II4031 Kriptografi dan Koding

Triple DES dan RC5

Oleh: Rinaldi Munir

Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
ITB

Triple DES

DES Berganda

- Karena DES mempunyai potensi kelemahan pada *brute force atack*, maka dibuat varian dari DES.

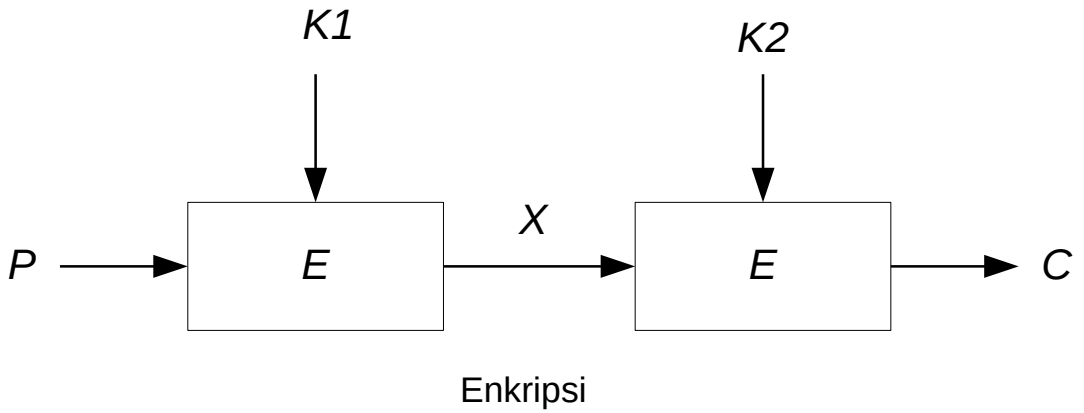
- Varian DES yang paling luas digunakan adalah DES berganda (*multiple DES*).

- DES berganda adalah enkripsi berkali-kali dengan DES dan menggunakan kunci ganda.

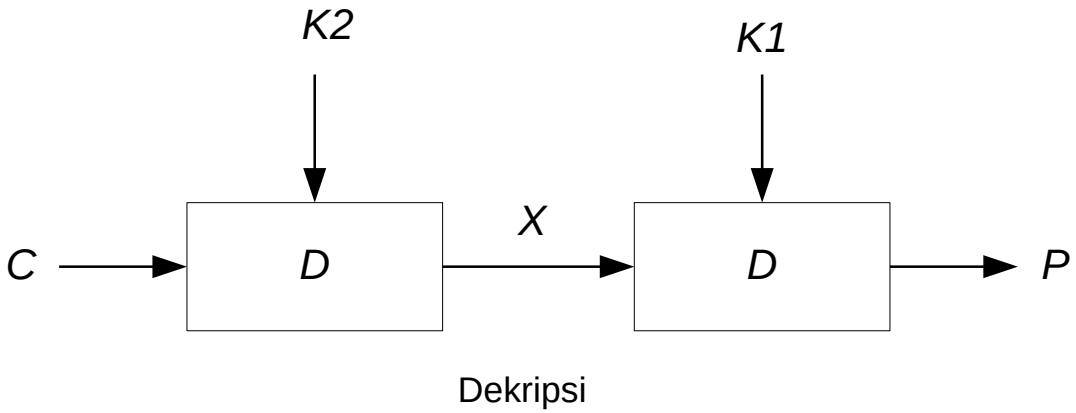
- Tinjau DES berganda:
  1. *Double DES*
  2. *Triple DES*

Double DES

- Menggunakan 2 buah kunci eksternal, K_1 dan K_2.
- Enkripsi: $C = E_{K2}(E_{K1}(P))$
- Dekripsi: $P = D_{K1}(D_{K2}(C))$



