

Pengamanan Pengiriman Citra Terkompresi menggunakan Metode Modulasi Direct Sequence Spread Spectrum (DS-SS)

Mohammad Hamdani¹ dan Putri Kartikasari²

¹ Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro, FTI-ISTN

Email: mhamdani@istn.ac.id

² Front Office Transmission Engineer PT. Huawei Tech Investment Indonesia, Jakarta

Email: putrikartikasari9@gmail.com

ABSTRAK:

Pada makalah ini dibahas tentang pengamanan pengiriman citra terkompresi menggunakan metode modulasi direct sequence spread spectrum (DS-SS). Algoritma kompresi ini terdiri dari proses kompresi di sisi pengirim, kemudian citra terkompresi ini dimodulasi terlebih dahulu untuk menjamin keamanannya, sedangkan disisi penerima data tersebut didemodulasi untuk mengembalikan data citra terkirim, dan selanjutnya didekompresi untuk menghasilkan data citra aslinya. Metode yang digunakan pada algoritma kompresi adalah Discrete Cosinus Transform (DCT) dan Huffman Code, sedangkan untuk sistem keamanan dalam pengiriman digunakan metode Direct Sequence Spread Spectrum (DS-SS). Selanjutnya pada sisi penerima dilakukan proses demodulasi dan proses dekompresi menggunakan invers DCT. Dari hasil pengujian, diperoleh citra hasil rekonstruksi dengan nilai Peak Signal to Noise Ratio sebesar 40.7042 dB dengan menggunakan level kuantisasi 10. Tingkat kemiripan citra asli dengan citra hasil rekonstruksi masih dapat diterima dengan kondisi baik, tanpa mengalami perubahan yang signifikan.

Kata Kunci: Citra, kompresi dan dekompresi, Discrete Cosine Transform, Huffman Code, PSNR, Direct Sequence Spread Spectrum (DS-SS).

ABSTRACT:

This paper discussed about the security of compressed image delivery using direct sequence spread spectrum (DS-SS) modulation method. This compression algorithm comprises the compression process on the sender side, then the compressed image is modulated first to ensure its security, while the recipient's side of the data is demodulated to restore the sent image data, and then decompressed to generate the original image data. The method used in compression algorithm is Discrete Cosinus Transform (DCT) and Huffman Code, while for security system in delivery method used Direct Sequence Spread Spectrum (DS-SS). Next on the receiver side is done demodulation process and decompression process using inverse DCT. From the test results, obtained image of reconstruction with value of Peak Signal to Noise Ratio equal to 40.7042 dB by using quantization level 10. The level of resemblance of original image with reconstruction image still acceptable with good condition, without experiencing significant change.

Keywords: Image, Compression and Decompression, Discrete Cosine Transform, Huffman Code, PSNR, Direct Sequence Spread Spectrum (DS-SS).

1. PENDAHULUAN

Citra digital saat ini banyak dipergunakan pada berbagai bidang, baik untuk kebutuhan perorangan, kelompok, ataupun Industri dan Institusi Pemerintah maupun Swasta. Suatu file citra digital memiliki ukuran data yang cukup besar, sehingga dalam proses penyimpanan maupun proses pengiriman data memerlukan bandwidth yang cukup lebar. Ukuran kapasitas data citra sangat berpengaruh dalam penggunaan bandwidth dan kecepatan dalam proses transmisi. Semakin besar ukuran data yang akan ditransmisikan maka semakin besar pula bandwidth yang diperlukan dan semakin lama juga waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan data tersebut. Oleh sebab itu dibutuhkan proses untuk mereduksi ukuran file citra

dengan berbagai teknik kompresi. Teknik kompresi secara luas diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu teknik kompresi Lossless dan teknik kompresi Lossy. Metode yang biasanya dipakai dalam kompresi data citra adalah lossy compression yaitu dengan menghilangkan sebagian informasi gambar dan memanfaatkan kelemahan dalam ketidakpekaan mata manusia dalam mengenali gradasi warna [1].

Salah satu teknik kompresi adalah menggunakan Discrete Cosine Transform (DCT) yang bekerja dengan memisahkan antara informasi frekuensi yang rendah dan tinggi dari sebuah citra. Informasi frekuensi yang tinggi akan diseleksi untuk dihilangkan yang terikat pada penganturan kualitas yang digunakan. Pada proses transmisi sering terjadi serangan pada keamanan

data sehingga dibutuhkan teknologi yang dapat meningkatkan keamanan informasi. Untuk keperluan tersebut digunakan teknik Direct Sequence Spread Spektrum (DS-SS) dengan kode gold dalam mengacak data yang akan dikirim.

2. TINJAUAN TEORITIS

2.1 Citra (Images)

Citra merupakan gambar pada bidang dua dimensi. Salah satu jenis citra yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah citra digital yang merupakan representatif dari citra yang diambil oleh mesin dengan bentuk pendekatan berdasarkan sampling dan kuantisasi. Citra digital dapat dimodelkan sebagai suatu matriks dimana indeks baris dan kolom menyatakan suatu titik pada citra tersebut dan elemen matrik menyatakan tingkat keabuan pada titik tersebut. Pemodelan citra digital dalam bentuk matriks berukuran $N \times M$:

Nilai yang berada di baris dan kolom (pada x, y) disebut dengan picture element atau pixels. Jumlah piksel per-satuan panjang akan menentukan resolusi citra tersebut.

0	134	145	...	...	231
0	167	201	...	...	197
...	...	...	...	...	...
0	134	145	...	...	231
0	167	201	...	...	197

Gambar 1. Contoh Matriks Citra

2.1.1 Pengolahan Citra

Pengolahan citra (image processing) merupakan suatu proses untuk mengolah pixel-pixel dalam citra digital untuk tujuan tertentu. Tujuan dari pengolahan citra digital sebagai berikut :

1. Memperbaiki kualitas gambar dilihat dari aspek radiometrik (peningkatan kontras, transformasi warna, restorasi citra) dan dari aspek geometrik (rotasi, translasi, skala, transformasi geometrik).
2. Melakukan proses penarikan informasi atau deskripsi objek atau pengenalan objek yang terkandung pada citra.
3. Melakukan kompresi atau reduksi data untuk tujuan penyimpanan data, transmisi data, dan waktu proses data.

2.1.2 Jenis Citra [4]

Nilai suatu Pixel mempunyai rentang dari nilai minimum sampai nilai maksimum. Jangkauan yang digunakan berbeda-beda tergantung dari jenis warnanya. Namun secara umum jangkauannya adalah 0 – 255.

Jenis-jenis citra digital berdasarkan nilai pixelnya antaralain:

1. Citra Biner

Citra biner (binary image) adalah citra digital yang hanya memiliki 2 kemungkinan warna, yaitu hitam dan putih. Citra biner disebut juga dengan citra W&B (White&Black) atau citra monokrom.

2. Citra Grayscale

Citra grayscale merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pikselnya, artinya nilai dari Red = Green = Blue.

Pada citra grayscale warna bervariasi antara hitam dan putih, tetapi variasi warna diantaranya sangat banyak. Citra grayscale disimpan dalam format 8 bit untuk setiap sample piksel, yang memungkinkan sebanyak 256 intensitas.

3. Citra Warna

Citra warna terdiri atas 3 layer metrik, yaitu R-layer, G-layer, B-layer. Sistem warna RGB (Red, Green, Blue) menggunakan sistem tampilan grafik kualitas tinggi (high quality Raster Graphic) yaitu 24 bit. Setiap komponen warna merah, hijau, biru masing-masing mendapatkan alokasi 8 bit untuk menampilkan warna.

2.2 Teknik Kompresi Citra

Kompresi citra adalah sebuah cara untuk memadatkan data citra sehingga hanya memerlukan ruangan penyimpanan lebih kecil sehingga lebih efisien dalam menyimpannya atau mempersingkat waktu pertukaran data tersebut. Terdapat dua jenis teknik kompresi data, yaitu :

a. Teknik Kompresi Lossless

Metode lossless menghasilkan data yang identik dengan data aslinya, hal ini dibutuhkan untuk banyak tipe data.

b. Teknik Kompresi Lossy

Teknik kompresi Lossy adalah suatu teknik untuk mengkompresi data dan men-dekompresinya, data yang diperoleh mungkin berbeda dari yang aslinya tetapi cukup dekat perbedaannya. Metode ini menghasilkan ratio kompresi yang lebih besar daripada metode lossless.

2.2 Algoritma Kompresi

Joint Photographic Experts (JPEG) adalah standar kompresi file yang dikembangkan oleh Group Joint Photographic Experts; menggunakan kombinasi *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan pengkodean Huffman untuk mengkompresikan suatu file citra. JPEG adalah suatu algoritma kompresi yang bersifat lossy. Tahapan untuk kompresi JPEG :

1. Sampling:

Merupakan proses pengkonversian data pixel dari RGB ke YUV/YIQ dan dilakukan down sampling. Biasanya sampling dilakukan per 8x8 blok, semakin banyak blok yang dipakai makin bagus kualitas sampling yang dihasilkan.

2. DCT (Discrete Cosine Transform) :

Hasil dari proses sampling akan digunakan sebagai inputan proses DCT, dimana blok 8x8

pixels akan diubah menjadi fungsi matriks cosinus. DCT adalah transformasi matematika yang mengambil dan mengubah sinyal dari domain spasial ke dalam domain frekuensi.[3] Banyak gambar digital dan skema kompresi video menggunakan blok berbasis DCT, karena algoritma ini meminimalkan jumlah data yang diperlukan untuk menciptakan gambar digital. Secara khusus, JPEG dan MPEG menggunakan DCT untuk berkonsentrasi informasi gambar dengan menghapus data spasial redundansi dalam gambar dua dimensi [4]. Dalam pengkodean JPEG standar, representasi warna dalam gambar dikonversi dari RGB ke YCbCr, maka foto tersebut membusuk dalam 8×8 blok, blok ini ditransformasi dari spasial ke domain frekuensi dengan DCT ini.

3. Quantization :

Proses kuantisasi merupakan proses untuk mengurangi jumlah bit yang diperlukan untuk menyimpan suatu data gambar. Karena mata manusia lebih peka terhadap frekuensi rendah dari pada frekuensi tinggi dan karena frekuensi tinggi tidak merubah data gambar secara signifikan, maka pada proses kuantisasi frekuensi tinggi ini dipotong dengan cara, matriks koefisien hasil DCT dibagi dengan matriks *quantum*. Proses kuantisasi dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{kuantisasi } (i,j) = \frac{\text{matrik_DCT}}{\text{matrik_quantum}} \dots\dots(1)$$

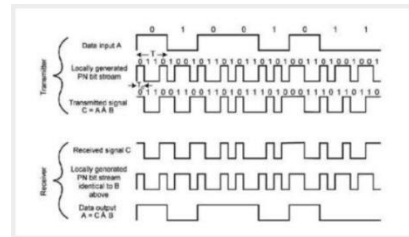
kuantisasi (i,j) = dibulatkan ke integer terdekat

4. Entropy Coding:

Proses penggunaan algoritma entropy, misalnya Huffman atau Aritmatik untuk mengkodekan koefisien hasil proses DCT yang akan mengeliminasi nilai-nilai matriks yang bernilai nol secara zig-zag order.

2.3 Direct Sequence Spread Spektrum (DS-SS)

Direct Sequence Spread Spektrum dipilih karena adanya kemudahan dalam mengacak data yang akan dispreading. Dalam DS-SS spreading hanya digunakan sebuah generator noise yang periodik yang di sebut Pseudo Noise Generator. Kode yang digunakan pada sistem spread spectrum memiliki sifat acak tetapi periodik sehingga disebut sinyal acak semu (pseudo random). Kode tersebut bersifat sebagai noise tapi deterministik sehingga disebut juga noise semu (pseudo noise). Satu teknik dengan spektrum penyebaran deretan langsung adalah dengan mengkombinasikan stream informasi digital dengan bit stream pseudorandom menggunakan OR-eksklusif, hal ini terlihat pada gambar 2



Gambar 2. Contoh Direct Sequence Spread Spectrum [7]

2.4 Pseudo Noise Generator (PNG)

Dalam CDMA kanal komunikasi tidak dibagi-bagi berdasarkan waktu atau frekuensi. Pemisahan atau pembagian kanal didasarkan pada kode-kode tertentu yang dibangkitkan secara acak semu (tidak benar-benar acak, melainkan mempunyai pola tertentu). Dan di sisi penerima kode yang sama seperti yang digunakan pada pengirim digunakan untuk mendapatkan kembali sinyal data informasi. Untuk itu kode-kode random ini harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Harus berbeda antara satu dengan yang lain, tetapi yang digunakan pada sisi pengirim dan pada sisi penerima harus sama.
2. Harus acak, tetapi memiliki pola tertentu.
3. Cross korelasi di antara dua kode yang berbeda harus kecil
4. Kode harus mempunyai periode yang panjang.

