https://doi.org/10.37817/tekinfo.v25i2
P-ISSN: 1411-3635
E-ISSN: 2962-5645

Perbandingan Implementasi Algoritma Aes Dalam Pemrograman Jaringan Dan Analisis Algoritma Enkripsi Untuk Pengamanan Komunikasi Jaringan

[1]Sri Asri, [2]Tigor Peryanto, [3]Essy Malays
[1,2]Tif, Upi Yai, Jakarta Pusat
[1] tsriasri@gmail.com [2] tigorperyanto@gmail.com ,[3]essy.malays@gmail.com

Abstrak

Pengamanan komunikasi jaringan merupakan aspek krusial dalam pengembangan aplikasi berbasis jaringan. dua pendekatan utama dalam menghadapi tantangan ini adalah melalui implementasi langsung dari algoritma enkripsi dan analisis komprehensif terhadap berbagai algoritma enkripsi yang tersedia. dalam penelitian ini, kami membandingkan dua pendekatan ini melalui dua jurnal terpisah. jurnal pertama, "implementasi algoritma AES dalam pemrograman jaringan untuk komunikasi aman", mengeksplorasi implementasi praktis dari Advanced Encryption Standard (AES) dalam pengembangan aplikasi jaringan. di sisi lain, jurnal kedua, "analisis algoritma enkripsi untuk pengamanan komunikasi Jaringan", mengadopsi pendekatan analitis untuk mengevaluasi dan membandingkan berbagai algoritma enkripsi yang ada. melalui perbandingan ini, kami menyajikan kontribusi yang unik dalam memahami kelebihan dan kekurangan dari masing-masing pendekatan, serta memberikan wawasan yang berharga bagi para pengembang dalam memilih strategi yang paling sesuai dengan kebutuhan keamanan aplikasi jaringan mereka.

Kata kunci : *Pengamanan, Komunikasi, Jaringan, Aes, Implementasi, Algoritma, Analisis*

Abstrak

Securing network communication is a crucial aspect in the development of network-based applications. Two main approaches in addressing this challenge are through direct implementation of encryption algorithms and comprehensive analysis of various encryption algorithms available. In this research, we compare these two approaches through two separate journals. The first journal, "Implementation of AES Algorithm in Network Programming for Secure Communication," explores the practical implementation of the Advanced Encryption Standard (AES) in network application development. On the other hand, the second journal, "Analysis of Encryption Algorithms for Network Communication Security," adopts an analytical approach to evaluate and compare various existing encryption algorithms. Through this comparison, we present a unique contribution in understanding the strengths and weaknesses of each approach, as well as providing valuable insights for developers in choosing the most suitable strategy for the security needs of their network applications.

Keywords: *Security, Communication, Network, AES, Implementation, Algorithm, Analysis*

P-ISSN: 1411-3635
E-ISSN: 2962-5645
https://doi.org/10.37817/tekinfo.v25i2

1. PENDAHULUAN

Dalam era yang diwarnai oleh pertukaran informasi melalui jaringan komputer yang semakin meluas, keamanan komunikasi jaringan menjadi sangat penting. Pengembangan aplikasi yang mampu melindungi integritas, kerahasiaan, dan otentikasi data yang dikirim dan diterima melalui jaringan menjadi prioritas utama bagi para pengembang perangkat lunak. Dua pendekatan utama yang digunakan untuk mencapai tujuan ini adalah melalui implementasi langsung dari algoritma enkripsi yang kuat dan analisis komprehensif terhadap berbagai algoritma enkripsi yang tersedia.

