Bahan kuliah II4031 Kriptografi dan Koding

# 02 – Ragam Cipher Klasik
## (Bagian 1)

**Oleh: Rinaldi Munir**

**Program Studi  Sistem dan Teknologi Informasi**
**Sekolah Teknik Elektro dan Informatika**
**Institut Teknologi Bandung**
**2024**

# Pendahuluan

- Kriptografi klasik merupakan kriptografi yang sudah tua, sudah ada sejak ribuan tahun yang lalu sampai dtemukan computer digital
- Cipher klasik (*classical cipher*) hanya memproses pesan berbasis huruf alfabet
- Menggunakan alat tulis pena dan kertas saja
- Termasuk ke dalam jenis kriptografi kunci-simetri

- Tiga alasan mempelajari kriptografi klasik:
  1. Memahami konsep dasar kriptografi.
  2. Sebagai dasar algoritma kriptografi modern.
  3. Untuk memahami kelemahan sistem *cipher*.

- *Cipher* di dalam kriptografi klasik disusun oleh dua teknik dasar:
  1. **Teknik substitusi**: mengganti huruf plainteks dengan huruf cipherteks.

| Plainteks: | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cipherteks: | I | J | K | L | Q | R | S | T | U | V | W | D | C | B | A | Z | Y | X | P | O | N | M | H | G | F | E |

Contoh: Plainteks: `MENGANTUK`
Cipherteks: `CQBSIBONW`

  2. **Teknik transposisi**: mengubah susunan atau posisi huruf plainteks menjadi susunan huruf cipherteks.

     Disebut juga teknik *scrambling*, permutasi, atau pengacakan

     Contoh: Plainteks: `MENGANTUK`
     Cipherteks: `TNEAKMNGU`

- Oleh karena itu, dikenal dua macam *cipher* di dalam kriptografi klasik:

  1. *Cipher* Substitusi (*substitution Cipher*)

     - metode enkripsi dan dekripsi menggunakan teknik substitusi

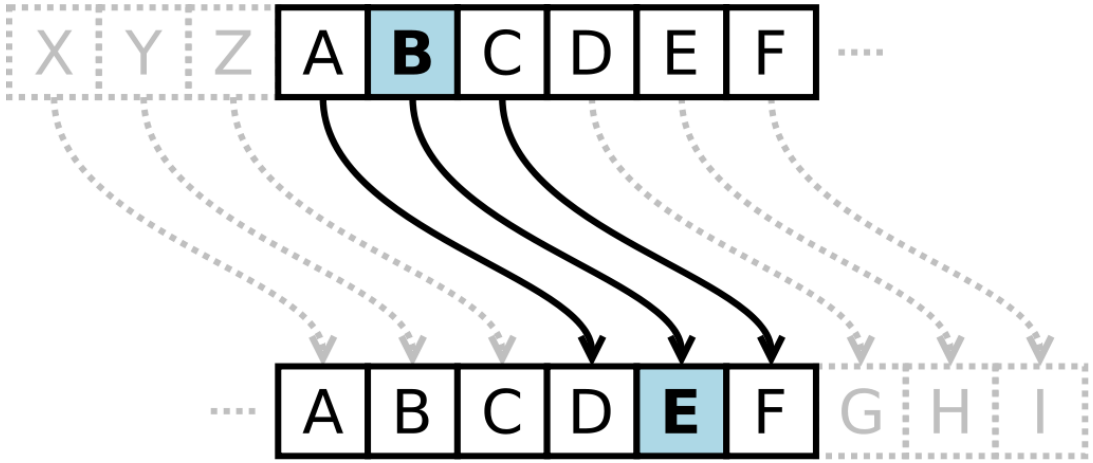
  2. *Cipher* Transposisi (*transposition Cipher*)

     - metode enkripsi dan dekripsi menggunakan teknik transposisi

- Kombinasi kedua teknik tersebut membentuk *product cipher* atau *super enkripsi*

