang digunakan hingga 3,6717 x 10^{49} Juta Tahun dan *cipher text* sangat sensitif terhadap perubahan sehingga keaslian *cipher text* juga terjaga karena setiap blok *cipher text* selalu berkaitan dengan blok sebelumnya. Setiap blok yang sama akan menghasilkan blok *cipher text* yang bervariasi sehingga *cipher text* aman dari analisis frekuensi.
2. Kombinasikan mode operasi CBC, Teknik XOR, dan Algoritma Blum Blum Shub Mode dapat dilakukan dengan cara mode operasi CBC 256-bits digunakan sebagai mode operasi enkripsi-dekripsi dimana proses enkripsi dilakukan dengan teknik XOR dan kunci dibangkitkan dengan algoritma Blum Blum Shub.
3. Kombinasi operasi XOR, mode operasi CBC dengan Kunci Acak Blum Blum Shub dapat diimplementasikan kedalam program aplikasi, dimana pada penelitian ini diimplementasikan dengan bahasa pemrograman PHP. Disaat kombinasi algoritma ini diimplementasikan, waktu proses yang

dibutuhkan baik untuk enkripsi dan dekripsi sangat cepat, dan perangkat untuk menjalankan aplikasi juga sangat ringan, sehingga algoritma yang dirancang hemat dalam hal sumber daya komputer dan waktu proses.

5.2. Saran

Beberapa saran yang diusulkan untuk mengembangkan penelitian ini menjadi lebih baik adalah sebagai berikut:

1. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi masalah *key distribution* yang ada pada kombinasi algoritma yang dirancang pada penelitian ini.
2. Disarankan untuk menambah panjang blok *cipher text* yang digunakan dari 256-bits menjadi 512-bits untuk lebih meningkatkan keamanan pesan dan kunci acak yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Ariyus, D. (2017). *Pengantar Ilmu Kriptografi*. Yogyakarta: Andi Offset.

Anraeni, S., Herdianti., dan Mursyid. (2016). *Hybrid Methods of Ciphertext and RSA Cryptographic Algorithm Using Classical Vigenère*. International Journal of Computing and Informatics (IJCANDI) ISSN: 2502-2334 Vol 1, No 2, May 2016, pp. 68-74

Andrian, Yudhi, And Purwa Hasan Putra. "Analisis Penambahan Momentum Pada Proses Prediksi Curah Hujan Kota Medan Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network." Seminar Nasional Informatika (Snif). Vol. 1. No. 1. 2017.

Batubara, Supina. "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan." It Journal Research And Development 2.1 (2017): 1-11.

Dhany, H. W., Izhari, F., Fahmi, H., Tulus, M., & Sutarman, M. (2017, October). Encryption And Decryption Using Password Based Encryption, Md5, And Des. In International Conference On Public Policy, Social Computing And Development 2017 (Icoposdev 2017) (Pp. 278-283). Atlantis Press.

Dashti, A., Kheradmand, H. A., & Jazi, M. D. (2016). *Comparison Of Three Modes Of Cryptography Operation For Providing Security and Privacy Based on Important Factors*. International Journal of Information Technology and Electrical Engineering Volume 5, Issue 3 ISSN: - 2306-708X June 2016

Fuad, R. N., & Winata, H. N. (2017). Aplikasi Keamanan File Audio Wav (Waveform) Dengan Terapan Algoritma Rsa. Infotekjar: Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan, 1(2), 113-119.

Ginting, G., Fadlina, M., Siahaan, A. P. U., & Rahim, R. (2017). Technical Approach Of Topsis In Decision Making. Int. J. Recent Trends Eng. Res, 3(8), 58-64.

Hafni, Layla, And Rismawati Rismawati. "Analisis Faktor-Faktor Internal Yang Mempengaruhi Nilai Perusahaan Pada Perusahaan Manufaktur Yang Terdaftar Di Bei 2011-2015." Bilancia: Jurnal Ilmiah Akuntansi 1.3 (2017): 371-382.

Hartanto, S. (2017). Implementasi Fuzzy Rule Based System Untuk Klasifikasi Buah Mangga. Techsi-Jurnal Teknik Informatika, 9(2), 103-122.

Hariyanto, E., Lubis, S. A., & Sitorus, Z. (2017). Perancangan Prototipe Helm Pengukur Kualitas Udara. Komik (Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer), 1(1).

Iqbal, M., Siahaan, A. P. U., Purba, N. E., & Purwanto, D. (2017). Prim's Algorithm For Optimizing Fiber Optic Trajectory Planning. Int. J. Sci. Res. Sci. Technol, 3(6), 504-509.

Jogiyanto. (2015). Pengenalan Komputer. Yogyakarta: Andi Offset.

Kurnia, D., Dafitri, H., & Siahaan, A. P. U. (2017). Rsa 32-Bit Implementation Technique. Int. J. Recent Trends Eng. Res, 3(7), 279-284.

Kromodimoeljo, S. (2014). *Teori dan Aplikasi Kriptografi*. Jakarta; SPK IT Consulting.

Kumar, G., Rai, M., & Lee, G. S. (2015). *Implementation of Cipher Block Chaining in Wireless Sensor Networks for Security Enhancement*. International Journal of Security and Its Applications Vol. 6, No. 1, January, 2015

Kumar, S., Suneetha, C. H., & Chandrasekhar, A. (2016). *A Block Cipher Using Rotation and Logical XOR Operations*. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, Issue 6, No 1, November 2011 ISSN (Online): 1694-0814

Ladjamudin, A. B. (2016). Rekayasa Perangkat Lunak. Yogyakarta: Graha Ilmu. Ladjamudin, A. B. (2018). Analisa dan Desain. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Lietara, A. P. (2016). *Analisis & Perbandingan Blum Blum Shub dan Inversive Congruential Generator Beserta Implementasinya*. Jurnal ITB.

Marlina, L., Putera, A., Siahaan, U., Kurniawan, H., & Sulistianingsih, I. (2017). Data Compression Using Elias Delta Code. Int. J. Recent Trends Eng. Res, 3(8), 210-217.

Madcoms. (2015). Mahir dalam 7 Hari Adobe Dreamweaver CS 6 dengan Pemrograman PHP & MYSQL. Yogyakarta: Andi Offset. Munir, R. (2016). *Kriptografi*. Bandung: Informatika.

Pascal, B. (2017). Handbook Jaringan Komputer dan Keamanannya. Bandung: Informatika

Putri, R. E., & Siahaan, A. (2017). Examination Of Document Similarity Using Rabin-Karp Algorithm. International Journal Of Recent Trends In Engineering & Research, 3(8), 196-201.

Rachman, A. K. (2015). *Perbandingan Mode Chiper Electronic Code Book Dan Chiper Block Chaining Dalam Pengamanan Data*. *Jurnal Teknologi*, Volume 3 Nomor 1 , Juni 2015, 84-89

Rosmala, D., dan Aprian, R. (2015). *Implementasi Mode Operasi Cipher Block Chaining (CBC) Pada Pengamanan Data*. Jurnal Informatika No.2 , Vol. 3, Mei – Agustus 2015

Sari, R. D., Supiyandi, A. P. U., Siahaan, M. M., & Ginting, R. B. (2017). A Review Of Ip And Mac Address Filtering In Wireless Network Security. Int. J. Sci. Res. Sci. Technol, 3(6), 470-473.

Sarif, M. I. (2017). Penemuan Aturan Yang Berkaitan Dengan Pola Dalam Deret Berkala (Time Series).

Syahputra, Rizki, And Hafni Hafni. "Analisis Kinerja Jaringan Switching Clos Tanpa Buffer." Journal Of Science And Social Research 1.2 (2018): 109-115.

Schneier, B. (2016). *Applied Cryptography: Protocols, Algorithms and Source Code in C. 6td Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Sridevi. (2014). *Construction of Stream Ciphers from Block Ciphers and their Security*. IJCSMC, Vol. 3, Issue. 9, September 2014, pg.703 – 714

Subandi, A. (2017). *Three-Pass Protocol Implementation in Vigenere Cipher Classic Cryptography Algorithm with Keystream Generator Modification.* Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal (ASTES)

Sanjaya, M. B. (2017). *Perancangan dan Implementasi Random Number Blum Blum Shub pada Dynamic Cell Spreading untuk Pengamanan Berkas*. Volume.1 - November 2017. Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu p-ISSN = 2598-4969 e- ISSN = 2598-5191