

# Steganografi

Bahan Kuliah IF4020 Kriptografi

Oleh: Rinaldi Munir

Program Studi Informatika, STEI-ITB





# Prolog

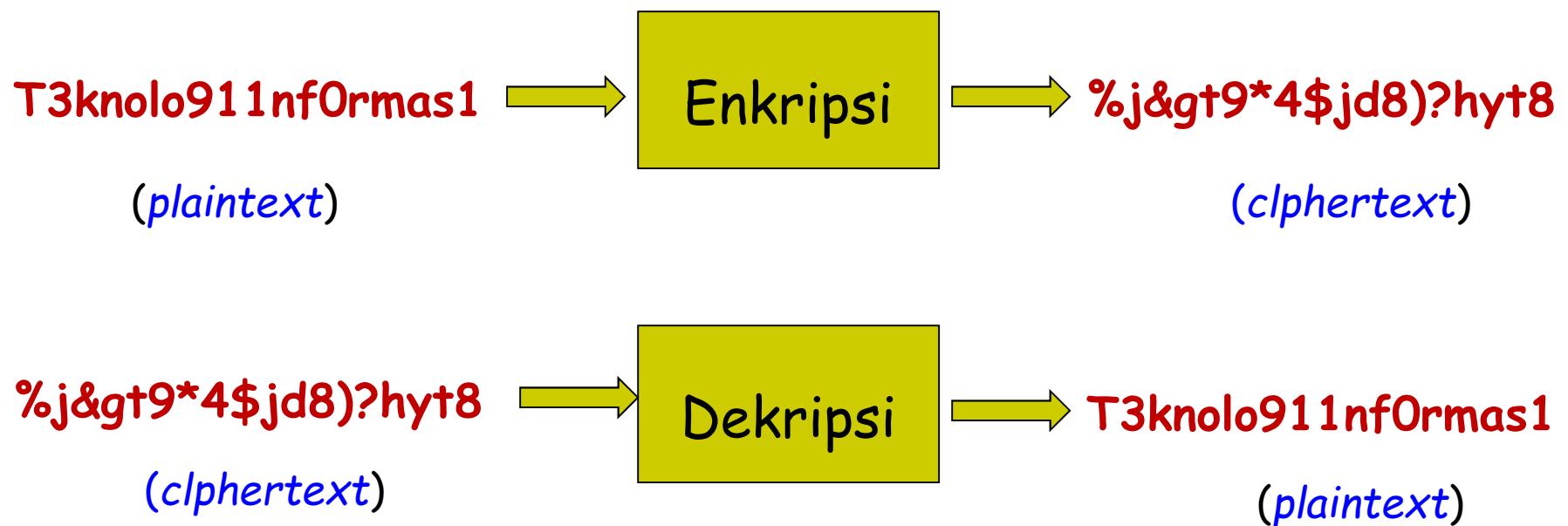
- Misalkan anda mempunyai data rahasia seperti *password*.

*Password:* **T3knolo911nf0rmas1**

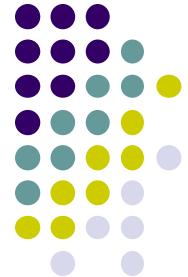
- Anda ingin menyimpan *password* tersebut dengan aman (tidak bisa diketahui orang lain).
- Bagaimana caranya agar *password* tersebut dapat disimpan dengan aman?



## Cara I: Mengenkripsinya



→ Bidang KRIPTOGRAFI (*cryptography*)



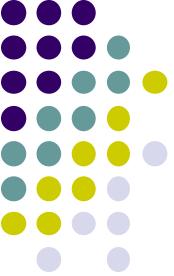
## Cara II: Menyembunyikannya

T3knolo911nf0rmas1



→ Bidang STEGANOGRAFI (*steganography*)

Rinaldi Munir/IF4020 Kriptografi

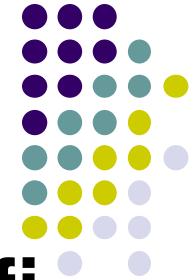


# Apa Steganografi itu?

- Dari Bahasa Yunani: steganos + graphien
  - “**steganos**” ( $\sigma\tau\epsilon\gammaανός$ ): tersembunyi
  - “**graphien**” ( $\gammaραφία$ ) : tulisansteganografi: tulisan tersembunyi (*covered writing*)
- **Steganography**: ilmu dan seni menyembunyikan pesan rahasia dengan suatu cara sedemikian sehingga tidak seorang pun yang mencurigai keberadaan pesan tersebut.

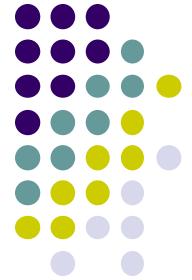
Tujuan: pesan tidak terdeteksi keberadaannya

Rinaldi Munir/IF4020 Kriptografi

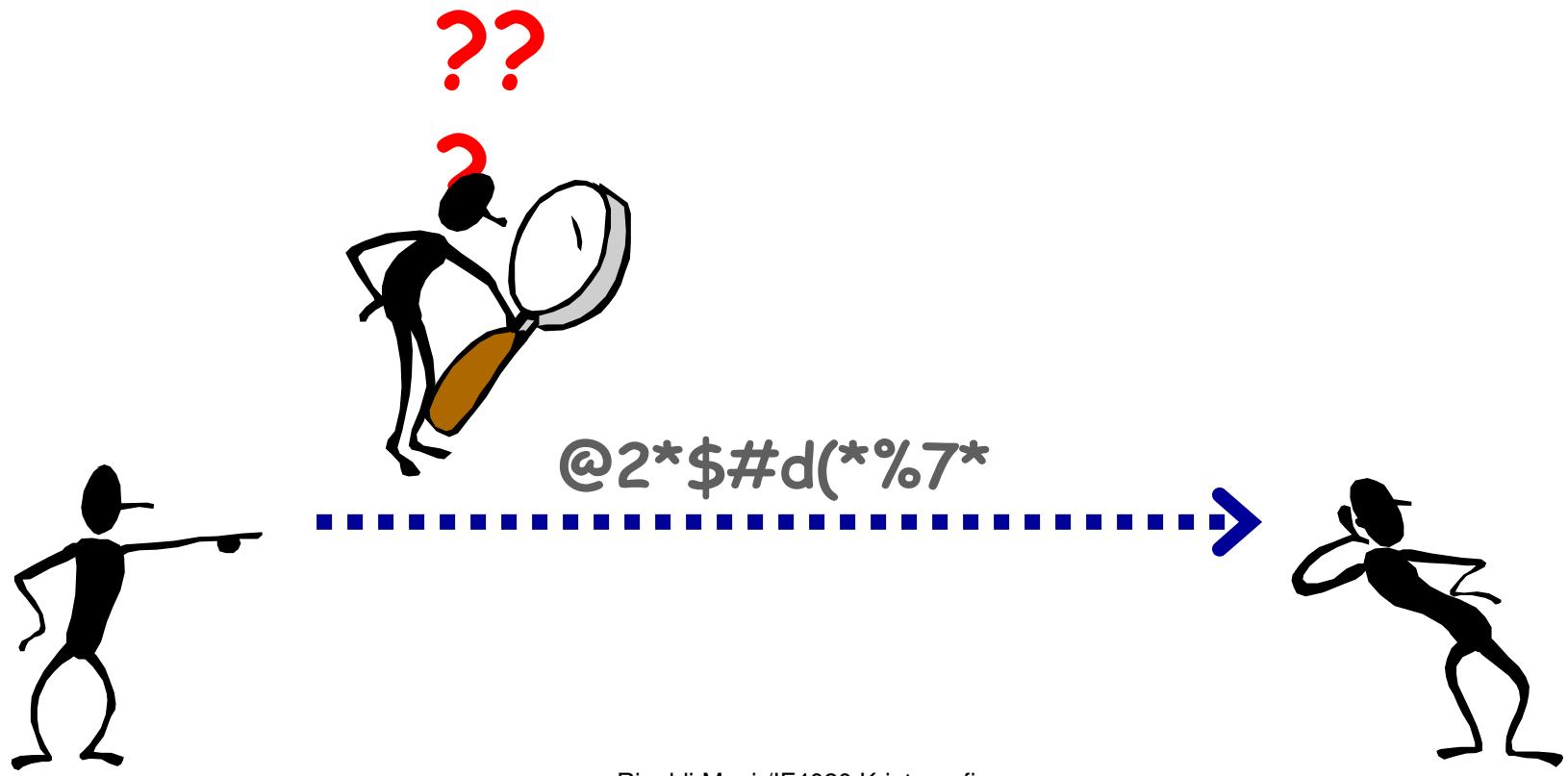


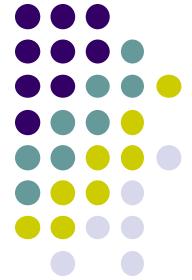
# Perbedaan Kriptografi dan Steganografi

- **Kriptografi:** menyembunyikan *isi* (*content*) pesan  
→ Tujuan: agar pesan tidak dapat dibaca oleh pihak ketiga (lawan)
- **Steganografi:** menyembunyikan **keberadaan** (*existence*) pesan  
→ Tujuan: untuk menghindari kecurigaan (*conspicuous*) dari pihak ketiga (lawan)

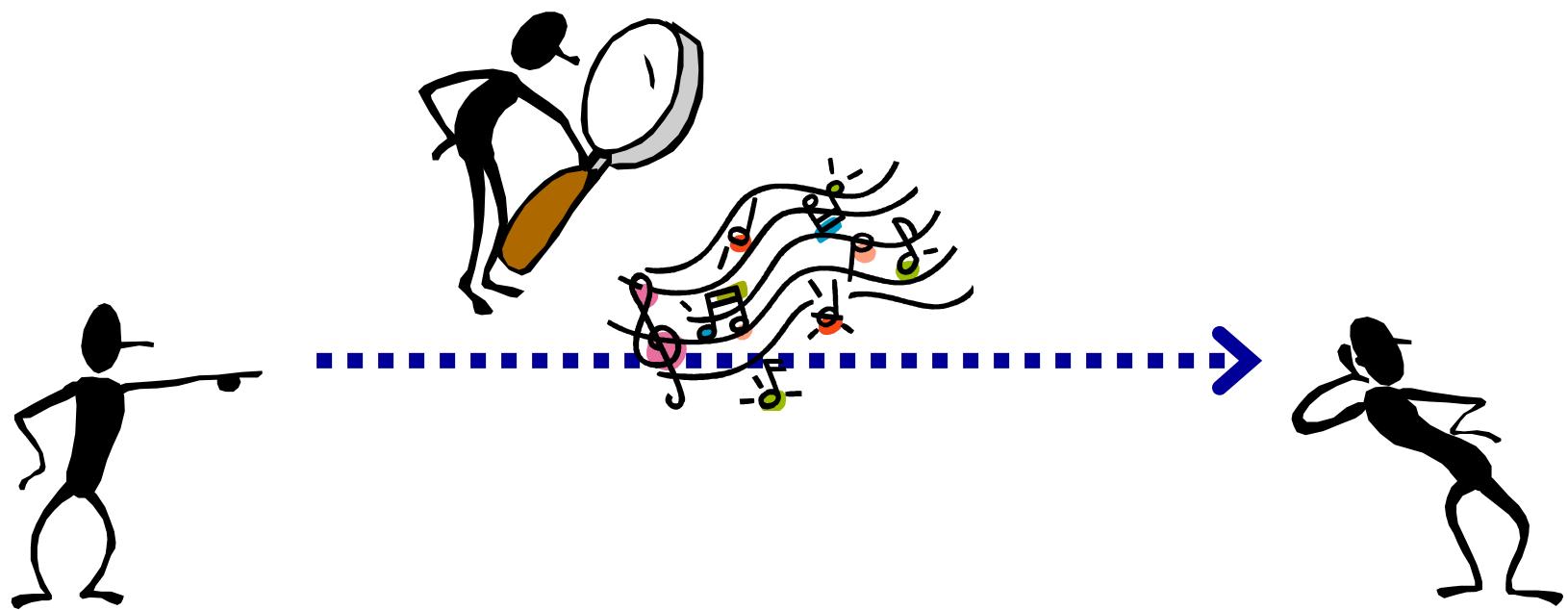


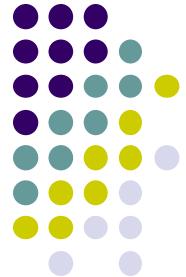
# Kriptografi





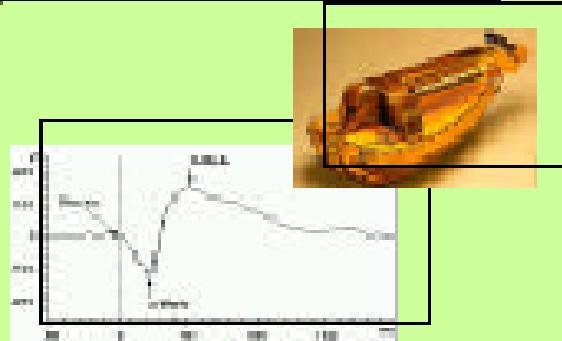
# Steganografi





Stego-data are inconspicuous.  
Steganography will **not** be detected.

George obtains oranges yet eight's are rubbish!



Encrypted messages are conspicuous. They will be detected as ciphertext or silly data.

```
hlwDlwFpbAtjdf0BA/9KBX2jS17O5SRQsu2PF  
caBqUXIQdyt1Fri/Wsg+eXoYsxnJ1Cn2JD7vjl  
R2GH8GEr/vGQk8SQVCMyXzfPkgW0tr6RJX  
AEIFF9jnDB3kOmmVc1adrTQnLrqiC/!5r&Us  
ezowgZl82T/QVk59YsuChd+Ce8vql/kICeqmv  
w8J2amre3uxpWIOqCEQNzZyHx8HeY Pf29k  
Xu+uk1gekZZVdELmLD/Ma/xBKFTNUBrI+16  
ewoQBxQ8+3cTXSIGPTqdzDSasgQG17Z1sr  
/Ehu0qzom64GYY0OukoiCPvhHJQuXZa2UW
```



# ***Information Hiding***

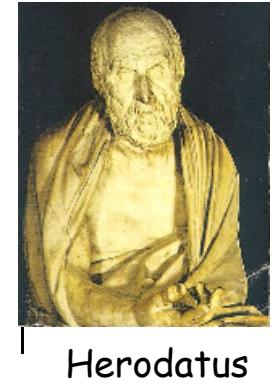
- *Information hiding*: bidang ilmu yang mempelajari cara menyembunyikan pesan sehingga tidak dapat dipersepsi (baik secara visual maupun audial).
- Yang termasuk ke dalam *information hiding*:
  1. Kriptografi
  2. Steganografi



# Sejarah Steganografi

- Usia steganografi setua usia kriptografi, dan sejarah keduanya berjalan bersamaan.
- Periode sejarah steganografi dapat dibagi menjadi:
  1. Steganografi kuno (*ancient steganography*)
  2. Steganografi zaman renaissans (*renaissance steganography*).
  3. Steganografi zaman perang dunia
  4. Steganografi modern

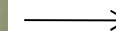
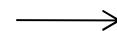
# Ancient Steganography



- **Steganografi dengan media kepala budak.**

Ditulis oleh Herodatus (485 – 525 BC), sejarawan Yunani pada tahun 440 BC di dalam buku: *Histories of Herodatus*). Kisah perang antara kerajaan Persia dan rakyat Yunani.

Herodatus menceritakan cara **Histaiaeus** mengirim pesan kepada **Aristagoras of Miletus** untuk melawan Persia. Caranya: Dipilih beberapa budak. Kepala budak dibotaki, ditulisi pesan dengan cara tato, rambut budak dibiarkan tumbuh, budak dikirim. Di tempat penerima kepala budak digunduli agar pesan bisa dibaca.



Rinaldi Munir/IF4020 Kriptografi



- **Penggunaan *tablet wax***

Orang-orang Yunani kuno menulis pesan rahasia di atas kayu yang kemudian ditutup dengan lilin (*wax*).

Di dalam bukunya, Herodotus menceritakan Demaratus mengirim peringatan tentang serangan yang akan datang ke Yunani dengan menulis langsung pada tablet kayu yang kemudian dilapisi lilin dari lebah.





- Penggunaan tinta tak-tampak (*invisible ink*)



Pliny the Elder menjelaskan penggunaan tinta dari getah tanaman *thithymallus*. Jika dituliskan pada kertas maka tulisan dengan tinta tersebut tidak kelihatan, tetapi bila kertas dipanaskan berubah menjadi gelap/coklat

Pliny the Elder.

AD 23 - 79

The Ancient Chinese wrote notes on small pieces of silk that they then wadded into little balls and coated in wax, to be swallowed by a messenger and retrieved at the messenger's gastrointestinal convenience.

Rimaidi Muhi/HF4020 Kriptografi





- **Penggunaan kain sutra dan lilin**

- Orang Cina kuno menulis catatan pada potongan-potongan kecil sutra yang kemudian digumpalkan menjadi bola kecil dan dilapisi lilin.
- Selanjutnya bola kecil tersebut ditelan oleh si pembawa pesan.
- Pesan dibaca setelah bola kecil dikeluarkan dari perut si pembawa pesan.



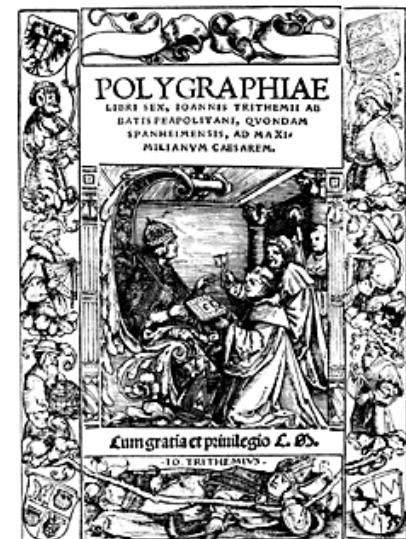
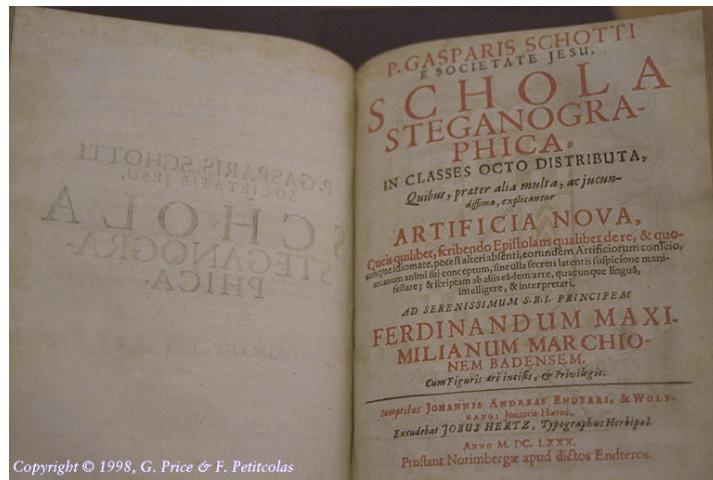


# Renaissance Steganography

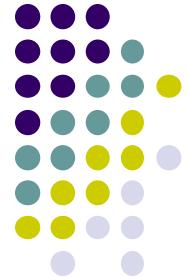


Johannes  
Trithemius  
(1404-1472)

Tahun 1499, Johannes Trithemius menulis buku **Steganographia**, yang menceritakan tentang metode steganografi berbasis karakter



Selanjutnya tahun 1518 dia menulis buku tentang steganografi dan kriptografi, Berjudul **Polygraphiae**



Giovanni Battista Porta  
(1535-1615 )

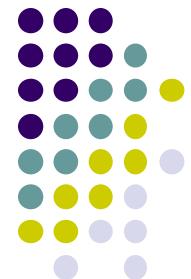
Giovanni Battista Porta menggambarkan cara menyembunyikan pesan di dalam telur rebus.

Caranya, pesan ditulis pada kulit telur yang dibuat dari tinta khusus yang dibuat dengan satu ons tawas dan setengah liter cuka.

Prinsipnya penyembunyiannya adalah tinta tersebut akan menembus kulit telur yang berpori, tanpa meninggalkan jejak yang terlihat.

Tulisan dari tinta akan membekas pada permukaan isi telur yang telah mengeras (karena sudah direbus sebelumnya). Pesan dibaca dengan membuang kulit telur

# World War Steganography

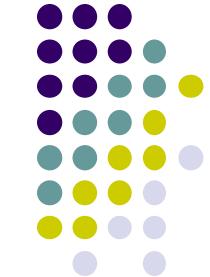


- Penggunaan tinta tak-tampak (*invisible ink*) dalam spionase.
  - Pada Perang Dunia II, tinta tak-tampak digunakan untuk menulis pesan rahasia
  - Tinta terbuat dari campuran susu, sari buah, cuka, dan urine.
  - Cara membaca: Kertas dipanaskan sehingga tulisan dari tinta tak-tampak tersebut akan menghitam.



Rinaldi Munir/IF4020 Kriptografi

Seorang agen FBI sedang menggunakan sinar ultraviolet untuk membaca tulisan yang tersembunyi pada kertas yang dicurigai dari agen spionase.

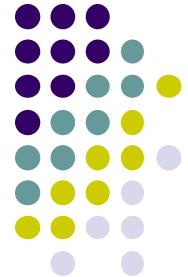


- Steganografi dalam Perang Dunia II: *Null Cipher*

Pesan berikut dikirim oleh Kedubes Jerman pada PD II:

*Apparently neutral's protest is thoroughly discounted and ignored. Isman hard hit. Blockade issue affects pretext for embargo on by-products, ejecting suets and vegetable oils.*

Ambil huruf kedua setiap kata, diperoleh pesan berikut:  
*Pershing sails from NY June 1.*



Contoh *Null Cipher* lainnya:

Big rumble in New Guinea.  
The war on celebrity acts should end  
soon. Over four die ecstatic elephants  
replicated.

---

Bring two cases of deer.



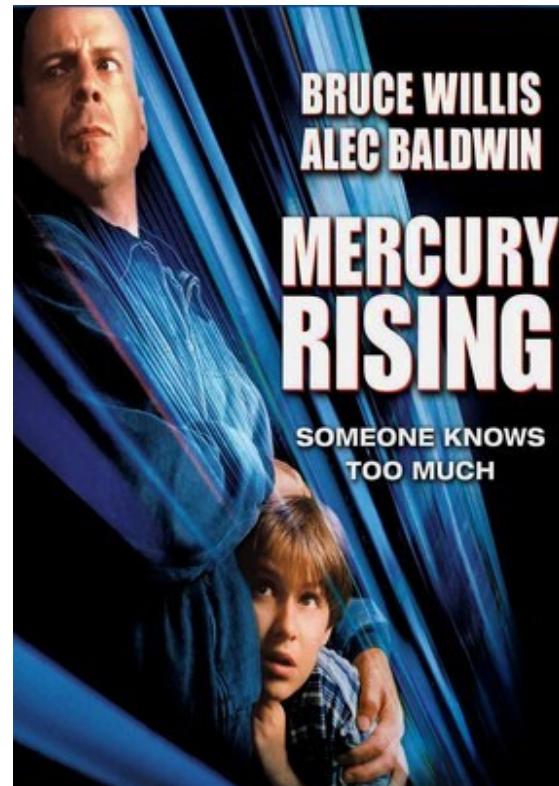
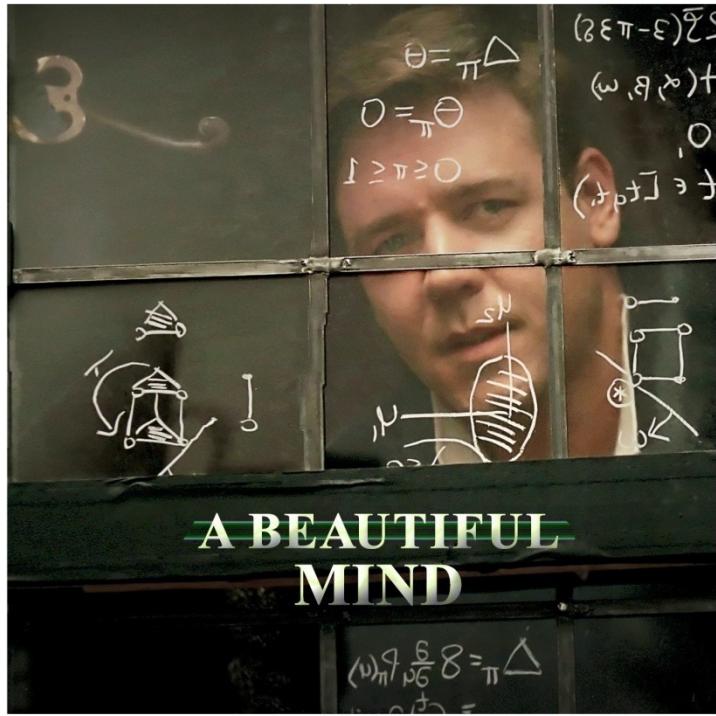
*Fishing freshwater bends and saltwater coasts rewards anyone feeling stressed. Resourceful anglers usually find masterful leapers fun and admit swordfish rank overwhelming anyday.*

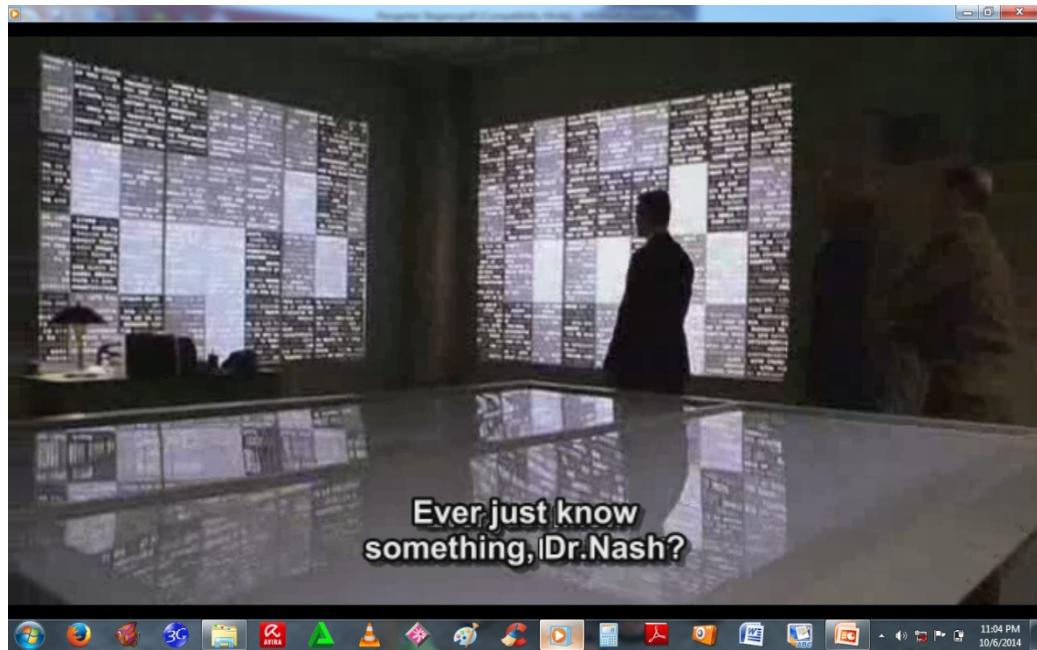
Dengan mengambil huruf ketiga pada setiap kata diperoleh pesan berikut:

*Send Lawyers, Guns, and Money.*

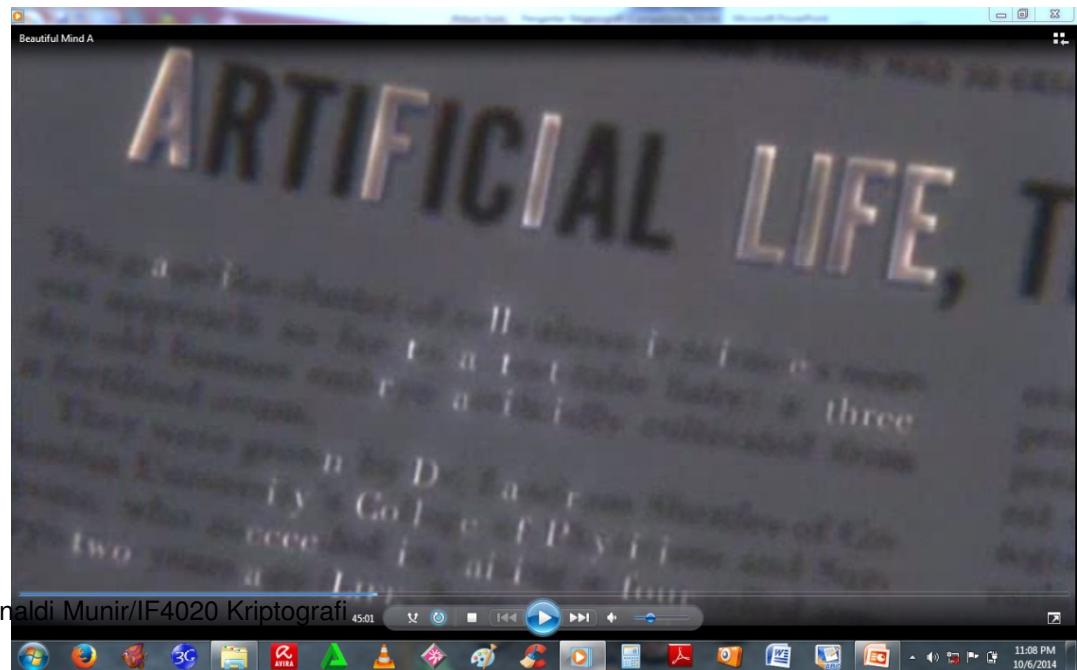


- Steganografi di dalam film *Mercury Rising* dan *Beautiful Mind*





Beberapa adegan film *Beautiful Mind* yang memperlihatkan steganografi



While in Paris on business, Harvard symbologist Robert Langdon receives an urgent late-night phone call. The elderly curator of the Louvre has been murdered inside the museum, a baffling cipher found near the body. As Langdon and a gifted French cryptologist, Sophie Neveu, sort through the bizarre riddles, they are stunned to discover a trail of clues hidden in the works of Da Vinci—clues visible for all to see and yet ingeniously disguised by the painter.

The stakes are raised when Langdon uncovers a startling link: The late curator was involved in the Priory of Sion—an actual secret society whose members included Sir Isaac Newton, Botticelli, Victor Hugo, and Da Vinci, among others. Langdon suspects they are on the hunt for a breathtaking historical secret, one that has proven through the centuries to be as enlightening as it is dangerous. In a frantic race through Paris, and beyond,

(continued on back flap)



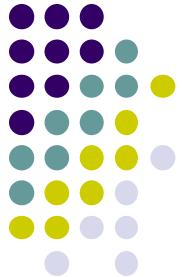
<http://www.randomhouse.com/doubleday/davinci/>

Langdon and Neveu find themselves matching wits with a faceless powerbroker who appears to anticipate their every move. Unless they can decipher the labyrinthine puzzle, the Priory's secret—and an explosive ancient truth—will be lost forever.

Breaking the mold of traditional suspense novels, *The Da Vinci Code* is simultaneously lightning-paced, intelligent, and intricately layered with remarkable research and detail. From the opening pages to the unpredictable and stunning conclusion, bestselling author Dan Brown proves himself a master storyteller.

Sumber: <http://budi.paume.itb.ac.id>

Rinaldi Munir/IF4020 Kriptografi



# Steganografi dan Terorisme

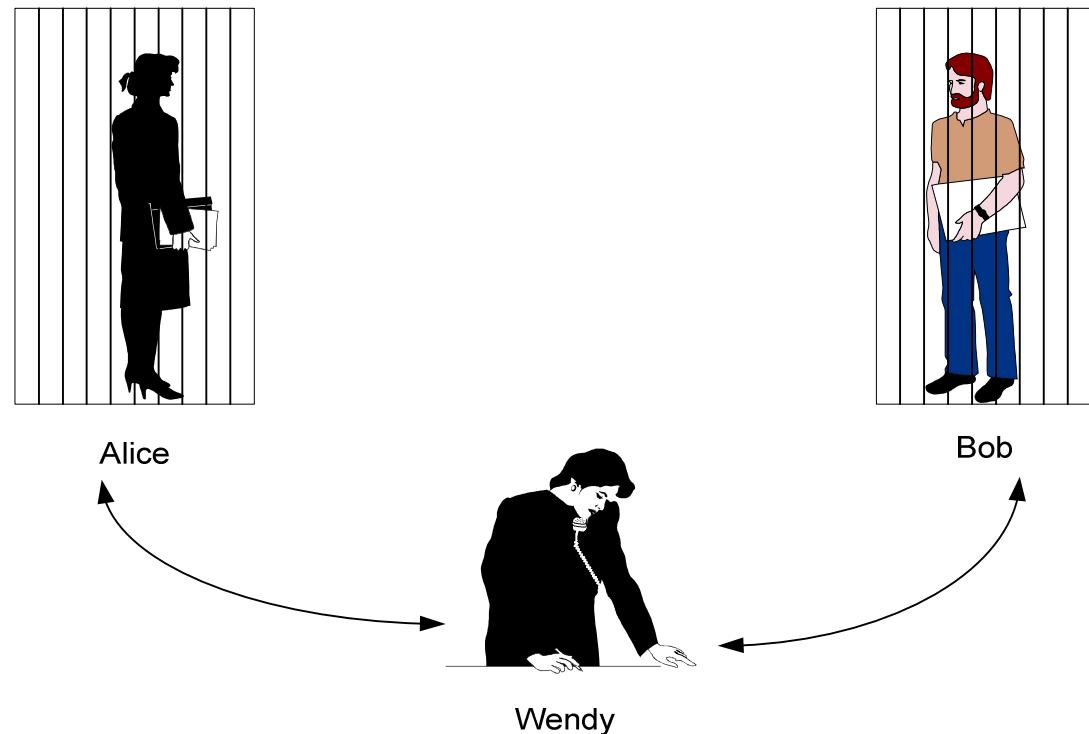
- Ilmu steganografi mendadak naik daun ketika pasca 11 September 2001 pihak FBI menuduh *Al-Qaidah* menggunakan steganografi untuk menyisipkan pesan rahasia melalui video atau gambar yang mereka rilis secara teratur di Internet.





# Steganografi Modern - *The Prisoner's Problem*

- Diperkenalkan oleh Simmons – 1983
- Dilakukan dalam konteks *USA – USSR nuclear non-proliferation treaty compliance checking*



Pesan rahasia: “**malam ini kita kabur**”



- Bagaimana cara Bob mengirim pesan rahasia kepada Alice tanpa diketahui oleh Wendy?
- Alternatif 1: mengenkripsinya

xjT#9uvmY!rc\$7yt59hth@#

*Wendy pasti curiga!*



- Alternatif 2: menyembunyikannya di dalam tulisan lain

masihkah ada lara apabila memoriku ingat nestapa itu. kita ingin tetap abadikan kisah asmara. bersamamu usiaku renta.

*Wendy tidak akan curiga!*

*Information hiding dengan steganografi!*

Rinaldi Munir/IF4020 Kriptografi



# Steganografi Digital

- Steganografi digital: penyembunyian pesan digital di dalam dokumen digital lainnya.
- *Carrier file*: dokumen digital yang digunakan sebagai media untuk menyembunyikan pesan.

## 1. Teks

“Kita semua bersaudara”

- Txt
- doc
- html

## 2. Audio



- wav
- mp3

## 3. Gambar (*image*)

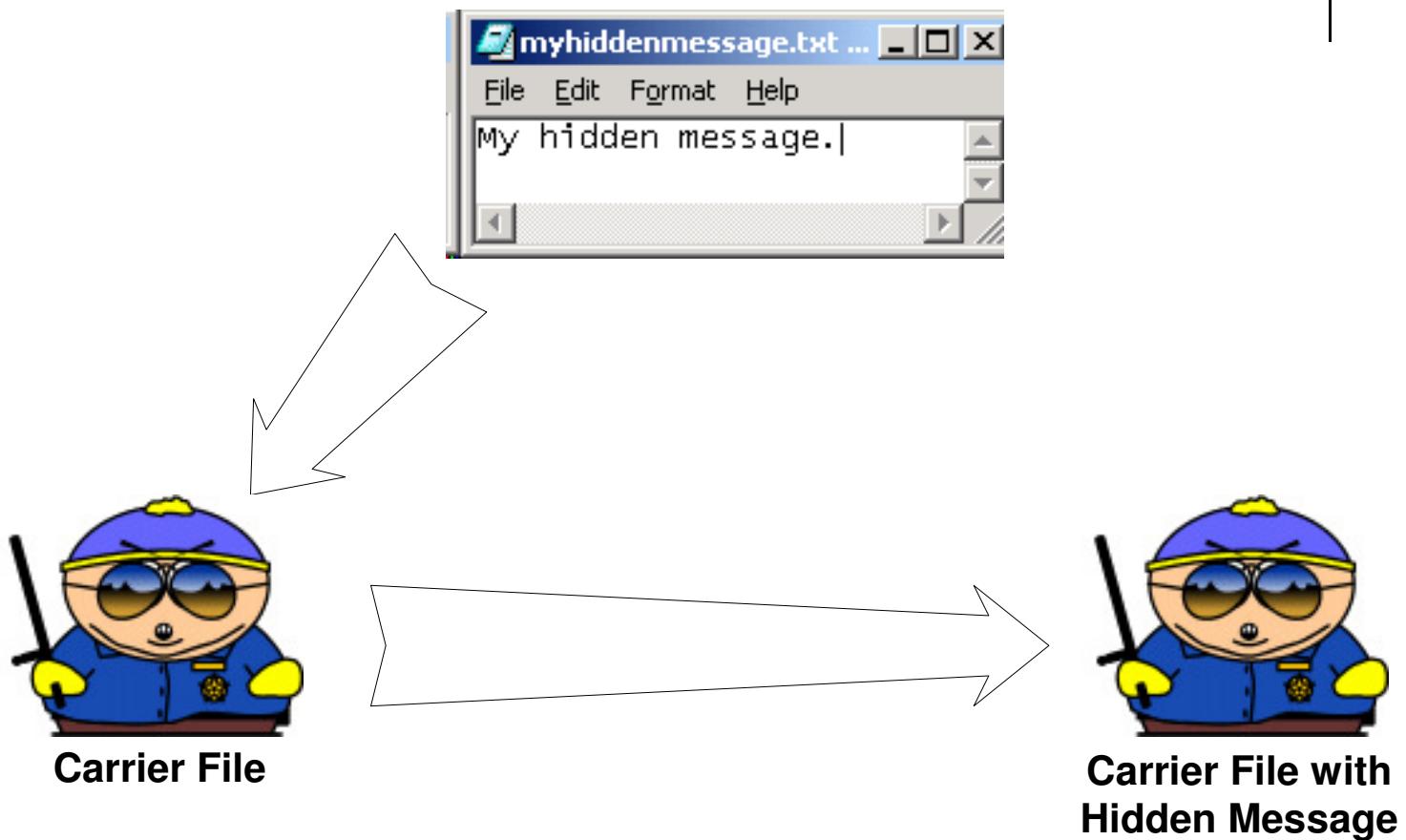


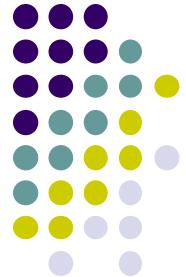
- bmp
- jpeg
- gif

## 4. Video



- Mpeg
- avi
- dll





# Terminologi Steganografi

1. *Embedded message (hiddentext) atau secret message:* pesan yang disembunyikan .  
Bisa berupa teks, gambar, audio, video, dll
2. *Cover-object (covertext):* pesan yang digunakan untuk menyembunyikan *embedded message*.  
Bisa berupa teks, gambar, audio, video, dll
2. *Stego-object (stegotext):* pesan yang sudah berisi pesan *embedded message*.
3. *Stego-key:* kunci yang digunakan untuk menyisipan pesan dan mengekstraksi pesan dari stegotext.



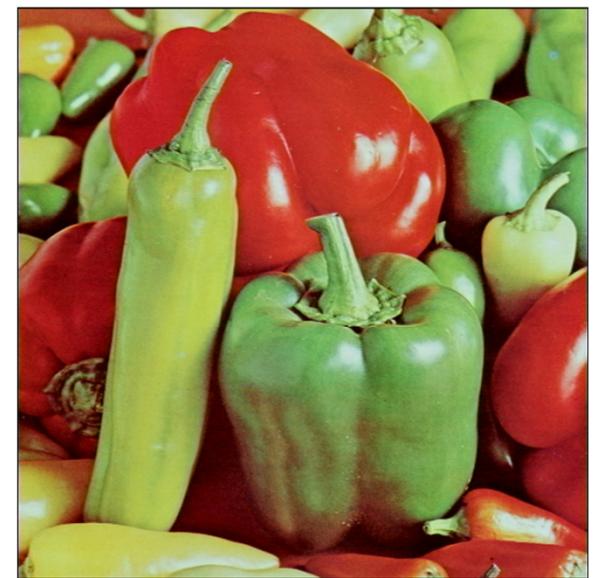
```
#inlcude <stdio.h>

int main()
{
    printf("Hello world");

    return 0;
}
```



*Embedded Message*



*Cover-image*

*Stego-image*





Cover image

Embedded image



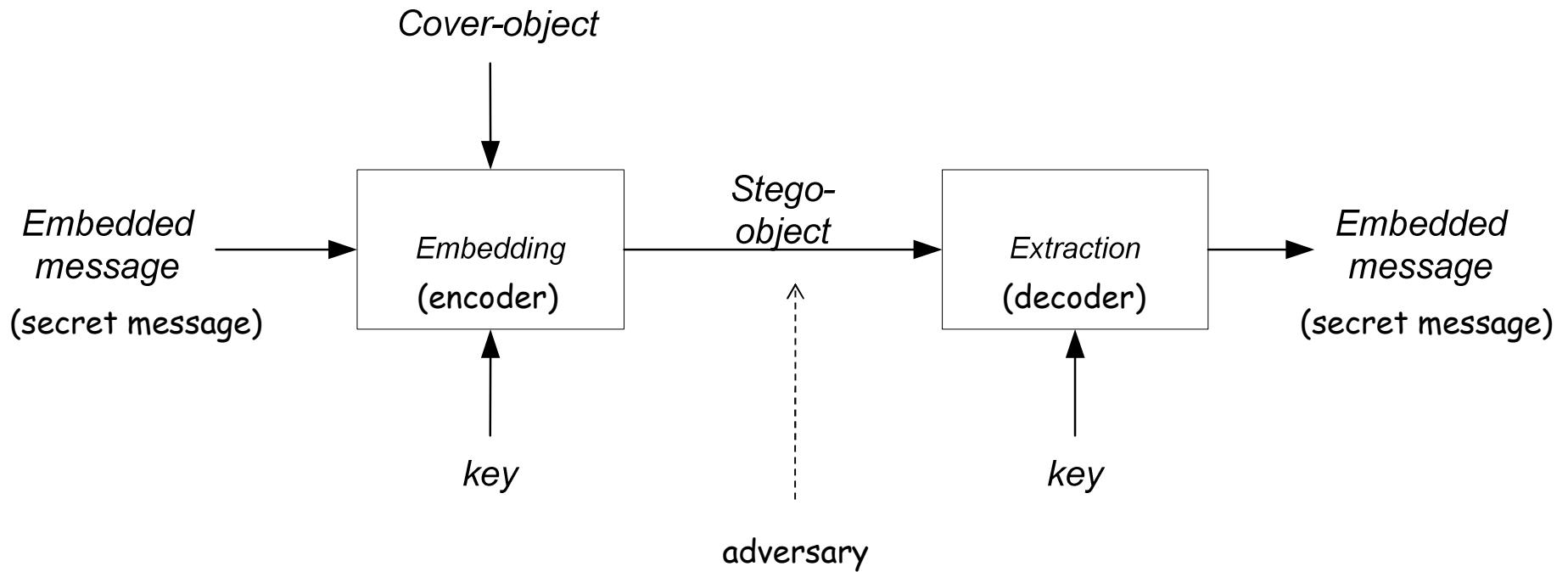
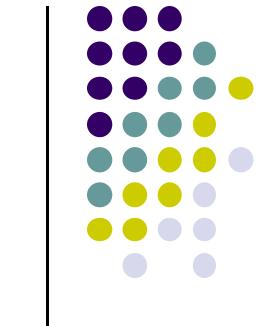