Enkripsi



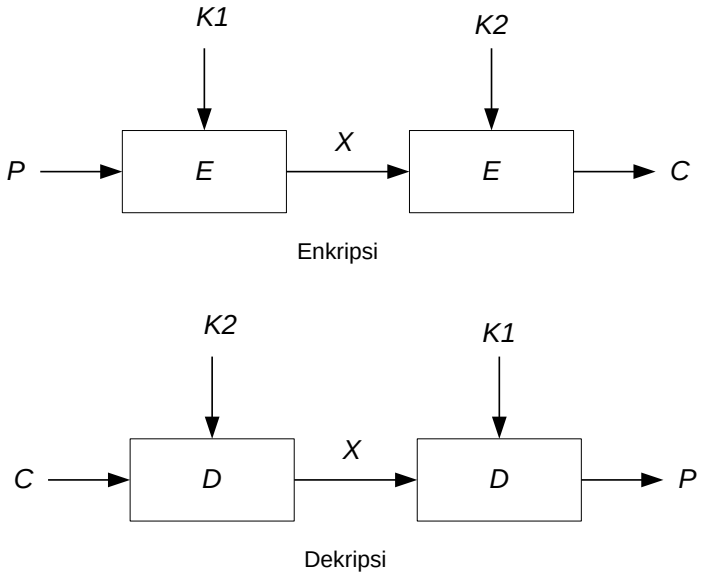
Dekripsi

- Kelemahan *Double DES*: serangan *meet-in-the-middle attack*:
- Dari pengamatan,

$$C = E_{K2}(E_{K1}(P))$$

maka

$$X = E_{K1}(P) = D_{K2}(C)$$



- Misalkan kriptanalis memiliki potongan *C* dan *P* yang berkorepsonden (*known-plaintext attack*).

- Enkripsi *P* untuk semua kemungkinan nilai *K*1 (yaitu sebanyak 2^{56} kemungkinan kunci). Hasilnya adalah semua nilai *X*

- Simpan semua nilai *X* ini di dalam tabel

- Berikutnya, dekripsi *C* dengan semua semua kemungkinan nilai *K*2 (yaitu sebanyak 2^{56} kemungkinan kunci).

- Bandingkan semua hasil dekripsi ini dengan elemen di dalam tabel tadi. Jika ada yang sama, maka dua buah kunci, *K*1 dan *K*2, telah ditemukan.

- Tes kedua kunci ini dengan pasangan plainteks-cipherteks lain yang diketahui. Jika kedua kunci tersebut menghasilkan cipherteks atau plainteks yang benar, maka *K*1 dan *K*2 tersebut merupakan kunci yang benar

$X = E_{K1}(P)$		$X = D_{K2}(C)$	
K1	X	K2	X
000…00	1010..11	000…00	0110..10
000…01	1101..00	000…01	1000..10
…		…	
…		…	
…		…	
101..10	**010..01**	101..10	010..01
…		…	
…		…	
…		**110..10…**	**010..01**
…		…	
…		…	
111..11	011.. 10	111..11	011.. 10

Triple DES (TDES)

- Menggunakan DES tiga kali
- Bertujuan untuk mencegah *meet-in-the-middle attack*.

- Bentuk umum TDES (mode EEE):

  Enkripsi: $C = E_{K3}(E_{K2}(E_{K1}(P)))$

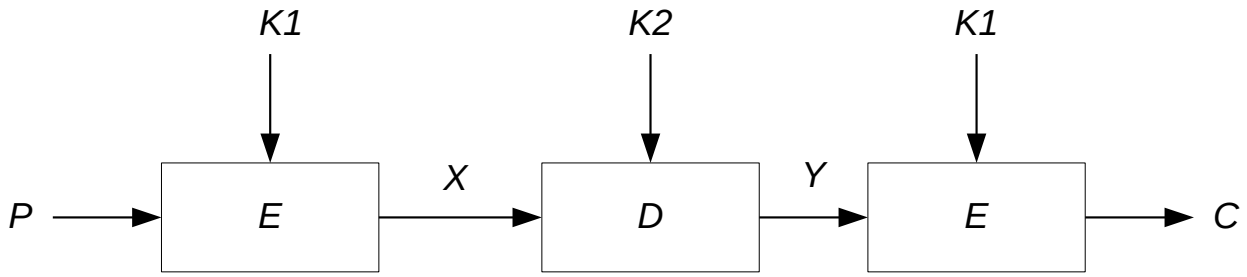
  Dekripsi: $P = D_{K1}(D_{K2}(D_{K3}(C)))$

- Untuk menyederhanakan TDES, maka langkah di tengah diganti dengan D (mode EDE).

