

09 - Metode BPCS Steganography

(Bit-Plane Complexity Segmentation)

Oleh: Dr. Ir. Rinaldi, M.T

**Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika ITB
2025**

BPCS

- BPCS = *Bit-Plane Complexity Segmentation*.
- Dikembangkan oleh Eij Kawaguchi dan R. O. Eason pada tahun 1997.
- Merupakan metode steganografi berkapasitas besar, lebih besar daripada menggunakan metode LSB.
- Jika metode LSB hanya dapat menyisipkan pada satu atau beberapa bit LSB, maka metode BPCS menyisipkan pada satu *bit-plane*.

BPCS-Steganography Experimental Program site:
<http://www.datahide.org/BPCSe/QtechHV-program-e.html>

Principle and applications of BPCS-Steganography

Eiji Kawaguchi* and Richard O. Eason**

* Kyushu Institute of Technology, Kitakyushu, Japan

** University of Maine, Orono, Maine 04469-5708

ABSTRACT

Steganography is a technique to hide secret information in some other data (we call it a vessel) without leaving any apparent evidence of data alteration. All of the traditional steganographic techniques have limited information-hiding capacity. They can hide only 10% (or less) of the data amounts of the vessel. This is because the principle of those techniques was either to replace a special part of the frequency components of the vessel image, or to replace all the least significant bits of a multi-valued image with the secret information.

Our new steganography uses an image as the vessel data, and we embed secret information in the bit-planes of the vessel. This technique makes use of the characteristics of the human vision system whereby a human cannot perceive any shape information in a very complicated binary pattern. We can replace all of the “noise-like” regions in the bit-planes of the vessel image with secret data without deteriorating the image quality. We termed our steganography “BPCS-Steganography,” which stands for Bit-Plane Complexity Segmentation Steganography.

We made an experimental system to investigate this technique in depth. The merits of BPCS-Steganography found by the experiments are as follows.

1. The information hiding capacity of a true color image is around 50%.
2. A sharpening operation on the dummy image increases the embedding capacity quite a bit.
3. Canonical Gray coded bit planes are more suitable for BPCS-Steganography than the standard binary bit planes.
4. Randomization of the secret data by a compression operation makes the embedded data more intangible.
5. Customization of a BPCS-Steganography program for each user is easy. It further protects against eavesdropping on the

- Ingat kembali teori yang telah dijelaskan pada metode modifikasi LSB.
- *Bit-plane* adalah citra biner yang berisi bit ke- i dari pixel-pixel di dalam citra.
- Pada citra grayscale 1 *pixel* = 1 *byte*, dan setiap *byte* panjangnya 8 bit (bit ke-1 sampai bit ke-8), maka terdapat 8 buah *bit-plane*.
- Pada citra berwarna 24-bit, 1 *pixel* = 3 *byte*, maka terdapat 24 buah *bit-plane*.

- Contoh 8 buah *bit-plane* pada citra *grayscale*.



Original image



Bit-plane 7



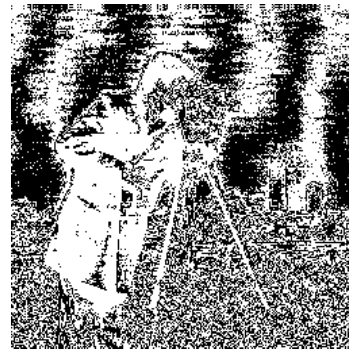
Bit-plane 6



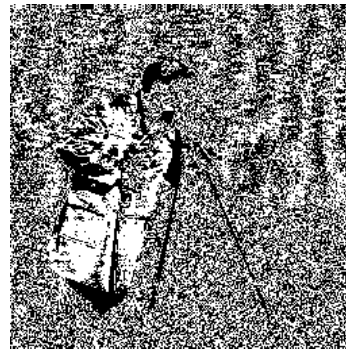
Bit-plane 5



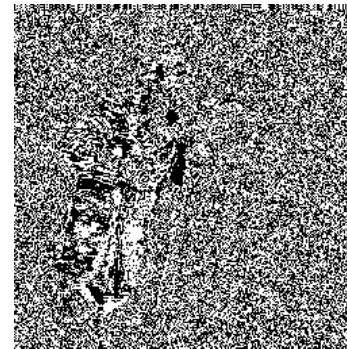
Bit-plane 4



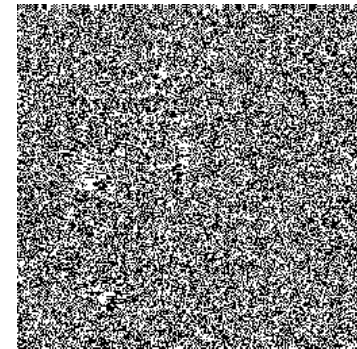
Bit-plane 3



Bit-plane 2

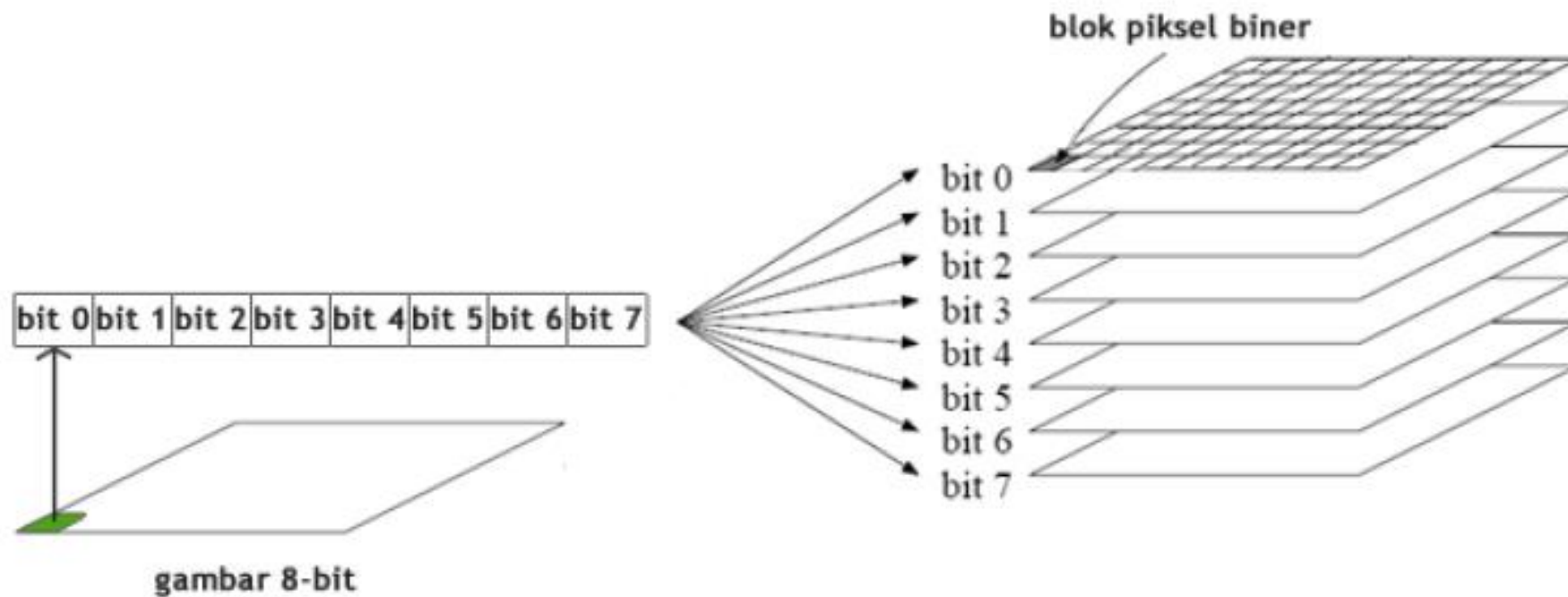


Bit-plane 1



Bit-plane 0

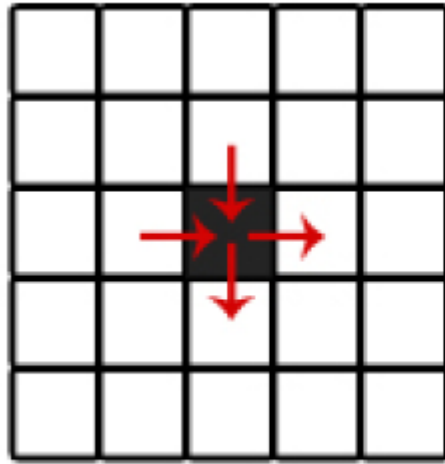
- Pada metode BPCS, citra dibagi menjadi blok berukuran 8×8 *pixel*. Setiap blok *pixel* memiliki 8 buah *bit-plane*. Setiap *plane* berisi $8 \times 8 = 64$ bit.
- Delapan buah *bit-plane* tersebut dinamakan *PBC system* (*Pure Binary Coding*).



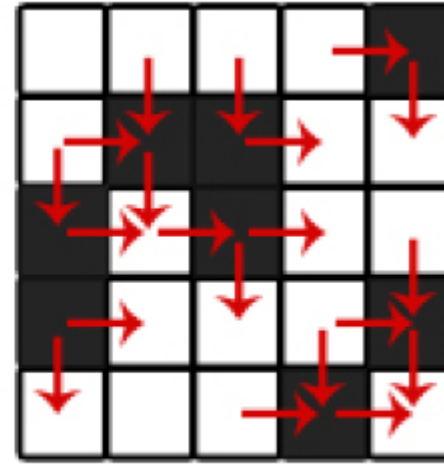
- Penyisipan bit-bit pesan dilakukan pada *bit-plane* yang memiliki kompleksitas tinggi, yang disebut *noise-like regions*.
- Penyisipan pesan dilakukan pada seluruh bit di *noise-like regions* (64 bit), sehingga bit yang disisipkan jauh lebih banyak daripada menggunakan metode modifikasi LSB.
- Karena itu, kapasitas data pada BPCS dapat mencapai 50% dari ukuran *cover-image*.

Kompleksitas Citra Biner

- Kompleksitas citra biner adalah ukuran kerumitan dari suatu citra biner.
- Eiji Kawaguchi mendefinisikan ukuran kompleksitas sebagai *black-and-white border image complexity*.
- *Black-and-white border image complexity* dihitung dari jumlah perubahan warna hitam dan putih. Jika jumlah perubahan warna yang terjadi banyak maka dikatakan citra tersebut memiliki kompleksitas tinggi.



(a)



(b)

- Pada gambar (a), jumlah perubahan warna hitam dan putih = 4.
- Pada gambar (b), jumlah perubahan warna hitam dan putih = 20.

- Kompleksitas (α) dihitung dengan rumus $\alpha = \frac{k}{n}$

yang dalam hal ini, k = jumlah perubahan warna hitam dan putih dan n = jumlah kemungkinan perubahan warna di dalam citra.

Canonical Gray Coding (CGC)

- Proses penyisipan pesan pada *bit-plane* lebih baik dilakukan dengan sistem *CGC* (*Canonical Gray Coding*) ketimbang dengan sistem *PBC*.
- Mengubah sistem *PBC* menjadi sistem *CGC* dilakukan dengan persamaan *XOR* berikut:

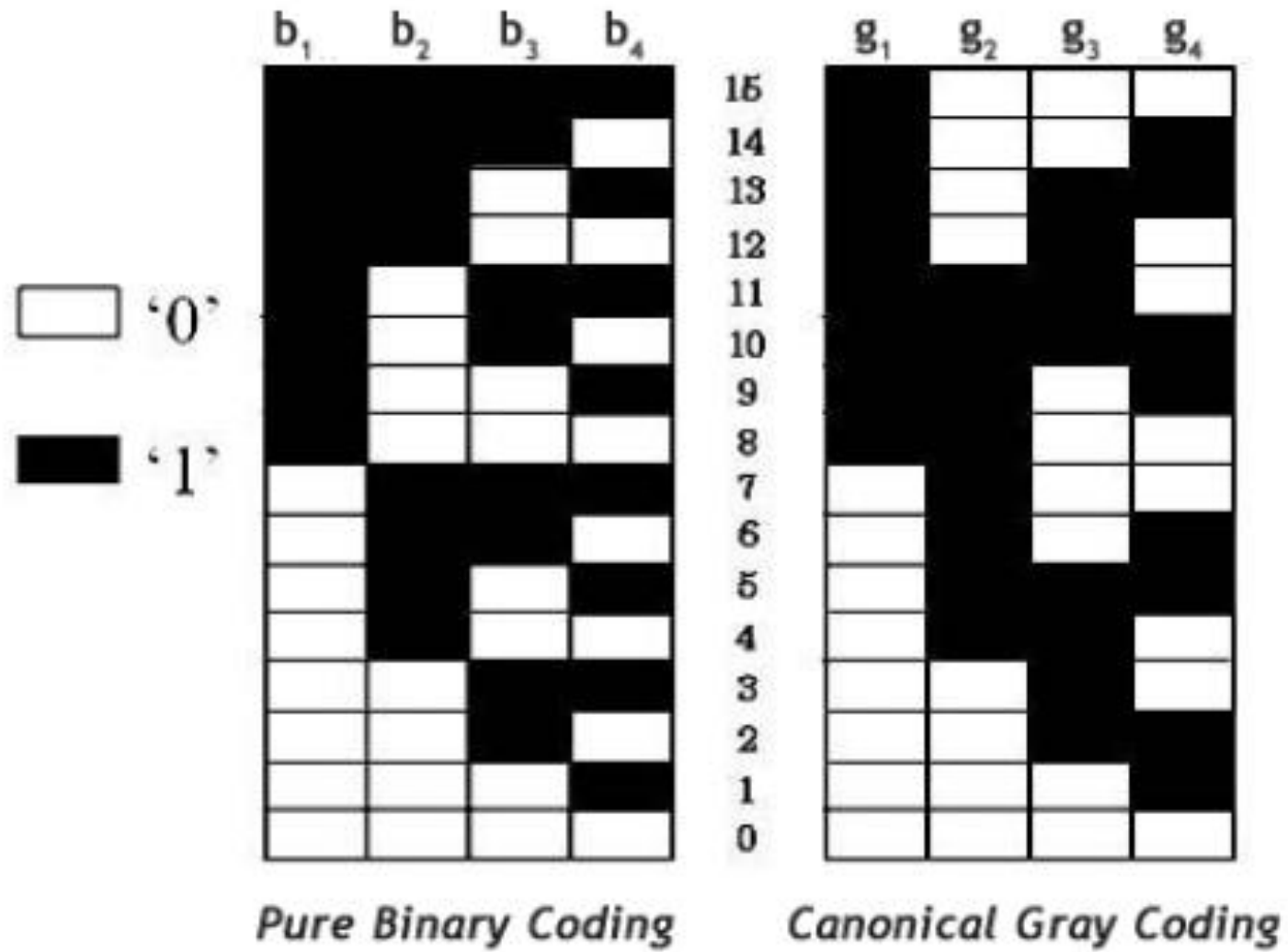
$$g_1 = b_1$$

$$g_i = b_{i-1} \oplus b_i$$

- Sebaliknya, mengubah sistem *CGC* menjadi *PBC* dilakukan dengan persamaan berikut:

$$b_1 = g_1$$

$$g_i = b_{i-1} \oplus b_i$$



Informative Region dan Noise-like Region

- *Informative region*: bagian citra yang berisi gambar yang simpel.
 - bagian penting, sensitif terhadap manipulasi
 - tidak dilakukan penyisipan pesan di sini
- *Noise-like region*: bagian citra yang berisi gambar yang kompleks.
 - bagian yang kurang informatif.
 - perubahan bit akibat manipulasi tetap membuatnya bersifat *noise-like region*
 - penyisipan pesan dilakukan di sini.

- Untuk menentukan apakah sebuah *region* termasuk kategori *informative* atau kategori *noise-like*, digunakan parameter kompleksitas.
- Sebuah *region* dimasukkan sebagai kategori *informative* jika nilai kompleksitasnya **lebih kecil** dari suatu nilai ambang (*threshold*), α_0 .
- Sebuah *region* dimasukkan sebagai kategori *noise-like* jika nilai kompleksitasnya **lebih besar** dari suatu nilai ambang (*threshold*), α_0 .
- Nilai ambang yang digunakan bervariasi antara 0.1 sampai 0.5

Konyugasi Citra Biner

- Sebuah citra biner 8 x 8 *pixel* dapat dikonyugasi dengan citra biner lain berukuran sama.
- Tujuan: meningkatkan nilai kompleksitas.
- Jika citra biner P memiliki kompleksitas α , maka konyugasinya memiliki kompleksitas $1 - \alpha$.

- Contoh: misalkan terdapat 5 citra biner sebagai berikut:

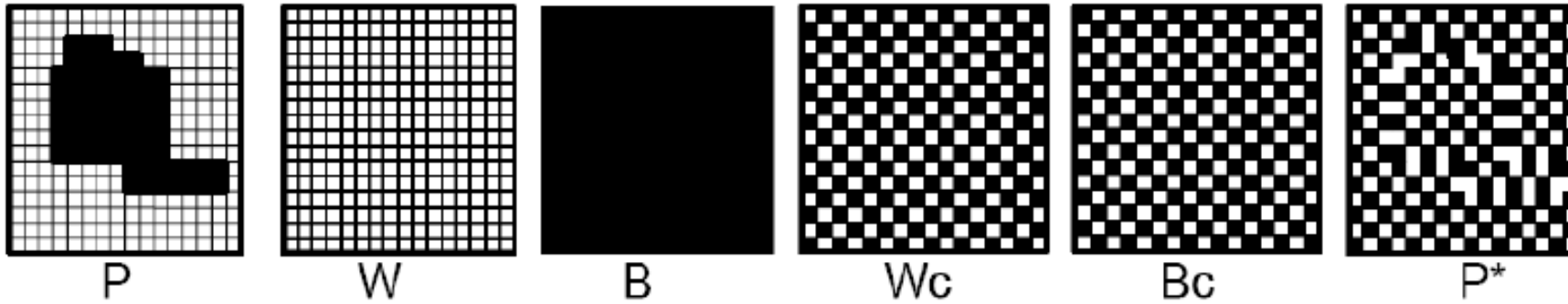
P : citra biner dengan *background* putih dan *foreground* hitam

W : citra biner dengan semua pixel berwarna putih

B : citra biner dengan semua pixel berwarna hitam

W_c : citra biner dengan pola papan catur

B_c : citra biner dengan pola papan catur, negasi dari W_c .



- P^* adalah konyugas dari P dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - 1) Memiliki bentuk area *foreground* sama dengan P
 - 2) Memiliki pola area *foreground* sama dengan pola Bc
 - 3) Memiliki pola area *background* sama dengan pola Wc
- Jadi, untuk membangun konyugasi P^* dari P , caranya:

$$P^* = P \oplus Wc$$

- Perhatikan bahwa

$$(P^*)^* = P$$

$$P^* \neq P$$

$$\alpha(P^*) = 1 - \alpha(P)$$

Algoritma BPCS

A. Penyisipan Pesan

Asumsikan citra berukuran kelipatan 8. Jika bukan kelipatan 8, tambahkan *pixel-pixel* semu sehingga berukuran 8 x 8.

1. Bagi *cover-image* menjadi blok 8 x 8 *pixel*.
2. Bentuk setiap blok 8 x 8 *pixel* menjadi sistem PBC yang terdiri dari 8 buah *bit-plane*.
3. Ubah sistem *PBC* menjadi sistem CGC (*Canonical Gray Coding*) → langkah Opsional.
4. Tentukan apakah setiap *bit-plane* merupakan *informative region* atau *noise-like region* dengan menggunakan nilai ambang α_0 . Nilai default $\alpha_0 = 0.3$. Jika tergolong *noise-like region*, maka pesan bisa disisipkan pada *bit-plane* tersebut, tetapi jika termasuk *informative region*, maka tidak dapat digunakan untuk menyisipkan pesan.

5. Bagi pesan menjadi segmen-segmen berukuran 64-bit, lalu nyatakan segmen menjadi blok biner berukuran 8×8 .
6. Jika blok pesan S tidak lebih kompleks dibandingkan dengan nilai ambang α_0 (yaitu termasuk kategori *informative region*), lakukan konjugasi terhadap S untuk mendapatkan S^* yang lebih kompleks.
7. Sisipkan segmen pesan 64-bit ke *bit-plane* yang merupakan *noise-like region* dengan cara mengganti seluruh bit pada *noise-like region* tersebut dengan 64-bit pesan).
8. Jika bloks S dikonyugasi, simpan pesan pada “conjugation map”.
9. Sisipkan juga pemetaan konjugasi yang telah dibuat.
10. Ubah *stego-image* dari sistem CGC menjadi sistem PBC.

B. Ekstraksi Pesan

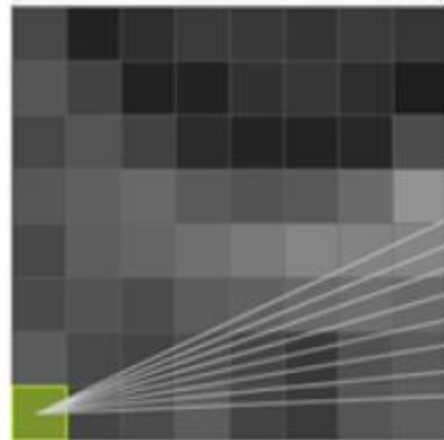
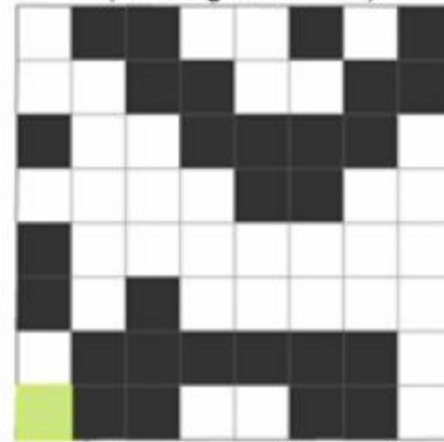
1. Bagi *stego-image* menjadi blok 8 x 8 *pixel*.
2. Bentuk setiap blok 8 x 8 *pixel* menjadi sistem *PBC* yang terdiri dari 8 buah *bit-plane*.
3. Ubah sistem *PBC* menjadi sistem *CGC* (*Canonical Gray Coding*) → Opsional.
4. Hitung kompleksitas setiap *bit-plane*. Jika kompleksitasnya di atas nilai ambang α_0 , maka *bit-plane* tersebut bagian dari pesan. Tabel konyugasi yang disisipkan juga dibaca untuk melihat proses konyugas yang perlu dilakukan pada tiap blok pesan.

Contoh:

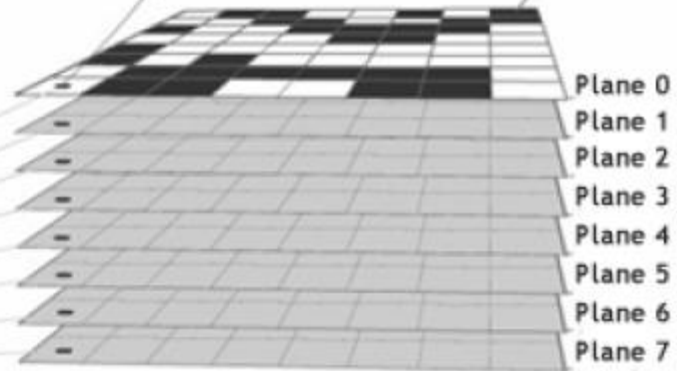
Gambar 8-bit dalam potongan 8x8 piksel



Gambar biner dari plane 0
(Most Significant bit)



Potongan 8x8 piksel



Pada *bit-plane* 0, jumlah perubahan warna hitam-putih adalah 47 kali. Jadi $k = 47$.

Jumlah maksimum perubahan warna pada citra biner yang berukuran 8×8 adalah 112 kali. Jadi $n = 112$.

Nilai kompleksitas bit-plane 0 adalah $\alpha = 47/112 = 0.42$.

Dengan menggunakan nilai ambang $\alpha_0 = 0.3$, maka $0.42 > \alpha_0$, sehingga *bit-plane* 0 dikategorikan sebagai *noise-like region* sehingga bisa digunakan untuk menyisipkan pesan.

Bit-plane 1 juga termasuk *noise-like region* karena nilai kompleksitasnya lebih besar dari α_0 .

- Misalkan pesan M yang akan disisipkan adalah sepanjang 128 bit sebagai berikut:

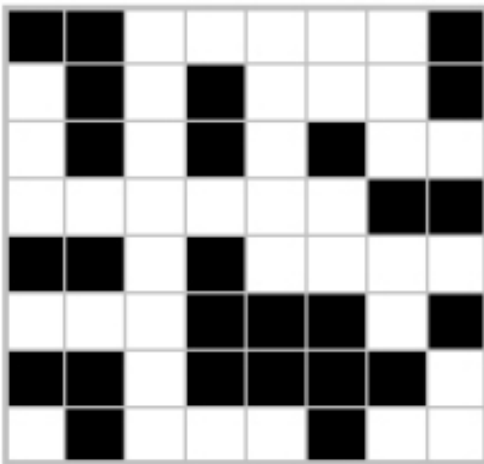
$M_S =$ 1100000101010001010101000000001111010000000111011101111001000100
 1100000100000000111110001111100011000011110000110000000000111111

- Bagi pesan M menjadi dua buah blok, S_0 dan S_1 .

$M_{S0} =$ 1100000101010001010101000000001111010000000111011101111001000100
 $M_{S1} =$ 1100000100000000111110001111100011000011110000110000000000111111

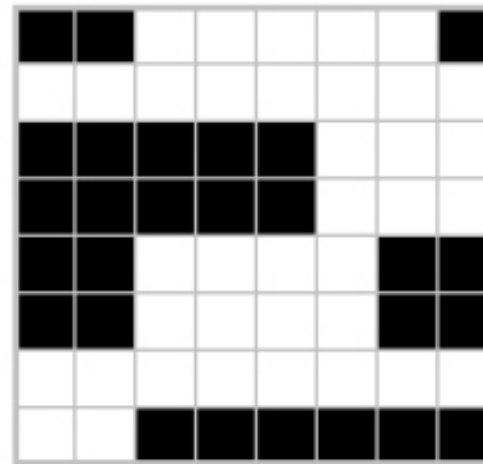
- Representasikan setiap blok pesan menjadi citra biner yang berukuran 8 x 8.

$M_{50} =$ 11000001 01010001
 01010100 00000011
 11010000 00011101
 11011110 01000100



Blok pertama pesan

$M_{51} =$ 11000001 00000000
 11111000 11111000
 11000011 11000011
 00000000 00111111



Blok kedua pesan

Penyisipan blok pesan M_{s_0}

Sebelum disisipkan, hitung terlebih dahulu kompleksitas blok pesan M_{s_0} .

Jumlah perubahan warna = 54 kali

Kompleksitas $\alpha = 54/112 = 0.48$.

Karena $0.48 > \alpha_0$, maka semua *bit plane* 0 diganti dengan 64-bit blok pesan M_{s_0} .

Penyisipan blok pesan M_{s_1}

Sebelum disisipkan, hitung terlebih dahulu kompleksitas blok pesan M_{s_1} .

Jumlah perubahan warna = 32 kali

Kompleksitas $\alpha = 32/112 = 0.29$.

Karena $0.29 < \alpha_0$, itu berarti blok pesan M_{s_1} tidak cukup kompleks. Agar cukup kompleks, lakukan konjugasi terhadap M_{s_1} . Misalkan hasil konjugasi adalah $M_{s_1^*}$ dan nilai kompleksitasnya 0.71. Karena $0.71 > \alpha_0$, maka semua *bit plane* 1 diganti dengan 64-bit blok pesan $M_{s_1^*}$.

Contoh penyisipan pesan dengan BPCS



(A) Original vessel image



(B) Embedded vessel image

Fig.4 Example of a vessel image

File	Original Size	Compressed Size
Lincoln Picture at right (jpg)	66,190	66,044
The Gettysburg Address	1,502	742
The Declaration of Independence	9,553	4,075
The Constitution (with amendments)	56,989	14,803
The Magna Carta	31,285	12,089
Romeo and Juliet	149,097	58,829
Hamlet	188,626	74,690
Macbeth	109,281	43,698
A Midsummer Night's Dream	99,623	40,242
The Taming of the Shrew	128,385	49,787
The Tempest	102,788	42,044
A Comedy of Errors	89,525	34,275
Total	1,032,844	441,318

(A) Summary of embedded data



(B) Embedded picture

Fig.5 Files embedded in Fig 4(B)

Sumber: Eiji Kawaguchi & Richard O. Eason, Principle and applications of BPCS-Steganography

Referensi

1. Eiji Kawaguchi & Richard O. Eason, Principle and applications of BPCS-Steganography
2. Arya Widyanarko, *Implementasi Stegtanografi dengan Metode Bit-Plane Complexity Segmentation (BPCS) untuk Dokumen Citra Terkompresi*, Tugas Akhir Informatika ITB, 2008.