

Protokol Kriptografi



Bahan Kuliah
IF4020 Kriptografi



Protokol

- Protokol: aturan yang berisi rangkaian langkah-langkah, yang melibatkan dua atau lebih orang, yang dibuat untuk menyelesaikan suatu kegiatan.
- Protokol kriptografi: protokol yang menggunakan kriptografi. Orang yang berpartisipasi dalam protokol kriptografi memerlukan protokol tersebut misalnya untuk:
 - berbagi komponen rahasia untuk menghitung sebuah nilai,
 - membangkitkan rangkaian bilangan acak,
 - meyakinkan identitas orang lainnya (otentikasi),
 - dll



Contoh-contoh Protokol Kriptografi

1. Secure Socket Layer (SSL)
2. IPSec (Internet Protocol Security)
3. Kerberos
4. Protokol pertukaran kunci Diffie-Hellman
5. Transport Layer Security (TLS)

- 
- Protokol kriptografi dibangun dengan melibatkan beberapa algoritma kriptografi.
 - Sebagian besar protokol kriptografi dirancang untuk dipakai oleh kelompok yang terdiri dari 2 orang pemakai, tetapi ada juga beberapa protokol yang dirancang untuk dipakai oleh kelompok yang terdiri dari lebih dari dua orang pemanaki (misalnya pada aplikasi *teleconferencing*)

- 
- Untuk mendemonstrasikan protokol kriptografi, kita menggunakan nama-nama pemain sebagai berikut:

Alice : orang pertama (dalam semua protokol)
Bob : orang kedua (dalam semua protokol)
Carol : orang ketiga dalam protokol tiga- atau empat-orang
Dave : orang keempat dalam protokol empat-orang
Eve : penyadap (*eavesdropper*)
Trent : juru penengah (*arbitrator*) yang dipercaya



Protokol komunikasi dengan sistem kriptografi simetri

- (1) Alice dan Bob menyepakati algoritma kriptografi simetri yang akan digunakan.
- (2) Alice dan Bob menyepakati kunci yang akan digunakan.
- (3) Alice menulis pesan plainteks dan mengenkripsinya dengan kunci menjadi cipherteks.
- (4) Alice mengirim pesan cipherteks kepada Bob.
- (5) Bob mendekripsi pesan cipherteks dengan kunci yang sama dan membaca plainteksnya.



Protokol komunikasi dengan sistem kriptografi kunci-publik

- (1) Alice dan Bob menyepakati algoritma kriptografi kunci-publik yang akan digunakan.
- (2) Bob mengirim Alice kunci publiknya (kunci publik Bob).
- (3) Alice mengenkripsi pesannya dengan kunci publik Bob kemudian mengirimkannya ke Bob
- (4) Bob mendekripsi pesan dari Alice dengan kunci privat miliknya (kunci privat Bob).



Protokol pertukaran kunci sesi (simetri) (tanpa basis data)

- (1) Bob mengirim Alice kunci publiknya.
- (2) Alice membangkitkan kunci simetri K , mengenkripsikannya dengan kunci publik Bob, lalu mengirimkannya ke Bob,

$$E_B(K)$$

- (3) Bob mendekripsi pesan dari Alice dengan menggunakan kunci privatnya untuk mendapatkan kembali kunci simetri K ,

$$D_B(E_B(K)) = K$$

- (4) Baik Alice dan Bob dapat saling ber kirim pesan dengan sistem kriptografi simetri dengan menggunakan kunci K .



Protokol pertukaran kunci sesi (simetri) (dengan basisdata)

- (1) Alice mengambil kunci publik Bob dari basisdata.
- (2) Alice membangkitkan *session key* K , mengenkripsikannya dengan kunci publik (PK) Bob, dan mengirimkannya ke Bob,

$$E_{PK}(K)$$

- (3) Bob mendekripsi pesan dari Alice dengan menggunakan kunci rahasianya (SK) untuk mendapatkan kembali *session key* K ,

$$D_{SK}(E_{PK}(K)) = K$$

- (4) Baik Alice dan Bob dapat saling ber kirim pesan dengan sistem kriptografi simetri dengan menggunakan kunci K .

Protokol pertukaran kunci sesi (simetri) (bersamaan dengan mengirim pesan)

- (1) Alice membangkitkan *session key* K , dan mengenkripsi pesan M dengan menggunakan K ,

$$E_K(M)$$

- (2) Alice mengambil kunci publik Bob dari basisdata.
- (3) Alice mengenkripsi K dengan dengan kunci publik Bob,

$$E_B(K)$$

- (4) Alice mengirim pesan terenkripsi bersama-sama dengan kunci terenkripsi kepada Bob,

$$E_K(M), E_B(K)$$

- (5) Bob mendekripsi menggunakan kunci privatnya untuk mendapatkan kembali *session key* K ,

$$D_B(E_B(K)) = K$$

- (6) Bob mendekripsi pesan dengan menggunakan kunci K ,

$$D_K(E_K(M)) = M$$

Protokol pertukaran kunci Diffie-Hellman

- (1) Alice memilih bilangan bulat acak yang besar x dan mengirim hasil perhitungan berikut kepada Bob:

$$X = g^x \text{ mod } n$$

- (2) Bob memilih bilangan bulat acak yang besar y dan mengirim hasil perhitungan berikut kepada Alice:

$$Y = g^y \text{ mod } n$$

- (3) Alice menghitung

$$K = Y^x \text{ mod } n$$

- (4) Bob menghitung

$$K' = X^y \text{ mod } n$$



Protokol tanda-tangan digital (2 orang)

- (1) Alice meringkas dokumennya menjadi *message digest* dengan fungsi *hash* satu-arah.
- (2) Alice mengenkripsi *message digest* dengan kunci privatnya. Hasil enkripsinya disertakan (*embedded*) pada dokumen. Ini berarti Alice telah memberi tanda-tangan digital pada dokumennya.
- (3) Alice mengirim dokumen yang sudah diberi tanda-tangan digital kepada Bob.
- (4) Bob meringkas dokumen dari Alice menjadi *message digest* dengan fungsi *hash* yang sama. Bob mendekripsi tanda-tangan digital yang disertakan pada dokumen Alice. Jika hasil dekripsinya sama dengan *message digest* yang dihasilkan, maka tanda-tangan digital tersebut sah.



Protokol tanda-tangan digital (3 orang)

- (1) Alice memberi tanda-tangan digital pada *message digest* dari dokumen.
- (2) Bob memberi tanda-tangan digital pada *message digest* dari dokumen.
- (3) Bob mengirimkan tanda-tangan digitalnya kepada Alice.
- (4) Alice mengirim dokumen yang sudah diberi tanda-tangan digitalnya dan tanda-tangan digital dari Bob kepada Carol.
- (5) Carol memverifikasi tanda-tangan digital Alice dan tanda-tangan digital Bob (Carol mengetahui kunci publik Alice dan kunci publik Bob).

Protokol enkripsi plus tanda-tangan

- (1) Alice menandatangani dokumen atau pesan (M) dengan menggunakan kunci privat (A).

$$S_A(M)$$

- (2) Alice mengenkripsi dokumen yang sudah ditandatangani dengan kunci publik Bob (B) dan mengirimkannya kepada Bob

$$E_B(S_A(M))$$

- (3) Bob mendekripsi cipherteks yang diterima dengan kunci privatnya.

$$D_B(E_B(S_A(M))) = S_A(M)$$

- (4) Bob melakukan verifikasi dengan mendekripsi hasil pada langkah 3 dengan menggunakan kunci publik Alice dan sekaligus mendapatkan kembali dokumen yang belum dienkripsi.

$$V_A(S_A(M)) = M$$

Protokol konfirmasi “tanda-terima” pesan

- (1) Alice menandatangani dokumen atau pesan (M) dengan menggunakan kunci privatnya, mengenkripsikannya dengan kunci publik Bob dan mengirimkannya kepada Bob

$$E_B(S_A(M))$$

- (2) Bob mendekripsi cipherteks yang diterima dengan kunci privatnya (B), memverifikasi tanda-tangan digital dengan kunci publik Alice dan sekaligus mendapatkan kembali dokumen yang belum dienkripsi.

$$V_A(D_B(E_B(S_A(M)))) = M$$

- 
- (3) Bob menandatangani dokumen (M) dengan kunci pribatnya, mengenkripsikannya dengan kunci publik Alice, dan mengirimkannya ke Alice.

$$E_A(S_B(M))$$

- (4) Alice mendekripsi dokumen dengan kunci pribatnya dan memverifikasi tanda-tangan digital dengan kunci publik Bob.

$$V_B(D_A(E_A(S_B(M)))) = M'$$

Jika M' yang dihasilkan sama dengan dokumen yang dikirim oleh Alice (M), maka Alice tahu bahwa Bob menerima dokumennya dengan benar.

Protokol pertukaran kunci Diffie-Hellman

- (1) Alice memilih bilangan bulat acak yang besar x dan mengirim hasil perhitungan berikut kepada Bob:

$$X = g^x \text{ mod } n$$

- (2) Bob memilih bilangan bulat acak yang besar y dan mengirim hasil perhitungan berikut kepada Alice:

$$Y = g^y \text{ mod } n$$

- (3) Alice menghitung

$$K = Y^x \text{ mod } n$$

- (4) Bob menghitung

$$K' = X^y \text{ mod } n$$



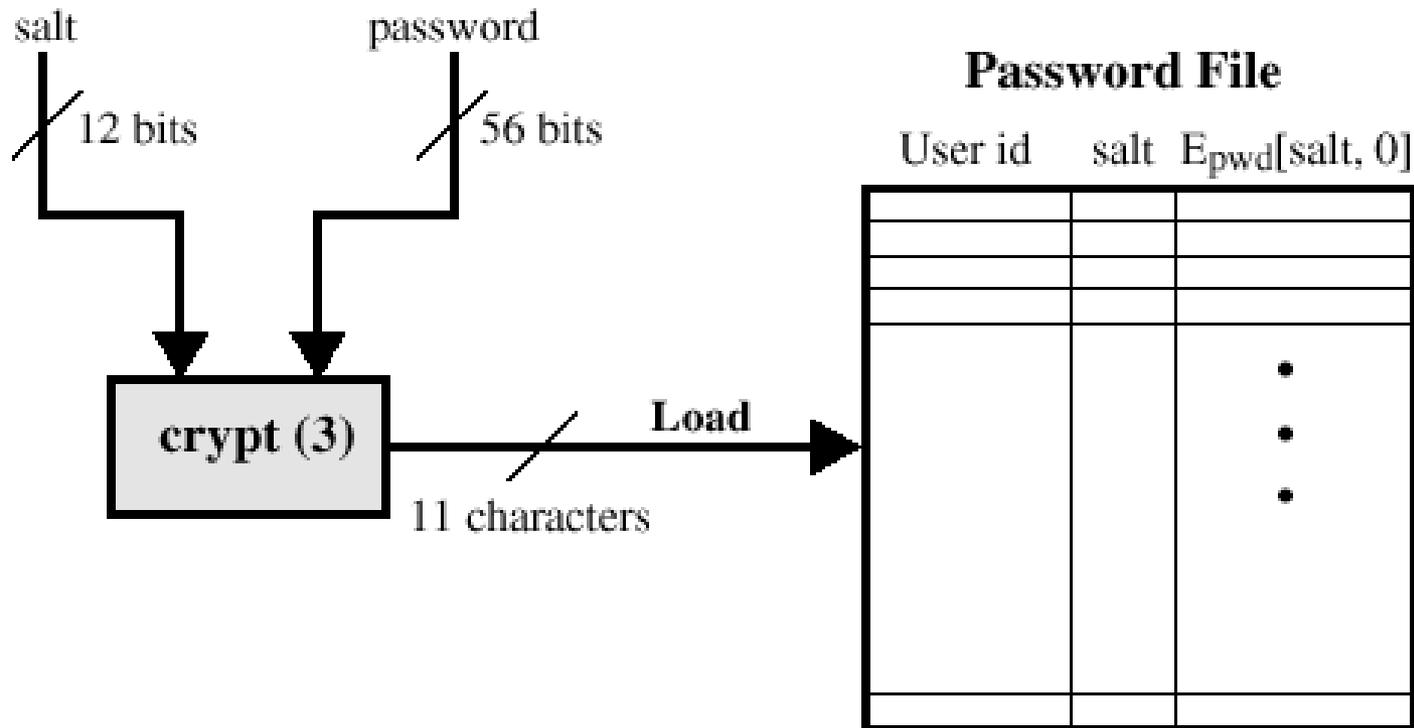
Protokol otentikasi *password*

Otentikasi dengan menggunakan sandi-lewat dan fungsi hash satu-arah.

