

ANALISA PERFORMANSI *SPREAD SPECTRUM IMAGE STEGANOGRAPHY* (SSIS) PADA KANAL MULTIPATH RAYLEIGH FADING

Chaeriah Bin Ali Wael

Dosen Tetap Jurusan Teknik Elektro, Universitas Riau Kepulauan, Batam, Indonesia

Abstrak

Teknik SSIS menggunakan metode *spread spectrum*, dimana informasi yang akan disisipkan ke citra *cover* disebar ke dalam *noise* yang memiliki band frekuensi yang lebar. *Noise* inilah yang ditambahkan ke dalam citra *cover*. Sebagai antisipasi terjadi *error* selama proses transmisi, digunakan teknik *Error Control Coding* (ECC) yang terdiri dari enkoder konvolusi di *transmitter* dan dekoder yang menggunakan algoritma viterbi di *receiver*.

Dari simulasi yang dilakukan, diketahui bahwa jumlah pesan maksimum yang dapat disisipkan pada citra *cover* dipengaruhi oleh ukuran citra *cover*, *code rate* kode konvolusi dan level kuantisasi. Pada penelitian ini, ukuran pesan maksimum yang dapat disisipkan ke citra *cover* sebesar 1755 Byte. Jika pesan yang disisipkan melebihi kapasitas maksimum maka akan berpengaruh pada kriteria *imperceptibility* citra stego yang dihasilkan. Karena ukuran teks yang disisipkan pada simulasi masih dibawah kapasitas maksimum, maka nilai MSE rata-rata citra stego yang diterima *receiver* cukup kecil yaitu sebesar 0.159 dB dan nilai PSNRnya cukup besar yaitu sebesar 56.114 dB walaupun pada kondisi SNR kanal sama dengan 10 dB. Kondisi kanal sangat berpengaruh terhadap kualitas citra stego yang dihasilkan. Semakin besar nilai SNR, kualitas citra stego pada *receiver* akan semakin baik.

Kata kunci : steganografi, *spread spectrum image steganography*, citra digital, MSE, PSNR.

1. Pendahuluan

Adanya Internet sebagai sistem jaringan terluas yang menghubungkan hampir seluruh komputer di dunia, membuat semua komputer dapat dengan mudah saling bertukar data. Dalam “*dunia maya*” ini, hampir segala jenis informasi dapat diperoleh, yang dibutuhkan hanyalah sebuah komputer yang terhubung dengan internet (Suhono, 2000). Perkembangan komputer dan perangkat pendukung lainnya yang serba digital, telah membuat data-data digital seperti audio, citra, video dan teks semakin banyak digunakan. Hal ini tidak hanya mendorong kecenderungan manusia untuk saling berkomunikasi semata, namun tuntutan menjadi semakin kompleks sehingga masalah keamanan data menjadi hal yang sangat penting, apalagi data yang dikirimkan adalah data yang amat rahasia. Beberapa usaha untuk menangani masalah keamanan data rahasia yang dikirimkan melalui Internet, diantaranya dengan menggunakan teknik kriptografi dan steganografi.

Kriptografi adalah ilmu dan seni untuk menjaga kerahasiaan pesan dengan cara menyandikannya ke dalam bentuk yang tidak dapat dimengerti lagi maknanya (Munir, 2006). Teknik kriptografi dapat menimbulkan kecurigaan pada pihak ketiga yang tidak berhak menerima informasi karena pesan disamarkan dengan cara mengubah pesan yang asli menjadi seolah-olah tidak terbaca. Selanjutnya pihak ketiga tersebut akan memiliki keinginan untuk mengetahui isi pesan rahasia tersebut dan berusaha memecahkan informasi yang sebenarnya.

Sedangkan steganografi lebih mengurangi kecurigaan karena pesan yang disamarkan disembunyikan ke dalam pesan lainnya (Cachin, 2005). Steganografi dapat menyamarkan pesan ke dalam suatu media tanpa orang lain menyadari bahwa media tersebut telah disisipi suatu pesan. Hal ini dikarenakan hasil keluaran steganografi adalah data yang memiliki bentuk persepsi yang sama dengan data aslinya apabila dilihat menggunakan indera manusia. Sedangkan perubahan pesan dalam kriptografi dapat dilihat dan disadari langsung oleh indera manusia. Pada steganografi, data rahasia disisipkan pada data lain yang disebut *cover-object* dan menghasilkan *stego-object* (hasil steganografi). Media penampung yang umum digunakan pada teknik steganografi adalah citra, suara, video, atau teks. Adapun data yang disimpan juga dapat berupa citra, suara, video, teks, atau pesan lain.

Ada banyak metode yang digunakan untuk steganografi pada dokumen citra seperti metode *Least Significant Bit (LSB)*, *Bit-Plane Complexity Segmentation (BPCS)*, dan *Spread Spectrum Steganography*. LSB merupakan metode yang paling mudah untuk diimplementasikan. Penyisipan pada bagian LSB citra *cover* hanya akan menyebabkan sedikit perubahan intensitas warna sehingga sulit dibedakan. Walaupun demikian, metode ini tidak mampu menampung pesan dalam jumlah besar karena semakin banyak bit LSB yang digunakan maka perubahan pada citra *cover* akan semakin mudah terdeteksi. Metode BPCS di lain pihak dapat menampung pesan yang relative lebih banyak daripada metode LSB. Pada BPCS, proses penyisipan dilakukan pada *bit-plane* dengan sistem *CGC (Canonical Gray Code)*. Pesan disisipkan pada segmen yang memiliki kompleksitas yang tinggi. Segmen yang memiliki kompleksitas tinggi ini disebut *noise-like regions*. Pada segmen-segmen ini penyisipan dilakukan tidak hanya pada bit LSB saja tapi pada seluruh bitplane yang termasuk *noise-like regions*. Oleh sebab itu, pada teknik BPCS, kapasitas data yang disisipkan dapat mencapai 50% dari ukuran *cover-object*nya (Kawaguchi, 1998). Pada *spread spectrum steganography*, pesan disebar pada citra *cover* sehingga sulit untuk dideteksi (Marvel, 1999).

Pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap performansi teknik *Spread Spectrum Image Steganography (SSIS)* dengan data yang digunakan berupa teks berekstensi .txt dan disisipkan pada citra 24 bit berekstensi .jpg berukuran 256x256 piksel. Ukuran kriteria performansi sistem yang digunakan adalah PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) dan MSE (*Mean Square Error*).

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Citra Digital

Citra digital adalah sebuah fungsi 2D, $f(x,y)$ sebagai berikut :

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

Fungsi $f(x,y)$ merupakan fungsi intensitas cahaya, dimana nilai x dan y merupakan koordinat spasial dan nilai fungsi di setiap titik (x,y) merupakan tingkat keabuan citra pada titik tersebut yang disebut *pixel*. Level keabuan dalam bentuk diskrit terpisah dalam range 0 sampai 255. Citra digital dinyatakan dengan sebuah matriks dimana baris dan kolomnya menyatakan suatu titik pada citra tersebut dan elemen matriksnya (yang disebut sebagai elemen gambar atau piksel) menyatakan tingkat keabuan pada titik tersebut. Matriks dari citra digital berukuran $N \times M$ (tinggi x lebar), dimana N adalah jumlah baris dan M adalah jumlah kolom.

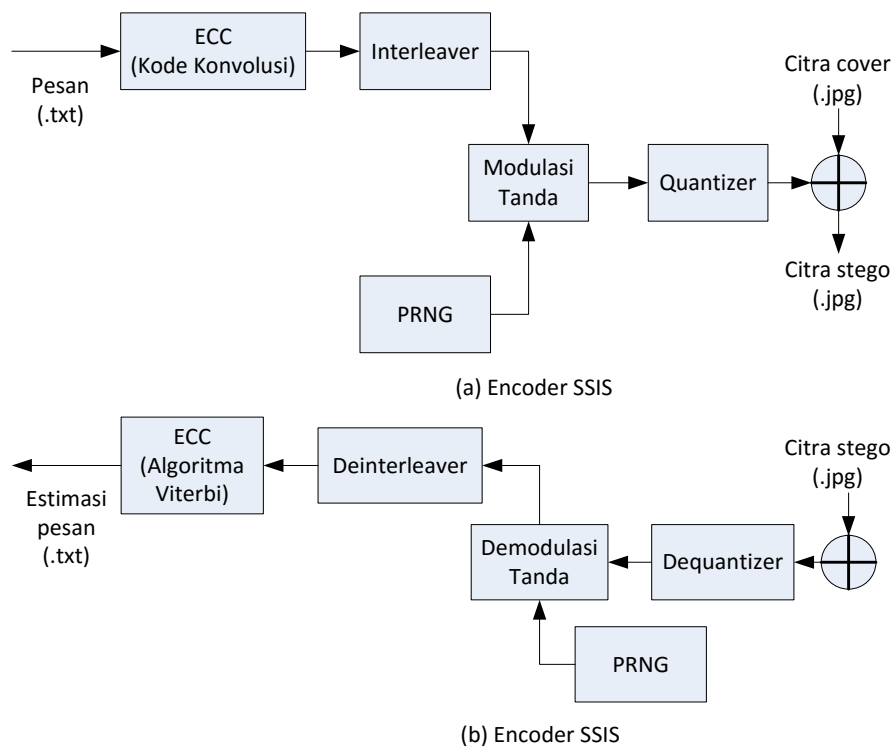
2.2 Spread Spectrum Image Steganography (SSIS)

Steganography merupakan ilmu yang mempelajari, meneliti, dan mengembangkan seni menyembunyikan keberadaan suatu informasi. Kata *steganography* berasal dari bahasa Yunani

yang berarti 'tulisan tersembunyi'. Ada beberapa kriteria yang dipakai dalam *image steganography* bahkan steganografi pada umumnya, yaitu (Pitas, 1993) :

- Kapasitas (*payload*) : menunjukkan banyaknya data yang disisipkan pada citra *cover*.
- Keandalan (*robustness*) : metode steganografi yang handal tahan terhadap berbagai proses yang mungkin dialami selama proses transmisi pada kanal ataupun proses manipulasi citra seperti rotasi, *rescaling*, proses pemfilteran maupun berbagai transformasi.
- *Imperceptibility* : merupakan kemampuan untuk tidak terdeteksi oleh analisis komputer maupun oleh penglihatan manusia.

Pada dasarnya teknik *spread spectrum* merupakan proses penyebaran sinyal yang *bandwidth*-nya sempit dengan memodulasi sinyal tersebut terhadap sinyal yang *bandwidth*-nya lebar seperti *white noise*. Setelah disebarakan energi sinyal akan menjadi rendah sehingga sulit untuk dideteksi. Blok diagram encoder dan decoder SSIS dapat dilihat pada gambar 1.

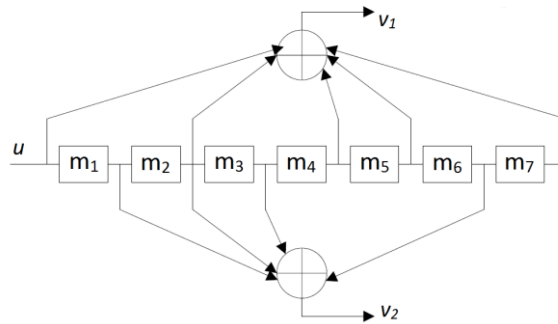


Gambar 1. Encoder dan decoder SSIS

2.2.1 Error Control Coding (ECC)

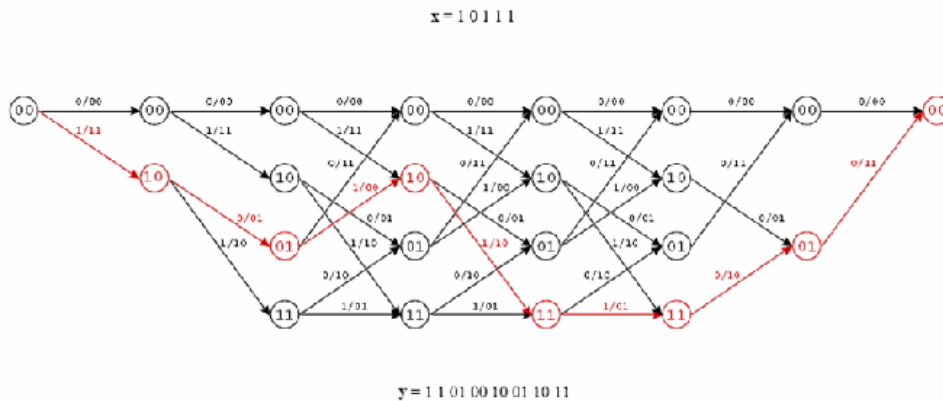
Error Control Coding berguna untuk mendeteksi dan memperbaiki kesalahan acak (*random error*) yang diakibatkan oleh gangguan kanal. Pada enkoder SSIS digunakan kode konvolusi dengan dekoder menggunakan algoritma viterbi *hard decision*. Kode konvolusi merupakan teknik pengkodean dengan keluaran n yang bukan hanya tergantung pada masukan k saat ini tapi juga beberapa input sebelumnya. Oleh karena itu, kode konvolusi memerlukan elemen memori m untuk menyimpan input sebelumnya.

Kode konvolusi digambarkan dengan dua parameter, yaitu *code rate* R dan *constraint length* K . *Code rate*, $R = k/n$ merupakan perbandingan jumlah bit yang masuk ke dalam enkoder k dengan jumlah simbol yang keluar dari enkoder pada setiap proses *encoding*. *Constraint length*, $K = m+1$ merupakan total input yang mempengaruhi simbol keluaran.



Gambar 2. Kode konvolusi dengan *code rate* $\frac{1}{2}$ dan *constraint length* 8

Kode konvolusi memiliki dua jenis algoritma *decoding*, yaitu viterbi *decoding* dan *sequential decoding*. *Sequential decoding* mempunyai performansi yang sangat baik pada kode konvolusi dengan *constraint length* yang panjang, namun algoritma ini memiliki waktu *decoding* yang berubah-ubah. Sedangkan viterbi *decoding* mempunyai waktu *decoding* yang tetap sehingga bagus diimplementasikan pada *hardware decoder*. Prinsip dasar dari algoritma viterbi adalah metode *maximum likelihood* dengan pengetahuan akan diagram *trellis*. Algoritma ini membandingkan bit yang diterima pada waktu $t = t_1$ dengan seluruh *path* pada waktu yang sama. Pada waktu $t = t_1$ tersebut akan dibandingkan nilai korelasi maksimumnya (*best metric*) atau nilai *minimum distance* dan *path* yang dipilih disebut sebagai *surviving path*.



Gambar 3. Contoh diagram trellis

2.2.2 Interleaver

Salah satu cara mengatasi *error burst* adalah dengan menambahkan interleaver dan deinterleaver dengan cara mengacak terjadinya *error* sehingga mirip dengan *error random*. Pada pengirim, deretan bit diatur sedemikian rupa untuk memastikan agar bit-bit yang bersebelahan terpisah sejauh beberapa bit setelah interleaving.

2.2.3 Modulasi Tanda (*Sign Modulation*)

Untuk SSIS, modulasi tanda (*sign modulation*) digunakan untuk menumpangkan informasi ke *Pseudo Random Noise Generator* (PRNG). Proses modulasinya merupakan proses perkalian antara informasi keluaran dari encoder konvolusi dengan keluaran dari PRNG. Keluaran kode konvolusi m yang berupa bit-bit biner "0" atau "1" diubah terlebih dahulu menjadi $-1/+1$. Sinyal selubung s merupakan urutan bilangan real berisi informasi yang memiliki distribusi *Gaussian* dengan *zero mean* dan *unit variance*.

$$s(m,n) = m * n$$

Tanda antara sinyal selubung dan urutan *noise* menentukan nilai dari bit-bit pesan. Urutan *noise* n yang dibangkitkan kembali pada *receiver* dibandingkan dengan urutan sinyal

terselubung yang diterima sehingga estimasi dari nilai urutan pesan dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$\text{sign} \left(\frac{s}{n} \right) = m$$

2.2.4 Pseudo Random Noise Generator (PRNG)

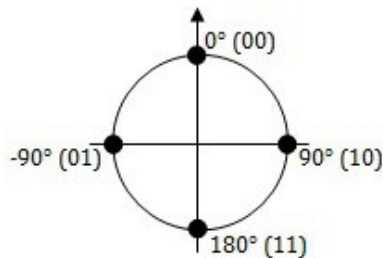
Pada SSIS, informasi yang akan disembunyikan dibuat menyerupai *noise* yang terdistribusi secara *gaussian*. Untuk memperoleh *noise* yang dimaksud maka informasi dimodulasikan dengan suatu generator *noise*. Generator *noise* yang dipakai dalam SSIS adalah *pseudorandom number generator* (PRNG). *Pseudorandom Number Generator* (PRNG) merupakan pembangkit deretan bilangan real yang seolah-olah random. *Noise* yang dihasilkan digambarkan sebagai proses *Gaussian* dengan nilai rata-rata (μ) nol. Fasa acak antara *receiver* dan *transmitter* diasumsikan sama sehingga dapat dibangkitkan urutan *noise* yang sama.

2.2.5 Quantizer

Proses modulasi tanda antara keluaran enkoder konvolusi dengan PRNG menghasilkan $s(m,n)$ yang bertipe data *float* sementara citra *cover* bertipe integer sehingga diperlukan proses kuantisasi terlebih dahulu sebelum pesan disisipkan. Pada penelitian ini digunakan quantizer dengan 128 level (7 bit). Keluaran blok kuantisasi berupa bit-bit biner dimana setiap 1 bit akan disisipkan ke LSB dari setiap *pixel*. Proses dekuantisasi merupakan kebalikan dari proses kuantisasi.

2.3 Modulasi QPSK

QPSK adalah teknik pengkodean *M-ary* dengan $M=4$ (karenanya dinamakan “*quaternary*” yang berarti “4”). Pada modulasi QPSK terdapat 4 level sinyal, yang merepresentasikan 4 kode binary yaitu ‘00’, ‘01’, ‘11’, ‘10’. Masing-masing level sinyal disimbolkan pada perbedaan fasa dengan beda fasa sebesar 90° . Diagram konstalasi QPSK dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram konstalasi QPSK

2.4 Kanal Propagasi

Dalam sistem komunikasi *wireless*, kondisi lingkungan yang terdiri dari berbagai objek sangat mempengaruhi penjalaran sinyal dari transmitter menuju *receiver*, akibatnya sinyal yang dipancarkan oleh suatu transmitter akan melewati berbagai lintasan dan mengalami peredaman, penguatan, scattering, difraksi. Di sisi *receiver* total sinyal yang diterima adalah sinyal yang telah mengalami variasi amplitudo dan fasa. Efek seperti ini dikenal sebagai *multipath propagation* atau *multipath fading*.

Kanal multipath fading yang digunakan dimodelkan seperti pada gambar 5. Gambar tersebut menunjukkan adanya *delay* τ_i dan *gain* g_i tap serta koefisien tap yang terdistribusi *Rayleigh* $a_i(t)$. L merupakan jumlah *path*. Koefisien $a_i(t)$ merupakan variabel *Rayleigh* (*channel*

gain) yang dibangkitkan dari dua variabel acak Gaussian (a_c dan a_s) dengan *mean* nol dan variansi s^2 . Generator pembangkit koefisien $a(t)$ yang terdistribusi *Rayleigh* ditunjukkan pada gambar 6. Generator pembangkit ini dibuat dengan pemodelan *Jakes*. Pada model kanal ini, nilai a_c dan a_s ditentukan sebagai berikut :

$$a_c = \frac{2}{N_0} \left(\sum_{n=1}^{N_0} \cos \beta_n \cos \omega_n t + \sqrt{2} \cos \alpha \cos \omega_n t \right)$$

$$a_s = \frac{2}{N_0+1} \left(\sum_{n=1}^{N_0} \sin \beta_n \cos \omega_n t + \sqrt{2} \sin \alpha \cos \omega_n t \right)$$

$$a = \sqrt{\frac{(a_c)^2 + (a_s)^2}{2}}$$

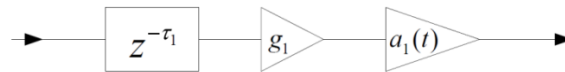
$$\omega_n = \omega_d \left(\cos \frac{2\pi n}{N_1} \right), \quad n = 1, 2, \dots, N_0$$

$$N_1 = 2 (2.N_0 + 1)$$

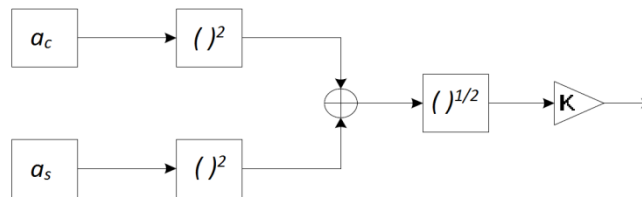
Dimana :

N_0 : osilator frekuensi rendah yang frekuensinya sama dengan ω_n .

ω_n : pergeseran Doppler



Gambar 5. Pemodelan kanal *multipath fading*



Gambar 6. Generator pembangkit koefisien terdistribusi *Rayleigh*

2.5 Analisa Kualitas Citra

Analisa kualitas citra digital yang diterima oleh *receiver* dilakukan dengan mengukur nilai parameter-parameter *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) dan *Mean Square Error* (MSE). Untuk menganalisa keakuratan pesan yang diterima dilakukan dengan mengukur nilai parameter *Bit Error Rate* (BER).

- PSNR

PSNR menyatakan rasio perbandingan daya maksimal sinyal terhadap *error* citra.

$$PSNR = \frac{255}{\sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [g(x, y) - f(x, y)]^2}}$$

- MSE

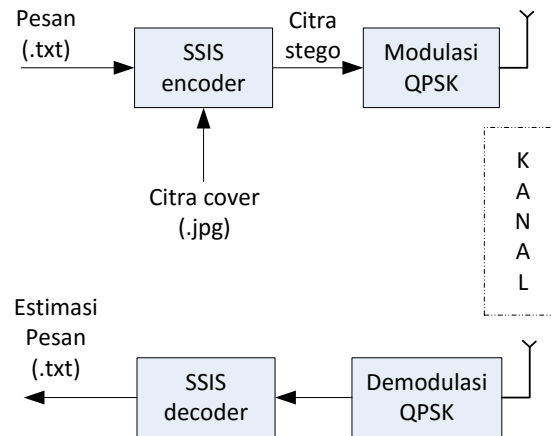
Nilai MSE menunjukkan rata-rata perbedaan antara citra *cover* $f(x,y)$ dan citra yang diterima di *receiver* $g(x,y)$.

$$MSE = \frac{1}{255} \sqrt{\frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [g(x, y) - f(x, y)]^2}{M \times N}}$$

3. Simulasi

Blok diagram simulasi SSIS pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 7. Pesan yang akan disisipkan berupa teks dalam ekstensi .txt dengan ukuran yang 128 Byte, 512Byte dan

1024 Byte. Pesan ini disisipkan pada citra *cover* oleh blok SSIS encoder menghasilkan citra stego yang dimodulasi dan ditransmisikan melalui kanal *multipath Rayleigh fading*. Pada sisi penerima, citra stego didemodulasi dan didecode untuk memperoleh pesan yang disisipkan. Simulasi menggunakan Matlab 7. Parameter-parameter yang digunakan dalam simulasi dapat dilihat pada table 1. Citra uji yang digunakan pada simulasi berukuran 256x256 dengan ekstensi .jpg seperti terlihat pada table 2.



Gambar 7. Blok diagram sistem

Tabel 1. Parameter simulasi

| Blok | Parameter simulasi |
|--|--|
| Kode konvolusi | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Code Rate : $\frac{1}{2}$ ▪ Constraint Length : 8 ▪ Generator polinomial : $g_1 = 255(8)$; $g_2 = 162(8)$ |
| Interleaver | Baris x kolom = 4 x 4 |
| Kanal <i>Rayleigh fading</i> (berdasarkan standarisasi IMT-2000 <i>vehicular channel</i>) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Delay propagasi : $t_1 = 0\mu s$ ▪ Redaman propagasi : $A_0 = 1$ ▪ <i>Delay spread</i> : $Excess\ delay = 0$ $\tau_{rms} = 0$ ▪ <i>Coherent bandwidth</i> : $B_c = \infty$ ▪ <i>Doppler shift</i> : $f_{dmax} = 2,5\ Hz$ |

Tabel 2. Citra uji (256x256)



4. Hasil dan Pembahasan

Pemantauan kualitas citra dapat dilakukan secara visual pada citra stego dengan metode *spread spectrum* dapat dilihat pada tabel 3. Dari tabel ini, citra stego pada sisi penerima memiliki kualitas yang sama dengan citra cover secara kasat mata. Hal ini menunjukkan bahwa penyisipan pesan pada citra *cover* tidak mempengaruhi kualitas citra stego dalam penglihatan manusia. Sementara kualitas citra stego yang diterima pada SNR = 20 dB lebih baik daripada saat nilai SNR = 10 dB. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kanal yang semakin baik yang ditandai dengan nilai SNR yang lebih tinggi sangat berpengaruh pada kualitas citra stego yang diterima *receiver* (citra stego Rx)

4.1 Perhitungan Kapasitas Maksimum Citra Cover

Kapasitas (*payload*) *image steganography* menandakan total informasi yang dapat disisipkan pada citra *cover*. Selain dibatasi oleh ukuran citra *cover*, kapasitas *image steganography* umumnya dibatasi oleh kriteria *imperceptibility* dan kesuksesan proses ekstraksi. Semakin banyak bit informasi yang disisipkan, nilai MSE akan semakin besar sehingga informasi yang disisipkan pun semakin tampak (tingkat *imperceptibility* semakin rendah). Nilai MSE yang semakin besar juga menandakan bahwa proses dekoding akan semakin sulit karena kesalahan yang harus diperbaiki semakin banyak.

Berdasarkan ukuran citra *cover*, kapasitas maksimum bit informasi yang mampu disisipkan pada citra *cover* sistem SSIS dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

$$C_{max} = \frac{M \times N \times 3}{2 \times 7}$$

dimana :

C_{max} : Kapasitas maksimum citra *cover*

$M \times N$: Ukuran *pixel* citra *cover*

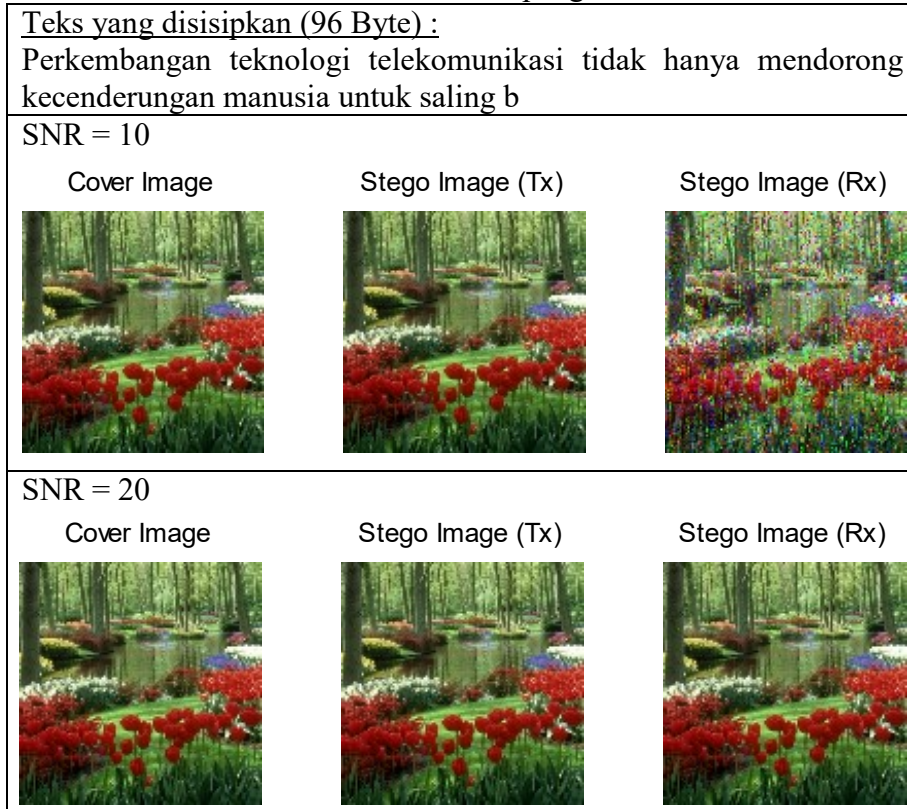
Konstanta 3 merupakan jumlah *layer* citra warna yang digunakan sebagai citra *cover*, yaitu *layer Red, Green dan Blue*. Konstanta 2 merupakan *rate* dari enkoder konvolusi, dimana 1 bit input akan menghasilkan 2 bit output dan konstanta 7 merupakan jumlah bit dari *quantizer* yang digunakan. Dengan demikian, citra *cover* dengan ukuran 256x256 memiliki kapasitas maksimum bit informasi yang dapat disisipkan sebagai berikut :

$$C_{max} = \frac{256 \times 256 \times 3}{2 \times 7} = 14.034 \text{ bit} = 1755 \text{ Byte}$$

4.2 Pengujian Kriteria *Imperceptibility*

Pengujian performansi sistem untuk kriteria *imperceptibility* dilakukan dengan melihat MSE dan PSNR dari citra *stego* yang dilewatkan pada kanal *multipath rayleigh fading*. Kecepatan user diasumsikan sebesar 3 km/jam. Nilai MSE dan PSNR dari citra uji dapat dilihat pada tabel 4. Dari tabel ini dapat dilihat bahwa pada SNR = 10 dB, MSE rata-rata adalah sebesar 0.159 dB dan PSNR rata-rata adalah sebesar 56.114 dB. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan citra stego yang diterima di sisi penerima memiliki kualitas yang cukup baik, ditunjukkan dengan kecilnya nilai MSE dan besarnya nilai PSNR. Sementara itu, pada SNR = 20 dB nilai rata-rata MSE lebih kecil dan PSNR lebih besar daripada saat kondisi SNR kanal sebesar 10 dB. MSE rata-rata adalah sebesar 0.0109 dB dan PSNR rata-rata adalah sebesar 67.7789 dB. Faktor lain yang turut mempengaruhi kriteria *imperceptibility* adalah banyaknya pesan yang disisipkan. Nilai MSE citra stego yang dihasilkan cukup kecil karena jumlah pesan yang disisipkan masih di bawah kapasitas maksimum citra *cover* yaitu sebesar 1775 Byte. Selain itu, dengan teknik *spread spectrum*, pesan yang disisipkan memiliki daya yang rendah sehingga akan semakin tidak terlihat.

Tabel 3. Kualitas citra dalam penglihatan manusia



Tabel 4. Nilai MSE dan PSNR citra stego pada penerima (Rx)

| Citra <i>cover</i> | MSE (dB) | | | PSNR (dB) | | |
|-----------------------|----------|---------|----------|-----------|---------|----------|
| | 128Byte | 512Byte | 1024Byte | 128Byte | 512Byte | 1024Byte |
| SNR = 10 dB | | | | | | |
| magnet.jpg | 0.1466 | 0.1673 | 0.1634 | 56.47 | 55.9 | 55.9 |
| child.jpg | 0.1463 | 0.1672 | 0.1633 | 56.5 | 55.9 | 56 |
| tulip.jpg | 0.1467 | 0.1686 | 0.1628 | 56.48 | 55.86 | 56.02 |
| SNR = 20 dB | | | | | | |
| magnet.jpg | 0.01 | 0.012 | 0.0107 | 68.11 | 67.31 | 67.84 |
| child.jpg | 0.0099 | 0.0121 | 0.0109 | 68.14 | 67.33 | 67.8 |
| tulip.jpg | 0.0099 | 0.0117 | 0.0107 | 68.19 | 67.45 | 67.84 |

5. Kesimpulan

Dari analisa terhadap kualitas citra stego yang dihasilkan pada penelitian ini maka disimpulkan bahwa teknik SSIS mampu menghasilkan citra stego dengan kualitas yang cukup baik. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kualitas citra stego adalah jumlah bit pesan yang disisipkan. Jumlah maksimum bit yang dapat disisipkan ke citra *cover* sendiri ditentukan oleh ukuran citra *cover*, *code rate* kode konvolusi dan level kuantisasi. Kualitas citra stego pada penerima sangat dipengaruhi oleh kondisi kanal. Pada nilai SNR yang tinggi, maka kualitas citra stego yang diterima akan semakin baik.

6. Pustaka

- Cachin, C. (2005). *Digital Steganography*. Switzerland: IBM Research.
- Wael, Chaeriah Bin Ali. (2006). Sistem Keamanan Data Menggunakan Spread Spectrum Image Steganography (SSIS) dan Algoritma Kriptografi DES. Tugas Akhir Teknik Telekomunikasi. STT Telkom. Bandung

- Kawaguchi, E. and Eason, Richard. O. (1998). *Principle and applications of BPCS-Steganography*. Kitakyushu, Japan: Kyushu Institute of Technology.
- Marvel, L.M., Boncelet Jr., C.G. & Retter, C. (1999). Spread Spectrum Steganography, *IEEE Transactions on image processing*, 8:08.
- Munir, R. (2006). *Kriptografi*. Bandung: Informatika.
- Pitas Ioannis. (1993). *Digital Image Processing Algorithms*. Prentice Hall, Ltd.
- Suhono, Supangkat, H., Juanda, K. (2000). Watermarking Sebagai Teknik Penyembunyian Hak Cipta Pada Data Digital. *Jurnal Departemen Teknik Elektro*, Institut Teknologi Bandung.