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dua pendekatan ini melalui dua jurnal terpisah. Jurnal pertama, berjudul "Implementasi Algoritma AES dalam Pemrograman Jaringan untuk Komunikasi Aman", mengeksplorasi pendekatan implementatif dengan mengevaluasi langkah-langkah praktis dalam mengintegrasikan Advanced Encryption Standard (AES) ke dalam pengembangan aplikasi jaringan. Di sisi lain, jurnal kedua, yang berjudul "Analisis Algoritma Enkripsi untuk Pengamanan Komunikasi Jaringan", mengambil pendekatan analitis dengan melakukan evaluasi menyeluruh terhadap berbagai algoritma enkripsi yang tersedia, termasuk AES, untuk memahami kekuatan, kelemahan, dan kecocokan mereka dalam konteks pengamanan komunikasi jaringan.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Algoritma dan Kriptografi

Menurut Ramadhan (2018), algoritma adalah cara yang dapat ditempuh oleh komputer dalam mencapai suatu tujuan, terdiri atas langkah-langkah yang terdefinisi dengan baik, menerima *input*, melakukan proses dan menghasilkan *output* (Ramadhan et al., 2018).

Kriptografi secara umum adalah ilmu dan seni untuk menjaga kerahasiaan berita. Selain pengertian tersebut terdapat pula pengertian ilmu yang mengajari teknik-teknik matematika yang berhubungan dengan aspek keamanan informasi seperti kerahasiaan data, keabsahan data, integritas data, serta autentikasi data (A. Menezes, P. Van Oorschot and S. Vanstone- Handbook of Applied Cryptography). Sedangkan menurut Kaufman et. al. (2002) menjelaskan bahwa kata Kriptografi berasal dari bahasa yunani dan memiliki makna seni dalam menulis pesan rahasia (*The art of secret writing*), dimana kriptografi terdiri dari 2 kata yaitu *cryptós* yang berarti *rahasia* atau *tersembunyi* dan *gráphein* yang berarti *tulisan.* (Apriandala, 2013: 114). Ada empat tujuan mendasar dari ilmu kriptografi ini juga merupakan aspek keamanan informasi yaitu Kerahasiaan adalah layanan yang digunakan untuk menjaga isi dari informasi dari siapapun kecuali yang memiliki otoritas atau kunci rahasia untuk membuka/mengupas informasi yang telah disandi. Integritas data adalah berhubungan dengan penjagaan dari perubahan data secara tidak sah (Anwar, 2017).

Untuk menjaga integritas data, sistem harus memiliki kemampuan untuk mendeteksi manipulasi data oleh pihak-pihak yang tidak berhak, antara lain penyisipan, penghapusan, dan pensubtitusian data lain kedalam data yang sebenarnya. Autentikasi adalah berhubungan dengan identifikasi atau pengenalan, baik secara kesatuan sistem maupun informasiitu sendiri. Dua pihak yang saling berkomunikasi harus saling memperkenalkan diri. Informasi yang dikirimkan melalui kanal harus diautentikasi keaslian isi datanya, waktu pengiriman dan lain-lain. Non-repudiasi atau penyangkalan adalah usaha untuk mencegah terjadinya penyangkalan terhadap pengiriman/terciptanya suatu informasi oleh yang mengirimkan atau membuat **(Maulana & Fajrin, 2018)**.

Kriptografi memiliki 4 komponen utama yaitu:

1) *Plaintext*, yaitu pesan yang dapat dibaca.
2) *Ciphertext*, yaitu pesan sandi/pesan acak yang tidak bisa dibaca.
3) *Key*, yaitu kunci untuk melakukan Teknik kriptografi.
4) *Algoritma*, yaitu metode
   Untuk melakukan enkripsi dan dekripsi.

2.2 Implementasi Algoritma AES dalam Pemrograman Jaringan

AES (Advanced Encryption Standard) : AES adalah sebuah algoritma kriptografi simetris yang digunakan secara luas untuk enkripsi data. Ini adalah standar yang diadopsi oleh pemerintah Amerika Serikat untuk penggunaan di dalam perlindungan informasi

https://doi.org/10.37817/tekinfo.v25i2
P-ISSN: 1411-3635
E-ISSN: 2962-5645

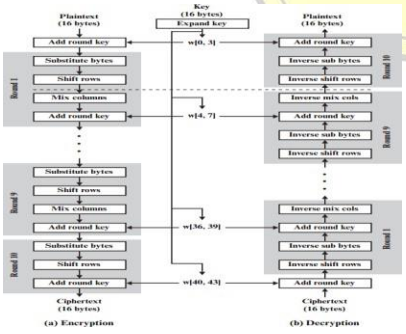
sensitif. AES memiliki tiga variasi kunci dengan panjang 128, 192, dan 256 bit.