2.5 Kriteria Pengujian Obyektif

Untuk menentukan kualitas gambar yang telah terkompresi dari hasil pengiriman dengan Teknik *Spread Spektrum Direct Sequence*, maka dilakukan suatu pengujian secara obyektif.

Parameter pengujian obyektif yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.5.1 Mean Square Error (MSE)

MSE merupakan parameter yang mengukur error antara gambar asli dengan gambar yang sudah diproses. Jika nilai MSE besar maka akan terjadi penurunan pada gambar, begitu sebaliknya. Perhitungan MSE digunakan rumus:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M [|f(i,j) - f'(i,j)|^2] \dots\dots(2)$$

Dimana :

M = Tinggi gambar

N = Lebar gambar

$f(i,j)$ = Pixel gambar asli

$f'(i,j)$ = Pixel gambar hasil dekompresi

2.5.2 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) merupakan nilai (rasio) yang menunjukkan tingkat toleransi noise tertentu terhadap banyaknya noise pada suatu sinyal gambar. Noise adalah kerusakan sinyal pada bagian tertentu dalam sebuah gambar sehingga mengurangi kualitas sinyal tersebut. Dengan kata lain PSNR merupakan suatu nilai

yang menunjukkan kualitas suatu sinyal gambar. Untuk menentukan nilai PSNR digunakan rumus :

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\text{MSE}} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

PSNR = nilai peak signal to noise ratio (dB)

MSE = nilai mean square error

Tabel 1. Nilai Kualitas Gambar berdasarkan PSNR

PSNR (dB)	Kualitas Image
60	Sangat baik
50	Baik
40	Layak/pantas
30	Tidak baik
20	Buruk

3. METODE

3.1 Identifikasi Kebutuhan Sistem

Dalam perancangan sistem pengiriman citra terkompresi dengan metode *Direct Sequence Spread Spektrum* (DS-SS), dibutuhkan beberapa spesifikasi dari perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang digunakan dalam penelitian ini.

3.1.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan untuk mengimplementasikan sistem pengiriman citra terkompresi yang telah dirancang adalah sebagai berikut:

1. System Model : ASUS E202SA
2. Processor : Intel Celeron Dual-Core N3050
3. Memory : 2,00 GB RAM

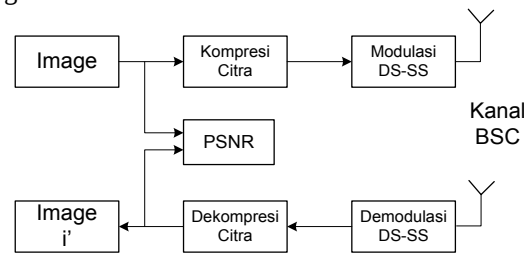
3.1.2 Spesifikasi Perangkat Lunak

Spesifikasi perangkat lunak yang digunakan untuk mengimplementasikan sistem pengiriman citra terkompresi yang telah dirancang adalah Programming Tool : Matlab R2014a.

3.2 Perancangan Sistem

Secara umum sistem pengiriman citra terkompresi ini terdiri dari dua proses, yaitu proses kompresi dan modulasi DS-SS di sisi pengirim dan proses dekompresi dan demodulasi DS-SS di sisi penerima. Pada sisi pengirim citra input akan memasuki proses kompresi dan proses modulasi Spread Spectrum Direct Sequence sebelum data hasil kompresi di kirimkan. Sedangkan disisi penerima, data hasil kompresi yang telah diterima akan didemodulasi terlebih dahulu menggunakan demodulasi Spread Spectrum Direct Sequence setelah proses demodulasi data hasil kompresi akan dikembalikan ke data citra semula. Skema proses

kompresi dan dekompresi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Blok Diagram Sistem

Dari gambar 3, pada sisi penerima terdapat proses kompresi data citra yang menghasilkan output data citra terkompresi. Pertama file citra akan diubah menjadi data digital, sehingga akan diubah menjadi bit-bit biner, kemudian data digital tersebut akan dikompresi, Setelah itu akan dikirim dengan metode Spread Spectrum direct sequences. Dengan metode spread spektrum, data yang akan dikirim diacak terlebih dahulu agar tidak dapat dibajak oleh orang lain. Pengacakan data ini bertujuan untuk menjaga kerahasiaan citra hasil kompresi. .

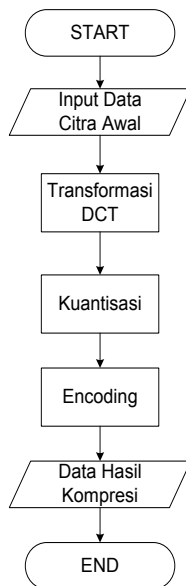
Pada sisi penerima, data yang diterima akan di demodulasi menggunakan Spread Spectrum Direct Sequence. Proses demodulasi ini bertujuan untuk mengembalikan data seperti awal sebelum dimodulasi oleh modulasi Spread Spectrum Direct Sequence. Selanjutnya data yang hasil demodulasi akan diubah menjadi data biner untuk selanjutnya dilakukan proses dekompresi. Kemudian data akan didekompresi untuk mengembalikan menjadi data citra awal yang sudah terekonstruksi.

3.3 Algoritma dan Diagram Alir

Pada tahap ini dijelaskan diagram alir atau flowchart untuk sistem pengiriman citra terkompresi menggunakan metode *Direct Sequence – Spread Spectrume* (DS-SS).

3.3.1 Flowchart Kompresi Citra

Berikut flowchart kompresi citra yang ditunjukkan gambar 4.



Gambar 4 Blok Diagram Kompresi

Tahap pertama proses kompresi citra adalah pembacaan citra. Data citra yang akan menjadi input sistem merupakan data citra bertipe *.bmp, grayscale, serta berukuran 256x256.



$$\downarrow$$

160	160	158	158	160	158	156	157
160	160	158	158	160	158	156	158
161	157	157	157	158	157	154	153
156	155	157	155	157	157	154	151
152	155	154	153	156	154	155	154
154	154	154	150	154	155	153	154
156	155	154	154	154	154	153	153

Gambar 5 Data hasil Input Citra

Pada gambar 5 merupakan contoh nilai-nilai intensitas warna dari file citra input. Data citra yang akan diproses ke tahap selanjutnya terlebih dahulu diubah menjadi tipe double. Tahapan selanjutnya adalah proses sampling.