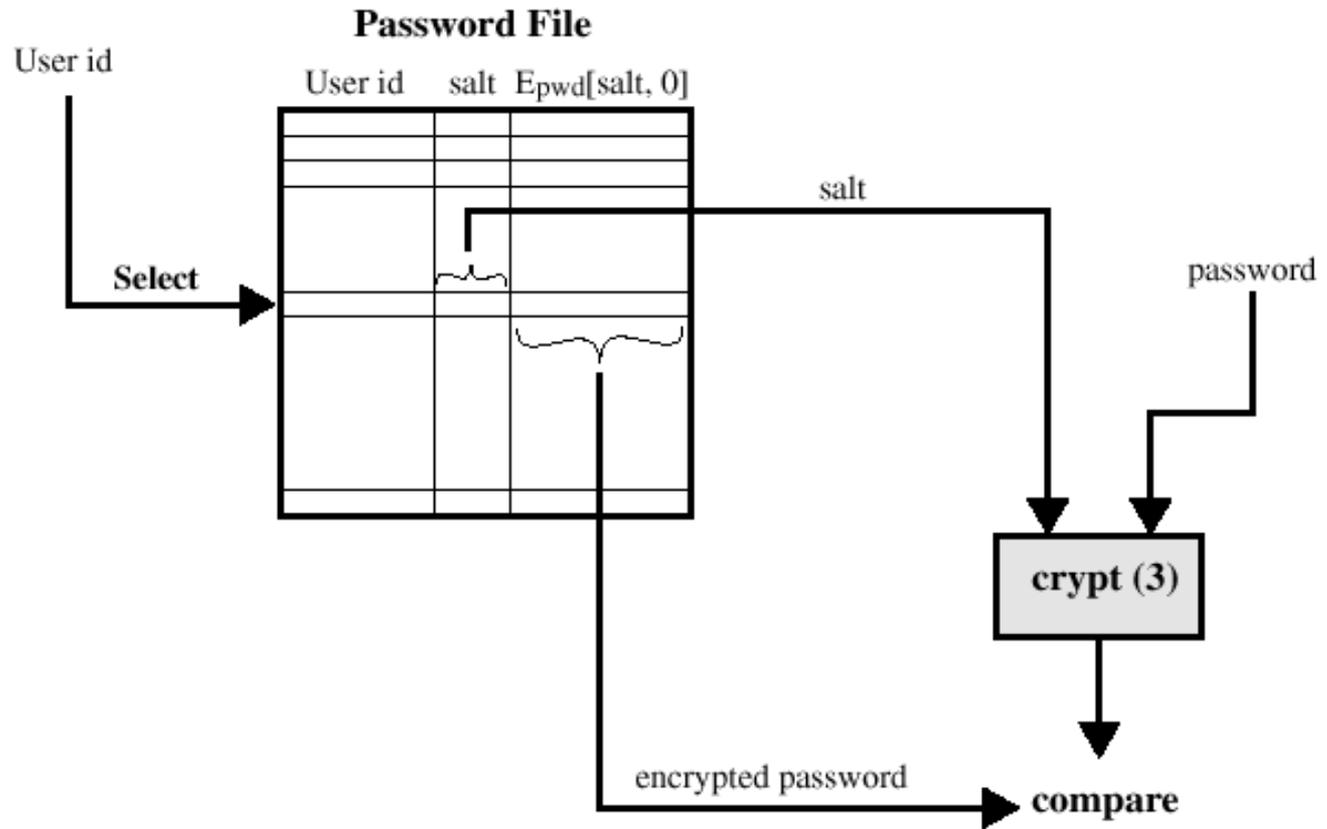
- (1) Alice mengirim sandi-lewatnya ke *host*.
- (2) *Host* mengkompresi sandi-lewat dengan fungsi *hash* satu-arah.
- (3) *Host* membandingkan hasil dari fungsi *hash* dengan nilai *hash* yang disimpan sebelumnya di dalam tabel (basisdata).

- 
- Kelemahan: rentan terhadap serangan *dictionary attack*
 - Untuk membuat *dictionary attack* lebih sulit, sistem keamanan komputer biasanya menambahkan garam (*salt*).
 - *Salt* adalah rangkaian bit yang dibangkitkan secara acak dan disambungkan dengan sandi-lewat.
 - Kemudian sandi-lewat yang sudah disambung dengan *salt* dikompres dengan fungsi *hash* dan hasilnya disimpan di dalam tabel.
 - Semakin panjang *salt* semakin bagus.

Skema sandi-lewat di dalam UNIX (*salt* = 12 bit)



Loading a new password



Verifying a password file



Otentikasi dengan menggunakan sistem kriptografi kunci-publik .

- (1) *Host* mengirim Alice sebuah *string* acak.
- (2) Alice mengenkripsi string dengan kunci rahasianya dan mengirimkannya kembali ke *host* beserta *user-id*-nya.
- (1) *Host* mencari kunci publik Alice berdasarkan *user-id* yang diberikan dan mendekripsi cipherteks dari Alice dengan kunci publik tersebut.
- (2) Jika hasil dekripsi sama dengan string yang semula dikirim oleh *host*, maka *host* mengizinkan Alice mengakses sistem.