

**ANALISIS PERBANDINGAN METODE BURROWS-
WHEELER DENGAN LZMA TERHADAP KOMPRESI DATA
CITRA**

Skripsi



oleh

HERLIUS CARAKA DEWATA

71110042

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

2016

**ANALISIS PERBANDINGAN METODE BURROWS-
WHEELER DENGAN LZMA TERHADAP KOMPRESI DATA
CITRA**

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh:
HERLIUS CARAKA DEWATA
71110042

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2016**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

ANALISIS PERBANDINGAN METODE BURROWS-WHEELER DENGAN LZMA TERHADAP KOMPRESI DATA CITRA

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 19 Juli 2016



HERLIUS CARAKA DEWATA

71110042

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : ANALISIS PERBANDINGAN METODE
BURROWS-WHEELER DENGAN LZMA
TERHADAP KOMPRESI DATA CITRA

Nama Mahasiswa : HERLIUS CARAKA DEWATA

N I M : 71110042

Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)

Kode : TIW276

Semester : Genap

Tahun Akademik : 2015/2016

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 19 Juli 2016

Dosen Pembimbing I



Lukas Chrisantyo, S.Kom., M.Eng.

Dosen Pembimbing II



Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERBANDINGAN METODE BURROWS- WHEELER DENGAN LZMA TERHADAP KOMPRESI DATA CITRA

Oleh : HERLIUS CARAKA DEWATA / 71110042


Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana – Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 29 Juli 2016

Yogyakarta, 21 Agustus 2016


Mengesahkan,

Dewan penguji:

1. Lukas Chrisantyo, S.Kom., M.Eng.
2. Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.
3. Ir. Gani Indriyanta, M.T.
4. Ignatia Dhian Estu Karisma R, S.Kom., M.Eng.



 Dekan


(Budi Susanto, S.Kom., M.T.)

Ketua Program Studi


(Gloria Virginia, Ph.D.)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis naikkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan program dan laporan tugas akhir yang berjudul *Analisis Perbandingan Metode Burrows-Wheeler Dengan LZMA Terhadap Kompresi Data Citra* ini dengan baik. Secara khusus, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah memberikan banyak dukungan kepada penulis, antara lain:

1. Keluarga yang senantiasa memberi dukungan dan dorongan semangat serta pengertian terhadap hambatan-hambatan yang dialami penulis dalam melaksanakan penelitian ini,
2. Bapak Lukas Chrisantyo, S.Kom., M.Eng. dan Bapak Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs. yang telah mendukung, membimbing, dan memberi berbagai masukan bagi penulis terkait pengerjaan tugas akhir ini,
3. Kepada Fransisca Yunita Nugraheni yang mendampingi, memberi semangat dan motivasi selama pengerjaan laporan ini,
4. Teman-teman yang telah bersama-sama memberikan masukan, bantuan dan serta dorongan semangat kepada penulis,
5. Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu jalannya pelaksanaan penelitian tugas akhir ini melalui berbagai hal.

Yogyakarta, 21 Agustus 2016

Herlius Caraka Dewata

KATA PENGANTAR

Penulisan laporan ini merupakan salah satu kelengkapan dan pemenuhan dari penyelesaian pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan oleh penulis selama satu semester. Dalam proses penyelesaian tugas akhir, penulis menyadari banyak masukan dan saran dari berbagai pihak yang sangat membantu dalam memberikan ide serta pemecahan masalah mengenai penelitian.

Dari hasil penelitian yang telah selesai dikerjakan ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa hasil tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak mengenai hasil pengerjaan tugas akhir ini. Dengan demikian, bila ada penelitian sejenis yang akan dilakukan di masa mendatang, kekurangan yang ada saat ini dapat diperbaiki dan dihilangkan.

Akhir kata penulis mohon maaf bila ada kesalahan yang pernah penulis lakukan baik dalam penyusunan laporan maupun selama proses pengerjaan tugas akhir meliputi penelitian dan pengerjaan pembuatan sistem. Penulis berharap bahwa penelitian tugas akhir ini dapat digunakan sebagaimana mestinya untuk mengembangkan ide – ide topik penelitian sejenis di kemudian hari. Semoga hasil dari pengerjaan tugas akhir terkait analisis dan pembahasannya ini dapat berguna dan bermanfaat bagi banyak pihak.

Yogyakarta, 21 Agustus 2016

Herlius Caraka Dewata

INTISARI

ANALISIS PERBANDINGAN METODE BURROWS-WHEELER DENGAN LZMA TERHADAP KOMPRESI DATA CITRA

Di era digital komunikasi, kompresi data merupakan bagian penting dan tak bisa dihindari. Misalnya, dalam pengiriman dokumen melalui internet atau di dalam penyimpanan data untuk pengarsipan atau tujuan lainnya, diperlukan data yang berukuran sekecil mungkin. Kompresi data merupakan proses perubahan data masuk menjadi data lain yang memiliki ukuran yang lebih kecil.

Burrows-Wheeler Transformation (BWT) bekerja dalam *block sorting*, yang mana menata ulang data menjadi data yang lebih mudah untuk dikompresi. Algoritma ini tidak memproses data secara urutan akan tetapi memproses data dalam blok. Proses *encoding* menggunakan algoritma *run length encoding* (RLE). *Lempel Ziv Markov Chain Algorithm* (LZMA) merupakan algoritma kompresi lossless yang bekerja dengan menggunakan prinsip *dictionary compression* (variasi dari LZ77 dengan ukuran *dictionary* yang lebih besar). Data diproses secara berurutan saat proses pada pembuatan kamus (*dictionary*) dengan *sliding windows*, kemudian *output* diencode dengan *range encoding*

Sistem yang dibangun mendapatkan fakta bahwa besar kecilnya rasio kompresi dipengaruhi oleh keragaman warna pada citra tersebut. *Burrows-Wheeler Transformation* dan *run length encoding* (BWT+RLE) untuk citra dengan tingkat keragaman rendah seperti citra dengan satu warna saja, menghasilkan rasio kompresi yang sangat baik. Dalam penelitian ini dengan 10 data uji dengan rincian 5 data citra berpola dan 5 data citra panorama atau wajah LZMA lebih baik daripada BWT+RLE terhadap 7 data uji yaitu 5 citra panorama dan wajah dan 2 citra berpola.

Kata Kunci : *Lempel-Ziv Markov Chain Algorithm*, *Burrows-Wheeler Transformation*, *Run-Length Encoding*, *Citra*, *Kompresi data*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN SAMPUL DALAM	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
INTISARI.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Metode Penelitian	3
1.6. Sistematika Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Kompresi Data	9
2.2.2 Citra Digital	11
2.2.3 Jenis Citra Digital	13
2.2.4 Kompresi Citra Digital	14
2.2.5 <i>Burrows-Wheeler Transform</i>	15

2.2.6 <i>Run-Length Encoding</i>	18
2.2.7 <i>Lempel-Ziv Markov Chain Algorithm</i>	18
BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	
3.1. Kebutuhan Sistem.....	22
3.1.1. Kebutuhan Fungsional.....	22
3.1.2. Spesifikasi Perangkat.....	23
3.2. Perancangan Sistem.....	23
3.2.1. Use Case Diagram	23
3.2.2. Alur Proses Sistem	26
3.2.3. Rancangan Pengujian	33
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM	
4.1. Implementasi Sistem.....	37
4.1.1. Implementasi Metode <i>Burrow-Wheeler Transformation</i> <i>Lempel-Ziv Markov Chain Algorithm</i>	37
4.2. Hasil Pengujian	44
4.2.1. Hasil Pengujian Kompresi Citra Menggunakan Lempel-Ziv-Markov Chain Algorithm (LZMA).....	45
4.2.2. Hasil Pengujian Kompresi Citra Menggunakan Burrows-Wheeler Transformation dan Run Length Encoding	46
4.3. Analisis Hasil Pengujian.....	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	52
5.2. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	xiv
LAMPIRAN.....	xvi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	<i>Lossless</i> Compression.....	10
Gambar 2.2.	Kompresi <i>Lossy</i>	11
Gambar 2.3.	Ilustrasi citra dalam sistem koordinasi piksel	12
Gambar 2.4.	Matrik citra digital.....	13
Gambar 2.5.	Citra warna	14
Gambar 2.6.	Skema pengkodean LZMA.....	19
Gambar 2.7.	Ilustrasi Delta Encoding.....	29
Gambar 2.8.	Ilustrasi LZ77 (Sliding dictionary coding).....	20
Gambar 3.1.	<i>Use Case</i> Diagram.....	24
Gambar 3.2.	Diagram Alir Sistem	27
Gambar 3.3.	Diagram Alir Proses Kompresi BWT	27
Gambar 3.4.	Ilustrasi Run Length Encoding	29
Gambar 3.5.	Diagram Alir Proses Kompresi LZMA.....	30
Gambar 3.6.	Diagram Alir Proses Delta Encoding.....	30
Gambar 3.7.	Diagram Alir algoritma LZ77	31
Gambar 3.8.	Contoh proses LZ77.....	31
Gambar 4.1.	Tampilan Awal Sistem Kompresi BWT+RLE dan LZMA ..	38
Gambar 4.2.	Tampilan menu dan perintah sistem	40
Gambar 4.3.	Tampilan untuk memasukkan data uji	40
Gambar 4.4.	Hasil kompresi dengan metode BWT+RLE	41
Gambar 4.5.	Proses kompresi dan dekompresi BWT+RLE	42
Gambar 4.6.	Hasil kompresi dengan metode LZMA.....	43
Gambar 4.7.	Proses kompresi dan dekompresi metode LZMA.....	44
Gambar 4.8.	Grafik output hasil kompresi LZMA dan BWT+RLE.....	48
Gambar 4.9.	Grafik rasio kompresi LZMA dan BWT+RLE.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Rangkuman tinjauan pustaka	7
Tabel 3.1.	<i>Use Case</i> Naratif Kompresi	24
Tabel 3.2.	<i>Use Case</i> Naratif Dekompresi.....	25
Tabel 3.3.	Langkah 1 BWT.....	28
Tabel 3.4.	Langkah 2 BWT.....	28
Tabel 3.5.	Langkah 3 BWT.....	29
Tabel 3.6.	Informasi data uji	34
Tabel 4.1.	Hasil pengujian file citra dengan metode LZMA	44
Tabel 4.2.	Hasil pengujian file citra dengan metode BWT+RLE.....	45

INTISARI

ANALISIS PERBANDINGAN METODE BURROWS-WHEELER DENGAN LZMA TERHADAP KOMPRESI DATA CITRA

Di era digital komunikasi, kompresi data merupakan bagian penting dan tak bisa dihindari. Misalnya, dalam pengiriman dokumen melalui internet atau di dalam penyimpanan data untuk pengarsipan atau tujuan lainnya, diperlukan data yang berukuran sekecil mungkin. Kompresi data merupakan proses perubahan data masuk menjadi data lain yang memiliki ukuran yang lebih kecil.

Burrows-Wheeler Transformation (BWT) bekerja dalam *block sorting*, yang mana menata ulang data menjadi data yang lebih mudah untuk dikompresi. Algoritma ini tidak memproses data secara urutan akan tetapi memproses data dalam blok. Proses *encoding* menggunakan algoritma *run length encoding* (RLE). *Lempel Ziv Markov Chain Algorithm* (LZMA) merupakan algoritma kompresi lossless yang bekerja dengan menggunakan prinsip *dictionary compression* (variasi dari LZ77 dengan ukuran *dictionary* yang lebih besar). Data diproses secara berurutan saat proses pada pembuatan kamus (*dictionary*) dengan *sliding windows*, kemudian *output* diencode dengan *range encoding*

Sistem yang dibangun mendapatkan fakta bahwa besar kecilnya rasio kompresi dipengaruhi oleh keragaman warna pada citra tersebut. *Burrows-Wheeler Transformation* dan *run length encoding* (BWT+RLE) untuk citra dengan tingkat keragaman rendah seperti citra dengan satu warna saja, menghasilkan rasio kompresi yang sangat baik. Dalam penelitian ini dengan 10 data uji dengan rincian 5 data citra berpola dan 5 data citra panorama atau wajah LZMA lebih baik daripada BWT+RLE terhadap 7 data uji yaitu 5 citra panorama dan wajah dan 2 citra berpola.

Kata Kunci : *Lempel-Ziv Markov Chain Algorithm, Burrows-Wheeler Transformation, Run-Length Encoding, Citra, Kompresi data*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sekarang ini internet menjadi kebutuhan utama masyarakat di seluruh dunia. Dengan internet orang bisa berkomunikasi, mencari hiburan dari mulai musik, film sampai dengan game dan alasan utama orang-orang menggunakan internet adalah untuk mencari informasi

Mengacu pada fungsi internet yang menyediakan layanan data informasi online maka data yang berukuran kecil sangat diperlukan, sehingga tidak membebani media jaringan. Mengoptimalkan sebuah situs menjadi cepat, dan memiliki kualitas yang bagus adalah hal yang harus di pikirkan (McAnlis, 2013). Cara yang dapat ditempuh untuk memenuhi hal tersebut adalah dengan memperkecil data dari konten-konten dalam situs tersebut seperti dokumen, citra, video, dan musik.

Di era digital komunikasi, kompresi data merupakan bagian penting dan tak bisa dihindari. Misalnya, dalam pengiriman dokumen melalui internet atau di dalam penyimpanan data untuk pengarsipan atau tujuan lainnya, diperlukan data yang berukuran sekecil mungkin (Latief, 2014).

Kompresi data merupakan proses pengubahan data masuk menjadi data lain yang memiliki ukuran yang lebih kecil (Salomon, 2010). Teknik kompresi data digolongkan mejadi dua, yang pertama adalah *lossless* dan yang kedua adalah *lossy*. Teknik kompresi *lossless* adalah teknik dimana data tidak kehilangan informasi saat proses kompresi. Teknik kompresi *lossy* adalah teknik yang menghilangkan beberapa data saat proses kompresi (Brookshear, 2003).

Burrows-Wheeler Transformation bekerja dalam *block sorting*, yang mana menata ulang data menjadi data yang lebih mudah untuk dikompresi. Algoritma ini tidak memproses data secara urutan akan tetapi memproses data dalam blok.

Penataan ulang data bertujuan untuk menata karakter – karakter yang memiliki nilai yang sama dalam jarak yang berdekatan, sehingga pada proses *encoding* yang dilakukan oleh algoritma-algoritma *encoding* seperti *move to front*, *huffman*, atau *run length encoding* (RLE) dapat menghasilkan hasil yang baik daripada tanpa melakukan proses penataan ini (Burrows & Wheeler, 1993). *Lempel Ziv Marcov Chain Algorithm* (LZMA) merupakan algoritma kompresi lossless yang bekerja dengan menggunakan prinsip *dictionary compression* (variasi dari LZ77 dengan ukuran *dictionary* yang lebih besar). Data diproses secara berurutan saat proses pada pembuatan kamus (*dictionary*) dengan *sliding windows*, kemudian *output* diencode dengan *range encoding* (Sudha & Palani 2013).

Sejauh ini algoritma kompresi data yang paling banyak digunakan adalah algoritma-algoritma yang memproses data dengan skema *sequential* atau secara berurutan, seperti contoh LZMA. BWT menghadirkan skema baru proses kompresi dengan cara memproses data dalam blok data. Dalam penelitian ini akan dibandingkan skema kompresi secara *sequential* yang diwakili oleh LZMA dengan skema kompresi dengan *block sorting* yang akan diwakili BWT dengan proses encodingnya menggunakan RLE.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti dan diuraikan dalam skripsi ini adalah :
Bagaimana perbandingan metode *Burrows-Wheeler Transformation* (BWT) dan *Run Length Encoding* (RLE) dengan *Lempel-Ziv Markov Chain Algorithm* (LZMA) yang berfokus pada rasio ukuran data awal dan hasil kompresinya.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penulisan skripsi ini adalah:

1. Kompresi data menggunakan file citra berekstensi .bmp dengan ukuran 256 x 256 piksel dengan *color depth* 8-bit.
2. File citra yang akan digunakan untuk pengujian dari data pribadi penulis.

3. Parameter penelitian yang diperbandingkan dalam penelitian adalah ukuran file hasil kompresi dan rasio kompresi.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui mana yang lebih baik antara dua metode yang dibandingkan, yaitu BWT dan RLE dengan LZMA berdasarkan ukuran file hasil kompresi dan rasio hasil kompresi terhadap data citra.

1.5. Metode Penelitian

1. Studi pustaka dan literatur
Pada tahap ini yang dilakukan adalah meninjau dari berbagai literatur/pustaka yang berkaitan dengan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah yang diajukan.
2. Perancangan sistem
Pada tahap ini akan dilaksanakan perancangan sistem yang meliputi perancangan sistem requirement, rancangan pembangunan sistem, serta tampilan antar muka dari sistem.
3. Pembuatan sistem
Tahap ini merupakan tahap pembuatan program dengan implementasi algoritma *Burrows-Wheeler Transformation*, *RLE* dan *LZMA*.
4. Pengujian dan analisis
Tahap ini merupakan tahap pengujian sistem yang telah dibuat dan menganalisis hasil implementasinya.
5. Penulisan Laporan
Tahap ini merupakan tahap penulisan laporan yang berisi mengenai landasan teori, masalah yang diteliti, analisis masalah, laporan hasil implementasi dan kesimpulan

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari skripsi ini terdiri dari beberapa bagian utama sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran tentang penelitian yang akan dilakukan. Bab ini terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang berkaitan dengan kompresi data, dekompresi data, data citra digital, metode *Burrows-Wheeler Transformation*, metode *Run Length Encoding* dan *Lempel-Ziv-Markov Chain Algorithm (LZMA)*.

BAB 3 : ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi mengenai analisis algoritma yang akan digunakan, perancangan program dan cara kerja program.

BAB 4 : IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM

Bab ini membahas implementasi dan pembahasan mengenai hasil perbandingan metode *Burrows-Wheeler Transformation (BWT)*, *Run Length Encoding (RLE)* dan *Lempel-Ziv-Markov Chain Algorithm (LZMA)*.

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang rangkuman dari hasil analisis dan implementasi dari penelitian di atas dan saran untuk kegiatan penelitian kedepan atau pengemabangan kedepan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

2.8. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dalam penelitian tugas akhir ini antara lain sebagai berikut.

1. Sistem yang dirancang telah mampu melakukan kompresi data terhadap data citra menggunakan Lempel-Ziv-Markov Chain Algorithm, Burrows-Wheeler Transformation dan Run Length Encoding serta mampu melakukan dekompresi hasil kompresi dengan Lempel-Ziv-Markov Chain Algorithm dan Run Length Encoding kembali menjadi file citra bmp.
2. Tingkat keragaman warna pada file citra mempengaruhi hasil kompresi pada kedua algoritma. Dalam penelitian ini, BWT+RLE cocok untuk memproses citra dengan keragaman warna yang rendah dan LZMA lebih cocok untuk memproses citra dengan keragaman warna yang tinggi.
3. Pada penelitian ini dengan data uji 1 citra warna tunggal, 4 citra berpola dan 5 citra panorama dan wajah menghasilkan, LZMA mampu menghasilkan rasio kompresi yang baik pada 5 citra panorama dan wajah dan 2 citra berpola dengan rata-rata rasio kompresi dari 10 data yang diuji adalah 53.54%.
4. BWT mampu menghasilkan rasi kompresi yang baik pada 1 citra warna tunggal dan 2 citra berpola dengan rata-rata rasi kompresi dari 10 data uji yang digunakan adalah 72.47%

2.9. Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis setelah penelitian dilakukan untuk pengembangan lebih lanjut adalah:

1. Untuk penelitian kedepan metode Burrows-Wheeler dan Run Length Encoding bisa ditambahkan metode Huffman dengan skema kompresi BWT -> Huffman -> RLE, agar menghasilkan rasio kompresi yang lebih baik lagi.
2. Dapat dilakukan penelitian dengan mengganti data uji lain seperti teks, video, atau suara.
3. Karena sifat sistem ini masih console CLI, diharapkan metode ini dapat diimplementasikan ke dalam software yang lebih baik lagi sehingga user dapat lebih mudah untuk menggunakannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Blelloch, G. E. (2013). Introduction to Data Compression. Carnegie Mellon University.
- Brookshear, J. G. (2003). Computer Science Suatu pengantar. Jakarta: Erlangga.
- Burrows, M., & Wheeler, D. (1993). A block-sorting lessless data compression algorithm. Palo Alto : Digital SRC research report.
- Hussain, M. S., & Yadav, M. (2015). Optimized Compression and Decompression Software. Dhauj: Al-Falah School of Engineering and Technology.
- Kumawat, H. (2013). Optimization of LZ77 Data Compression Algorithm. *IJCET* , 42-48.
- Latief, A. (2014). Analisi Transformasi Burrows-Wheeler untuk kompresi data. Universitas Hassanudin.
- Martin, G. N. (1979). Range encoding: an algorithm for removing redundancy from a digitised message. *Video & Data Recording Conference*. Southampton: IBM UK Scientific Center.
- McAnlis, C. (2013, Oktober 15). *Text Compression for Web Developers*. Diambil kembali dari <http://www.html5rocks.com/en/tutorials/speed/txt-compression/>
- Nelson, M. (1996). Data Compression with The Burrows Wheeler Transform. (hal. 46 - 50). Dr. Dobb's Journal of software tools.
- Salomon, D., & Giovanni, M. (2010). *Hand of Data Compression*. Springer.
- Sayood, K. (Introduction to Data Compression). 2006. University of Nebraska, Lincoln.
- Schiller, D. (2005). The Burrows-Wheeler Algorithm.
- Sudha, M., & Palani, D. S. (2013). A Novel Implementation of Wavelet. Pudukkottai: International Journal of Innovations in Engineering and Technology.
- Techology, A. (2014). *AKAMAI'S STATE OF THE INTERNET*. Akami.

Tu, Z., & Zhang, S. (2006). A Novel Implementation of JPEG 2000 Lossless Coding Based on LZMA. *Proceedings of The Sixth IEEE International Conference on Computer and Information Technology*. Shanghai: IEEE.

Van, V. S. (2009). Image Compression Using Burrows-Wheeler Transform. (hal. 8+57). HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.

©UKDW