Agar dapat diproses dengan menggunakan komputer, maka suatu citra harus direpresentasikan secara numerik dengan cara digitalisasi, yaitu merepresentasikan citra kontinu kedalam bentuk diskrit (digital), baik terhadap koordinat citra, maupun terhadap intensitasnya. Resolusi data chroma diturunkan (down sampling), biasanya dengan faktor pembagian 2 ($256/2 = 128$). Misalnya setelah hasil sampling nilai citra sbb :

160	160	158	158	160	158	156	157
160	160	158	158	160	158	156	158
161	157	157	157	158	157	154	153
156	155	157	155	157	157	154	151
152	155	154	153	156	154	155	154
154	154	154	150	154	155	153	154
156	155	154	154	154	154	153	153



32	32	30	30	32	30	28	29
32	32	30	30	32	30	28	30
33	29	29	29	30	29	26	25
28	27	29	27	29	29	26	23
24	27	26	25	28	26	27	26
26	26	26	22	26	27	25	26
28	27	26	26	26	26	25	25
27	27	26	26	25	25	27	25

Gambar 6 Data Hasil Proses Sampling

Dari gambar 6 dapat terlihat perubahan nilai setelah dilakukannya proses sampling. Pengurangan dengan nilai 128 karena algoritma DCT bekerja pada rentang -128 sampai 127. Tahapan selanjutnya adalah proses transformasi menggunakan Transformasi *Discrete Cosine Transform* (DCT).

Proses selanjutnya yaitu dilakukan pembagian gambar menjadi blok 8x8. DCT akan diterapkan pada tiap-tiap blok. Perhitungan pada transformasi DCT adalah sebagai berikut.

$$C(u, v) = D(u)D(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right] \quad \dots(3)$$

Dimana :

$u, v = 0, 1, 2, \dots, N-1$.

$$D(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & \text{Untuk } u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & \text{Untuk } u \neq 0 \end{cases}$$

Berikut hasil dari perhitungan menggunakan transformasi DCT :

32	32	30	30	32	30	28	29
32	32	30	30	32	30	28	30
33	29	29	29	30	29	26	25
28	27	29	27	29	29	26	23
24	27	26	25	28	26	27	26
26	26	26	22	26	27	25	26
28	27	26	26	26	26	25	25
27	27	26	26	25	25	27	25



221	5	-1	4	0	-2	1	2
14	3	-2	1	2	-1	1	0
5	1	2	-1	2	0	-1	-1
-1	-3	1	-1	-1	-3	0	0
-1	-1	-2	-1	-1	1	-2	0
0	3	-1	2	0	1	2	0
-1	1	1	1	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	-1	0

Huffman diperoleh dari pelabelan pohon kode. Berikut pelabelan Kode Huffman :

Tabel 3 Tabel Huffman

221	5	-1	4	0	-2	1	2
14	3	-2	1	2	-1	1	0
5	1	2	-1	2	0	-1	-1
-1	-3	1	-1	-1	-3	0	0
-1	-1	-2	-1	-1	1	-2	0
0	3	-1	2	0	1	2	0
-1	1	1	1	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	-1	0

[illegible]

```

graph TD
    A([40 : 64]) -- 0 --> B([4 : 1])
    A -- 1 --> C([0 : 63])
  
```

Gambar 10 Pohon Huffman

[illegible]

Hasil output data akan berupa data-data biner yang telah terkompresi yang selanjutnya akan dikirimkan menggunakan modulasi Direct Sequence Spread Spectrum.

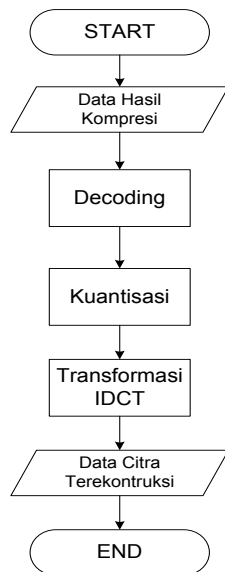
[illegible]

3.3.2 Flowchart Dekompresi Citra

Proses dekompresi citra terdiri dari tahap input data citra hasil kompresi, decoding, kuantisasi, dan transformasi IDCT. Pada akhir proses ini akan didapatkan data citra hasil rekonstruksi yang hasilnya hampir sama dengan data citra asli. Berikut flowchart dekompresi citra yang ditunjukkan gambar 3.8

[illegible]

Huffman coding : Ide dasar dalam Huffman coding adalah untuk menetapkan codeword singkat ke blok-blok input dengan probabilitas tinggi dan code word panjang untuk blok-blok yang dengan rendah probabilitasnya. Sebuah kode Huffman dirancang dengan menggabungkan bersama-sama sedikitnya dua karakter kemungkinan, dan mengulangi proses ini sampai ada hanya satu karakterter sisa. Dengan demikian sebuah pohon kode dihasilkan dan kode



Gambar 11 Blok Diagram Dekompresi

Adapun penjelasan diagram alir dekomposisi citra, sesuai gambar 3.9 adalah sebagai berikut :

Tahap pertama proses ini adalah pembacaan data hasil kompresi yang sudah diterima disisi receiver. Data ini bertipe .mat. Hasil input data hasil kompresi ini masih berupa kode-kode digital yang selanjutnya akan dikembalikan kedalam nilai-nilai seperti citra awal.

Data hasil kompresi kemudian akan dikembalikan kembali menggunakan decoding. Proses decoding ini sama seperti proses encoding pada sisi penerima. Proses ini akan mengembalikan data yang awalnya array satu dimensi linier menjadi blok-blok kembali dengan ukuran 256x256.

Data hasil decoding kemudian di de-kuantisasi yang bertujuan untuk mengembalikan kembali data sebelumnya. De-kuantisasi dicapai dengan mengalikan matriks citra hasil decoding oleh matriks kuantisasi yang digunakan. Nilai dari matriks yang dihasilkan adalah kemudian dibulatkan. Data ini selanjutnya akan ditransformasi menggunakan transformasi IDCT.

