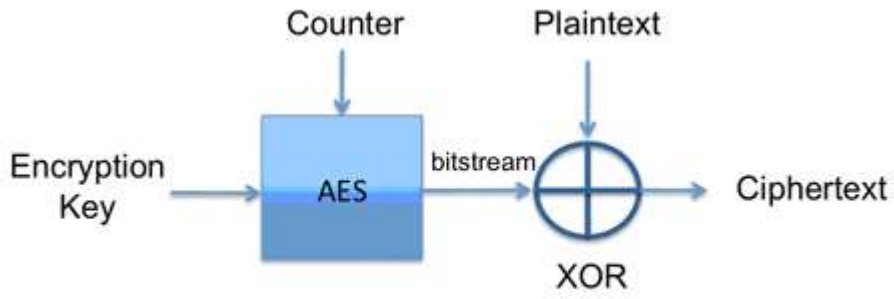
Enkripsi Algoritma AES (Advanced Encryption Standard)

Advanced Encryption Standard (AES) merupakan algoritma *cryptographic* yang dapat digunkan untuk mengamakan data. Algoritma AES adalah blok *chipertext* simetrik yang dapat mengenkripsi (*encipher*) dan dekripsi (*decipher*) informasi. Enkripsi merubah data yang tidak dapat lagi dibaca disebut *ciphertext*; sebaliknya dekripsi adalah merubah *ciphertext* data menjadi bentuk semula yang kita kenal sebagai*plaintext*. Algoritma AES is mengunkan kunci kriptografi 128, 192, dan 256 bits untuk mengenkrip dan dekrip data pada blok 128 bits.



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 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.

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.

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*.

Kesimpulan yang didapat adalah:

a. AES terbukti kebal menghadapi serangan konvensional (*linear* dan *diferensial attack*) yang menggunakan statistik untuk memecahkan sandi;
b. Kesederhanaan AES memberikan keuntungan berupa kepercayaan bahwa AES tidak ditanami trapdoor;
c. Namun, kesederhanaan struktur AES juga membuka kesempatan untuk mendapatkan persamaan aljabar AES yang selanjutnya akan diteliti apakah persamaan tersebut dapat dipecahkan;
7. Bila persamaan AES dapat dipecahkan dengan sedikit pasangan *plaintext*/*ciphertext*, maka riwayat AES akan berakhir;
8. AES didesain dengan sangat hati-hati dan baik sehingga setiap komponennya memiliki tugas yang jelas;
9. AES memiliki sifat *cipher* yang diharapkan yaitu : tahan menghadapi analisis sandi yang diketahui, fleksibel digunakan dalam berbagai perangkat keras dan lunak, baik digunakan untuk fungsi hash karena tidak memiliki weak (semi *weak*) *key*, cocok untuk perangkat yang membutuhkan *key agility* yang cepat, dan cocok untuk stream *cipher*.

II. Sejarah AES

Pada rahun 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 adalah :

1. MARS;
2. RC6;
3. Rijndael;
4. Serpent;
5. 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*.

III. Metode Algoritma AES

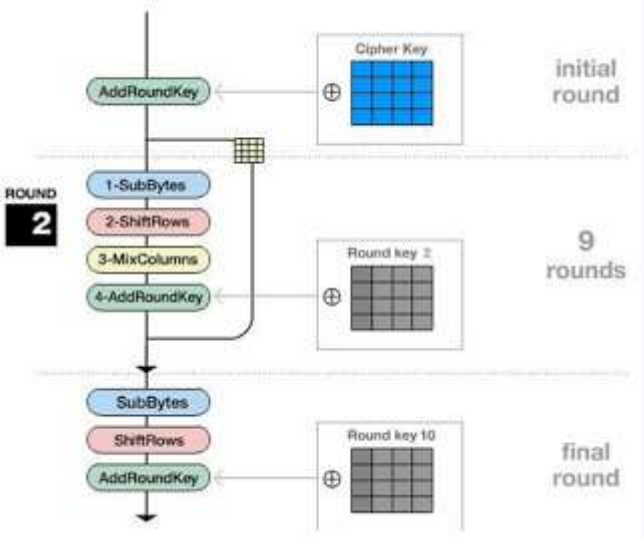
Algoritma kriptografi bernama Rijndael yang didesain oleh oleh Vincent Rijmen dan John Daemen asal Belgia keluar sebagai pemenang kontes algoritma kriptografi pengganti DES yang diadakan oleh NIST (*National Institutes of Standards and Technology*) milik pemerintah Amerika Serikat pada 26 November 2001. 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:

1. AES-128;
2. AES-192;
3. 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*.

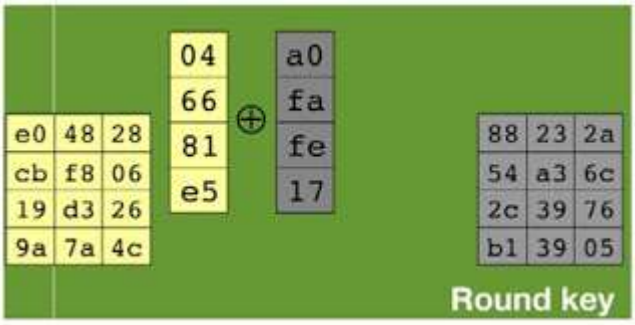
AES memiliki ukuran *block* yang tetap sepanjang 128 bit dan ukuran kunci sepanjang 128, 192, atau 256 bit. Tidak seperti Rijndael yang*block* dan kuncinya dapat berukuran kelipatan 32 bit dengan ukuran minimum 128 bit dan maksimum 256 bit. Berdasarkan ukuran *block*yang tetap, AES bekerja pada matriks 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 dalam blok-blok tersebut dalam bentuk heksadesimal. Barulah kemudian blok itu akan diproses dengan metode yang akan dijelaskan. Secara umum metode yang digunakan dalam pemrosesan enkripsi dalam algoritma ini dapat dilihat melalui Gambar 1.



Gambar 1: Diagram AES

3.1) Add Round Key

Add Round Key pada dasarnya adalah mengkombinasikan *chiper* teks yang sudah ada dengan *chiper key* yang *chiper key* dengan hubungan XOR. Bagannya bisa dilihat pada Gambar 2.



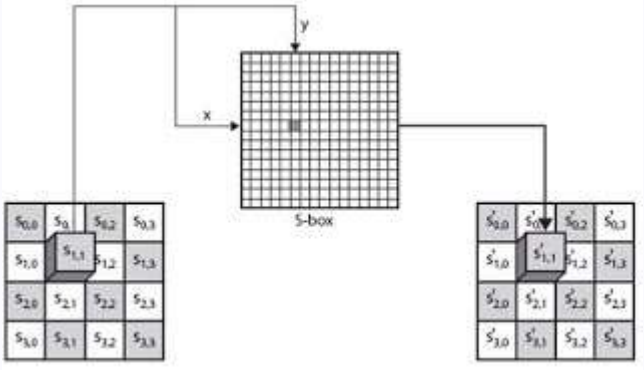
Gambar 2: *Add Round Key*

3.2) Sub Bytes

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*.

	x0	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	xa	xb	xc	xd	xe	xf
0x	63	7c	77	7b	f2	6b	6f	c5	30	01	67	2b	fe	d7	ab	76
1x	ca	82	c9	7d	fa	59	47	f0	ad	d4	a2	af	9c	a4	72	c0
2x	b7	fd	93	26	36	3f	f7	cc	34	a5	e5	f1	71	d8	31	15
3x	04	c7	23	c3	18	96	05	9a	07	12	80	e2	eb	27	b2	75
4x	09	83	2c	1a	1b	6e	5a	a0	52	3b	d6	b3	29	e3	2f	84
5x	53	d1	00	ed	20	fc	b1	5b	6a	cb	be	39	4a	4c	58	cf
6x	d0	ef	aa	fb	43	4d	33	85	45	f9	02	7f	50	3c	9f	a8
7x	51	a3	40	8f	92	9d	38	f5	bc	b6	da	21	10	ff	f3	d2
8x	cd	0c	13	ec	5f	97	44	17	c4	a7	7e	3d	64	5d	19	73
9x	60	81	4f	dc	22	2a	90	88	46	ee	b8	14	de	5e	0b	db
ax	e0	32	3a	0a	49	06	24	5c	c2	d3	ac	62	91	95	e4	79
bx	e7	c8	37	6d	8d	d5	4e	a9	6c	56	f4	ea	65	7a	ae	08
cx	ba	78	25	2e	1c	a6	b4	c6	e8	dd	74	1f	4b	bd	8b	8a
dx	70	3e	b5	66	48	03	f6	0e	61	35	57	b9	86	c1	1d	9e
ex	e1	f8	98	11	69	d9	8e	94	9b	1e	87	e9	ce	55	28	df
fx	8c	a1	89	0d	bf	e6	42	68	41	99	2d	0f	b0	54	bb	16

Gambar 3: Rijndael S-Box

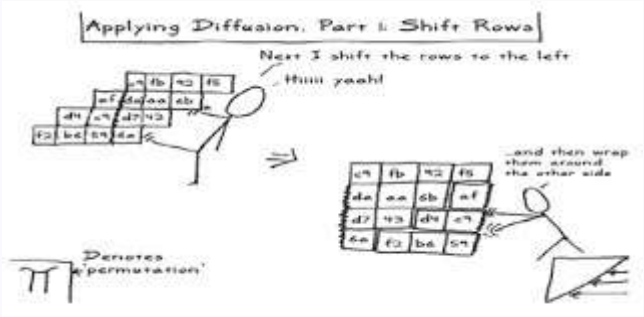


Gambar 4: Ilustrasi Sub Bytes

Gambar 4 adalah contoh dari Rijndael S-*Box*, di sana terdapat nomor kolom dan nomor baris. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, tiap isi kotak dari blok chiper berisi informasi dalam bentuk heksadesimal yang terdiri dari dua digit, bisa angka-angka, angka-huruf, ataupun huruf-angka yang semuanya tercantum dalam Rijndael S-*Box*. Langkahnya adalah mengambil salah satu isi kotak matriks, mencocokkannya dengan digit kiri sebagai baris dan digit kanan sebagai kolom. Kemudian dengan mengetahui kolom dan baris, kita dapat mengambil sebuah isi tabel dari Rijndael S-*Box*. Langkah terakhir adalah mengubah keseluruhan blok chiper menjadi blok yang baru yang isinya adalah hasil penukaran semua isi blok dengan isi langkah yang disebutkan sebelumnya.

3.3) Shift Rows

Shift Rows seperti namanya adalah sebuah proses yang melakukan *shift* atau pergeseran pada setiap elemen blok/tabel yang dilakukan per barisnya. Yaitu 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. Ilustrasi dari Tahap ini diperlihatkan oleh gambar di bawah ini.



Gambar 5: Ilustrasi dari Shift Row

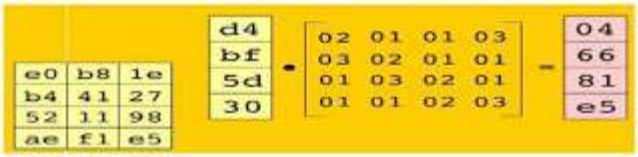
Seperti yang terlihat pada Gambar 5, tahap *shift row* sama sekali tidaklah rumit, karena ini adalah proses standar yang hanya berupa pergeseran. Langkah terakhir adalah *Mix Column*.

3.4) Mix Columns

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.

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

Gambar 6: Tabel untuk Mix Column

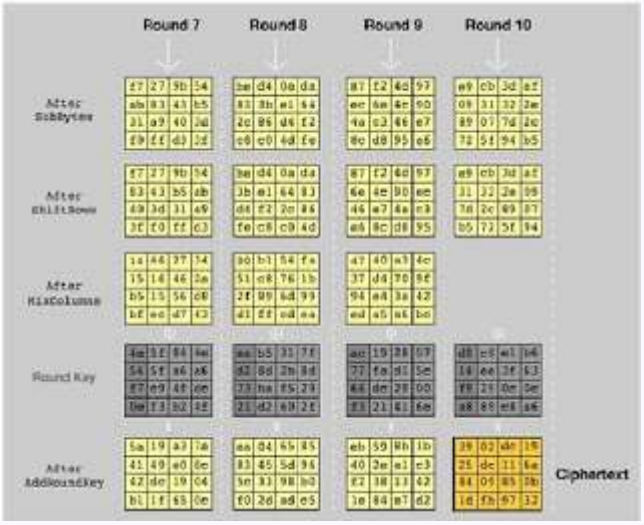


Gambar 7: Ilustrasi Mix Column

IV. Diagram Alir AES

Kembali melihat diagram yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Seperti yang terlihat semua proses yang telah dijelaskan sebelumnya 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. Lebih jelasnya bisa dilihat dengan Gambar 8 dan 9 yang akan menerangkan mengenai kasus tersebut.

Gambar 8: Ilustrasi Ronde 2 hingga Ronde 6



Gambar 9: Ilustrasi Rone 7 hingga Ronde 10

Dengan mengetahui semua proses yang ada pada AES, maka kita dapat menggunakannya dalam berbagai contoh kasus yang muncul di kehidupan sehari-hari.

V. Implementasi *Advanced Encryption Standard*

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.

VI. 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.

Tujuan utama dari kriptografi adalah melindungi sebuah informasi, begitu pula dengan AES yang dengan serangkaian tahap atau ronde yang dilakukan dengan menggunakan kunci simetris. Penggunaan AES pun bukan hanya digunakan dalam hal yang sederhana melainkan perannya sangatlah krusial dalam sebuah perangkat lunak ataupun dalam hal lain dimana AES tersebut digunakan.