  *product cipher = cipher substitusi + cipher transposisi*

# *Cipher* Substitusi



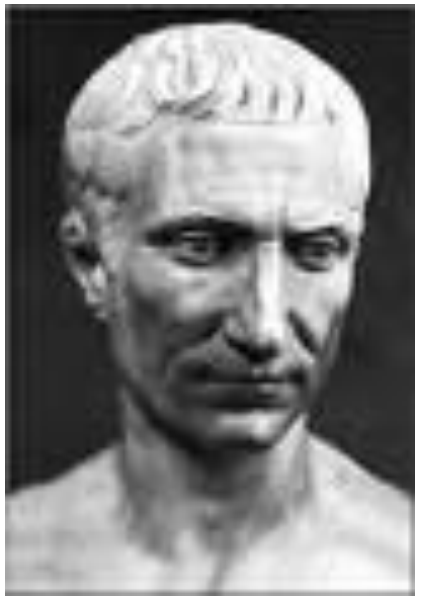

- Contoh yang terkenal: *Caesar Cipher*
- Tiap huruf alfabet digeser 3 huruf ke kanan

```
Plainteks :  A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z
Cipherteks : D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C
```

- Contoh:

Plainteks: `awasi asterix dan temannya obelix`

Cipherteks: `DZDVL DVWHULA GDQ WHPDQQBA REHOLA`



- Supaya lebih aman, cipherteks dikelompokkan ke dalam kelompok n-huruf, misalnya kelompok 4-huruf:

  Semula: `DZDVL DVWHULA GDQ WHPDQQBA REHOLA`

  Menjadi: `DZDV LDVW HULA GDQW HPDQ QBAR EHOL A`

- Atau membuang semua spasi:

  `DZDVLDVWHULAGDQWHPDQQBAREHOLA`

- Tujuannya agar proses kriptanalisis menjadi lebih sulit dilakukan

*Caesar wheel* untuk membentuk tabel substitusi huruf alfabet

- Misalkan setiap huruf alfabet dikodekan ke dalam integer dari 0 sampai 25 sebagai berikut:

  A = 0,  B = 1,  C = 2,  D = 3,  E = 4,  F = 5,  G = 6,  H = 7,  I = 8,  J = 9,  K = 10

  L = 11, M = 12, N = 13, O = 14, P = 15, Q = 16, R = 17, S = 18, T = 19, U = 20

  V = 21, W = 22, X = 23, Y = 24, Z = 25

maka, secara matematis Caesar Cipher dirumuskan sebagai:

Enkripsi: $c = E(p) = (p + 3) \bmod 26$

Dekripsi: $p = D(c) = (c - 3) \bmod 26$

Ket: $p$ = plainteks; $c$ = cipherteks

**ENKRIPSI:**

Plainteks: `awasi asterix dan temannya obelix`

- $p_1$ = ‘a’ = 0 → $c_1$ = $E(0)$ = (0 + 3) **mod** 26 = 3 = ‘D’
- $p_2$ = ‘w’ = 22 → $c_2$ = $E(22)$ = (22 + 3) **mod** 26 = 25 = ‘Z’
- $p_3$ = ‘a’ = 0 → $c_3$ = $E(0)$ = (0 + 3) **mod** 26 = 3 = ‘D’
- $p_4$ = ‘s’ = 18 → $c_4$ = $E(18)$ = (18 + 3) **mod** 26 = 21 = ‘V’
- $p_5$ = ‘i’ = 8 → $c_4$ = $E(8)$ = (8 + 3) **mod** 26 = 11 = ‘L’
- dst…

Cipherteks: `DZDVL DVWHULA GDQ WHPDQQBA REHOLA`

## DEKRIPSI:

Cipherteks: `DZDVL DVWHULA GDQ WHPDQQBA REHOLA`

- $c_1$ = ‘D’ = 3 → $p_1$ = $D(3)$ = (3 – 3) **mod** 26 = 0 = ‘a’
- $c_2$ = ‘Z’ = 25 → $p_2$ = $D(25)$ = (25 – 3) **mod** 26 = 22 = ‘w’
- $c_3$ = ‘D’ = 3 → $p_3$ = $D(3)$ = (3 – 3) **mod** 26 = 0 = ‘a’
- …
- $c_{12}$ = ‘A’ = 0 → $p_{12}$ = $D(0)$ = (0 – 3) **mod** 26 = –3 **mod** 26 = (26 – 3) mod 26 = 23 = ‘x’