Proses selanjutnya adalah mengembalikan kembali data yang awalnya mengandung komponen DCT. Pengembalian nilai data ini menggunakan transformasi *Invers Discrete Cosine Transform* (IDCT). Berikut persamaan nverse 2D-DCT :

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} D(u)D(v) \left(C(u, v) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right] \right) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

$u, v = 0, 1, 2 \dots N-1$.

$$D(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & \text{Untuk } u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & \text{Untuk } u \neq 0 \end{cases}$$

Hasil output dari sistem ini adalah data citra yang seperti data citra sebelum proses kompresi. Meskipun ada sedikit perubahan didalamnya, namun gambar masih tetap dapat terlihat jelas. Berikut hasil Citra rekontruksi.



Gambar 12 Citra Asli dengan Citra Rekontruksi

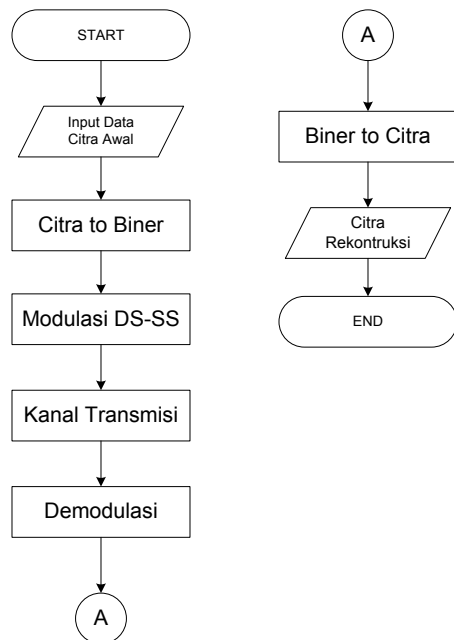
Dari hasil perbandingan kedua citra diatas yaitu citra asli dan citra hasil rekontruksi dapat diukur kualitasnya menggunakan parameter MSE dan PSNR yang akan dibahas pada point selanjutnya.

3.3.3 Flowchart Pengiriman dan Penerimaan Citra Terkompresi

Proses pengiriman dan penerimaan citra terkompresi dari tahap input data citra awal, citra to biner, modulasi DS-SS, kanal transmisi, demodulasi DS-SS dan biner to citra. Pada akhir proses ini akan didapatkan data citra hasil rekontruksi yang hasilnya hampir sama dengan data citra asli. Berikut flowchart pengiriman dan penerimaan citra terkompresi yang ditunjukan gambar 13.

Pembuatan sistem ini berawal dari input data citra asli yang akan dikirim. Citra yang menjadi input adalah citra yang berjenis grayscale dengan ukuran 256x256 pixel. Setelah menentukan citra mana yang akan diproses, barulah dilakukan perubahan citra kedalam bentuk binary.

Bit-bit binary yang didapat akan diolah dengan menggunakan modulasi Direct Sequence – Spread Spectrume (DS-SS) untuk selanjutnya dikirimkan. Didalam modulator, dilakukan terlebih dahulu pembangkitan data acak yaitu PN Code yang kemudian akan diolah dengan bit-bit dari citra asal. Dalam membangkitkan PN Code digunakan gold kode karena kode ini merupakan kode yang paling bagus dalam membangkitkan PN-code. Kemudian data citra yang telah dimodulasi dikirimkan menggunakan kanal transmisi.



Gambar 13 Diagram Alir Pengiriman dan Penerimaan Citra Terkompresi

Setelah diterima di sisi receiver data yang telah mengalami pengacakan akan diterima oleh penerima dan langsung dilakukan despreading sehingga menghasilkan bit-bit awal kembali. Sinyal yang diterima akan langsung menuju proses DS Despreader. Pada proses ini Pseudo random akan dibangkitkan oleh PN Generator. Kode random yang dibangkitkan harus sama dengan yang digunakan di sisi pengirim. Lalu sinyal yang diterima $S(t)$ akan dikombinasikan dengan pseudo random code. Proses ini akan menghasilkan sinyal $S_d(t)$.

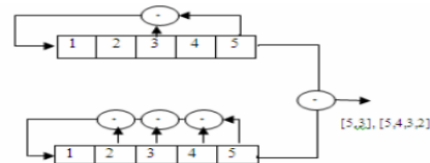
Setelah bit-bit itu muncul baru dikembalikan ke bentuk citra dan menghasilkan citra terekonstruksi menggunakan proses dekompresi.

3.3.4 Modulasi dan Demodulasi Direct Sequence Spread Spectrum (DS-SS)

Sebelum data citra hasil kompresi ditransmisikan bit-bit binary yang didapat akan diolah dengan menggunakan modulasi Direct Sequence – Spread Spectrum (DS-SS). Didalam modulator, dilakukan terlebih dahulu pembangkitan data yang kemudian akan diolah dengan bit-bit dari citra asal. Dalam membangkitkan PN code digunakan gold code karena kode ini merupakan kode yang paling bagus dalam membangkitkan PN-code. Gold code adalah salah satu non orthogonal code yang merupakan turunan dari M-Sequence. Gold code disusun oleh dua buah M-Sequence yang masing-masing outputnya ditambahkan (adder modulo 2).

Kedua output dari M-Sequence ditambahkan (XOR) secara chip per chip menggunakan pulsa-pulsa clock yang sinkron. Pada tugas akhir ini PN

Code yang dilakukan adalah membangkitkan dua buah M-sequence dengan 8 shift register. Sequence 1 = [8 7 6 5 2 1] dengan sequence2 = [8 7 6 1]. Gambar 3.14 merupakan gambar proses pembangkitan gold code yang terdiri dari dua buah m-sequence.



Gambar 14 Ilustrasi Gold Code

Data hasil kompresi akan diproses dengan operasi XOR antara data citra yang akan dikirimkan dengan Pseudonoise Signal yang telah dibangkitkan

Segmen pesan :

```

11111111111111111111111111111111
11111111111111111100001111111111
11111111111111111111111111111111
11111111111111111111111111111111
  
```

Pseudonoise Signal

```

01001101001110000010001100000111
  
```

Maka hasil proses modulasi antara segmen pesan dengan pseudonoise signal menggunakan fungsi XOR adalah:

```

10110010110001111101110011111000
10110010110001110010110011111000
10110010110010001101110011111000
10110010110010001101110011111000
  
```

Hasil diatas merupakan contoh data yang akan dikirimkan melalui kanal BSC. Setelah data dikirimkan disisi penerima, data citra akan didemodulasi menggunakan demodulasi Direct Sequence – Spread Spectrum (DS-SS). Didalam demodulator, akan dibangkitkan kembali PN code yang sama dengan yang digunakan pada sisi pengirim. Berikut contoh proses demodulasi antara data yang diterima dengan pseudonoise signal menggunakan fungsi XOR adalah :

Data yang diterima :

```

10110010110001111101110011111000
10110010110001110010110011111000
10110010110010001101110011111000
10110010110010001101110011111000
  
```

Pseudonoise signal :

```

01001101001110000010001100000111
  
```

Hasil demodulasi :

```

11111111111111111111111111111111
  
```

```
1111111111111111100001111111111111
1111111111111111111111111111111111
1111111111111111111111111111111111
```

Setelah data hasil demodulasi didapatkan maka selanjutnya adalah mengembalikan data-data biner tersebut ke dalam bentuk citra seperti semula.

3.3.5 Perhitungan Kualitas Citra

Parameter kualitas citra hasil rekonstruksi dapat diukur dengan menggunakan nilai PSNR dari gambar yang telah diproses. Perhitungan PSNR dapat menentukan kualitas gambar hasil dekompresi. Data perhitungan PSNR didapat dari persamaan 2.6 dan persamaan 2.7. Berikut hasil perhitungan parameter kualitas antara data citra hasil dekompresi dengan data citra input :

- Pada data citra hasil dekompresi dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.6 didapat nilai MSE sebesar 49,9352
- Setelah nilai MSE didapat selanjutnya nilai PSNR didapatkan dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.7 :

$$PSNR = 20 \times \log \frac{255^2}{MSE}$$

$$PSNR = 20 \times \log \frac{255^2}{49,9352}$$

$$PSNR = 31,1467 \text{ dB}$$

Dari data diatas maka nilai PSNR data citra hasil dekompresi adalah 31,1467 dB

3.3.6 Uji Coba Running Sistem

Setelah membuat aplikasi sistem keamanan pengiriman citra terkompresi menggunakan metode Spread Spectrum, langkah selanjutnya adalah melakukan uji coba terhadap sistem tersebut. Uji coba aplikasi ini dilakukan pada perangkat keras laptop ASUS, sesuai spesifikasi yang sudah dijelaskan pada bab III.

Berikut akan dijelaskan tahapan-tahapan pengujian program yang telah dirancang. Uji coba program ini terdiri dari pengujian proses kompresi serta proses modulasi DS-SS yang dilakukan di sisi pengirim, pengujian proses dekompresi serta proses demodulasi di sisi penerima dan pengujian kualitas citra dengan menggunakan parameter MSE dan PSNR.

A. Program Kompresi

Tahapan program kompresi dimulai dengan dipilih input data citra yang akan dikompresi. Data input citra yang digunakan adalah data citra grayscale dengan ukuran 256x256. Proses selanjutnya adalah proses input nilai kuantisasi yang akan digunakan. Nilai kuantisasi ini akan berpengaruh terhadap nilai rasio kompresi dan waktu komputasi yang dihasilkan. Tahapan selanjutnya adalah proses kompresi dan proses modulasi DS-SS. Hasil dari program ini merupakan data hasil kompresi yang telah dimodulasi

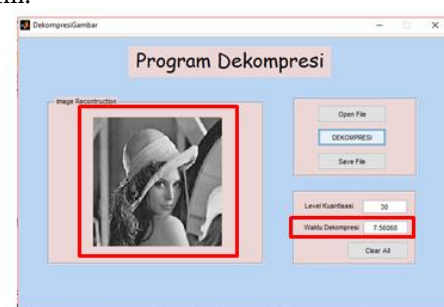
menggunakan modulasi DS-SS yang selanjutnya akan disimpan dalam format *.mat. Gambar 3.15 adalah hasil akhir dari program kompresi yang telah dilakukan. Data hasil uji yang dihasilkan dari proses kompresi ini adalah nilai Ratio Kompresi dan Waktu Komputasi sistem.



Gambar 15 Tampilan Hasil Akhir Program Kompresi

B. Program Dekompresi

Tahapan program dekompresi dimulai dengan dipilih input data hasil kompresi yang akan didekompresi. Data input yang digunakan adalah data input yang telah diterima disisi receiver. Proses selanjutnya adalah proses input nilai kuantisasi yang akan digunakan. Nilai kuantisasi yang digunakan harus sama seperti nilai kuantisasi disisi pengirim. Tahapan selanjutnya adalah proses dekompresi dan proses demodulasi DS-SS. Proses demodulasi DS-SS yang digunakan berfungsi untuk memisahkan antara data informasi dengan data pseudonoise yang digunakan. Hasil dari program ini merupakan data hasil citra yang telah terekonstruksi yang hasilnya hampir sama dengan input data sebelum kompresi. Gambar 16 adalah hasil akhir dari program dekompresi yang telah dilakukan. Data hasil uji yang dihasilkan dari proses kompresi ini adalah nilai Waktu Komputasi sistem.



Gambar 16 Tampilan Hasil Akhir Program Dekompresi

C. Program Kualitas Citra

Untuk menentukan kualitas gambar yang telah didekompresi dari hasil pengiriman dengan metode Direct Sequence Spread Spektrum, suatu pengujian yang meliputi pengujian secara obyektif. Parameter pengujian obyektif yang digunakan adalah Mean Square Error (MSE) dan Peak Signal to Noise Ratio (PSNR). Penilaian kualitas citra didapatkan dengan membandingkan data citra hasil

dekompresi dengan data citra input asli. Gambar 17 adalah hasil akhir dari program kualitas citra yang telah dilakukan. Hasil akhir dari program ini adalah nilai MSE dan PSNR sebagai parameter kualitas citra tersebut.

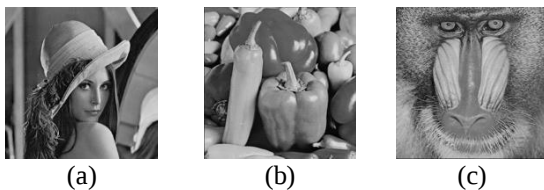


Gambar 3.17 Hasil Perhitungan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Input Citra

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan tiga buah citra standar yang diantaranya Lena, Pepper, dan Baboon. Ketiga citra tersebut memiliki ukuran pixel yang sama yaitu 256x256 dengan resolusi 8 bit (gray level 0-255). Masing – masing citra dipilih karena ketiga nya memiliki kriteria yang berbeda-beda yaitu berdasarkan detail warna pada tiap-tiap citra. Berikut adalah 3 citra yang akan digunakan dalam skripsi ini :



Gambar 18 Data Citra Input

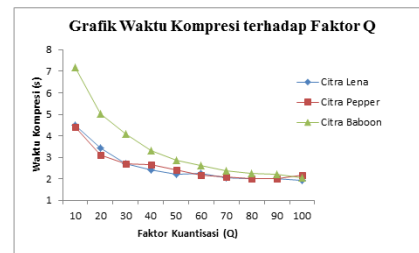
Pada bagian ini akan diuraikan hasil uji coba dari proses kompresi dan dekomposisi citra. Ada beberapa proses skenario yang digunakan dalam pengujian sistem ini, antara lain:

1. Mengukur waktu kompresi dan dekomposisi menggunakan faktor kuantisasi berbeda pada semua data citra uji.
2. Membandingkan kesamaan citra sebelum dikompresi dengan citra setelah didekomposisi menggunakan parameter Rasio Kompresi, PSNR dan MSE dengan faktor kuantisasi berbeda pada semua citra uji.
3. Membandingkan waktu pengiriman data terkompresi dengan file citra yang tidak dikompresi menggunakan chat Facebook.

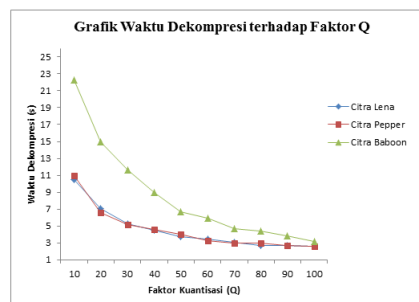
4.2 Analisa Waktu Kompresi dan Dekompresi

Waktu komputasi merupakan hal yang cukup penting untuk menentukan kehandalan suatu sistem. Semakin cepat waktu komputasi semakin

baik sistem tersebut. Berikut hasil pengujian waktu kompresi dan waktu dekomposisi dengan nilai faktor kuantisasi (Q) yang berbeda.



Gambar 19. Grafik Waktu Kompresi terhadap Faktor Kuantisasi (Q)

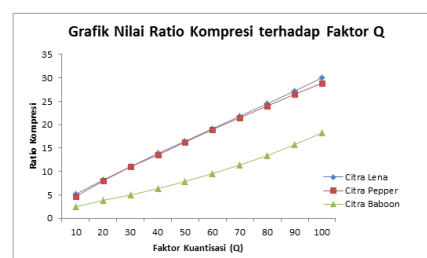


Gambar 20. Grafik Waktu Dekompresi terhadap Faktor Kuantisasi (Q)

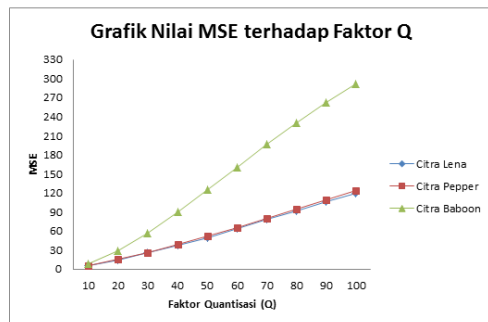
Dapat dilihat pada gambar 19 dan 20 untuk jika faktor kuantisasi yang digunakan adalah 30 waktu yang diperlukan untuk proses kompresi adalah 2,6857 detik untuk Citra Lena, 2,6947 detik untuk Citra Pepper dan 4,0739 detik untuk Citra Baboon. Perubahan faktor kuantisasi (Q) berbanding lurus dengan lamanya waktu yang diperlukan untuk proses kompresi maupun proses dekomposisi. Semakin besar faktor kuantisasi yang digunakan maka semakin cepat waktu komputasi yang dibutuhkan.

4.3 Analisa Parameter Kualitas PSNR, MSE dan Ratio Kompresi

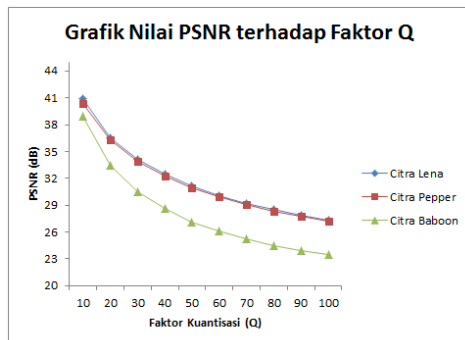
Suatu sistem kompresi memiliki beberapa parameter pengukur kualitas citra diantaranya adalah PSNR, MSE dan Ratio Kompresi. Berikut adalah hasil pengujian pengaruh faktor kuantisasi (Q) terhadap nilai MSE, PSNR, dan Ratio Kompresi.



Gambar 21. Grafik Nilai Ratio Kompresi terhadap Faktor Q



Gambar 22. Grafik Nilai MSE terhadap Faktor Q



Gambar 23. Grafik Nilai PSNR terhadap Faktor Q

Pada gambar terlihat nilai PSNR dengan level kuantisasi 30 adalah 33,9299 untuk citra Lena, 33,9299 untuk citra pepper dan 30,5474 untuk citra baboon. Sedangkan nilai MSE dan Ratio Kompresi berbanding lurus dengan besarnya faktor kuantisasi yang digunakan.

Pada gambar 21, gambar 22 dan gambar 23 dapat disimpulkan bahwa faktor kuantisasi (Q) mempengaruhi nilai Ratio Kompresi, MSE dan PSNR. Faktor kuantisasi (Q) mempengaruhi nilai Ratio Kompresi dikarenakan proses kuantisasi mengurangi jumlah bit yang diperlukan sehingga dapat memperkecil ukuran file hasil kompresi. Faktor kuantisasi berpengaruh juga pada nilai PSNR, kualitas citra dapat dikatakan mirip adalah jika nilai PSNR berada diatas 30 sehingga Faktor kuantisasi yang baik untuk digunakan adalah kurang dari 50 untuk Citra Lena dan Citra Pepper. Sedangkan untuk Citra Baboon level kuantisasi yang baik untuk digunakan adalah 30.

4.4 Analisa Perbandingan Waktu Pengiriman Citra Asli dengan Pengiriman Data Citra hasil Kompresi.

Analisa perbandingan waktu kirim antara citra asli dengan data citra hasil kompresi. Data ini diperlukan untuk dapat melihat sejauh mana kehandalan sistem tersebut dalam melakukan pengiriman data. Serta membandingkan perbedaan yang terjadi antara dua pilihan tersebut. Berikut adalah hasil pengujian waktu pengiriman data citra asli dengan data citra hasil kompresi dengan besar Faktor Kuantisasi (Q) yang sama yaitu 50.

Tabel 4. Data Hasil Uji Coba Pengiriman File Citra Asli dan File Hasil Kompresi

No	Data Citra	Waktu Pengiriman Tanpa Kompresi (s)	Waktu Pengiriman Hasil Kompresi (s)
1	Lena.bmp	3,93	2,82
2	Pepper.bmp	3,35	2,42
3	Baboon.bmp	3,47	3,01

Pada Tabel 4.4 didapatkan nilai t (waktu) pengiriman citra digital secara langsung kepada penerima. Hasil yang diperoleh dengan citra yang berbeda tetapi ukuran sama memiliki waktu pengiriman yang relatif sama. Jika membandingkan waktu pengiriman citra tanpa kompresi dengan waktu pengiriman hasil kompresi terdapat perbedaan waktu. Pengiriman hasil kompresi lebih cepat dibandingkan dengan pengiriman citra asli. Karena data hasil kompresi memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan citra asli.

Tabel 5. Hasil Keseluruhan

No	Parameter	Citra Lena	Citra Pepper	Citra Baboon
1	Ratio Kompresi	16,47	16,30	7,87
2	MSE	49,93	51,93	125,23
3	PSNR (dB)	31,14	30,97	27,15
4	Waktu Komputasi (s)	Kompresi	2,23	2,43
		Dekomposisi	3,76	3,98
5	Waktu Pengiriman (s)	Citra Asli	3,93	3,53
		Data Citra Hasil Kompresi	2,82	3,02

Data hasil pada tabel diatas adalah pengujian dengan menggunakan tiga data citra dengan intensitas frekuensi yang berbeda dan faktor kuantisasi yang digunakan sama yaitu 50. Dari tabel 4.8 dapat terlihat perbedaan nilai parameter pada data input citra yang berbeda. Ratio kompresi, MSE, PSNR, Waktu Komputasi dan Waktu Pengiriman sangatlah bergantung input data citra yang diproses. Dari data diatas terlihat Citra lena memiliki nilai Ratio Kompresi terbesar yaitu 16,47 dan kualitas gambar hasil dekomposisi yang baik terlihat dari nilai PSNR yang terbesar yaitu 31,14 dB dibandingkan dengan dua data citra yang lain. Untuk waktu komputasi saat kompresi memiliki nilai yang tidak jauh beda yaitu sekitar 2,43 detik namun untuk waktu komputasi saat proses dekomposisi data citra Baboon memerlukan waktu yang agak lama yaitu 6,73 detik dibandingkan dengan data citra lainnya. Hal ini disebabkan data citra Baboon memiliki detail yang tinggi. Untuk waktu pengiriman tidak terlihat jauh perbedaan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan ketiga data tersebut yaitu 3 detik.

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dari sistem yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem kompresi pada penelitian mampu mengkompresi dan mengirimkan data citra digital sampai ke penerima tanpa diketahui oleh pihak lain. Hal ini menguntungkan dari segi keamanan. Dan apabila terjadi

- penyadapan pada saat pengiriman, data kompresi tetap aman selama pihak lain tersebut tidak mengetahui kode pseudonoise yang digunakan.
2. Ratio kompresi, MSE, PSNR, Waktu Komputasi dan Waktu Pengiriman sangatlah bergantung pada input citra yang digunakan. Pada hasil pengujian menggunakan faktor kuantisasi 50, Citra Baboon memiliki nilai terendah yaitu Ratio kompresi 7,87 dan PSNR 27,15 dB. Untuk waktu komputasi citra Baboon memerlukan waktu yang lebih lama yaitu pada proses kompresi adalah 2,87 detik, proses dekompresi 6,73 detik dan proses pengiriman 3,14 detik.
 3. Waktu pengiriman untuk input citra asli memerlukan waktu lebih lama dibandingkan data citra hasil kompresi karena dipengaruhi oleh ukuran file yang akan ditransmisikan. Pada Citra Lena dengan Ratio Kompresi 16,47 waktu pengiriman yang dibutuhkan adalah 2,82 detik sedangkan waktu pengiriman pada citra asli Lena adalah 3,93 detik.
 4. Kompresi yang disimulasikan dengan perangkat lunak menggunakan dapat memberikan hasil berupa kualitas citra yang paling baik jika digunakan nilai kuantitas 10. Dimana pada hasil pengujian diperoleh nilai PSNR 40.7042 dB untuk citra Lena, 40,3687 dB untuk citra pepper dan 38,8987 dB untuk Citra Baboon.

menggunakan Metode Spread Spektrum,
Institut Teknologi Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basuki, Ahmad, 2005, Pengolahan Citra Digital Menggunakan Visual Basic, Graha Ilmu: Yogyakarta.
- [2] Hamdani, M. 2017. "Pemampatan Citra (Image Compression)", Teknik Elektro ISTN
- [3] Juma'in, Yuliana Melita, 2011 "Kompresi Gambar Atau Citra Menggunakan Discrete Cosine Transform".
- [4] Kapa, Kristina Florensa. "Kompresi data". <http://41514310023sm.blogspot.co.id/2016/10/kompresi-data.html>. [4] Putra, Darma, 2010, *Pengolahan Citra Digital*, Penerbit ANDI: Yogyakarta.
- [5] Liliana, Andy Febrico Bintoro, Iwan Njoto Sandjaja, 2012, Pembuatan Aplikasi Kompresi Image dengan Metode Fast Discrete Cosine Transform.
- [6] Pramitarini, Yushintia. 2011. Analisa Pengiriman Citra Terkompresi Jpeg Dengan Teknik Spread Spektrum Direct Sequence (Ds-Ss).
- [7] Winda, Winanti, 2004, "Penyembunyian Pesan Citra Terkompresi JPEG"