

PENGUJIAN KOMPESI CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN
METODE *DISCRETE COSINE TRANSFORM* (DCT) DAN
LEMPEL ZIV WELCH (LZW)

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika*



Oleh:

Tri Kur Aprilianta
NIM : 09021181419013

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Pengujian Kompresi Citra Digital menggunakan Metode
Discrete Cosine Transform (DCT) dan *Lempel Ziv Welch (LZW)*

Oleh :

TRI KUR APRILIANTA
NIM : 09021181419013

Palembang, Desember 2019

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Rifkie Primartha, M.T.
NIP 197706012009121004

Pembimbing ,



Samsuryadi, M.Kom., Ph.D
NIP 197102041997021003

TANDA LULUS UJIAN SIDANG TUGAS AKHIR

Pada hari Kamis, 23 Desember 2019 telah dilaksanakan ujian sidang tugas akhir oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Tri Kur Aprilianta
NIM : 09021181419013
Judul : Pengujian Kompresi Citra Digital menggunakan Metode *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan *Lempel Ziv Welch* (LZW)

1. Pembimbing

Samsuryadi, M.Kom., Ph.D
NIP 197102041997021003



2. Penguji I

M. Fachrurrozi, M.T.
NIP. 198005222008121002



3. Penguji II

Osvari Arsalan, M.T.
NIP. 198806282018031001



HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tri Kur Aprilianta
NIM : 09021181419013
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Pengujian Kompesi Citra Digital menggunakan Metode *Discrete Cosine Transform (DCT)* dan *Lempel Ziv Welch (LZW)*
Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 15%

Menyatakan bahwa Laporan Projek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan projek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.

Palembang, Desember 2019



(Tri Kur Aprilianta)

NIM. 09021181419013

“It does not matter how slowly you go as long as you do not stop.”

- **Confucius**

Kupersembahkan Skripsi ini kepada:

1. Allah SWT
2. Orang tuaku
3. Keluarga dan sahabatku
4. Almamaterku

PENGUJIAN KOMPRESI CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE *DISCRETE COSINE TRANSFORM* (DCT) DAN *LEMPEL ZIV WELCH* (LZW)

Oleh :
Tri Kur Aprilianta
09021181419013

ABSTRAK

Kompresi Citra digital adalah sebuah metode untuk mentrasmisikan data agar lebih efektif dan efisien. Terdapat dua teknik dalam kompresi yang digunakan yaitu; *lossless compression* dan *lossy compression*. Pada Teknik kompresi *lossless compression* menggunakan metode *Lempel Ziv Welch* sedangkan pada *lossy compression* menggunakan metode *Discrete Cosine Transform*. Di setiap algoritma dilakukan pengujian dengan 30 data citra *grayscale* dan dibagi menjadi 3 kategori berdasarkan dimensi, dengan ukuran kecil (256x256), sedang (512x512) dan besar (1024x1024) dengan format bmp. Hasil dari pengujian menampilkan hasil bahwa metode *Discrete Cosine Transform* memiliki *compression ratio* yang optimal dengan nilai 0.65 dan metode *Lempel ziv welch* mendapatkan nilai *compression ratio* yang optimal hanya untuk ukuran sedang (512x512) dan nilai MSE LZW bernilai 0 yang bermakna tidak ada nilai piksel yang berkurang.

Kata Kunci : Kompresi Citra Digital, *lossy compression*, *lossless compression*, *Discrete Cosine Transform*, *Lempel Ziv Welch*

PENGUJIAN KOMPRESI CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE *DISCRETE COSINE TRANSFORM* (DCT) DAN *LEMPEL ZIV WELCH* (LZW)

Oleh :
Tri Kur Aprilianta
09021181419013

ABSTRACT

Image Compression is a method for transmitting data to be more effective and efficient. There are two techniques in compression that are used namely; lossless compression and lossy compression. In lossless compression using the *Lempel Ziv Welch* method while in lossy compression it uses the *Discrete Cosine Transform* method. Each algorithm is tested with 30 grayscale image data and divided into 3 categories based on dimensions, with small size (256x256), medium (512x512) and large (1024x1024) with bmp format. The results of the test show the results of the Discrete Cosine Transform method has an optimal compression ratio with a value of 0.65 and the *Lempel Ziv Welch* method, get an optimal compression ratio value only for medium size (512x512) and MSE LZW value of 0 which means there is no pixel value that is reduced.

Keyword : Image Compression, lossy compression, lossless compression, Discrete Cosine Transform, Lempel Ziv Welch

KATA PENGANTAR



Puji syukur kepada Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan pendidikan program Strata-1 pada Fakultas Ilmu Komputer Program Studi Teknik Informatika di Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan dan motivasi selama proses penelitian ini dilaksanakan. Secara khusus penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Orang tua saya, Abu bakar dan Sitta marti S.Pd serta seluruh keluarga besarku yang selalu mendokan serta memberikan dukungan baik moril maupun materil.
2. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Rifkie Primartha, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika dan dosen pembimbing I yang telah memberikan kemudahan, arahan, bimbingan, dan saran selama proses penggerjaan tugas akhir ini .
4. Bapak Samsuryadi, M.Kom., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir, pembimbing Kerja Pratik dan pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, bimbingan, bantuan dan mau mendengarkan lalu mengkoreksi segala pendapat penulis selama proses penggerjaan tugas akhir ini.
5. Bapak M. Fachrurrozi, M. T dan Bapak Osvari Arsalan, M.T selaku dosen penguji I dan II yang telah memberikan masukan, saran dan motivasi yang tinggi agar penulis dapat memahami dan menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmunya selama proses perkuliahan.
7. Kak Ricy Firnando selaku admin Teknik informatika reguler yang membantu saya dalam hal admintrasi tugas akhir
8. Semua Pihak yang membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan tidak dapat disbutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan disebabkan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk kemajuan penelitian selanjutnya.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapt berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, Desember 2019

Tri Kur Aprilianta

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN TANDA LULUS UJIAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	<u>xv</u>

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan.....	I-1
1.2 Latar Belakang.....	I-1
1.3 Rumusan Masalah.....	I-3
1.4 Tujuan Penelitian	I-3
1.5 Manfaat Penelitian	I-3
1.6 Batasan Masalah	I-4
1.7 Sistematika Penulisan	I-4
1.8 Kesimpulan	I-5

BAB II KAJIAN LITERATUR

2.1 Pendahuluan.....	II-1
2.2 Citra Digital	II-1
2.3 Pengolahan Citra.....	II-1
2.4 Citra <i>Grayscale</i>	II-2
2.5 Kompresi Citra Digital.....	II-2
2.5.1 <i>Lossy Compression</i>	II-3
2.5.1.1 Tahapan Metode DCT	II-3
2.5.1.2 Persamaan DCT	II-4

2.5.1.3 Matriks DCT	II-4
2.5.1.4 DCT pada Bloks 8x8.....	II-5
2.5.1.5 <i>Quantization</i>	II-7
2.5.1.6 <i>Decompression</i>	II-8
2.5.1.7 Perbandingan Matriks Hasil Kompresi DCT	II-9
2.5.2 <i>Lossless Compression</i>	II-9
2.5.2.1 Metode <i>Lempel Ziv Welch</i> (LZW)	II-10
2.5.2.2 Proses Kompresi Metode LZW	II-11
2.5.2.2 Proses Dekompresi Metode LZW	II-12
2.5.3 Pengukuran Kinerja Kompresi.....	II-13
2.6 Penelitian Terkait.....	II-16
2.6.1 <i>Fast DCT Algorithms for EEG Data Compression in Embedded Systems</i>	II-16
2.6.2 <i>Design and Implementation of LZW Data Compression Algorithm</i>	II-17
2.6.3 Analisis Perbandingan Algoritma LZW dan Huffman pada Kompresi File Gambar BMP dan PNG	II-17
2.6.4 Analisa Perbandingan Kompresi Citra Menggunakan Metode <i>Discrete Cosine Transform</i> (DCT) dan <i>Burrows Wheeler Transform</i> (BWT).....	II-17
2.7 Kesimpulan	II-18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Pendahuluan.....	III-1
3.2 Unit Penelitian	III-1
3.3 Pengumpulan Data	III-1
3.4 Tahapan Penelitian.....	III-2
3.4.1 Menetapkan Kerangka Kerja.....	III-2
3.4.2 Menentukan Alat yang Digunakan dalam Pelaksanaan Penelitian	III-3
3.4.3 Rancangan Tabel Hasil Kompresi Citra Digital	III-4
3.5 Metode Pengembangan Perangkat Lunak.....	III-5
3.5.1. Tahap <i>Requirements</i>	III-5
3.5.2. Tahap <i>Design</i>	III-5
3.5.3. Tahap <i>Implementation (coding)</i>	III-6
3.5.4. Tahap <i>Testing</i>	III-6
3.5.5. Tahap <i>Maintenance</i>	III-7

3.6 Manajemen Proyek Penelitian	III-7
---------------------------------------	-------

BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

4.1 Pendahuluan.....	IV-1
4.2 Tahap <i>Requirements</i>	IV-1
4.2.1 Analisis Perangkat Lunak.....	IV-1
4.2.1.1 Deskripsi Umum Perangkat Lunak	IV-1
4.2.1.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak	IV-2
4.2.2 Analisis Data	IV-2
4.2.3 Analisis <i>DCT</i>	IV-3
4.2.2 Analisis <i>LZW</i>	IV-7
4.3 Tahap Desain	IV-10
4.3.1 Use Case	IV-10
4.3.1.1 Use Case Diagram.....	IV-10
4.3.1.2 Definisi <i>actor</i>	IV-10
4.3.1.3 Definisi Use Case.....	IV-11
4.3.1.4 Skenario Use case	IV-11
4.3.2 Diagram Activity	IV-14
4.3.3 Data Flow Diagram	IV-16
4.3.4 Perancangan Squance Diagram	IV-16
4.3.5 Perancangan Class Diagram	IV-19
4.3.6 Perancangan Antarmuka.....	IV-20
4.4 Tahap Implementation	IV-21
4.5 Tahap Testing	IV-23
4.5.1 Pengujian (<i>Black Box</i>)	IV-23
4.5.2 Pengujian (<i>White Box</i>)	IV-25
4.6 Tahap Maintance.....	IV-30
4.7 Kesimpulan	IV-30

BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

5.1 Pendahuluan.....	V-1
5.2 Hasil Pengujian Penelitian	V-1
5.2.1 Pengujian <i>Discrete Cosine Transform</i>	V-1
5.2.2 Pengujian <i>Lempel Ziv Welch</i>	V-3
5.3 Analisis Hasil Pengujian	V-6

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Pendahuluan.....	VI-1
6.2 Hasil Pengujian Penelitian	VI-2
6.3 Saran	VI-2
DAFTAR PUSTAKA	VII - i
LAMPIRAN KODE PROGRAM	

DAFTAR TABEL

	Halaman
III-1 Tabel Hasil Perbandingan Kompresi dengan DCT dan LZW.....	III-4
III-2. <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i> Analisa Kompresi Citra Digital dengan Metode DCT dan LZW.....	III-8
IV-1 Kebutuhan Fungsional.....	IV-2
IV-2 Kebutuhan Non Fungsional.....	IV-2
IV-3 Konversi Nilai <i>pixel</i> ke String.....	IV-7
IV-4 Perhitungan Kompresi LZW.....	IV-8
IV-5 Perhitungan Dekompresi LZW.....	IV-9
IV-6 Definisi <i>Actor</i>	IV-11
IV-7 Definisi <i>Use Case</i>	IV-11
IV-8 Skenario Use Case Kompresi DCT.....	IV-12
IV-9 Skenario Use Case Kompresi LZW.....	IV-14
IV-10 Rencana Pengujian <i>Black-Box</i> pilih metode.....	IV-23
IV-11 Rencana Pengujian <i>Black Box</i> Kompresi DCT.....	IV-24
IV-12 Rencana Pengujian <i>Black Box</i> Kompresi LZW.....	IV-24
IV-13 Rencana Pengujian <i>White Box</i> Pilih Metode.....	IV-25
IV-14 Rencana Pengujian <i>White Box</i> Kompresi DCT.....	IV-26
IV-15 Rencana Pengujian <i>White Box</i> Kompresi LZW.....	IV-28
V-1 Pengujian Metode <i>Disrete Cosine Transform</i> ukuran (256x256).....	V-2
V-2 Pengujian Metode <i>Disrete Cosine Transform</i> ukuran (512x512).....	V-2
V-3 Pengujian Metode <i>Disrete Cosine Transform</i> ukuran (1024x1024)...	V-3
V-4 Pengujian Metode <i>Lempel Ziv Welch</i> ukuran (256x256).....	V-4
V-5 Pengujian Metode <i>Lempel Ziv Welch</i> ukuran (512x512).....	V-4
V-6 Pengujian Metode <i>Lempel Ziv Welch</i> ukuran (1024x1024).....	V-5

DAFTAR GAMBAR

Halaman

II-1.	Gambar Tahapan proses metode DCT.....	II-3
III-1.	Gambar Kerangka Kerja Sistem.....	III-2
III-2.	Gambar Penjadwalan Tahap Menentukan Ruang Lingkup Penelitian.	III-13
III-3.	Gambar Penjadwalan Tahap Menentukan Dasar Teori Penelitian.....	III-13
III-4.	Gambar Penjadwalan Tahap Pengembangan Perangkat Lunak.....	III-16
III-5.	Gambar Penjadwalan Tahap Pengujian Data Penelitian.....	III-17
III-6.	Gambar Penjadwalan Tahap Analisi Hasil Penelitian dan Kesimpulan.....	III-17
IV-1	Gambar Matriks Original.....	IV-3
IV-1	Matriks M.....	IV-3
IV-3	Matriks T.....	IV-5
IV-4	Matriks D.....	IV-6
IV-5	Matriks Q dengan standar kualitas 50.....	IV-6
IV-6	Matriks C.....	IV-6
IV-7	Zig-zag Scanning kuantisasi.....	IV-6
IV-8	Matriks N Hasil Dekompresi.....	IV-7
IV-9	Potongan Pixel untuk Sampel Citra metode LZW.....	IV-7
IV-10	Diagram <i>Use Case</i>	IV-10
IV-11	Diagram <i>Activity</i> Kompresi DCT.....	IV-15
IV-12	Diagram <i>Activity</i> Kompresi LZW.....	IV-15
IV-13	DFD level 0.....	IV-16
IV-14	DFD level 1.....	IV-16
IV-15	<i>Squance Diagram</i> Proses kompresi DCT.....	IV-17
IV-16	<i>Squance Diagram</i> Proses kompresi LZW.....	IV-18
IV-17	Class Diagram.....	IV-19
IV-18	Rancangan Antarmuka Awal.....	IV-20
IV-19	Rancangan Antarmuka Kompresi DCT.....	IV-20
IV-20	Rancangan Antarmuka Kompresi LZW.....	IV-21
IV-21	Antarmuka Pilih Metode.....	IV-22
IV-22	Antarmuka Kompresi DCT.....	IV-22
IV-23	Antarmuka Kompresi LZW.....	IV-23

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Bab ini berisi tentang penelitian yang akan dilakukan, meliputi pembahasan terkait latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Pada bab ini akan dijelaskan secara umum mengenai penelitian.

1.2 Latar Belakang

Semua informasi dan data membutuhkan media digital untuk penyimpanan, semakin besar informasi dan data tersebut maka kebutuhan ruang penyimpanan yang besar pula. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme penyimpanan data dan informasi agar bisa berjalan secara efisien.

Kompresi atau pemampatan data merupakan teknik untuk memperkecil ruang penyimpanan data pada suatu media penyimpan data. Kompresi mengkodekan file dan informasi asli ke bentuk dekompresi menggunakan bit code, sehingga lebih menghemat waktu dan ruang penyimpanan (Sharma & Gupta, 2017). Berdasarkan kebutuhan rekonstruksi, pemampatan data bisa dibagi menjadi 2 kelas yaitu *lossless compression* dimana nilai awal identik dengan nilai akhir dan *lossy compression* dimana nilai awal tidak harus sama dengan nilai akhir. (Sayood. 2006).

Birvinkas et al (2015) meneliti tentang penerapan algoritma *discrete cosine transform* (DCT) dalam kompresi EEG data di *embedded system*. Kualitas data

hanya berkurang 1% dan rekonstruksi kualitas, dinyatakan dalam *percent of root-mean-square difference* (PRD), 5% sampai dengan 11% pada ratio kompresi 4 : 1 tergantung pada data yang digunakan. Hasil ini menunjukan bahwa metode DCT merupakan metode yang efektif dan efisien.

Kaur (2012) Menggunakan algoritma *lempel ziv welch* (LZW) untuk kompresi data mengatakan bahwa dengan metode LZW dapat mengubah 5 bits menjadi 7 bits kode ASCII dan metode ini mampu menghemat ruang penyimpanan hingga 60,25% dan tingkat kompresi meningkat hingga 30,3%.

Satyapratama, dkk (2015) meneliti tentang sejauh mana efektivitas kompresi citra dengan membandingkan metode LZW dan Huffman. Penelitian tersebut menyimpulkan LZW unggul dalam menghasilkan rasio yang lebih baik sementara Huffman lebih cepat memroses citra untuk dikompresi. Selain itu, penelitian ini berfokus pada proses kompresi tanpa sekaligus menambahkan dekompresi. Parameter pembanding hanya diwakili oleh *running time* serta rasio kompresi.

Lubis, dkk (2017) dalam penelitiannya membuktikan Rasio kompresi yang dihasilkan oleh metode *discrete cosine transform* (DCT) lebih baik daripada *burrows wheeler transform* (BWT). Rasio rata-rata pada metode DCT adalah 6,3 sedangkan pada metode BWT adalah 1,38 pada penerapan hasil metode.

Kedua Metode ini tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing sesuai kebutuhan dan jenis data yang akan kompresi. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pengujian kompresi citra digital dengan metode *discrete cosine transform* (DCT) dan *lempel Ziv Welch* (LZW).

1.3 Rumusan Masalah

Kompresi data di butuhkan agar informasi dan data dapat digunakan secara cepat dan efisien. Tugas akhir ini akan melakukan pengujian dan menganalisis rasio dan waktu metode *discrete cosine transform* dan *lempel ziv welch* dalam melakukan kompresi citra digital.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Membuat perangkat lunak yang dapat mengkompresi citra digital menggunakan metode *discrete cosine transform* dan *lempel ziv welch*.
2. Mengukur rasio kompresi citra digital menggunakan metode *discrete cosine transform* dan *lempel ziv welch* terhadap kompresi citra digital.
3. Melakukan pengujian kompresi citra digital metode *discrete cosine transform* dan *lempel ziv welch*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini ialah :

1. Perangkat lunak dapat di gunakan untuk mengkompresi citra digital.
2. Mendapatkan kekurangan dan kelebihan metode *discrete cosine transform* dan *lempel ziv welch*.
3. Menjadi referensi berkaitan *image compression*.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Citra yang akan kompresi adalah *grayscale image* dengan format *bitmap*.
2. Citra yang akan dikompresi mempunyai resolusi $2^n \times 2^n$
dimana $n = 9, 10, 11, \dots, 16$

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari proposal ini adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi pembahasan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Literatur

Bab ini berisi teori-teori yang digunakan untuk memahami permasalahan yang dibahas pada penelitian ini, yang dilakukan terhadap buku, artikel, jurnal yang berkaitan metode DCT dan LZW.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tahapan-tahapan yang akan diuraikan pada penelitian, metode pengembangan perangkat lunak, serta manajemen dari penelitian

1.8 Kesimpulan

Dari Pendahuluan ini, menguraikan secara umum tentang penelitian yang dilakukan, yaitu latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan dan mengetahui perbedaan akurasi serta kekurangan dan kelebihan metode *discrete cosine transform* dan *lempel ziv welch*. Kemudian teori- teori dan penelitian yang berkaitan akan dibahas pada bab II.

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, A. (2005). *Pengolahan Citra Menggunakan Visual Basic*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Birvinskas, D., Jusas, V., Ignas, M., & Damasevici, R. (2015). *Fast DCT Algorithms for EEG Data Compression in Embedded Systems*. Computer Science and Information Systems. 12. 49-62. 10.
- Cabeen, K., & Gent, P. (1998). Image compression and the discrete cosine transform. *College of the Redwoods*.
- Gonzalez, R.C. (2008). *Digital Image Processing. 3rd Edition*. Prentice Hall: New Jersey.
- Herdiyeni, Yeni. (2007). *Kompresi Citra*. Bogor: Departemen Ilmu Komputer IPB.
- Kaur, S. (2012). *Design and Implementation af LZW Data Compression Algorithm*. International Journal of Information Sciences and Techniques. 2. 71-81.
- Lubis , I., Tarigan, P., & Sitompul, N. (2017). *Analisa perbandingan kompresi citra menggunakan metode discrete cosine transform (DCT) dan Burrows Wheeler Transform (BWT)*. Jurnal Pelita Informatika, Volume 16, No.3
- Munir, R. (2004). *Pengolahan Citra Digital*. Bandung : Informatika
- Nelson, M. (1996). *The Data Compression Book Second Edition*, M & T Books,
- Rafsyam, Y. (2012). *Kompresi Citra Menggunakan Teknik Lossy dengan Metode Algoritma JPEG (Image Compression Using Lossy Technique with JPEG Algorithm Method)*. jurnal ilmiah elektron, 2(1), 69-76.
- Salomon, D., & Motta, G. (2010). *Handbook of data compression*. Springer Science & Business Media.

Sharma, K., & Gupta, K. (2017). *Lossless data compression techniques and their performance*. International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA), 256-261.

Satyapratama, A., Widjianto., & Yunus, M. (2015). *Analisis Perbandingan Algoritma LZW dan Huffman Pada Kompresi Citra File Gambar BMP dan PNG*. Jurnal Teknologi Informasi.Vol.6 No.2: p.69-81.

Sayood, K. (2006). *Introduction to Data Compression*. San Francisco: Morgan Kaufmann

Sutoyo, T. D., Mulyanto, E., & Suhartono, V. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi.

Zabala A., Pons X., Diaz-Delgado R., et al., (2006), *Effects of JPEG and JPEG2000 Lossy Compression on Remote Sensing Image Classification for Mapping Crops and Forest Areas*. IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing.