

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS EFEKTIFITAS HUFFMAN DAN DISCRETE COSINE TRANSFORM PADA BERBAGAI JENIS CITRA DIGITAL

IMPLEMENTATION AND ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF HUFFMAN AND DISCRETE COSINE TRANSFORM ON VARIOUS TYPES OF DIGITAL IMAGE

¹Nashar Luthfi Sugara, ²Tito Waluyo Purboyo, ³Anggunmeka Luhur Prasasti

¹²³Program Studi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹nasharluthfi@gmail.com, ²titowaluyo@telkomuniversity.ac.id, ³anggunmeka@staff.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknologi kompresi citra ini sendiri sudah ada dari sejak lama dan sudah mempunyai dua jenis pada kompresi citra. Jenis yang pertama adalah Lossless Compression dan jenis yang kedua adalah Lossy Compression. Tujuan dari teknik kompresi citra ini adalah untuk mengurangi ukuran citra yang besar menjadi citra yang mempunyai ukuran kecil, untuk menghilangkan redundansi, dan untuk menghemat media penyimpanan pada komputer.

Metode Huffman adalah sebuah metode pengkodean citra berdasarkan pada derajat keabuan (gray level) atau tingkat warna dari piksel – piksel dalam keseluruhan citra. Sedangkan, Discrete Cosine Transform adalah sebuah teknik untuk mengubah sebuah sinyal kedalam komponen frekuensi dasar. Dalam proposal Tugas Akhir ini, metode yang akan digunakan adalah metode Huffman dan metode Discrete Cosine Transform.

Dalam tulisan ini, akan dilakukan analisis antara metode Huffman dengan metode Discrete Cosine Transform sebagai pembandingan. Setelah percobaan ini selesai dikerjakan, penulis mengharapkan dapat mengetahui mengenai metode mana yang dapat menghasilkan hasil yang baik pada citra digital tertentu dan metode mana yang menghasilkan hasil yang kurang baik pada citra digital tertentu.

Kata kunci : kompresi citra, Lossless compression, Lossy compression, DCT, Huffman.

Abstract

Image compression technology has existed from a long time ago and has two types of image compression. The first type is Lossless Compression and the second type is Lossy Compression. The purpose of this image compression technique is to reduce large size image to small size image, to remove the redundancy, and to save storage media on the computer.

The Huffman method is an image coding method based on the gray level or color level of the pixels in the whole image. Discrete Cosine Transform is a technique for converting a signal into a basic frequency component. In this Final Project, the method will be use is Huffman method and Discrete Cosine Transform method.

In this book, we will analyze Huffman method and Discrete Cosine Transform method as a comparison. After this experiment is completed, the author expects to know which method can produce good results on a particular digital image and which method produces unfavorable results in a particular digital image.

Keywords : *Image compression, Lossless compression, Lossy compression, DCT, Huffman.*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat dan dengan adanya dukungan dari perangkat lunak maupun perangkat keras yang semakin lama semakin memudahkan informasi tersebar luas dengan cepat melalui internet diseluruh dunia. Terdapat beberapa bentuk dari informasi, bisa berupa gambar, audio, maupun video. Informasi yang diperoleh dapat dikirim dengan mudah melalui internet sebagai media komunikasi yang baru. Akan tetapi, tidak semua informasi dapat dikirim dengan mudah. Terdapat beberapa informasi yang mempunyai ukuran yang besar dan juga dapat menghambat proses transmisi dan menggunakan tempat penyimpanan yang cukup besar yang ada di dalam komputer. Untuk mengatasi agar masalah informasi atau data yang akan dikirim atau di transmisikan dapat dilakukan dengan cepat maka diperlukan suatu proses kompresi yang dapat menghemat penyimpanan dan juga mempercepat proses transmisi data yang akan dilakukan.

Kompresi adalah sebuah proses untuk merubah kumpulan data menjadi suatu kode untuk menghemat kebutuhan penyimpanan dan pengiriman data sehingga memudahkan untuk melakukan transmisi suatu data. Dalam berbagai jenis kompresi, terdapat sebuah proses untuk kompresi gambar.

Kompresi gambar dapat menghemat dalam segi waktu maupun penyimpanan yang ada di dalam media penyimpanan dan juga mempercepat waktu transmisi. Terdapat banyak teknik algoritma kompresi gambar yang dapat dilakukan dan berfungsi sebagaimana seharusnya. Teknik algoritma kompresi gambar diantaranya adalah DCT, DWT, Huffman, Quantization, dan masih banyak lagi. Pada penelitian ini, kompresi citra akan berdasarkan dari derajat keabuan dari citra tersebut. Proses kompresi citra yang menggunakan derajat keabuan itu disebut dengan metode Huffman.