Mode Operasi AES : Ada beberapa mode operasi yang dapat digunakan dengan AES, seperti ECB (Electronic Codebook), CBC (Cipher Block Chaining), dan lainnya (Hidayati et al., 2021).

Kriptografi adalah ilmu yang mempelajari teknik-teknik matematika yang berhubungan dengan aspek keamanan informasi seperti kerahasiaan, integritas data, serta otentikasi (Menez 1996). Kriptografi Merupakan kakas (tool) yang sangat penting di dalam keamanan informasi kriptografi memiliki layanan seperti berikut.

a) Kerahasiaan Pesan *(Confidentality/privacy/secrery)*
b) Keaslian pesan *(Data Integrity)*
c) Keaslian pengirim dan penerima pesan *(Authentication)*
d) Anti penyangkalan *(Non-repudiation).*

AES diperkenalkan untuk menggantikan DES karena DES menggunakan kunci sandi yang sangat kecil dan algoritmenya lebih lambat. Rijndael dikembangkan oleh dua kriptografer Belgia, Joan Daemen dan Vincent Rijmen, dan diajukan oleh mereka untuk proses seleksi AES [10]. Algoritma AES memiliki ukuran blok 128 bit atau 16 byte. Tiga versi AES beserta spesifikasi yang mengikuti tercantum pada Tabel 1. AES terdiri dari tiga penyandian blok, yaitu AES-128, AES-192, dan AES-256. deskripsi AES ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 2. 1 Proses Enkripsi dan Dekripsi AES.

Pada tahun 1997, *National Institute of Standard and Technology* (NIST) *of United States* mengeluarkan *Advanced Encryption Standard*(AES) untuk menggantikan *Data Encryption Standard* (DES). AES dibangun dengan maksud untuk mengamankan pemerintahan diberbagi bidang. Algoritma AES di design menggunkan blok *chiper* minimal dari blok 128 bit *input* dan mendukung ukuran 3 kunci (3-*key-sizes*), yaitu kunci 128 bit, 192 bit, dan 256 bit. Pada agustus 1998, NIST mengumumkan bahwa ada 15 proposal AES yang telah diterima dan dievaluasi, setelah mengalami proses seleksi terhadap algoritma yang masuk, NIST menumumkan pada tahun 1999 bahwa hanya ada 5 algoritma yang diterima, algoritma tersebut diantara lain adalah MARS, RC6, Rijndael, Serpent, dan Twofish. Algoritma-algoritma tersebut manjalani berbagai macam pengetesan. Pada bulan oktober 2000, NIST mengumumkan bahwa Rijndael sebagai algoritma yang terpilih untuk standar AES yang baru. Baru pada februari 2001 NIST mengirimkan *draft* kepada *Federal Information Processing Standards* (FIPS) untuk standar AES. Kemudian pada 26 November 2001, NIST mengumumkan produk akhir dari*Advanced Encryption Standard* (Meko, 2018).

AES (*Advanced Encryption Standard*) adalah lanjutan dari algoritma enkripsi standar DES (*Data Encryption Standard*) yang masa berlakunya dianggap telah usai karena faktor keamanan. Kecepatan komputer yang sangat pesat dianggap sangat membahayakan DES, sehingga pada tanggal 2 Maret tahun 2001 ditetapkanlah algoritma baru Rijndael sebagai AES. Kriteria pemilihan AES didasarkan pada 3 kriteria utama yaitu: keamanan, harga, dan karakteristik algoritma beserta implementasinya. Keamanan merupakan faktor terpenting dalam evaluasi (minimal seaman triple DES), yang meliputi ketahanan terhadap semua analisis sandi yang telah diketahui dan diharapkan dapat menghadapi analisis sandi yang belum diketahui. Di samping itu, AES juga harus dapat digunakan secara bebas tanpa harus membayar royalti, dan juga murah untuk diimplementasikan pada *smart card* yang memiliki ukuran memori kecil. AES juga harus efisien dan cepat (minimal secepat Triple DES) dijalankan dalam berbagai mesin 8 bit hingga 64 bit, dan berbagai perangkat lunak. DES menggunakan

P-ISSN: 1411-3635
E-ISSN: 2962-5645
https://doi.org/10.37817/tekinfo.v25i2

stuktur Feistel yang memiliki kelebihan bahwa struktur enkripsi dan dekripsinya sama, meskipun menggunakan fungsi F yang tidak invertibel. Kelemahan Feistel yang utama adalah bahwa pada setiap ronde, hanya setengah data yang diolah. Sedangkan AES menggunakan struktur SPN (*Substitution Permutation Network*) yang memiliki derajat paralelisme yang lebih besar, sehingga diharapkan lebih cepat dari pada Feistel (Malays et al., n.d.).

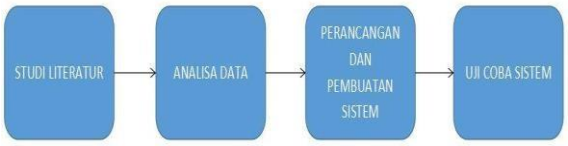
Kelemahan SPN pada umumnya (termasuk pada Rijndael) adalah berbedanya struktur enkripsi dan dekripsi sehingga diperlukan dua algoritma yang berbeda untuk enkripsi dan dekripsi. Dan tentu pula tingkat keamanan enkripsi dan dekripsinya menjadi berbeda. AES memiliki blok masukan dan keluaran serta kunci 128 bit. Untuk tingkat keamanan yang lebih tinggi, AES dapat menggunakan kunci 192 dan 256 bit. Setiap masukan 128 bit plaintext dimasukkan ke dalam state yang berbentuk bujursangkar berukuran 4×4 byte. State ini di-XOR dengan key dan selanjutnya diolah 10 kali dengan subtitusi- transformasi *linear-Addkey*. Dan di akhir diperoleh ciphertext (Enkripsi Algoritma AES (Advanced Encryption Standard), n.d.).

Berikut ini adalah operasi Rijndael (AES) yang menggunakan 128 bit kunci:

1. Ekspansi kunci utama (dari 128 bit menjadi 1408 bit);
2. Pencampuran *subkey*;
3. Ulang dari i=1 sampai i=10 Transformasi : ByteSub (subtitusi per byte) *ShiftRow* (Pergeseren byte perbaris) *MixColumn* (Operasi perkalian GF(2) per kolom);
4. Pencampuran *subkey* (dengan XOR);
5. Transformasi : *ByteSub* dan *ShiftRow;*
6. Pencampuran *subkey*.

3. METODE PENELITIAN

Langkah yang dilakukan dalam penelitian diawali dengan studi literatur tentang kriptografi, khususnya algoritma AES. Langkah selanjutnya adalah menganalisis data dan mempelajari apa yang dilakukan untuk keamanan data. Selanjutnya membuat rancangan aplikasi berdasarkan literature review dan analisis data untuk



membuat aplikasi keamanan data berbasis web. Setelah aplikasi dibuat, sistem akan diuji.

Gambar 3. 1 Metode Penelitian

Algoritma kriptografi bernama Rijndael yang didesain oleh oleh Vincent Rijmen dan John Daemen asal Belgia keluar sebagai pemenang kontes algoritma kriptografi pengganti DES yang diadakan oleh NIST (*National Institutes of Standards and Technology*) milik pemerintah Amerika Serikat pada 26 November 2001. Algoritma Rijndael inilah yang kemudian dikenal dengan *Advanced Encryption Standard* (AES). Setelah mengalami beberapa proses standardisasi oleh NIST, Rijndael kemudian diadopsi menjadi standard algoritma kriptografi secara resmi pada 22 Mei 2002. Pada 2006, AES merupakan salah satu algoritma terpopuler yang digunakan dalam kriptografi kunci simetrik. AES ini merupakan algoritma *block cipher* dengan menggunakan sistem permutasi dan substitusi (P- *Box* dan S-*Box*) bukan dengan jaringan Feistel sebagaiman *block cipher* pada umumnya. Jenis AES terbagi 3, yaitu AES-128, AES-192, dan AES-256. Pengelompokkan jenis AES ini adalah berdasarkan panjang kunci yang digunakan. Angka-angka di belakang kata AES menggambarkan panjang kunci yang digunakan pada tiap-tiap AES. Selain itu, hal yang membedakan dari masing-masing AES ini adalah banyaknya*round* yang dipakai. AES-128 menggunakan 10 round, AES-192 sebanyak 12 *round*, dan AES-256 sebanyak 14 *round* .

AES memiliki ukuran *block* yang tetap sepanjang 128 bit dan ukuran kunci sepanjang 128, 192, atau 256 bit. Tidak seperti Rijndael yang*block* dan kuncinya dapat berukuran kelipatan 32 bit dengan ukuran minimum 128 bit dan maksimum 256 bit. Berdasarkan ukuran *block*yang tetap, AES bekerja pada matriks berukuran 4x4 di mana tiap-tiap sel matriks terdiri atas 1 byte (8 bit). Sedangkan Rijndael sendiri dapat mempunyai ukuran matriks yang lebih dari itu dengan menambahkan kolom sebanyak yang diperlukan. Blok chiper tersebut dalam pembahasan ini akan diasumsikan sebagai sebuah kotak. Setiap plainteks akan dikonversikan terlebih dahulu ke

https://doi.org/10.37817/tekinfo.v25i2
P-ISSN: 1411-3635
E-ISSN: 2962-5645

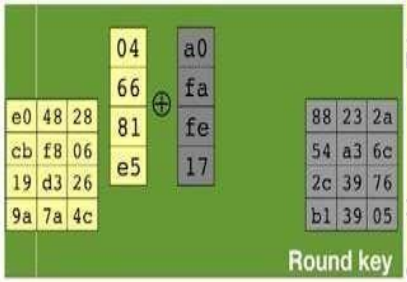
dalam blok-blok tersebut dalam bentuk heksadesimal. Barulah kemudian blok itu akan diproses dengan metode yang akan dijelaskan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Enkripsi AES-128

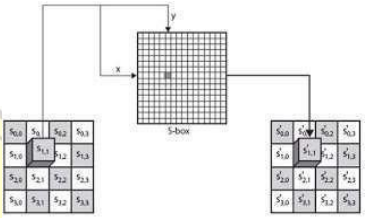
Berikut adalah ringkasan dari algoritma AES yang bekerja di blok 128bit menggunakan kunci 128bit (selain proses pembuatan round kunci).

1. *AddRoundKey* : XOR state awal (*plainteks*) dengan *cipherkey*. Langkah ini disebut *initial round*.



Gambar 4. 1 Add Round Key

2. Blok : Blok yang didapat dari proses XOR antara state awal (plainteks) dengan cipher key akan masuk ke tahap selanjutnya dan mengalami putaran sebanyak Nr – 1 kali (Teguh Utomo & Pradana, 2022). Langkah yang dilakukan dalam setiap putaran adalah :
   a. *SubBytes* : Substitusi byte dengan S- box (tabel substitusi).
   b. ShiftRows : Memindahkan baris array state dengan wrapping. Prinsip dari *Sub Bytes* adalah menukar isi matriks/tabel yang ada dengan matriks/tabel lain yang disebut dengan Rijndael S- *Box*. Di bawah ini adalah contoh *Sub Bytes* dan Rijndael S-*Box*. Baris pertama tidak dilakukan pergeseran, baris kedua dilakukan pergeseran 1 *byte*, baris ketiga dilakukan pergeseran 2 *byte*, dan baris keempat dilakukan pergeseran 3 *byte*. Pergeseran tersebut terlihat dalam sebuah blok adalah sebuah pergeseran tiap elemen ke kiri tergantung berapa byte tergesernya, tiap pergeseran 1 *byte* berarti bergeser ke kiri sebanyak satu kali.