Stego-image

Extracted image

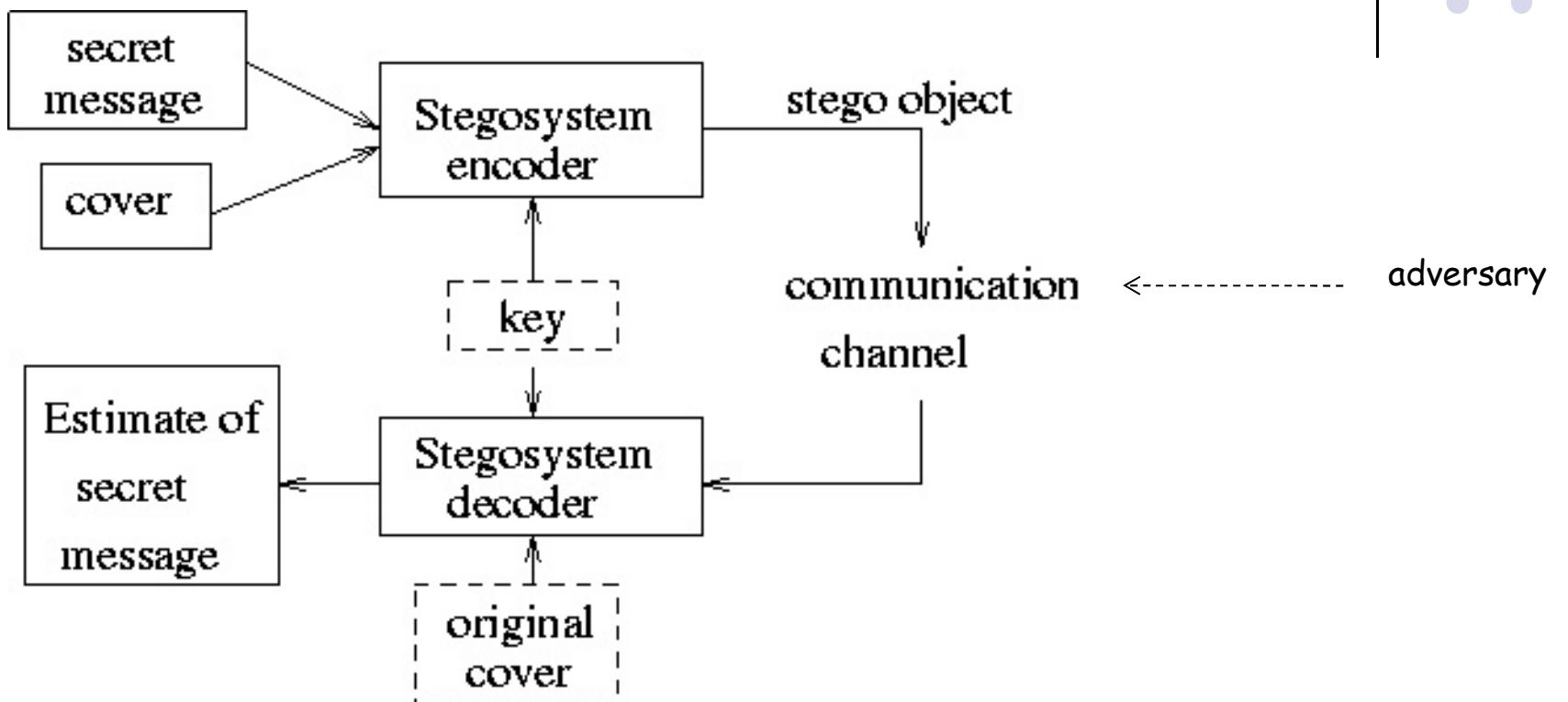


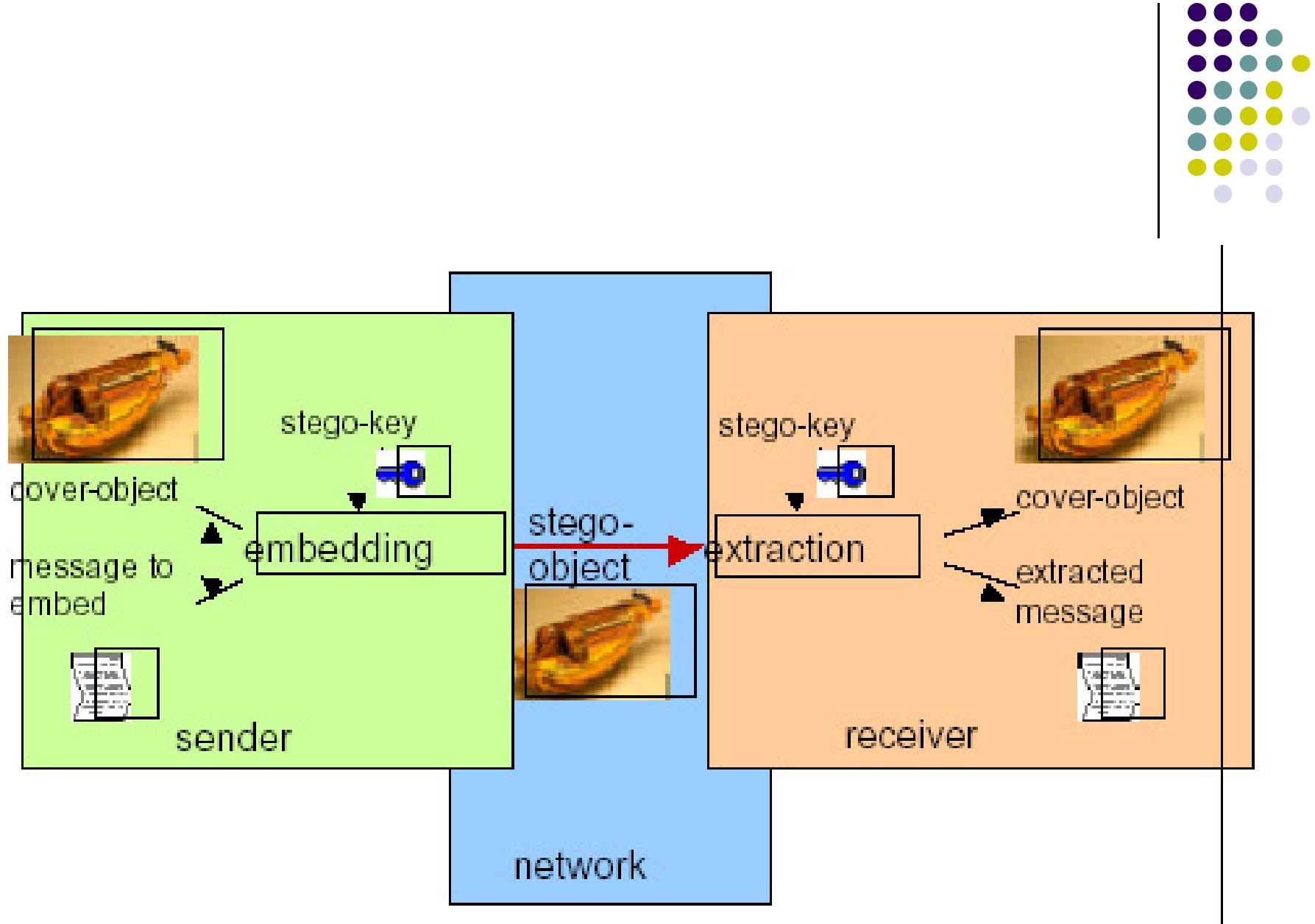
# Diagram Proses Steganografi





*Stego-object* umumnya dikirim melalui saluran komunikasi:







# Kriteria Steganografi yang Bagus

## 1. *Imperceptible*

Keberadaan pesan rahasia tidak dapat dipersepsi secara visual atau secara audio (untuk *stego-audio*).

## 2. *Fidelity*.

Kualitas *cover-object* tidak jauh berubah akibat penyisipan pesan rahasia.

## 3. *Recovery*.

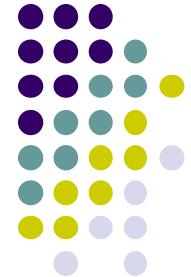
Pesan yang disembunyikan harus dapat diekstraksi kembali.

## 4. *Capacity*

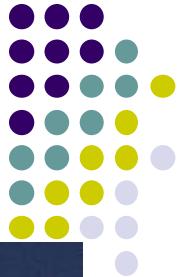
Ukuran pesan yang disembunyikan sedapat mungkin besar

Catatan: *Robustness* bukan isu penting di dalam steganografi

# Kombinasi Kriptografi dan Steganografi

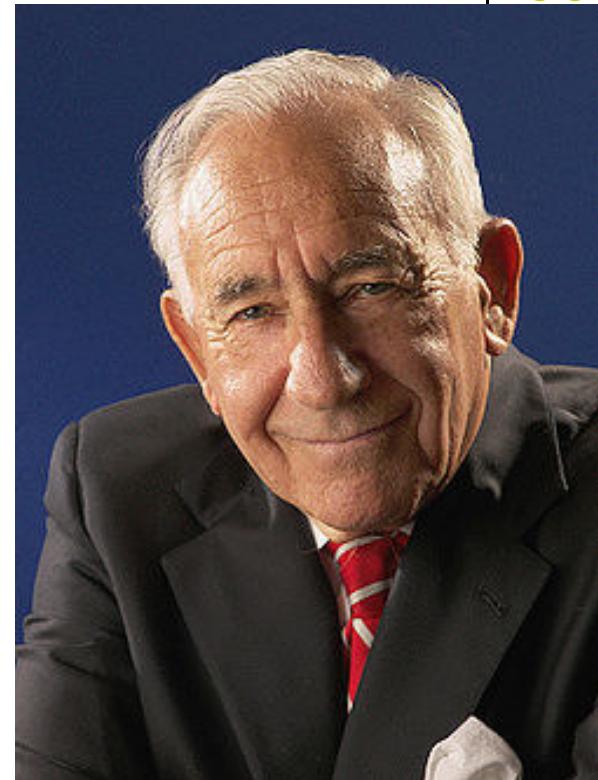


- Steganografi bukan pengganti kriptografi, tetapi keduanya saling melengkapi.
- Keamanan pesan rahasia dapat ditingkatkan dengan menggabungkan kriptografi dan steganografi.
- Mula-mula pesan dienkripsi dengan algoritma I kriptografi.
- Selanjutnya pesan terenkripsi disembunyikan di dalam media lain (citra, video, audio, dll).



*Steganography has its place in security. It is not intended to replace cryptography but supplement it. Hiding a message with steganography methods reduces the chance of a message being detected. However, if that message is also encrypted, if discovered, it must also be cracked (yet another layer of protection).*

(David Kahn, penulis buku *The Codebreakers - The Story of Secret Writing* )





# Tiga Tipe Steganografi

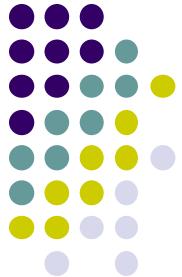
## 1. *Pure steganography*

Tidak membutuhkan kunci sama sekali. Keamanan steganografi seluruhnya bergantung pada algoritmanya.

Contoh: *Null Cipher*

Prinsip Kerkhoff juga seharusnya pada steganografi, bahwa keamanan sistem seharusnya tidak didasarkan pada kerahasiaaan algoritma embedding, tetapi pada kuncinya.

*Pure steganography* → tidak disukai



## 2. ***Secret (or symmetric) key Steganography***

Menggunakan kunci yang sama untuk *embedding* dan *extraction*.

Contoh:

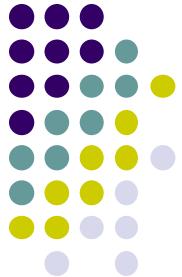
- kunci untuk pembangkitan bilangan acak
- kunci untuk mengenkripsi pesan dengan algoritma kriptografi simetri (DES, AES, dll)

## 3. ***Public-key Steganography***

Menggunakan dua kunci: kunci publik untuk *embedding* dan kunci privat untuk *extraction*.

Contoh:

- kunci publik RSA untuk mengenkripsi *hidden message*
- kunci privat RSA untuk mendekripsi *hidden message*



# Ranah Steganografi

Berdasarkan ranah operasinya, metode-metode steganografi dapat dibagi menjadi dua kelompok

- *Spatial (time) domain methods*

Memodifikasi langsung nilai *byte* dari *cover-object* (nilai *byte* dapat merepresentasikan intensitas/warna *pixel* atau amplitudo)

Contoh: Metode modifikasi *LSB*

- *Transform domain methods*

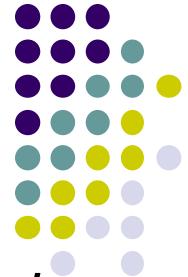
Memodifikasi hasil transformasi sinyal dalam ranah transform (hasil transformasi dari ranah spasial ke ranah lain (misalnya ranah frekuensi)).

Contoh: Metode *Spread Spectrum*

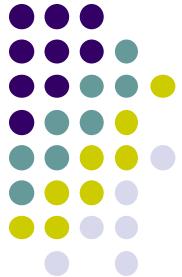


# Teknik Dasar dalam Steganografi

- Substitution techniques : mengganti bagian yang redundant dari cover-object dengan pesan rahasia.  
Contoh: metode modifikasi LSB
- Transform domain techniques : menyisipkan pesan rahasia ke dalam sinyal dalam ranah *transform* (misalnya dalam ranah frekuensi).
- Spread spectrum techniques : menyisipkan pesan rahasia dengan mengadopsi ide komunikasi *spread spectrum*.



- **Statistical techniques** : menyisipkan pesan dengan mengubah beberapa properti statistik dari *cover-object* dan menggunakan metode uji hipotesis pada proses ekstraksi pesan.
- **Distortion techniques** : menyimpan pesan rahasia dengan distorsi sinyal dan mengukur deviasinya dari *cover-object* pada proses ekstraksi pesan.
- **Cover generation techniques** : tidak menyisipkan pesan pada *cover-object* yang dipilih secara acak, tetapi membangkitkan *cover* yang cocok untuk pesan yang disembunyikan.



# Program Stegano *shareware*

## 1. InPlainView:

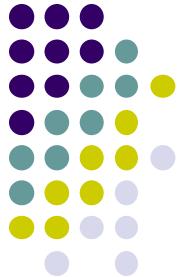
<http://www.simtel.net/product.php%5Bid%5D12796%5BSiteID%5Dsimtel.net>

Keterangan: hanya untuk citra .bmp

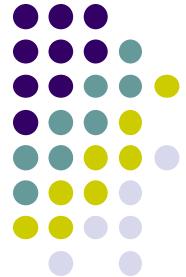
## 2. S-tools

<http://digitalforensics.champlain.edu/download/s-tools4.zip>

Keterangan: untuk citra GIF dan BMP.

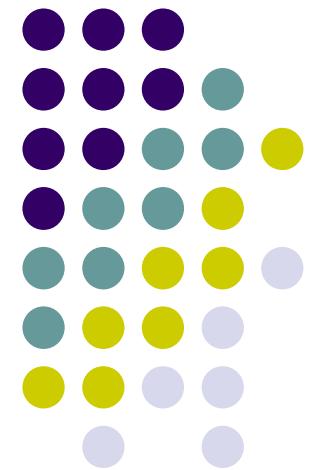


- Daftar 100 kakas steganografi lainnya:  
<http://www.jjtc.com/Steganography/toolmatrix.htm>
- Beberapa diantaranya berjalan di Linux:
  1. **JPHS (JPHide JPSeek, JP hide and seek)**  
<http://linux01.gwdg.de/~alatham/stego.html>
  2. Steghide
  3. Outguess
  4. Blindside
  5. Gifshuffle
  6. GzSteg
  7. dll

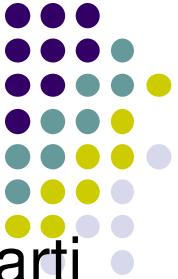


- Situs populer untuk informasi steganografi
  - <http://www.ise.gmu.edu/~njohnson/Stegano/graphy>
  - <http://www.rhetoric.umn.edu/Rhetoric/misc/dfrank/stegsoft.html>
  - <http://www.topology.org/crypto.html>
  - <http://mozaiq.org/>

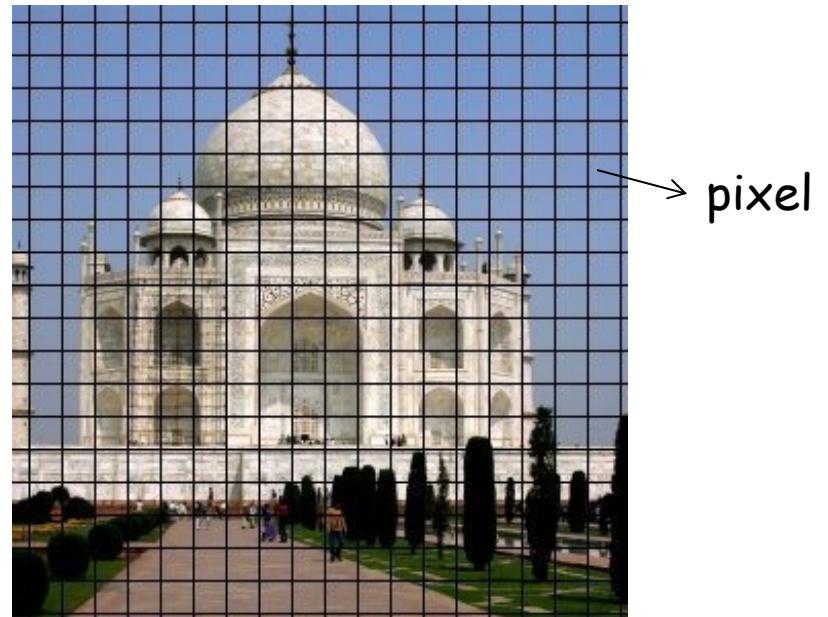
# Metode LSB



# Citra Digital



- Citra terdiri dari sejumlah *pixel*. Citra  $1200 \times 1500$  berarti memiliki  $1200 \times 1500$  pixel = 1.800.000 pixel



- Setiap *pixel* panjangnya  $n$ -bit.

Citra biner  $\rightarrow$  1 bit/pixel

Citra *grayscale*  $\rightarrow$  8 bit/pixel

Citra *true color*  $\rightarrow$  24 bit/pixel



## Citra Lenna



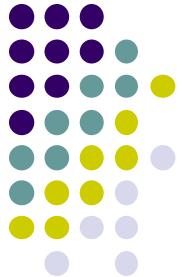
True color image  
(24-bit)



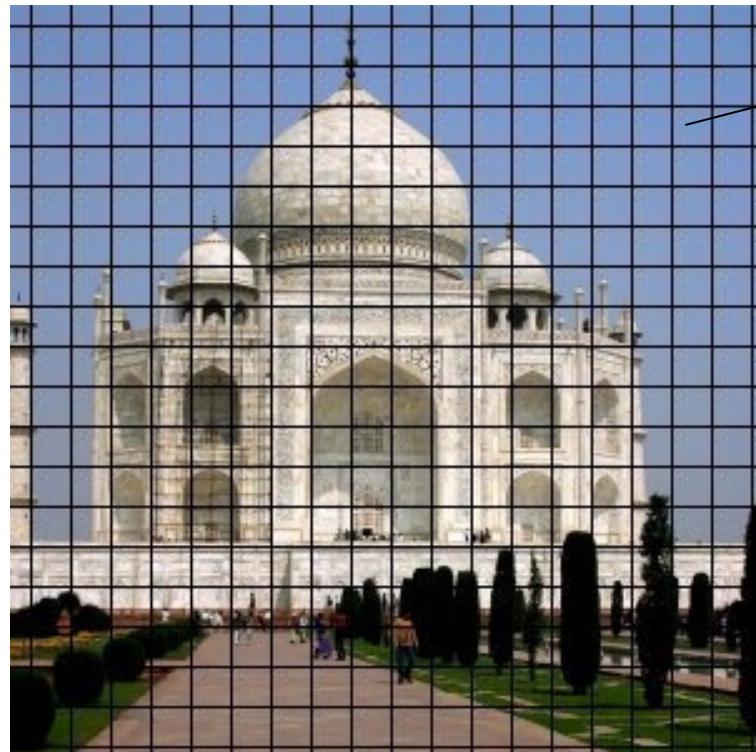
Grayscale image  
(8-bit)



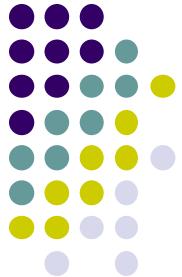
Binary image  
(1-bit)



Pada citra 24-bit (*real image*), 1 pixel = 24 bit,  
terdiri dari komponen RGB (Red-Green-Blue)



100100111001010010001010  
R G B



# Bitplane pada Citra Digital

- Nilai *pixel* pada koordinat  $(x, y)$  menyatakan intensitas nilai keabuan pada posisi tersebut.
- Pada citra *grayscale* nilai keabuan itu dinyatakan dalam *integer* berukuran 1 *byte* sehingga rentang nilainya antara 0 sampai 255.
- Pada citra berwarna 24-bit setiap *pixel* tediri atas kanal *red*, *green*, dan *blue* (*RGB*) sehingga setiap *pixel* berukuran 3 *byte* (24 bit).



- Di dalam setiap *byte* bit-bitnya tersusun dari kiri ke kanan dalam urutan yang kurang berarti (*least significant bits* atau *LSB*) hingga bit-bit yang berarti (*most significant bits* atau *MSB*).
- Susunan bit pada setiap *byte* adalah  $b_8b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1$ .  
Contoh:

11010010  
*MSB*                   *LSB*

LSB = Least Significant Bit  
MSB = Most Significant Bit



- Jika setiap bit ke- $i$  dari  $MSB$  ke  $LSB$  pada setiap *pixel* diekstrak dan diplot ke dalam setiap *bitplane image* maka diperoleh delapan buah citra biner.



Original image



Bitplane 7



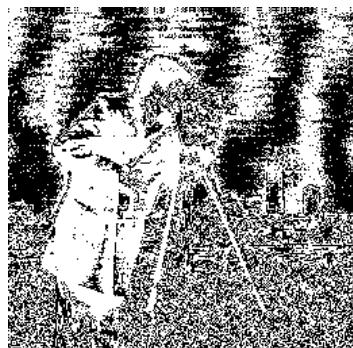
Bitplane 6



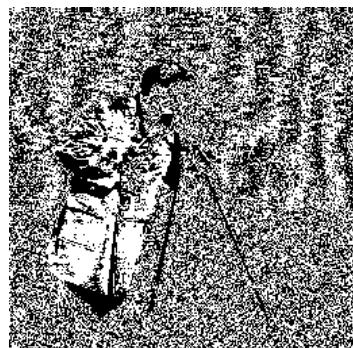
Bitplane 5



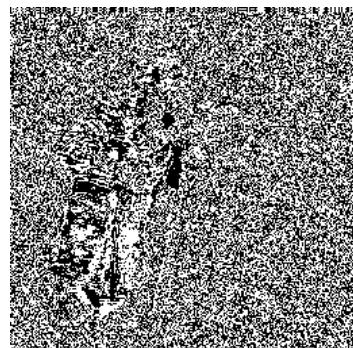
Bitplane 4



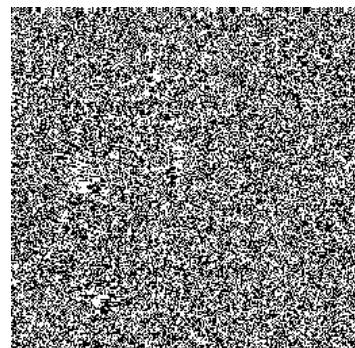
Bitplane 3



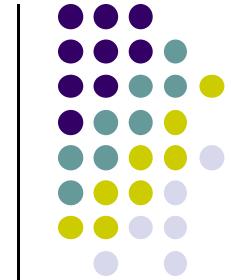
Rinaldi Murni / 14020 Kriptografi  
Bitplane 2



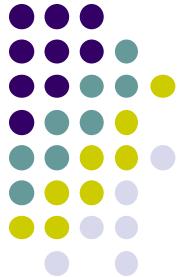
Bitplane 1



Bitplane 0<sub>56</sub>



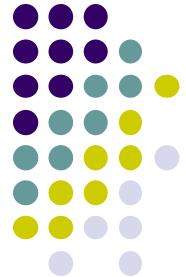
- *Bitplane* LSB, yaitu *bitplane* 0, terlihat seperti citra acak (*random image*).
- Bitplane LSB merupakan bagian yang redundan pada citra.
- Artinya, perubahan nilai bit pada bagian tersebut tidak mengubah persepsi citra secara keseluruhan.
- Inilah yang mendasari metode steganografi yang paling sederhana, yaitu **metode modifikasi LSB**.



# Metode Modifikasi *LSB*

- Merupakan metode steganografi yang paling populer.
- Memanfaatkan kelemahan indra visual manusia dalam mengamati perubahan sedikit pada gambar
- Caranya: Mengganti bit *LSB* dari *pixel* dengan bit pesan.

Mengubah bit *LSB* hanya mengubah nilai *byte* satu lebih tinggi atau satu lebih rendah dari nilai sebelumnya → tidak berpengaruh terhadap persepsi visual/auditori.



Misalkan semua bit LSB pada citra berwarna dibalikkan  
Dari semula 0 menjadi 1; dari semula 1 menjadi 0



Sebelum



Sesudah



Misalkan semua bit LSB pada citra grayscale dibalikkan  
Dari semula 0 menjadi 1; dari semula 1 menjadi 0



Sebelum

Adakah perbedaan?



Sesudah



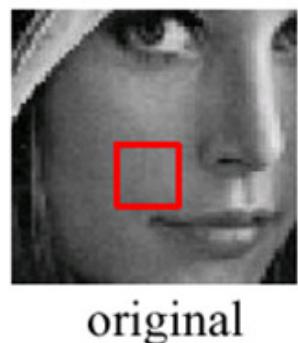
# Contoh 1:

- Tinjau 1 buah *pixel* dari citra 24-bit ( $3 \times 8$  bit):

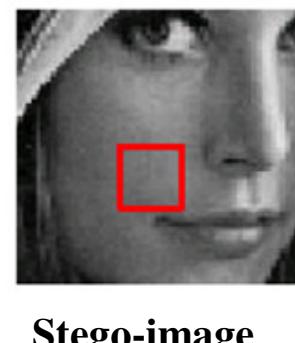
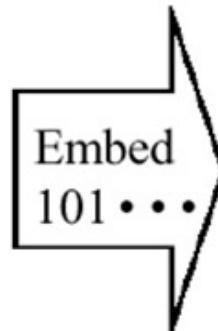
$10000010 \quad 01111011 \quad 01110101$   
(130)                (123)                (117)

- Bit bit-bit *embedded message*:  $101$

- *Embed*:  $00110011 \leftarrow 10100010 \rightarrow 11100011$

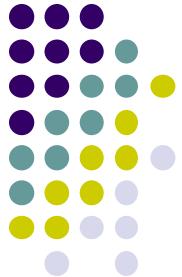


$$\begin{aligned}130 &= 10000010 \\123 &= 01111011 \\117 &= 01110101 \\&\dots \dots \dots\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}131 &= 10000011 \\122 &= 01111010 \\117 &= 01110101 \\&\dots \dots \dots\end{aligned}$$

Original: misalkan *pixel* [130, 123, 117] berwarna "ungu"  
Stego-image: *pixel* [131, 122, 117] tetap "ungu" tapi berubah sangat sedikit.  
Mata manusia tidak dapat membedakan perubahan warna yang sangat kecil.



Pergeseran warna sebesar 1 dari 256 warna tidak dapat dilihat oleh manusia

**PESAN RAHASIA :  
KETEMUAN Di STASIUN KA  
MALAM JAM 13.00**



**01101111**



## Contoh 2:

- Jika pesan = 10 bit, maka jumlah *byte* yang digunakan = 10 *byte*
- Contoh susunan *byte* yang lebih panjang:  
00110011 10100010 11100010 10101011 00100110  
10010110 11001001 11111001 10001000 10100011
- Pesan: 1110010111
- Hasil penyisipan pada bit *LSB*:  
00110011 10100011 11100011 10101010 00100110  
10010111 11001000 11111001 10001001 10100011



# Ekstraksi Pesan dari *Stego-object*

- Bit-bit pesan yang disembunyikan di dalam citra harus dapat diekstraksi kembali.
- Caranya adalah dengan membaca *byte-byte* di dalam citra, mengambil bit LSB-nya, dan merangkainya kembali menjadi bit-bit pesan.
- Contoh: Misalkan *stego-object* adalah sbb

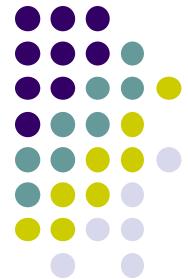
00110011 10100011 11100011 10101010 00100110  
10010111 11001000 11111001 10001001 10100011

Ekstrak bit-bit LSB: 1110010111



# Menghitung Ukuran Pesan yang dapat Disembunyikan

- Ukuran pesan yang akan disembunyikan bergantung pada ukuran *cover-object*.
- Misalkan pada citra *grayscale* (1 byte/pixel)  $256 \times 256$  pixel :
  - jumlah *pixel* = jumlah byte =  $256 \times 256 = 65536$
  - setiap byte dapat menyembunyikan 1 bit pesan di LSB-nya
  - jadi ukuran maksimal pesan = 65536 bit = 8192 byte = 8 KB
- Pada citra berwarna 24-bit berukuran  $256 \times 256$  pixel:
  - jumlah *pixel*  $256 \times 256 = 65536$
  - setiap pixel = 3 byte, berarti ada  $65536 \times 3 = 196608$  byte.
  - setiap byte dapat menyembunyikan 1 bit pesan
  - jadi ukuran maksimal pesan = 196608 bit = 24576 byte = 24KB



# Beberapa Varian Metode LSB

## 1. *Sequential*

- Bit-bit pesan disembunyikan secara sekuensial pada *pixel-pixel* citra.
  - Misalkan ukuran pesan = 15 bit, maka urutan *pixel-pixel* yang digunakan untuk penyembunyian bit adalah:



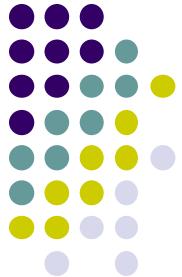
## Ekstraksi pesan dari *Stego-image*

- Pada proses ekstraksi pesan, *pixel-pixel* dibaca secara sekuensial mulai dari *pixel* pertama sampai *pixel* yang menyimpan bit pesan terakhir
- Ambil setiap *byte* dari *pixel*, ekstraksi bit LSB-nya.
- Rangkailah bit-bit LSB menjadi bit-bit pesan semula.



## 2. Acak

- Untuk membuat penyembunyian pesan lebih aman, bit-bit pesan tidak disimpan pada pixel-pixel yang berurutan, namun dipilih secara acak.
- Pembangkit bilangan acak-semu (*PRNG: pseudo-random number generator*) digunakan untuk membangkitkan bilangan acak.
- Umpan (*seed*) untuk pembangkit bilangan acak berlaku sebagai kunci (*stego-key*).



- Misalnya jika terdapat 64 byte dan 15 bit pesan yang akan disembunyikan. *Pixel-pixel* dipilih secara acak, seperti pada gambar berikut.

				5			8
	10					4	
			13		2		
7							9
		1			12		
		15					
11						3	
			6				14



## Ekstraksi pesan dari *Stego-image*

- Posisi *pixel* yang menyimpan bit pesan dapat diketahui dari bilangan acak yang dibangkitkan oleh *PRNG*.
- Jika kunci yang digunakan pada waktu ekstraksi sama dengan kunci pada waktu penyisipan, maka bilangan acak yang dibangkitkan juga sama.
- Dengan demikian, bit-bit pesan yang bertaburan di dalam citra dapat dikumpulkan kembali.



### 3. *m-bit LSB*

- Untuk meningkatkan ukuran pesan yang disembunyikan, maka digunakan lebih dari 1 bit LSB untuk setiap *byte*.
- Susunan bit pada setiap *byte* adalah  $b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$ . Jika diambil 2-bit LSB, maka bit yang digunakan adalah bit  $b_1$  dan bit  $b_0$

Contoh: 11010010 → 2 bit LSB terakhir dipakai untuk menyembunyikan pesan.

- *Trade-off*: Semakin banyak bit LSB yang digunakan, semakin besar ukuran pesan yang dapat disembunyikan, tetapi semakin turun kualitas *stego-image*.
- Pesan dapat disembunyikan secara sekuensial atau secara acak pada *pixel-pixel* di dalam citra.



## 4. Enkripsi XOR

- Pesan dapat dienkripsi terlebih dahulu sebelum disembunyikan ke dalam citra.
- Teknik enkripsi yang sederhana adalah dengan meng-XOR-kan bit-bit pesan dengan bit-bit kunci. Jumlah bit-bit kunci sama dengan jumlah bit pesan.
- Bit-bit kunci dibangkitkan secara acak.
- Kunci untuk pembangkitan bit-bit kunci menjadi *stego-key*.
- Jika dipakai teknik acak dalam memilih *pixel-pixel*, maka ada dua *stego-key*: satu untuk pembangkitan bit-bit kunci, satu lagi untuk pembangkitan posisi *pixel* yang dipilih untuk menyembunyikan pesan.

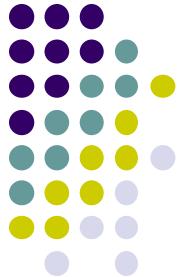


# PSNR

- PSNR = *Peak-Signal-to-Noise Ratio*
- Merupakan metrik untuk mengukur kualitas (*fidelity*) citra setelah proses manipulasi.
- Selalu dibandingkan dengan citra semula (yang belum dimanipulasi).
- Misalkan  $I$  = *cover-image* dan  $\hat{I}$  = *stego-image*, ukuran citra  $M \times N$ , maka

$$PSNR = 20 \times \log_{10} \left( \frac{256}{rms} \right) \quad \text{dengan} \quad rms = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (I_{ij} - \hat{I}_{ij})^2}$$

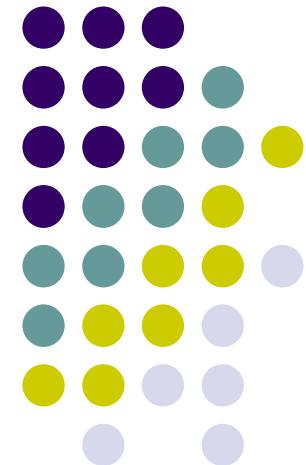
*rms* = root mean square



- Satuan *PSNR* adalah desibel (dB).
- *PSNR* menyatakan visibilitas derau di dalam citra.
- Nilai *PSNR* berbanding terbalik dengan *rms*.
- *PSNR* yang besar mengindikasikan nilai *rms* yang kecil; *rms* kecil berarti dua buah citra mempunyai hanya sedikit perbedaan.
- *PSNR* yang kecil mengindikasikan nilai *rms* yang besar; *rms* besar berarti kedua citra memiliki perbedaan yang besar (degradasi).
- *PSNR* yang dapat diterima/ditoleransi adalah jika  $> 30$

# Pengantar Steganalisis

---





# Steganalisis

- Steganalisis: Ilmu dan seni untuk mendekripsi ada-tidaknya pesan tersembunyi dalam suatu objek.
- Steganalisis untuk metode *LSB*:
  - Metode subjektif melibatkan indera penglihatan manusia.  
contoh: *enhanced LSB*
  - Metode statistik melibatkan analisis matematis.  
contoh : uji *chi-square* dan *RS-analysis*



# Enhanced LSB

- Memanfaatkan indera penglihatan → inspeksi kerusakan pada gambar akibat penyisipan [WES99]
- Ide dasar :



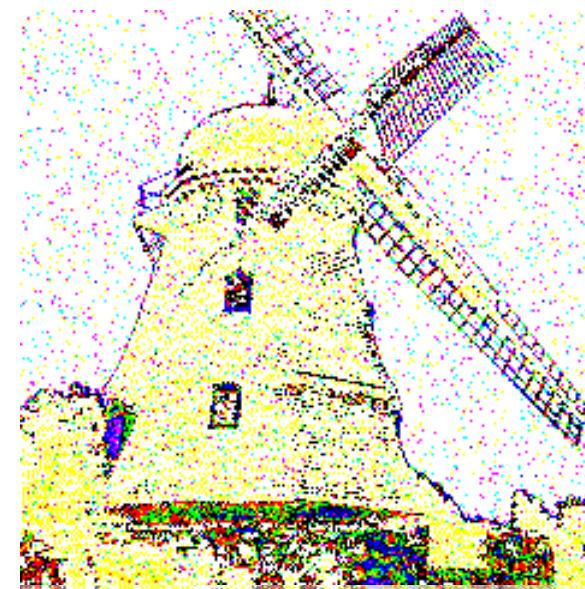


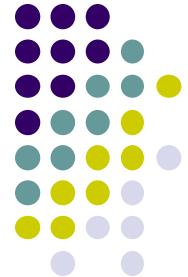
## Enhanced LSB (2)

BLUE	GREEN	RED
1010010 <u>1</u>	1001110 <u>0</u>	1110011 <u>1</u>

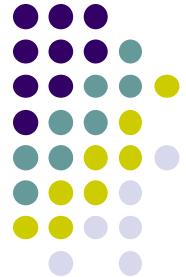
→

BLUE	GREEN	RED
<u>11111111</u>	<u>00000000</u>	<u>11111111</u>

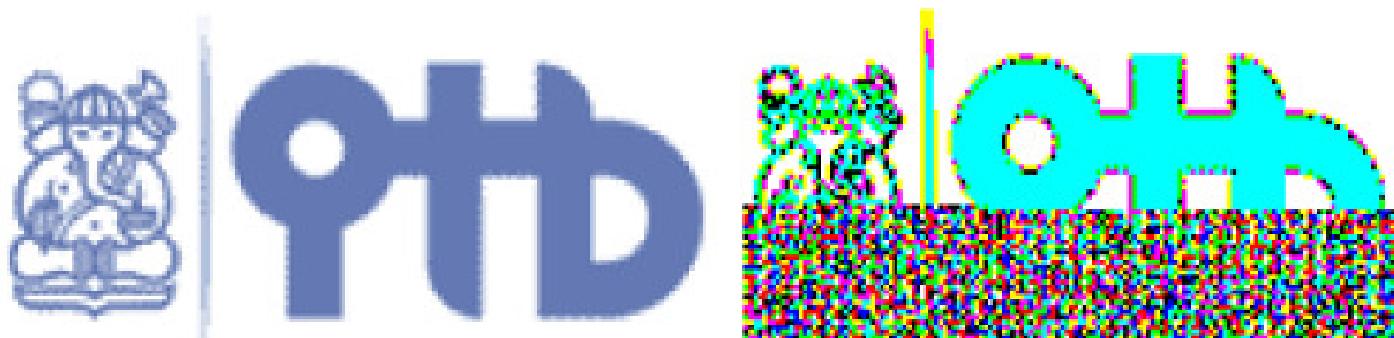




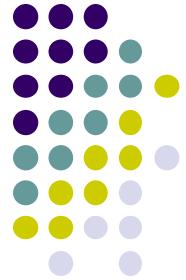
Setelah melalui proses penyaringan, maka citra pada bagian gambar yang tidak disisipi pesan akan mendekati bagian gambar semula. Sedangkan bagian gambar yang mengandung pesan rahasia akan menjadi "rusak" setelah disaring. Dengan demikian, dari gambar yang dihasilkan setelah penyaringan, mata manusia dapat dengan mudah membedakan apakah pada gambar tersebut terdapat pesan rahasia atau tidak.



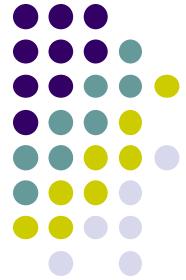
Metode *enhanced-LSB* bagus untuk citra dengan kontras tinggi, yaitu citra yang memiliki warna latar yang jelas atau memiliki perbedaan warna yang kontras antara latar dengan gambar utama

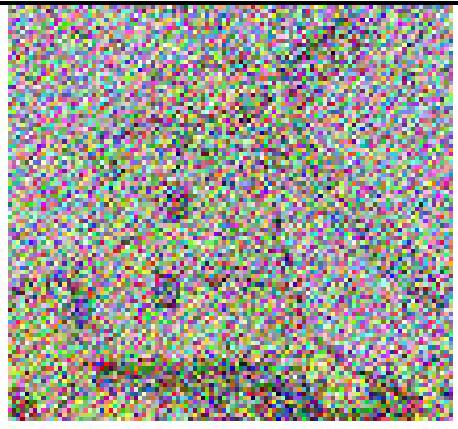


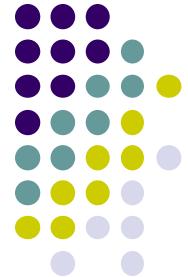
Gambar III-1 Gambar yang mengandung pesan rahasia dan hasil *enhanced LSB*-nya [PAU07]



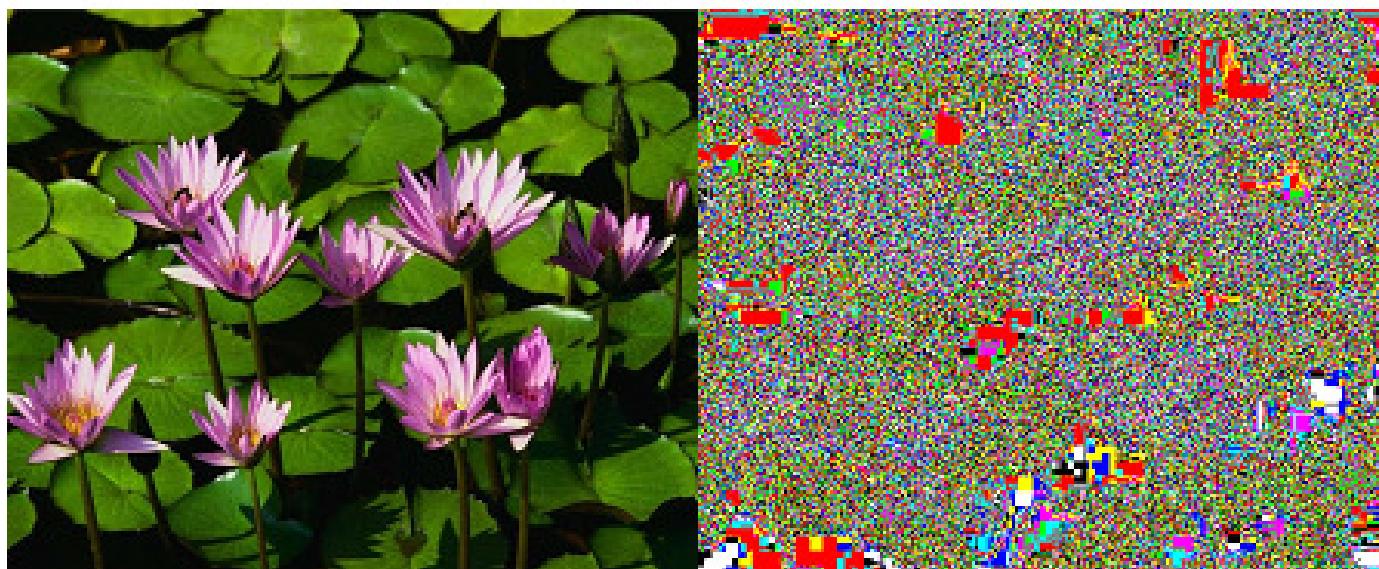
No	Kategori	Ukuran Pesan	Kontras Tinggi
1	Tidak ada pesan		
2	Pesanan disisipkan secara sekuensial	Kecil	
		Besar	



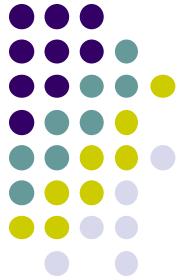
3	<p>Pesan disisipkan secara acak</p>	<p>Kecil</p> 
	<p>Besar</p>	



Untuk citra dengan kontras rendah (seperti citra hasil fotografi), metode *enhanced LSB* seringkali menyulitkan steganalis. Karena steganalis akan kesulitan membedakan antara gambar yang seharusnya muncul dengan pesan rahasia.



Gambar III-3 Gambar dengan kontras rendah dan hasil *enhaced LSB*-nya



- Sekali citra diketahui mengandung pesan rahasia, maka pesan tsb bisa dihancurkan dengan mengganti seluruh bit-bit LSB

Contoh penghancuran pesan pada citra adalah sebagai berikut :

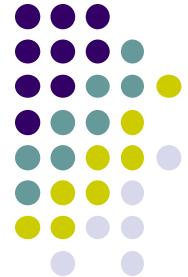
1. Terdapat citra yang bit *LSB*-nya telah disisipi pesan rahasia, sbb:

(00100111 11101000 11001000)

(00100110 11001000 11101000)

(11001000 00100110 11101001)

2. Maka bit pesan rahasia tersebut adalah : **100000001**
3. Dilakukan penggantian bit *LSB* citra, menjadi : **000000000**

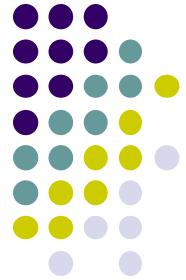


4. Bit tersebut kembali disisipkan pada citra, menjadi :

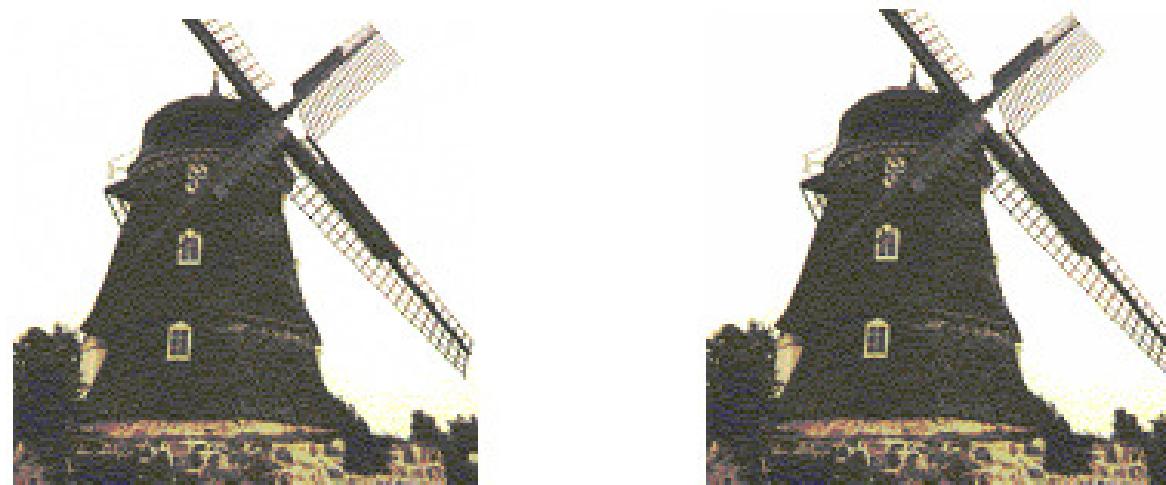
(00100110 11101000 11001000)

(00100110 11001000 11101000)

(11001000 00100110 11101000)



Penggantian seluruh bit *LSB* menjadi 0, tidak akan merusak tampilan citra, karena mata manusia tidak dapat membedakan perubahan yang terjadi pada bit *LSB*. Contoh citra yang memiliki pesan dan citra setelah pesan dihancurkan dapat dilihat pada Gambar III-5



Gambar III-5 Citra dengan pesan rahasia (kanan) dan citra setelah pesan dihancurkan (kiri)



# Ada pertanyaan?





# Referensi

- Li, F., *The art and science of writing hidden messages: Steganography*
- Khan, M. M. , *Steganography*
- Wohlgemuth, S. (2002), IT-Security: Theory and Practice : *Steganography and Watermarking*, University of Freiburg, Denmakr, 2002.
- Wong, P.W. (1997). *A Watermark for Image Integrity and Ownership Verification*. Prosiding IS&T PIC Conference.
- Tawalbeh, L. (2006), *Watermarking*, Information System Security AABFS-Jordan.
- Bae, S.H. (2006), *Copyright Protection of Digital Image*, Tongmyong University of information technology
- Yuli Anneria Sinaga, *Steganalisis dengan Metode Chi-square dan RS-analysis*, Tugas Akhir Informatika, IT
- Wikipedia