- Plainteks ditemukan kembali: `awasi asterix dan temannya obelix`

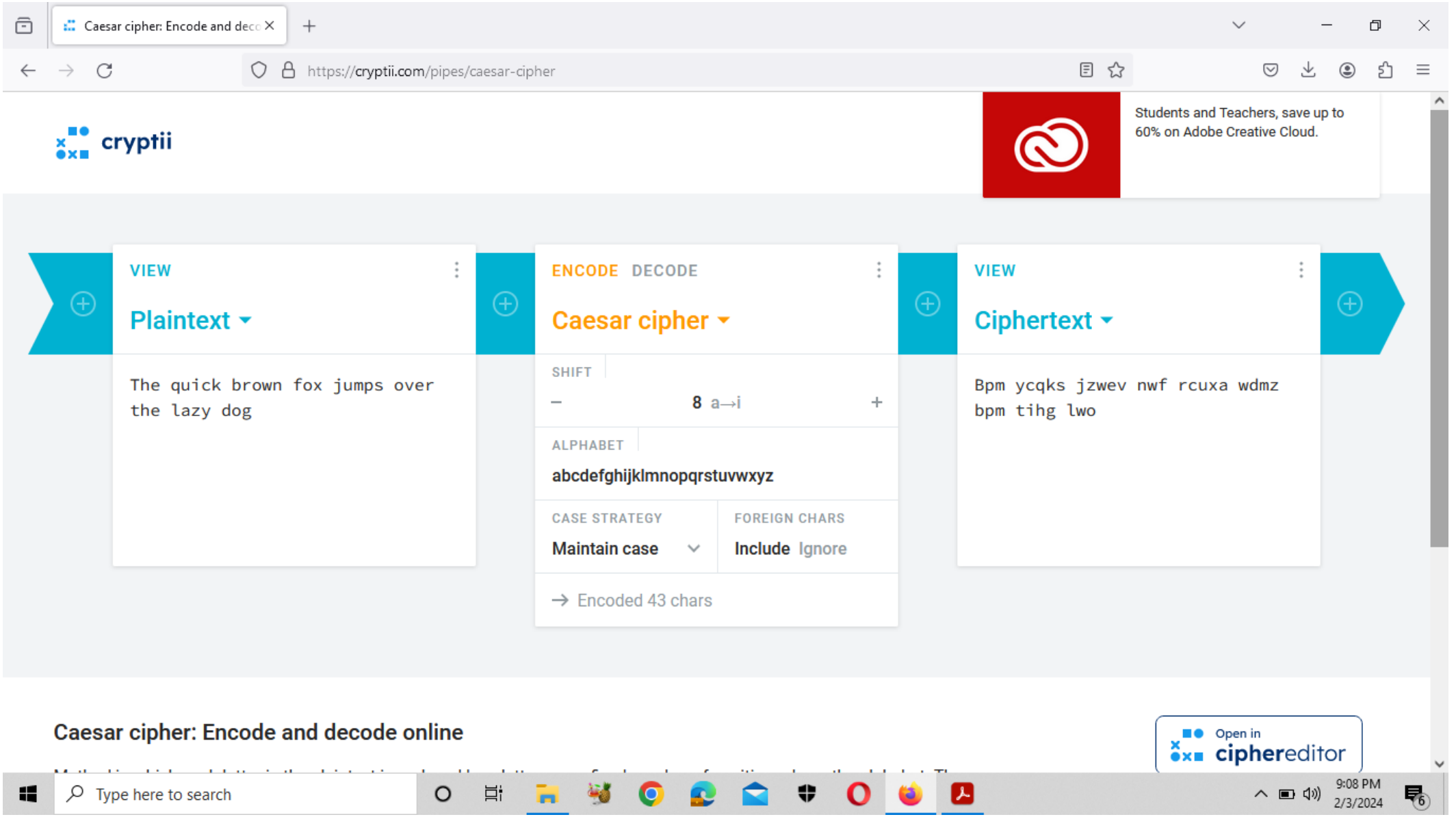
- Jika pergeseran huruf sejauh $k$, maka:

  Enkripsi: $c = E(p) = (p + k) \bmod 26$
  Dekripsi: $p = D(c) = (c - k) \bmod 26$
  $k$ = kunci rahasia

- Untuk 256 karakter ASCII, maka:

  Enkripsi: $c = E(p) = (p + k) \bmod 256$
  Dekripsi: $p = D(c_i) = (c - k) \bmod 256$
  $k$ = kunci rahasia

# Demo  Caesar Cipher Online: https://cryptii.com/pipes/caesar-cipher



```
/ Program enkripsi dan dekripsi pesan dengan Caesar Cipher
#include <iostream>
#include <string.h>
using namespace std;

void enkripsi()
{
  string plainteks, cipherteks;
  int i, k;
  char c;

  cout << "Ketikkan pesan:";
  cin.ignore(); getline (cin, plainteks);
  cout << "Masukkan jumlah pergesaran (0-25): "; cin >> k;
  cipherteks = "";  // inisialisasi cipherteks dengan null string

  for (i=0; i < plainteks.length(); i++) {
      c = plainteks[i];
      if (isalpha(c)) {    //hanya memproses huruf alfabet saja
         c = toupper(c);   // ubah menjadi huruf kapital
         c = c - 65;       // kodekan huruf ke angka 0 s/d 25
         c = (c + k) % 26; // enkripsi, geser sejauh k ke kanan
         c = c + 65;       // kodekan kembali ke huruf semula
      }
      cipherteks = cipherteks + c;  // sambungkan ke cipherteks
  }
  cout << "Cipherteks: "<<cipherteks<< endl;  // cetak cipherteks
}
```

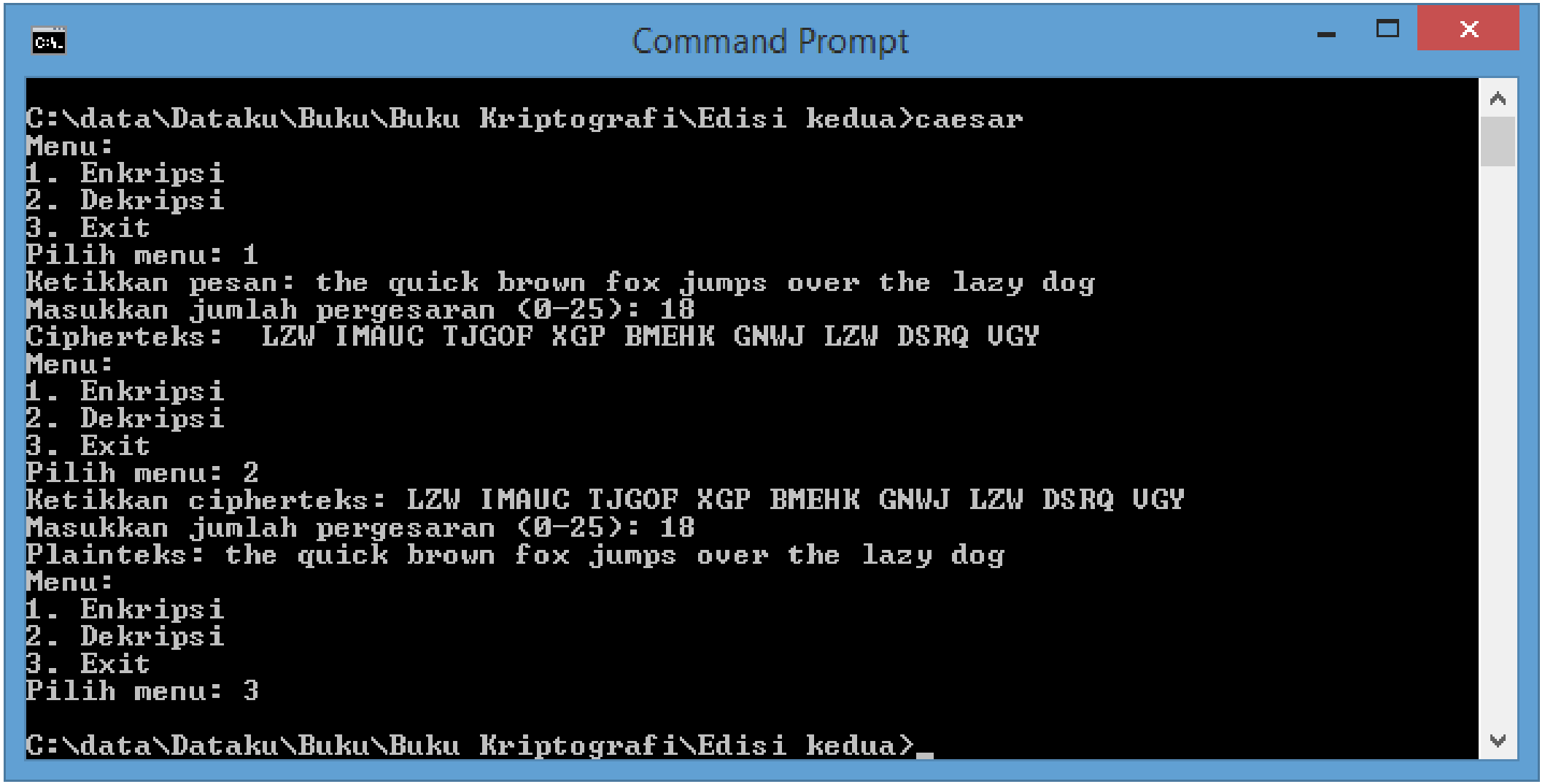
```
void dekripsi()
{
  string plainteks, cipherteks;
  int i, k;
  char c;

  cout << "Ketikkan cipherteks: ";
  cin.ignore();getline (cin, cipherteks);
  cout << "Masukkan jumlah pergesaran (0-25): ";
  cin >> k;
  plainteks = "";  // inisialisasi plainteks dengan null string

  for (i=0; i < cipherteks.length(); i++) {
      c = cipherteks[i];
      if (isalpha(c)) {    //hanya memproses alfabet
         c = toupper(c);   // ubah karakter ke huruf besar
         c = c - 65;       // kodekan huruf ke angka 0 s/d 25
         if (c - k < 0)    // kasus pembagian bilangan negatif
            c = 26 + (c - k);
         else
            c = (c - k) % 26;
         c = c + 65;       // kodekan kembali ke huruf semula
         c = tolower(c); // plainteks dinyatakan sebagai huruf kecil
      }
      plainteks = plainteks + c;  // sambungkan ke plainteks
  }
  cout << "Plainteks: " << plainteks << endl;  // cetak plainteks
}
```

```
main()
{
  int pil; bool stop;
  stop = false;

  while (!stop) {
     cout << "Menu: " << endl;
     cout << "1. Enkripsi " << endl;
     cout << "2. Dekripsi " << endl;
     cout << "3. Exit     " << endl;
     cout << "Pilih menu: "; cin >> pil;
     switch (pil) {
        case 1 : enkripsi(); break;
        case 2 : dekripsi(); break;
        case 3 : stop = true; break;
     }
  }
}
```


Command Prompt
C:\data\Dataku\Buku\Buku Kriptografi\Edisi kedua>caesar
Menu:
1. Enkripsi
2. Dekripsi
3. Exit
Pilih menu: 1
Ketikkan pesan: the quick brown fox jumps over the lazy dog
Masukkan jumlah pergesaran (0-25): 18
Cipherteks:  LZW IMAUC TJGOF XGP BMEHK GNWJ LZW DSRQ VGY
Menu:
1. Enkripsi
2. Dekripsi
3. Exit
Pilih menu: 2
Ketikkan cipherteks: LZW IMAUC TJGOF XGP BMEHK GNWJ LZW DSRQ VGY
Masukkan jumlah pergesaran (0-25): 18
Plainteks: the quick brown fox jumps over the lazy dog
Menu:
1. Enkripsi
2. Dekripsi
3. Exit
Pilih menu: 3
C:\data\Dataku\Buku\Buku Kriptografi\Edisi kedua>

# Kripatanalisis Caesar Cipher

- *Caesar cipher* mudah dipecahkan dengan *exhaustive key search (brute force)* karena jumlah kuncinya sangat sedikit (hanya ada 26 kunci).

- Coba lakukan dekripsi dengan berbagai nilai k dari 0 sampai 25, lalu periksa apakah hasil dekripsi merupakan kata atau kalimat yang bermakna. Jika ya, maka diduga k adalah kuncinya.

- Untuk memastikan k adalah kunci yang benar, maka cobakan k untuk potongan kriptogram lainnya.

# Contoh: kriptogram XMZVH

**Tabel 1.** Contoh *exhaustive key search* terhadap cipherteks XMZVH

| Kunci (*k*) *ciphering* | 'Pesan' hasil dekripsi | Kunci (*k*) *ciphering* | 'Pesan' hasil dekripsi | Kunci (*k*) *ciphering* | 'Pesan' hasil dekripsi |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | **XMZVH** | 17 | **GVIEQ** | 8 | **PERNZ** |
| 25 | **YNAWI** | 16 | **HWJFR** | 7 | **QFSOA** |
| 24 | **ZOBXJ** | 15 | **IXKGS** | 6 | **RGTPB** |
| 23 | **APCYK** | 14 | **JYLHT** | 5 | **SHUQC** |
| 22 | **BQDZL** | 13 | **KZMIU** | 4 | **TIVRD** |
| 21 | **CREAM** | 12 | **LANJV** | 3 | **UJWSE** |
| 20 | **DSFBN** | 11 | **MBOKW** | 2 | **VKXTF** |
| 19 | **ETGCO** | 10 | **NCPLX** | 1 | **WLYUG** |
| 18 | **FUHDP** | 9 | **ODQMY** | | |

Plainteks yang potensial adalah CREAM dengan $k = 21$.
Kunci ini digunakan untuk mendekripsikan potongan cipherteks lainnya.

Contoh lain:

Cipherteks: PHHW PH DIWHU WKH WRJD SDUWB

| k | PHHW PH DIWHU WKH WRJD SDUWB |
|---|---|
| 0 | phhw ph diwhu wkh wrjd sduwb |
| 1 | oggv og chvgt vjg vqic rctva |
| 2 | nffu nf bgufs uif uphb qbsuz |
| 3 | **meet me after the toga party** |
| 4 | ldds ld zesdq sgd snfz ozqsx |
| 5 | kccr kc ydrcp rfc rmey nyprw |
| 6 | … |
| 21 | ummb um inbmz bpm bwoi xizbg |
| 22 | tlla tl hmaly aol avnh whyaf |
| 23 | skkz sk glzkx znk zumg vgxze |
| 24 | rjjy rj fkyjw ymj ytlf ufwyd |
| 25 | qiix qi ejxiv xli xske tevxc |

(Sumber: William Stallings)

Cipherteks: VIVBQ SQBI SMBMUC LQ ICTI

| *k* | Hasil dekripsi |
|---|---|
| 0 | vivbq sqbi smbmuc lq icti |
| 1 | uhuap rpah rlaltb kp hbsh |
| 2 | tgtzo qozg qkzksa jo garg |
| 3 | sfsyn pnyf pjyjrz in fzqf |
| 4 | rerxm omxe oixiqy hm eype |
| 5 | qdqwl nlwd nhwhpx gl dxod |
| 6 | pcpuk mkvc mgvgow fk cwnc |
| 7 | obouj ljub lfufnu ej bvmb |
| 8 | **nanti kita ketemu di aula** |
| 9 | mzmsh jhsz jdsdlt ch ztkz |
| 10 | lylrg igry icrcks bg ysjy |
| 11 | kxkqf hfqx hbqbjr af xrix |
| 12 | jwjpe gepw gapaiq ze wqhw |
| 13 | iviod fdov fzozhp yd vpgv |
| 14 | huhnc ecnu eynygo xc uofu |
| 15 | gtgmb dbmt dxmxfn wb tnet |
| 16 | fsfla cals cwlwem va smds |
| 17 | erekz bzkr bvkvdl uz rlcr |
| 18 | dqdjy ayjq aujuck ty qkbq |
| 19 | cpcix zxip ztitbj sx pjap |
| 20 | bobhw ywho yshsai rw oizo |
| 21 | anagv xvgn xrfqyg pu mgxm |
| 22 | xmzfu wufm wqfqyg pu mgxm |
| 23 | ylyet vtel vpepxf ot lfwl |
| 24 | xkxds usdk uodowe ns kevk |
| 25 | wjwcr trcj tncnvd mr jduj |

- Bagaimana jika terdapat dua atau lebih nilai k yang menghasilkan pesan-pesan bermakna?

Contoh: Misalkan kriptogram `HSPPW` menghasilkan dua kemungkinan kunci yang potensial, yaitu:

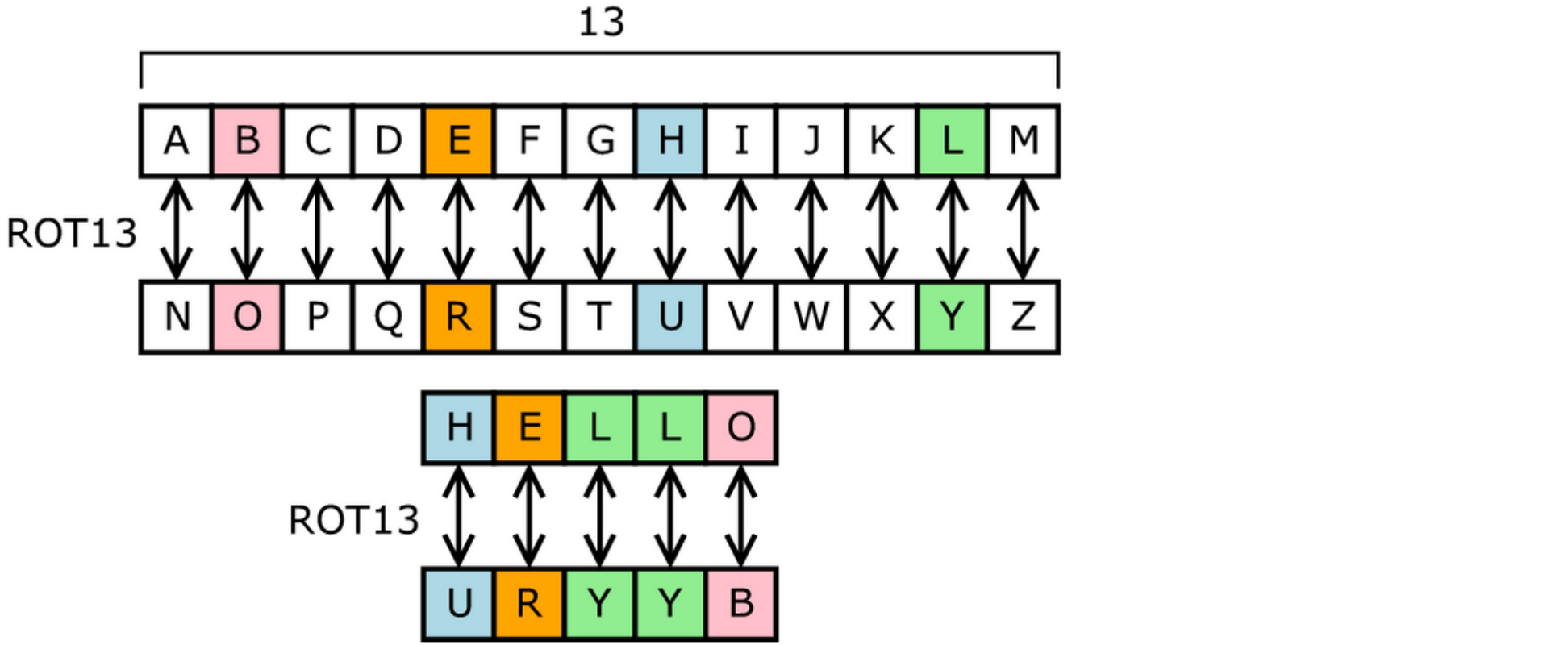
*k* = 4 menghasilkan pesan `dolls` `(boneka)`

*k* = 11 menghasilkan `wheel` `(roda)` .

Nilai k mana yang benar?

Jika kasusnya demikian, maka lakukan dekripsi terhadap potongan cipherteks lain tetapi cukup menggunakan *k* = 4 dan *k* = 11 agar dapat disimpulkan kunci mana yang benar.

- Di dalam sistem operasi Unix, `ROT13` adalah fungsi menggunakan *Caesar cipher* dengan pergeseran *k* = 13




Sumber gambar: Wikipedia

- Contoh: ROT13(ROTATE) = EBGNGR
- Nama "ROT13" berasal dari *net.jokes* (*hhtp://groups.google.com/group/net.jokes*) (tahun 1980)

- ROT13 biasanya digunakan di dalam forum *online* untuk menyandikan jawaban teka-teki, kuis, canda, dsb

- Enkripsi arsip dua kali dengan ROT13 menghasilkan pesan semula:

  $$P = \text{ROT13}(\text{ROT13}(P))$$

  sebab $\text{ROT}_{13}(\text{ROT}_{13}(x)) = \text{ROT}_{26}(x) = x$

- Jadi dekripsi cukup dilakukan dengan mengenkripsi cipherteks kembali dengan ROT13

# *Cipher* Transposisi

- Cipherteks diperoleh dengan mengubah posisi huruf di dalam plainteks.

- Dengan kata lain, algoritma ini melakukan *transpose* terhadap rangkaian huruf di dalam plainteks.

- Nama lain untuk metode ini adalah *cipher* **permutasi**, karena *transpose* setiap karakter di dalam teks sama dengan mempermutasikan karakter-karakter tersebut.

**Contoh:** Misalkan plainteks adalah

```
sistem dan teknologi informasi itb
```

Enkripsi: (*buang spasi)

```
sistem
dantek
nologi
inform
asiitb
```

Cipherteks: (baca secara vertikal)

```
SDNIAIAONSSNLFITTOOIEEGRTMKIMB     (tanpa spasi)
SDNI AIAO NSSN LFIT TOOI EEGR TMKI MB    (4 huruf)
```

Cipherteks: SDNIAIAONSSNLFITTOOIEEGRTMKIMB

Dekripsi: Bagi panjang cipherteks dengan kunci.

(Pada contoh ini, 30 / 6 = 5)

SDNIA

IAONS

SNLFI

TTOOI

EEGRT

MKIMB

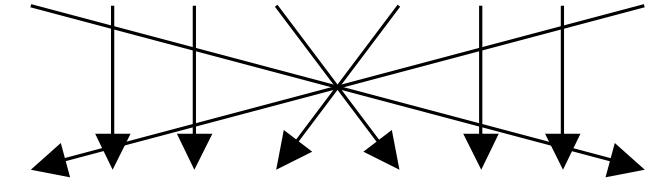
Plainteks: (baca secara vertikal)

sistemdanteknologiinformasiitb

sistem dan teknologi informasi itb

- Contoh lain: Plainteks: `ITB GANESHA SEPULUH`
- Bagi menjadi blok-blok 8-huruf. Jika < 8, tambahkan huruf *dummy*.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | T | B | G | A | N | E | S | H | A | S | E | P | U | L | U | H | A | B | C | D | E | F | G |



| S | T | B | A | G | N | E | I | U | A | S | P | E | U | L | H | G | A | B | D | C | E | F | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

- Cipherteks: **STBAGNEIUASPEULHGABDCEFH**

**Contoh lain.** Misalkan plainteks adalah

```
CRYPTOGRAPHY AND DATA SECURITY
```

Plainteks disusun menjadi 3 baris ($k$ = 3) seperti di bawah ini:

```
C       T       A       A       A       E       I
 R   P   O   R   P   Y   N   D   T   S   C   R   T
   Y       G       H       D       A       U       Y
```

maka cipherteksnya adalah

```
CTAAAEIRPORPYNDTSCRTYGHDAUY
```

# Super-enkripsi

- Menggabungkan *cipher* substitusi dengan *cipher* transposisi.
- Disebut juga *product cipher*
- Mula-mula pesan dienkripsi dengan *cipher* substitusi, selanjutnya hasilnya dienkripsi dengan *cipher* transposisi (atau sebaliknya).

**Contoh.** Plainteks `hello world`

- dienkripsi dengan *caesar cipher* menjadi `KHOOR ZRUOG`
- kemudian hasil ini dienkripsi lagi dengan *cipher* transposisi (*k* = 4):

```
KHOO
RZRU
OGZZ
```

→ Cipherteks akhir adalah: `KROHZGORZOUZ`

- *Cipher* modern menggunakan konsep kombinasi *cipher* substitusi dan *cipher* transposisi, namun operasinya dibuat sekompleks mungkin

# Bersambung