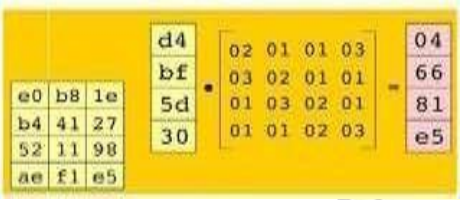
Gambar 4. 2 Ilustrasi Sub Bytes

   c. *MixColumns* : Acak data pada setiap kolom *state array*. Yang terjadi saat *Mix Column* adalah mengalikan tiap elemen dari blok chiper dengan matriks yang ditunjukkan oleh Gambar 6. Tabel sudah ditentukan dan siap pakai. Pengalian dilakukan seperti perkalian matriks biasa yaitu menggunakan *dot product* lalu perkalian keduanya dimasukkan ke dalam sebuah blok chiper baru. Ilustrasi dalam gambar 7 akan menjelaskan mengenai bagaimana perkalian ini seharusnya dilakukan. Dengan begitu seluruh rangkaian proses yang terjadi pada AES telah dijelaskan dan selanjutnya adalah menerangkan mengenai penggunaan tiap-tiap proses tersebut.

P-ISSN: 1411-3635
E-ISSN: 2962-5645
https://doi.org/10.37817/tekinfo.v25i2

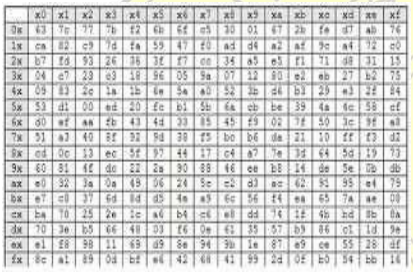
02	01	01	03
03	02	01	01
01	03	02	01
01	01	02	03

Gambar 4. 3 Tabel untuk Mix Coloumn

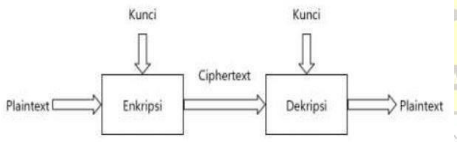


Gambar 4. 4 Ilustrasi *Mix Column*

d. *AddRoundKey* : Melakukan XOR antara state saat ini dengan *round key*.



Gambar 4. 5 Rijndael S-*Box*

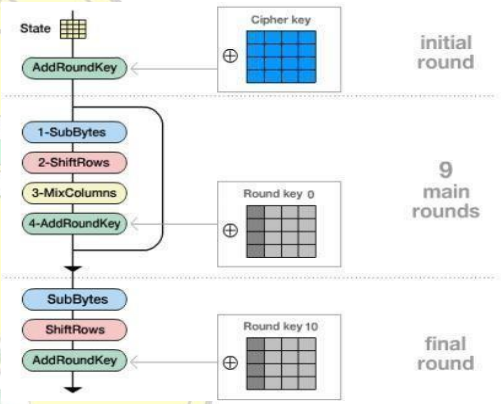


Gambar 4. 6 Proses Enkripsi AES-128

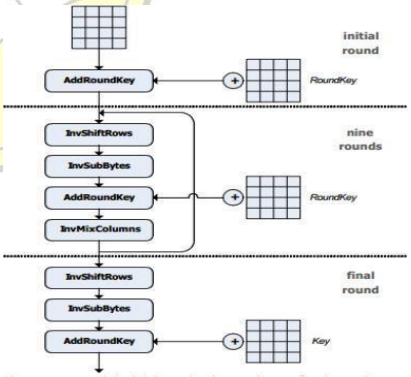
4.2 Proses Dekripsi AES

Langkah dekripsi *AES*, juga dikenal sebagai *Invers Cipher* dari algoritma Rijndael, yang beroperasi blok 128bit dengan kunci 128bit, adalah :

1. *InitialRound* : Tahap *AddRoundKey* yang melakukan XOR antara state awal (*ciphertext*) dan kunci enkripsi. Langkah ini juga disebut *InitialRound*.
2. Putaran sebanyak Nr – 1 kali. Proses yang terjadi pada setiap putaran yaitu :
   a. *InvShiftRow* : Memindahkan baris *state array* dengan wrapping.
   b. *InvByteSub* : Substitusi byte dengan tabel substitusi kebalikan (*inverse S-box*).
   c. *AddRoundKey* : Yaitu XOR antara state saat ini dengan *round key*.
   d. *InvMixColumn*: Acak data di setiap kolom *state array*.
3. *Final Round* : Langkah untuk putaran terakhir :
   a. *InvShiftRow*,
   b. *InvByteSub*,
   c. *AddRoundKey*



Gambar 4. 7 Proses Dekripsi AES



Gambar 4. 8 Skema Enkripsi dan Deksripsi AES

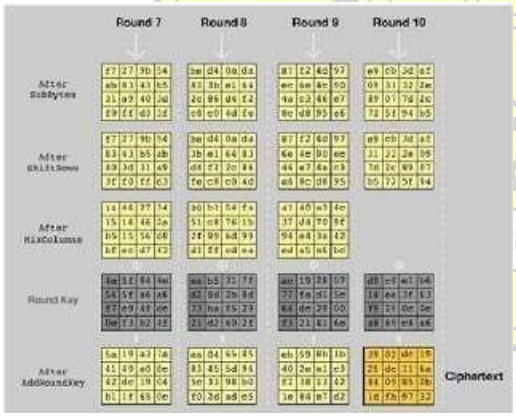
4.3 Diagram Alir AES

Kembali melihat diagram yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Seperti yang terlihat semua proses yang telah dijelaskan sebelumnya

https://doi.org/10.37817/tekinfo.v25i2
P-ISSN: 1411-3635
E-ISSN: 2962-5645

terdapat pada diagram tersebut. Yang artinya adalah mulai dari ronde kedua, dilakukan pengulangan terus menerus dengan rangkaian proses *Sub Bytes, Shift Rows, Mix Columns*, dan *Add Round Key*, setelah itu hasil dari ronde tersebut akan digunakan pada ronde berikutnya dengan metode yang sama. Namun pada ronde kesepuluh, Proses *Mix Columns* tidak dilakukan, dengan kata lain urutan proses yang dilakukan adalah *Sub Bytes, Shift Rows*, dan *Add Round Key*, hasil dari *Add Round Key* inilah yang dijadikan sebagai *chiperteks* dari AES.

Gambar 4. 9 Ilustrasi Ronde 2 hingga Ronde 6



Gambar 4. 10 Ilustrasi Rone 7 hingga Ronde 10

4.4 Implementasi AES

AES atau algoritma Rijndael sebagai salah satu algoritma yang penting tentu memiliki berbagai kegunaan yang sudah diaplikasikan atau diimplementasikan di kehidupan sehari-hari yang tentu saja membutuhkan suatu perlindungan atau penyembunyian informasi di dalam prosesnya. Salah satu contoh penggunaan AES adalah pada kompresi 7-Zip. Salah satu proses di dalam 7-Zip adalah mengenkripsi isi dari data dengan menggunakan metode AES-256. Yang kuncinya dihasilkan melalui fungsi *Hash*. Perpaduan ini membuat suatu informasi yang terlindungi dan tidak mudah rusak terutama oleh virus yang merupakan salah satu musuh besar dalam dunia komputer dan informasi karena sifatnya adalah merusak sebuah data.

Hal yang serupa digunakan pada WinZip sebagai salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan kompresi. Tapi prinsip kompresi pun tidak sama dengan prinsip enkripsi. Karena kompresi adalah mengecilkan ukuran suatu data, biasanya digunakan kode Huffman dalam melakukan hal tersebut. Contoh penggunaan lain adalah pada perangkat lunak *DiskCryptor* yang kegunaannya adalah mengenkripsi keseluruhan isi disk/partisi pada sebuah komputer. Metode enkripsi yang ditawarkan adalah menggunakan AES-256, Twofish, atau Serpent.

5. KESIMPULAN

Melindungi data dari serangan merupakan hal yang sulit. Salah satu cara untuk mengamankan data dari serangan adalah dengan menggunakan enkripsi. Salah satunya menggunakan metode enkripsi AES yang sudah dijabarkan dalam makalah ini. Dirancang untuk menggantikan DES (*launching* akhir 2001), menggunakan *variable length block chipper*, *key length*: 128-bit, 192-bit, 256-bit, dapat diterapkan untuk smart card. Algoritma Rijndael yang ditetapkan sebagai AES memiliki karakteristik yang istimewa yang menjadikannya mendapat status tersebut. Dalam hal ini pula maka algoritma ini perlu lah untuk dipelajari karena penggunaannya di kehidupan sehari-hari sudah sangatlah banyak dan hal ini akan berguna dalam pengembangan dari teknologi kriptografi agar dapat menemukan terobosan-terobosan baru.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah

memberikan dukungan dan pendanaan bagi penelitian ini. Terutama, kami berterima kasih kepada Semua pihak atas bantuan yang telah memungkinkan penelitian ini terlaksana. Kami juga berterima kasih kepada rekan-rekan satu tim di kelas Informatika Universitas Persada Indonesia Y. A. I. yang telah memberikan kontribusi berharga selama proses penelitian. Dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak sangat berarti dalam keberhasilan penelitian ini.

Dengan kalimat ucapan terima kasih ini, kami berharap dapat mengakui dan menghargai kontribusi serta dukungan dari pihak-pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anwar, S. (2017). *IMPLEMENTASI PENGAMANAN DATA DAN INFORMASI DENGAN METODE STEGANOGRAFI LSB DAN ALGORITMA KRIPTOGRAFI AES*.

Enkripsi Algoritma AES (Advanced Encryption Standard). (n.d.).

Hidayati, L. N., Fitriana, G. F., & Adam, I. F. (2021). Perbandingan Keacakan Citra Enkripsi Algoritma AES dan Camelia Uji NPCR dan UACI. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, *8*(6), 274. https://doi.org/10.30865/jurikom.v8i6.3624

Malays, E., Sakti, S., & Basry, A. (n.d.). *Petunjuk Pemanfaatan Load Balancing dan Failover Dalam Perencanaan Pengembangan Jaringan Komputer untuk Menghindari Down Time*.

Maulana, A., & Fajrin, A. A. (2018). Penerapan Data Mining Untuk Analisis Pola Pembelian Konsumen Dengan Algoritma Fp-Growth Pada Data Transaksi Penjualan Spare Part Motor. *Klik - Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer*, *5*(1), 27. https://doi.org/10.20527/klik.v5i1.100

Meko, D. A. (2018). Perbandingan Algoritma DES, AES, IDEA Dan Blowfish dalam Enkripsi dan Dekripsi Data. *Jurnal Teknologi Terpadu*, *4*(1).

Ramadhan, Z., Zarlis, M., Efendi, S., Putera, A., & Siahaan, U. (2018). Perbandingan Algoritma Prim Dengan Algoritma Floyd-Warshall Dalam Menentukan Rute Terpendek (Shortest Path Problem). In *JURIKOM)* (Vol. 5, Issue 2). http://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom|Page|130

Teguh Utomo, A., & Pradana, R. (2022). IMPLEMENTASI ALGORITMA ADVANCED ENCRYPTION STANDARD (AES-128) UNTUK ENKRIPSI DAN DEKRIPSI FILE. In *Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI) Jakarta-Indonesia*.