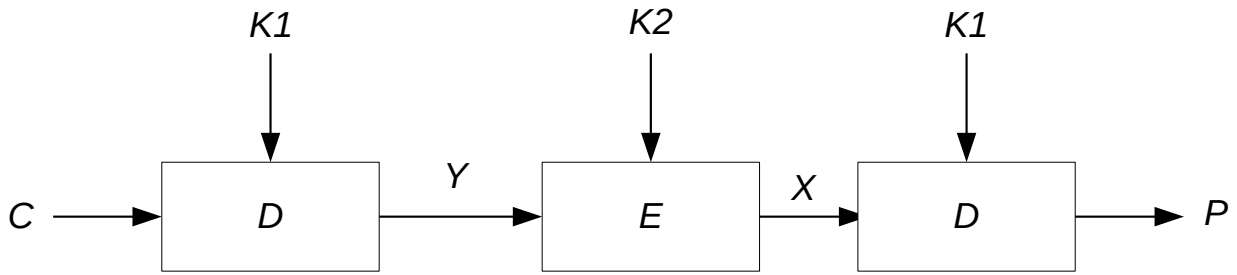
- Ada dua versi TDES dengan mode EDE:
  - Menggunakan 2 kunci
  - Menggunaakn 3 kunci

Triple DES

Triple **DES dengan 2 kunci**

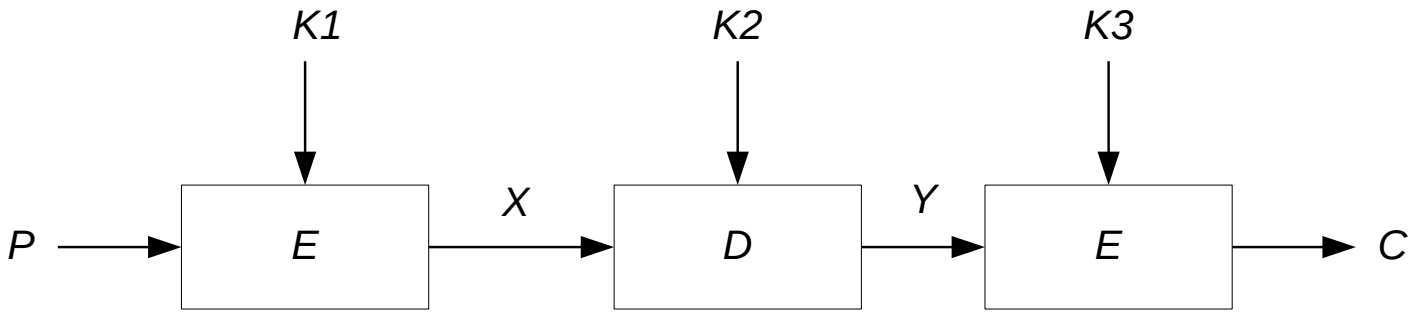


Enkripsi

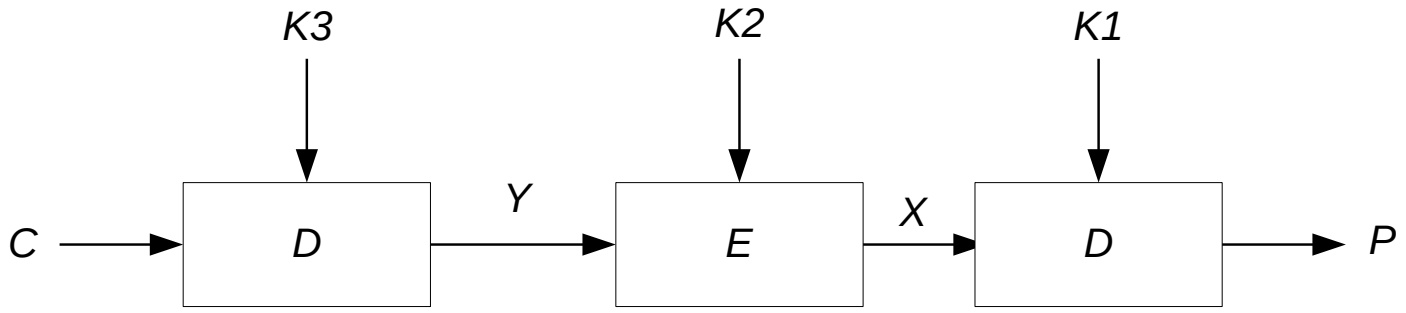


Dekripsi

Triple **DES dengan 3 kunci**



Enkripsi



Dekripsi

RC5

- *RC5* dibuat oleh Ron Rivest dari Laboratorium *RSA*.

- Tidak seperti algoritma *cipher* blok lainnya, *RC5* mempunyai:
  - ukuran blok yang variabel (16, 32, 64)
  - panjang kunci yang variabel (0 sampai 2040 bit)
  - dan jumlah putaran yang variabel (0 sampai 255).

Parameter	Simbol	Nilai yang dibolehkan
Ukuran blok (dalam bit)	*w*	16, 32, 64
Jumlah putaran	*r*	0, 1, …, 255
Panjang kunci eksternal *K* (dalam *byte*, 1 *byte* = 8 bit)	*b*	0, 1, …, 255

Pembentukan Kunci Internal

- Kunci internal ada sebanyak $2r + 2$ buah yang masing-masing disimpan di dalam elemen-elemen larik yang dilabeli sebagai $S[0], S[1], \ldots, S[t-1]$ dengan $t = 2r + 2$.

- Setiap elemen larik panjangnya satu *word* (1 *word* = w bit)

Parameter	Simbol	Nilai yang dibolehkan
Ukuran blok (dalam bit)	w	16, 32, 64
Jumlah putaran	r	0, 1, …, 255
Panjang kunci eksternal K (dalam *byte*, 1 *byte* = 8 bit)	b	0, 1, …, 255

- Mula-mula, semua *byte* dari kunci eksternal, $K[0..b-1]$, disalin ke dalam larik L yang berukuran c *word*, $L[0..c-1]$

- lalu *padding* dengan sejumlah 0 jika perlu (*padding* terjadi jika b bukan kelipatan w).

- Kemudian inisialisasi larik S sebagai berikut:

$S[0] \leftarrow P_w$

for $i \leftarrow 1$ **to** $t - 1$ **do**

  $S[i] \leftarrow S[i-1] + Q_w$

endfor

Parameter	Simbol	Nilai yang dibolehkan
Ukuran blok (dalam bit)	w	16, 32, 64
Jumlah putaran	r	0, 1, …, 255
Panjang kunci eksternal K (dalam *byte*, 1 *byte* = 8 bit)	b	0, 1, …, 255

yang dalam hal ini nilai P_w dan Q_w (dalam heksadesimal) berbeda-beda bergantung pada w sebagai berikut [STA98]:

w	16	32	64
P_w	B7E1	B7E15163	B7E151628AED2A6B
Q_w	9E37	9E3779B9	9E3779B97F4A7C15

Konstanta P_w dan Q_w didasarkan pada representasi bilangan alam e dan ϕ dalam biner,

$$P_w = \text{Odd}[(e - 2)2^w]$$
$$Q_w = \text{Odd}[(\phi - 1)2^w]$$

yang dalam hal ini,

$$e = 2.718281828459\ldots$$

$$\phi = 1.618033988749\ldots = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$$

Akhirnya, campurkan *L* dan *S* sebagai berikut:

```
i ← 0
j ← 0
X ← 0
Y ← 0
n ← 3 * max(r, c)
for k ← 1 to n do
    S[i] ← (S[i] + X + Y) <<< 3
    X ← S[i]
    i ← (1 + 1) mod (t)
    L[j] ← (L[j] + X + Y) <<< ( X + Y)
    Y ← L[j]
    j ← (j + 1) mod (c)
endfor
```

Enkripsi

- Tinjau *RC5* dengan ukuran blok 64 bit dan jumlah putaran *r*.
- Enkripsi menggunakan kunci internal S_0, S_1, …, S_{2r+2} yang masing-masing panjangnya 32-bit.

- Dua kunci internal digunakan untuk setiap putaran i = 1, 2, .. r dan dua buah kunci internal tambahan sebelum putaran pertama jadi seluruhnya ada $2r$ + 2 buah kunci internal).

- Untuk melakukan enkripsi, mula-mula blok plainteks dibagi menjadi 2 bagian, *A* dan *B*, yang masing-masing panjangnya 32 bit. Kemudian masing-masing bagian dijumlahkan (dalam modulo 2^{32}) dengan S_0 dan S_1:

$$A \leftarrow A + S[0]$$

$$B \leftarrow B + S[1]$$

Selanjutnya untuk setiap putaran dari 1 sampai *r* dilakukan operasi *XOR,* pergeseran ke kiri secara sirkuler, dan penjumlahan dalam modulo 2^{32} dengan kunci internal sebagai berikut:

for i $\leftarrow$ 1 **to** r **do**

A $\leftarrow$ ((A $\oplus$ B) <<< B) + S[2i]

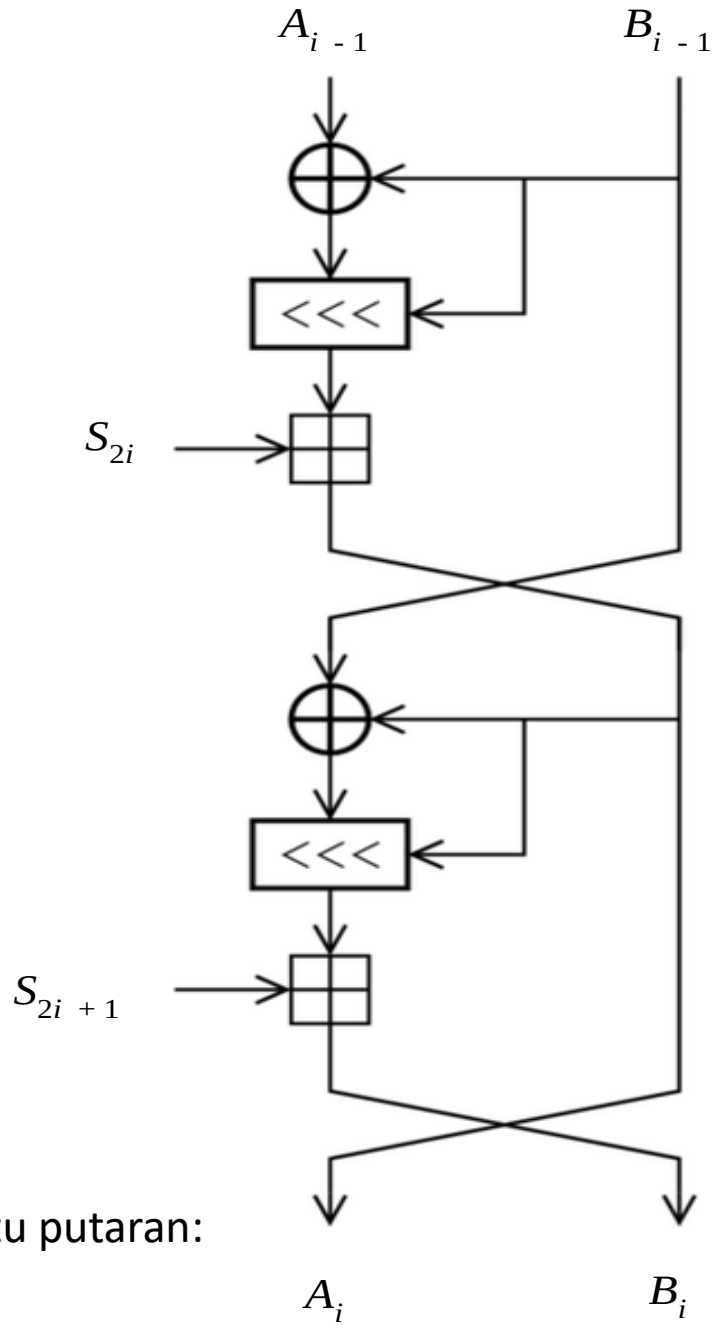
B $\leftarrow$ ((B $\oplus$ A) <<< A) + S[2i+1]

endfor

for i ← 1 **to** r **do**
    A ← ((A ⊕ B) <<< B) + S[2i]
    B ← ((B ⊕ A) <<< A) + S[2i+1]
endfor

Cipherteks pada putaran terakhir disimpan di dalam *A* dan *B*.

Gabungan keduanya adalah blok cipherteks yang berukuran 64 bit.



Proses enkripsi satu putaran: