

IMPLEMENTASI ALGORITMA PREDICTION BY PARTIAL MATCHING UNTUK KOMPRESI CITRA

Tugas Akhir



Oleh :

GREFTI

22105003

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI

UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

2015

IMPLEMENTASI ALGORITMA PREDICTION BY PARTIAL MATCHING UNTUK KOMPRESI CITRA

Tugas Akhir



Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi

Universitas Kristen Duta Wacana

Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar

Sarjana Komputer

Disusun oleh :

GREFTI

22105003

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI

UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

2015

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul :

IMPLEMENTASI ALGORITMA PREDICTION BY PARTIAL MATCHING UNTUK KOMPRESI 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 Tugas Akhir ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yaitu pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 15 Desember 2015



GREFTI

22105003

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : IMPLEMENTASI ALGORITMA PREDICTION BY
PARTIAL MATCHING UNTUK KOMPRESI
CITRA
Nama Mahasiswa : GREFTI
NIM : 22105003
Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)
Kode : TIW276
Semester : Gasal
Tahun Akademik : 2015/2016

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 1 Desember 2015

Dosen Pembimbing I



R. Gunawan Santosa, Drs. M.Si.

Dosen Pembimbing II



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

HALAMAN PENGESAHAN

**IMPLEMENTASI ALGORITMA PREDICTION BY PARTIAL MATCHING
UNTUK KOMPRESI CITRA**

Oleh :

GREFTI (22105003)

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

8 Desember 2015

Yogyakarta, 16 Desember 2015

Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si.
2. Lukas Chrisantyo, S.Kom., M.Eng.
3. Willy Sudiarto Raharjo, S.Kom., M.Cs.
4. Laurentus Kuncoro, S.T., M.Eng.

Dekan



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

Ketua Program Studi

Gloria Virginia, S.Kom., Ph.D.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat, penyertaan, pertolongan dan kasihnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “IMPLEMENTASI ALGORITMA PREDICTION BY PARTIAL MATCHING UNTUK KOMPRESI CITRA”. Begitu banyak tantangan dan rintangan yang dialami penulis selama pengerjaan Skripsi ini namun oleh kuasa dan kasih-Nya sehingga semuanya dapat dilalui.

Penulis menyadari begitu banyak bantuan dari berbagai pihak yang telah mendukung selama proses pengerjaan Tugas Akhir dan semasa perkuliahan. Penulis berterima kasih kepada :

1. Bapak Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si dan Lukas Chrisantyo A.A., S.Kom., M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu selama proses bimbingan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua terkasih Barents Bimbang dan Sarah P yang begitu sabar dan penuh kasih selalu memberikan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir. Terima kasih atas dukungan yang tidak henti-hentinya dari bapak dan mama dalam memberikan semangat, doa dan dukungan finansial tentunya.
3. Terima kasih kepada keempat saudara (i) terkasih Frenki P.B, Fardjan, Trijawati, dan Fifianti yang selalu memberikan dukungan penuh baik semangat, doa dan dukungan finansial. Terkhusus buat Fifianti saudara kembar penulis yang menjadi saudara sekaligus sahabat yang selalu mau mendengarkan keluh kesah dan selalu membantu dalam keadaan apapun.
4. Kepada Sahabat sekaligus teman seperjuangan Yeni Trisnawati Harahap, Novia Tonapa Bassy, Ireng Ateta Tarigan, Priskila A Abanat terima kasih

atas 5 tahun yang sudah kita lewati bersama. Terima kasih atas bantuan semasa perkuliahan tanpa kalian kehidupan perkuliahan kurang berwarna.

5. Kepada Arijan Benyamin Rudolf Sumanti, Bitos Padjao, Kak Sintya Letwar genk hura-hura yang selalu meluangkan waktu untuk refreshing. Terima kasih terkhusus kepada Arijan yang sudah 8 Tahun menjadi teman yang selalu bisa diandalkan baik suka dan duka.
6. Kepada seluruh pegawai dan teman-teman di perpustakaan yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi. Terkhusus kepada Pak Ery selaku koordinator bagian sirkulasi dan Pak Danung yang selalu berbagi gorengannya, Kak Agung dan Nopri yang selalu memberikan dukungannya dan meluangkan waktu untuk menggantikan jadwal sirkulasi. Juga terima kasih atas canda dan tawanya.
7. Dan kepada seluruh teman-teman yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu, terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya kalian luar biasa.

INTISARI

Kompresi data adalah suatu teknik memampatkan atau mengecilkan ukuran suatu file digital misalnya file *text*, citra, audio dan video. Salah satu algoritma yang digunakan untuk melakukan kompresi data adalah algoritma Prediction by Partial Matching (PPM). Algoritma ini termasuk dalam kelas lossless yaitu tidak menghilangkan informasi apapun dan mampu mengembalikan filenya ke bentuk asli. PPM teknik kompresi data statis berdasarkan konteks pemodelan dan prediksi. Kompresi dengan PPM terdiri atas dua tahapan, yaitu tahap modeling dan tahap *encoding*. Pada tahap pertama, inputan akan dipecah menjadi beberapa *context* dan dilakukan perhitungan frekuensi probabilitas kemunculannya. Selanjutnya tahap kedua yaitu proses encoding dilakukan dengan menggunakan *Arithmetic Encoding*. Proses dekompresi diawali dengan membuka tabel *header* dan mencocokkan dengan tabel *modeling*-nya.

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan terhadap *file* citra monokrom *grayscale* dan citra warna dengan menggunakan *system* yang dibuat. *File* citra tersebut akan dikompresi dengan menggunakan Algoritma PPM untuk kemudian melihat hasil perhitungan rasio kompresi. File citra hasil kompresi selanjutnya akan didekompresi untuk mengembalikan file citra ke bentuk asli.

Hasil dari penelitian diperoleh algoritma PPM menghasilkan rasio yang besar untuk kompresi citra *grayscale* dan citra warna untuk kelompok data ukuran *width* 100 diperoleh rasio rata-rata untuk citra *grayscale* 100,82% dan citra warna 240.76%. Sedangkan untuk citra monokrom diperoleh rasio rata-rata 78,03%.

Kata kunci : Kompresi, Dekompresi, PPM

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
INTISARI	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Kompresi Data	6
2.2.2 Proses Kompresi dan Dekompresi Data	7
2.2.3 Citra Digital	7
2.2.4 Citra <i>bitmap</i>	9
2.2.5 Citra Format BMP	10
2.2.6 Kompresi Citra	11
2.2.7 <i>Prediction by Partial Matching (PPM)</i>	12
2.2.4.1 Proses <i>Encoding</i>	12

2.2.4.2 Proses <i>Decoding</i>	19
2.2.8 Rasio Kompresi	20
2.2.9 Kuartil	21
2.2.10 Konversi Bilangan Pecahan ke Biner	22
BAB 3	24
ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	24
3.1 Spesifikasi Sistem	24
3.2 Perancangan Sistem.....	24
3.2.1 <i>Use Case</i>	24
3.2.2 Diagram Alur (<i>Flowchart</i>).....	25
3.2.3 Perancangan Desain Antar Muka	30
BAB 4	33
IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM.....	33
4.1 Implementasi dalam Program	33
4.1.1 Tampilan Sistem Citra PPM.....	33
4.1.1.1 Tampilan Awal Sistem Kompresi Citra PPM.....	33
4.1.1.2 Tampilan Input Kompresi Citra PPM.....	34
4.1.1.3 Tampilan Proses Kompresi Citra PPM.....	34
4.1.1.4 Tampilan Akhir Sistem Citra PPM.....	35
4.1.2 Tampilan Sistem Dekompresi Citra PPM	35
4.1.2.1 Tampilan Input Dekompresi Citra PPM.....	35
4.1.2.2 Tampilan Proses Dekompresi Citra PPM.....	36
4.1.2.3 Tampilan Akhir Sistem Dekompresi Citra PPM	37
4.2 Hasil Pengujian	37
BAB 5	46
KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Format <i>File</i> Citra <i>bitmap</i>	9
Tabel2.2 <i>Context</i> , Frekuensi dan Probabilitas Dari “aaabccddab”.....	13
Tabel2.3 <i>Context</i> , <i>Range</i> dan <i>String</i> “aaabccddab”	13
Tabel2.4 Hasil <i>ArithmeticEncoding</i>	16
Tabel 2.5 <i>Encode</i> Berdasarkan Urutan <i>Context</i> Pecahan Dari <i>String</i> “aaabccddab”	17
Tabel2.6 <i>Context</i> , Frekuensi, Fraksi Biner	18
Tabel 2.7 Proses <i>Decode</i>	19
Tabel 4.1 Daftar Citra <i>bitmap</i> 24 bitMonokromYang Diujikan.....	37
Tabel 4.2 Daftar Citra <i>bitmap</i> 24 bit <i>Grayscale</i> Yang Diujikan.....	37
Tabel 4.3 Daftar Citra <i>bitmap</i> 24 bit Warna Yang Diujiakn.....	38
Table 4.4 Hasil Rasio Kompresi PPM Pada <i>File</i> Citra Monokrom.....	39
Table 4.5 Hasil Rasio Kompresi PPM Pada <i>File</i> Citra <i>Grayscale</i>	40
Table 4.6 Hasil Rasio Kompresi PPM Pada <i>File</i> Citra Warna.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra Monokrom.....	8
Gambar 2.2 Citra Grayscale.....	8
Gambar 2.3 Struktur <i>filebitmap</i>	10
Gambar 3.1 <i>Use Case</i> Sistem.....	23
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Sistem.....	24
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Kompresi Citra PPM.....	25
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> Dekompresi Citra PPM.....	27
Gambar 3.5 Tampilan Awal Sistem.....	28
Gambar 3.6 Tampilan Hasil Kompresi.....	29
Gambar 3.7 Tampilan Halaman Dekompresi	29
Gambar 3.8 Tampilan Halaman hasil Dekompresi.....	30
Gambar 4.1 Tampilan Awal Sistem Kompresi Citra PPM.....	32
Gambar 4.2 Tampilan input system kompresi citra PPM.....	32
Gambar 4.3 Tampilan Proses Kompresi Citra PPM (baca per bytes).....	33
Gambar 4.4 Tampilan Proses Kompresi Citra PPM.....	34
Gambar 4.5 Tampilan Input Dekompresi Citra PPM.....	35
Gambar 4.6 Tampilan Proses Dekompresi Citra PPM (baca per bytes).....	35
Gambar 4.7 Tampilan Proses Dekompresi Citra PPM.....	36
Gambar 4.10 Diagram Perbandingan Rasio Citra <i>Grayscale</i> , Citra Warna Dan <i>text txt</i>	45

INTISARI

Kompresi data adalah suatu teknik memampatkan atau mengecilkan ukuran suatu file digital misalnya file *text*, citra, audio dan video. Salah satu algoritma yang digunakan untuk melakukan kompresi data adalah algoritma Prediction by Partial Matching (PPM). Algoritma ini termasuk dalam kelas lossless yaitu tidak menghilangkan informasi apapun dan mampu mengembalikan filenya ke bentuk asli. PPM teknik kompresi data statis berdasarkan konteks pemodelan dan prediksi. Kompresi dengan PPM terdiri atas dua tahapan, yaitu tahap modeling dan tahap *encoding*. Pada tahap pertama, inputan akan dipecah menjadi beberapa *context* dan dilakukan perhitungan frekuensi probabilitas kemunculannya. Selanjutnya tahap kedua yaitu proses encoding dilakukan dengan menggunakan *Arithmetic Encoding*. Proses dekompresi diawali dengan membuka tabel *header* dan mencocokkan dengan tabel *modeling*-nya.

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan terhadap *file* citra monokrom *grayscale* dan citra warna dengan menggunakan *system* yang dibuat. *File* citra tersebut akan dikompresi dengan menggunakan Algoritma PPM untuk kemudian melihat hasil perhitungan rasio kompresi. *File* citra hasil kompresi selanjutnya akan didekompresi untuk mengembalikan *file* citra ke bentuk asli.

Hasil dari penelitian diperoleh algoritma PPM menghasilkan rasio yang besar untuk kompresi citra *grayscale* dan citra warna untuk kelompok data ukuran *width* 100 diperoleh rasio rata-rata untuk citra *grayscale* 100,82% dan citra warna 240.76%. Sedangkan untuk citra monokrom diperoleh rasio rata-rata 78,03%.

Kata kunci : Kompresi, Dekompresi, PPM

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kegiatan memotret atau mengambil gambar pada suatu kejadian sudah menjadi kebiasaan masyarakat saat ini. Bahkan sekarang telah berkembang budaya *selfie* di kalangan masyarakat yaitu suatu kegiatan mengambil gambar diri dengan menggunakan kamera pribadi, kemudian mengunggahnya ke jejaring sosial. Spesifikasi kamera pun meningkat seiring dengan berkembangnya zaman sehingga gambar yang dihasilkan memiliki kualitas yang semakin baik namun kendalanya gambar yang dihasilkan memiliki memori besar. Hal ini dapat membebani media penyimpanan misalnya *hard disk* atau dapat menyebabkan proses pengiriman gambar melalui media komunikasi menjadi lambat. Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi persoalan tersebut yaitu dengan melakukan kompresi pada citra. Kompresi adalah suatu teknik memampatkan atau mengecilkan ukuran. Ada berbagai macam metode kompresi data salah satunya adalah *Prediction by Partial Matching*

Prediction by Partial Matching adalah teknik kompresi data statis berdasarkan konteks pemodelan dan prediksi. Algoritma ini termasuk dalam kelas kompresi *loseless* yaitu tidak menghilangkan informasi sedikitpun hanya mewakili beberapa informasi yang sama, (Putra, 2011).

1.2 Perumusan Masalah

- a. Apakah penerapan Algoritma *Prediction by Partial Matching* pada citra menghasilkan kompresi yang baik?

- b. Bagaimana persentase rasio perbandingan citra hasil kompresi dengan citra asli?

1.3 Batasan Masalah

- a. *File* citra yang digunakan dalam pengujian adalah *file* citra yang bertipe *bitmap* (bmp) dengan kedalaman warna 24 *bit*.
- b. Kompresi citra dilakukan dengan menggunakan *Prediction by Partial Matching* dengan fokus pada rasio kompresi yang dihasilkan.
- c. Ukuran dimensi dari data citra yang diuji berukuran maksimal 100 x 100 *pixel*.
- d. Order yang digunakan dalam implementasi Algoritma PPM adalah order 1

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah untuk membuat sebuah program yang mampu mengkompresi dan mendekompresi citra *bitmap* dengan menggunakan metode *Prediction by Partial Matching* serta melakukan analisis pengukuran terhadap perbandingan rasio antara ukuran *file* hasil kompresi citra dengan citra aslinya.

1.5 Metode Penelitian

Beberapa metode atau pendekatan yang digunakan penulis dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Studi literatur dan pustaka untuk mendalami atau memahami konsep-konsep yang mendukung pembangunan program aplikasi ini.

- b. Melakukan konsultasi kepada dosen pembimbing dan juga mencari informasi kepada orang yang berkompeten dalam pemrograman dan teknik kompresi citra.
- c. Merancang desain sistem dengan membuat rancangan desain antarmuka dari sistem yang akan dibuat.
- d. Implementasi sistem dengan menggunakan Visual Studio 2010.
- e. Melakukan pengujian terhadap beberapa input citra yang bertipe *bitmap*, kemudian melakukan analisa terhadap lamanya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kompresi dan dekompresi serta rasio perbandingan *file* hasil kompresi dengan *file* aslinya.
- f. Penarikan kesimpulan terhadap hasil analisis penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bagian, yaitu :

Bab 1 Pendahuluan, yang berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka, yang berisi mengenai penelitian-penelitian yang pernah dilakukan serta hasil yang didapat dari penelitian tersebut. Landasan teori akan dipakai untuk mendukung penelitian mengenai analisis hasil kompresi citra dengan metode PPM

Bab 3 Perancangan Sistem, berisi rancangan pembuatan program dan prosedur-prosedur yang ada di dalamnya.

Bab 4 Implementasi dan Analisis Sistem, yang berisi penjelasan tentang bagaimana rancangan sistem yang sudah dibuat di implementasikan ke dalam suatu bahasa pemrograman serta analisis berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran, berisi kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan penelitian pada skripsi ini. Bab ini juga berisi saran-

saran pengembangan dari skripsi ini agar dapat menjadi bahan pemikiran bagi para pembaca yang ingin mengembangkan sisitem lebih lanjut.

©UKDW

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik terhadap perancangan sistem yang telah dibangun dan melakukan pengujian proses kompresi dan dekompresi file citra adalah sebagai berikut :

1. Untuk pengujian pada file citra *grayscale* algoritma PPM menghasilkan ukuran rasio terkecil jika dibandingkan dengan file citra warna yaitu dengan rasio 107,16%.
2. Untuk pengujian pada file citra warna algoritma PPM menghasilkan rasio terbesar jika dibandingkan dengan file citra *grayscale* yaitu 401,36%.
3. Algoritma PPM akan menghasilkan rasio kompresi yang bagus jika variasi *state* semakin sedikit misalnya pada citra monokrom *black* diperoleh rasio terkecil yaitu 68,79%.
4. Penerapan Algoritma PPM pada citra tidak cocok karena hasil rasio kompresi yang dihasilkan rata-rata semakin besar dari rasio file asli yaitu diatas 100%.
5. Rata-rata rasio kompresi pada citra yang memiliki dimensi dengan width 10 dan ukuran citra yang kecil (kelompok data 1) memiliki rasio paling besar dibandingkan dengan kelompok data yang lain.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis kepada pembaca adalah :

1. Algoritma PPM dengan order 1 tidak cocok diterapkan pada citra
2. Dapat menggunakan varian lain dari PPM misalnya PPAM yang merupakan varian dari Algoritma PPM untuk kompresi citra.
3. Struktur data sistem dapat dikembangkan lagi agar dapat melakukan kompresi file citra yang lebih besar dan waktu kompresi yang lebih cepat.

©UKPDW

DAFTAR PUSTAKA

- Adjeroh, D. A., & Zhang, Y. (2008). Prediction by Partial Approximate Matching for Lossless Image Compression. *IEEE Transactions On Image Processing*, Volume 17 Issue 6, 924 - 935.
- Ahmad, U. (2005). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Cleary, J.G., Teahan, W.J., & Witten, I.H., (1995, Maret). Unbounded Length Contexts for PPM, M. Cohn & J. A. Storer (Eds.), *Data Compression Conference* (52-61). Los Alamitos, California: IEEE Computer Society Press.
- Husain, H., Jalil, J., Marufuzzaman, M., Mamun, M. (2011). A Single Core Hardware Module of a Data Compression Scheme Using Prediction by Partial Matching Technique. *American Journal of Applied Science*, Volume 8 Issue 11, 1169-1175.
- Latief, Y. R. A. (2010). *Analisis Implementasi Kompresi Data Menggunakan Metode Prediction by Partial Matching*. Institut Teknologi Telkom, Bandung.
- Miano, J. (1999). *Compressed Image File Formats*. Reading, Massachusetts: Addison Wesley Longman, Inc.
- Moffat, A. (1990). Implementing The PPM Data Compression Scheme. *IEEE Transaction On Communications*, Volume 38 Issue 11, 1917 - 1921.
- Mulyanto, E., Nurhayanti, O. D., Suhartono, V., Sutoyo, T., & Wijanarto. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi. Semarang: UDINUS.
- Putra, G. H. W. (2011). *Kompresi Data Teks Menggunakan Algoritma PPM (Prediction by Partial Matching)*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya.

Rnf, Fahmi. (2010, Februari 12). *Konversi Bilangan Desimal ke Biner dan Sebaliknya*. Dipetik Desember 13, 2015, dari erainformatika.com: <http://erainformatika.com/index.php/konversi-bilangan-desimal-ke-biner-dan-sebaliknya/>

Salomon, D. (2004). *Data Compression The Complete Reference 3rd Edition*. London: Springer-Verlag. New York: Springer-Verlag.

Sayood, K. (2003). Data Compression. *Encyclopedia of Information Systems*. (Volume 1, 423-444). Waltham, Massachusetts: Academic Press.

©UKPDW