1.2 Tujuan

Tujuan pembuatan proyek akhir ini adalah:

- a. Sistem simulasi mampu mengkompresi data gambar atau citra menggunakan beberapa metode.
- b. Menganalisis perbandingan hasil kompresi dengan metode yang berbeda.
- c. Mampu untuk mengetahui metode mana yang dapat menghasilkan hasil kompresi yang baik.
- d. Untuk mengetahui ukuran file sebelum dan sesudah dikompresi.

1.3 Identifikasi Masalah

Beberapa identifikasi Masalah yang akan dibahas dalam Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut.

- a. Sistem simulasi mampu mengkompresi data gambar atau citra menggunakan beberapa metode.
- b. Menganalisis perbandingan hasil kompresi dengan metode yang berbeda.
- c. Mampu untuk mengetahui metode mana yang dapat menghasilkan hasil kompresi yang baik.
- d. Untuk mengetahui ukuran file sebelum dan sesudah dikompresi.

2. Dasar Teori

Bagian ini berisi tentang dasar teori yang digunakan untuk membuat sistem simulasi kompresi citra. Adapun teori-teori yang digunakan adalah sebagai berikut.

2.1 Citra Digital

Citra dapat didefinisikan sebagai representasi visual dari objek atau kelompok objek. Bila menggunakan komputer atau peralatan digital lainnya untuk menangani gambar fotografi (capture, modify, store and view), harus terlebih dahulu dikonversi menjadi gambar digital melalui proses digitalisasi, yang mengubah gambar menjadi sejumlah angka.

Apabila terdapat sebuah gambar yang sudah dirubah menjadi bentuk digital, maka bisa dengan mudah diperiksa, dianalisis, ditampilkan, atau ditransmisikan. Perkiraan digital gambar dibentuk dengan mengukur warna gambar ini pada banyak titik (atau piksel).

Citra dapat juga di representasikan dari sekumpulan informasi yang terkandung di dalamnya sehingga mata manusia dapat menganalisis dan menginterpretasikan kumpulan dari informasi tersebut sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

Kandungan informasi yang terdapat di dalam citra dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu informasi dasar dan informasi abstrak. Informasi dasar adalah informasi yang dapat diolah secara langsung tanpa membutuhkan bantuan tambahan pengetahuan khusus. Informasi abstrak adalah informasi yang tidak secara langsung dapat diolah kecuali dengan bantuan tambahan pengetahuan khusus.

Citra dapat juga di definisikan sebagai fungsi dua dimensi $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial dan f adalah nilai dari intensitas warna pada koordinat x dan y . Nilai f , x dan y semuanya adalah nilai yang berhingga. Ketika nilai-nilai tersebut bersifat kontinu, maka citra tersebut termasuk kedalam citra analog, apabila nilai-nilai tersebut bersifat diskret maka citra tersebut termasuk kedalam citra digital.

Secara fisik, sebuah citra juga dapat disebut sebagai sebuah representasi dari objek-objek, baik dalam keadaan diam atau bergerak, pada suatu media pendukung, seperti kertas, layar, atau yang lainnya. Secara matematisnya, citra dapat disebutkan sebagai sebuah fungsi matematis dua dimensi ($2Df(x,y)$) atau tiga dimensi ($3Df(x,y,z)$). Dimana x , y , dan z menyatakan posisi dari koordinat dua dimensi atau tiga dimensi. Sedangkan f menyatakan nilai intensitas kecerahan atau menyatakan warna pada setiap posisi (x,y,z) .

2.2 Kompresi Citra

Kompresi adalah cara untuk merepresentasikan informasi menjadi bentuk yang kompak. Kompresi diperlukan dengan tujuan untuk menghemat kapasitas penyimpanan, mengurangi waktu transmisi, proses transmisi dapat menjadi lebih progresif, dan mengurangi proses komputasi.

Dalam teknik kompresi terdapat dua algoritma dasar, yaitu algoritma kompresi dan algoritma dekompresi. Algoritma kompresi adalah algoritma untuk mengubah data awal menjadi data terkompresi. Sedangkan, algoritma dekompresi adalah algoritma untuk mengubah data terkompresi menjadi data awal kembali.

2.3 Kompresi Lossless

Kompresi lossless adalah metode kompresi tanpa adanya perubahan atau kehilangan data sekecil apapun. Data hasil kompresi tepat sama dengan data aslinya. Proses kompresi dilakukan dengan langsung menggunakan salah satu gabungan dari metode kompresi pada data citra aslinya, tanpa diawali dengan proses transformasi dan kuantisasi.

2.4 Huffman Encoding

Metode kompresi Huffman encoding ditemukan karena adanya tugas dari seorang mahasiswa David A. Huffman. Metode ini mengacu kepada perhitungan frekuensi munculnya data yang diurutkan mulai dari data yang tertinggi sampai data yang terendah kemudian direpresentasikan dalam bentuk pohon biner. Data yang frekuensi kemunculannya paling banyak dikodekan dengan jumlah bit terkecil dan data yang frekuensi munculnya paling sedikit dikodekan dengan jumlah bit terbesar.

2.4 Matlab

Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi (high level language) yang dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1989 dan diperkenalkan untuk pertama kalinya pada tahun 1991 [4]. Python lahir atas dasar keinginan untuk mempermudah seorang programmer dalam menyelesaikan tugasnya dengan cepat. Python bisa digunakan untuk membuat program standalone dan pemrograman skrip. Python memiliki beberapa kelebihan, yaitu pemrograman menggunakan Python jauh lebih cepat dan lebih pendek dibandingkan menggunakan C++ dan Java, mampu menangani pemrograman kompleks dan mendukung pemrograman grafis serta platform independent yang berarti bahwa program yang dibuat menggunakan Python dapat berjalan pada sistem operasi apa saja selama terdapat platform Python.

3. Perancangan

3.1 Perancangan Sistem Secara Umum

Berikut ini adalah perancangan sistem secara umum, aplikasi kompresi citra yang akan dibuat ini memiliki fungsi yang sama dengan aplikasi kompresi yang lain dan yang sudah ada. Pada aplikasi yang akan dibuat kali ini, metode kompresi citra yang akan digunakan adalah metode Huffman dan metode discrete cosine transform.

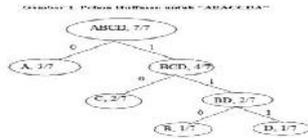


Gambar 3.1 Proses kompresi pada umumnya

Pada gambar diatas dijelaskan bahwa data asli akan diproses dalam suatu aplikasi kompresi menggunakan dua metode kompresi yang berbeda. Kemudian, hasil dari citra yang sudah dikompresi tersebut dapat diketahui rasio kompresi, waktu yang digunakan, dan ukuran citra setelah dikompresi dengan metode-metode tersebut.

3.2 Perancangan Sistem Menggunakan Algoritma Huffman Encoding

Berikut ini adalah proses kompresi menggunakan algoritma kompresi Huffman encoding:



Tabel 1 Kode Huffman

Karakter	Frekuensi	Peluang	Kode Huffman
A	3	3/7	0
B	1	1/7	110
C	2	2/7	10
D	1	1/7	111

Gambar 3.2 Proses kompresi menggunakan algoritma Huffman

3.3 Perancangan Sistem Menggunakan Algoritma DCT

Sistem selanjutnya adalah Kontrol Jarak Jauh Kamera, dimana kamera yang digunakan adalah *LifeCam Studio*. Kamera dihubungkan dengan *Raspberry Pi* menggunakan koneksi USB. Ketika Kamera dihubungkan

Discrete Cosine Transform (DCT) dianggap sebagai salah satu transformasi paling sering dan penting yang digunakan dalam teknologi kompresi data. Jadi, bagian ini akan menyajikan ringkasan singkat tentang DCT satu dimensi (1D) dan dua dimensi (2D) DCT [18-19].

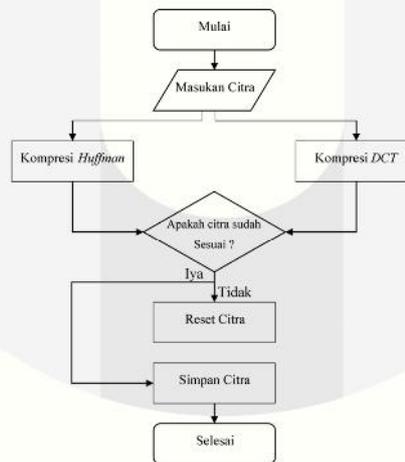
- 2 Dimensi DCT

DCT dan invers 2D diberikan oleh Persamaan:

Koefisien pertama G00 disebut koefisien DC, dan sisanya disebut koefisien AC. Untuk kompresi gambar oleh DCT, pertama, gambar dibagi menjadi blok K, masing-masing blok memiliki ukuran 8×8 (atau 16×16) piksel, piksel dinotasikan dengan xy , di mana x mengacu pada nomor baris dan y nomor kolom. Jika jumlah baris pada gambar tidak dapat dibagi oleh 8 (atau 16), baris terbawah diduplikasi sebanyak yang diperlukan dan jika jumlah kolom tidak dapat dibagi oleh 8 (atau 16), kolom paling kanan juga diduplikasi.

3.4 Perancangan Sistem

Berikut ini adalah diagram alur dari sistem simulasi kompresi citra yang menggunakan algoritma Huffman dan algoritma Discrete Cosine Transform.



Gambar 3.3 Diagram alur sistem simulasi kompresi citra dengan dua metode

4. Pengujian

4.1 Parameter Pengujian

Tujuan pengujian terhadap aplikasi simulasi kompresi citra dengan dua metode ini adalah untuk melakukan serangkaian uji coba untuk mengukur parameter performansi masing-masing metode.

Pada bab ini dilakukan beberapa pengujian terhadap aplikasi simulasi kompresi citra yang telah dirancang. Setelah dilakukan pengujian maka hasil pengujian tersebut dianalisis dan disimpulkan hasilnya. Pengujian ini akan melakukan perbandingan antara 2 metode yang diuji, antara lain metode Huffman dan metode Discrete Cosine Transform. Pada proses pengujian, parameter yang ingin diuji adalah sebagai berikut:

1. PSNR dan MSE

Pada Pengujian ini bertujuan untuk melihat seberapa besar kemungkinan perubahan data asli dengan data hasil proses dalam melakukan suatu kompresi data.

$$MSE = \frac{1}{(M \times N)} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \{f(x,y) - f(x,y)\}^2$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{[Max]^2}{MSE} \right)$$

2. Rasio Kompresi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besar kecilnya presentase dalam melakukan perhitungan jumlah bit setelah dilakukan suatu kompresi.

$$\text{Rasio Kompresi} = \frac{(\text{Ukuran Awal} - \text{Ukuran Akhir})}{(\text{Ukuran Awal})} \times 100\%$$

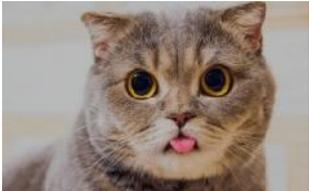
4.2 Skenario Pengujian

Pada pengujian kali ini, akan ada tiga skenario parameter yang akan diuji. Pengujian program dilakukan dalam beberapa skenario untuk mengukur kompresi suatu gambar sebelum dan sesudah disisipkan, yaitu :

1. Pertama, menguji menggunakan **10 gambar yang berbeda-beda dengan format citra yang berbeda-beda** untuk melihat hasil ukuran citra setelah dikompresi dengan menggunakan metode *Huffman* dan metode *Discrete Cosine Transform*. Format citra yang akan digunakan yaitu .jpg, .png, dan .tif. Warna citra yang digunakan adalah RGB. Resolusi citra yang digunakan adalah resolusi citra yang sama dengan citra awalnya.
2. Kedua, menguji menggunakan **10 gambar yang berbeda-beda dengan resolusi citra yang berbeda-beda** untuk melihat hasil ukuran citra setelah dikompresi dengan menggunakan metode *Huffman* dan metode *Discrete Cosine Transform*. Resolusi citra yang akan digunakan yaitu 10x10, 20x20, 50x50. Jenis warna citra yang digunakan adalah RGB. Format Citra yang digunakan adalah .jpg.
3. Ketiga, menguji menggunakan **10 gambar yang berbeda-beda dengan jenis warna yang berbeda - beda** untuk melihat hasil ukuran citra setelah dikompresi dengan menggunakan metode *Huffman* dan metode *Discrete Cosine Transform*. Jenis warna yang akan digunakan yaitu RGB, BW, *Grayscale*. Resolusi citra yang akan digunakan adalah resolusi citra yang sama dengan citra awalnya. Format Citra yang digunakan adalah .jpg.

Berikut ini adalah daftar citra yang akan digunakan untuk pengujian. Citra tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Detail daftar citra beserta citranya yang diujikan

Objek pengujian						
no	nama citra	Citranya	resolusi	format citra	jenis warna	ukuran
1	kucing1		733x607	.jpg	RGB	37,4 KB
2	kucing2		337x212	.jpg	RGB	18,6 KB

3	kucing3		834x624	.jpg	RGB	54,1 KB
4	kucing4		1300x866	.jpg	RGB	174 KB
5	kucing5		800x419	.jpg	RGB	75,7 KB
6	kucing6		750x498	.jpg	RGB	49,7 KB
7	kucing7		648x406	.jpg	RGB	58,7 KB
8	kucing8		700x393	.jpg	RGB	42,4 KB
9	kucing9		650x380	.jpg	RGB	198 KB
10	kucing10		700x393	.jpg	RGB	45,6 KB

Diatas adalah beberapa objek yang akan diujikan pada penelitian kali ini. Untuk scenario pengujian akan dibagi berdasarkan tiga parameter pengujian seperti yang sudah dijelaskan diatas.

4.2 Hasil Pengujian dan Analisis

4.2.1 Skenario Pertama

Pada skenario pertama, parameter yang akan kita uji adalah pada bagian resolusi dari citra tersebut guna untuk mengetahui seberapa pengaruhnya perbedaan resolusi terhadap hasil dari kompresi tersebut

Tabel 4.3.1 Pengujian menggunakan metode *Huffman* pada seluruh parameter

Daftar pengujian berdasarkan parameter:											
No.	Citra	Ukuran Awal citra (kilobytes)	Ukuran Akhir Citra								
			Resolusi			Format Citra			Warna		
			10x10 (bytes)	20x20 (bytes)	50x50 (bytes)	.JPG (kilobytes)	.PNG (kilobytes)	.TIFF (kilobytes)	RGB (kilobytes)	Grayscale (kilobytes)	BW (kilobytes)
1	kucing1.jpg	37.4	701	845	1460	41.3	135	1180	41.3	40.6	30
2	kucing2.jpg	18.6	704	826	1380	11.7	42.1	163	11.7	9.41	17.8
3	kucing3.jpg	54.1	705	841	1450	49.7	157	1490	49.7	43.2	47.6
4	kucing4.jpg	174	728	868	1480	157	525	2060	157	125	185
5	kucing5.jpg	75.7	712	858	1500	37.6	129	700	37.6	34.7	40.1
6	kucing6.jpg	49.7	690	813	1280	33.6	120	808	33.6	29.4	32.7
7	kucing7.jpg	58.7	705	817	1440	43.6	151	765	43.6	36.3	36.4
8	kucing8.jpg	42.4	732	913	1800	44.4	149	713	44.4	40.3	45.2
9	kucing9.jpg	198	706	830	1430	33	152	597	33	34	21.4
10	kucing10.jpg	45.6	693	810	1370	38.1	142	665	38.1	32.9	29

4.2.2 Skenario Kedua

Pada skenario kedua, parameter yang akan kita uji adalah pada bagian format dari citra tersebut guna untuk mengetahui seberapa pengaruhnya perbedaan format citra terhadap hasil dari kompresi tersebut.

Tabel 4.3.2 Pengujian menggunakan metode DCT pada seluruh parameter

Daftar pengujian berdasarkan parameter:											
No.	Citra	Ukuran Awal citra (kilobytes)	Ukuran Akhir Citra								
			Resolusi			Format Citra			Warna		
			10x10 (bytes)	20x20 (bytes)	50x50 (bytes)	.JPG (kilobytes)	.PNG (kilobytes)	.TIFF (kilobytes)	RGB (kilobytes)	Grayscale (kilobytes)	BW (kilobytes)
1	kucing1.jpg	37.4	735	899	1600	30.8	325	1290	30.8	33.3	29.8
2	kucing2.jpg	18.6	723	858	1500	11.1	90.3	210	11.1	8.92	17.6
3	kucing3.jpg	54.1	717	870	1510	50.5	425	1510	50.5	43.2	47.2
4	kucing4.jpg	174	731	891	1580	162	1325	3270	162	141	182
5	kucing5.jpg	75.7	737	899	1660	35.6	318	968	35.6	31.3	39.8
6	kucing6.jpg	49.7	731	877	1450	32	253	1070	32	25.8	32.3
7	kucing7.jpg	58.7	707	836	1450	37.3	350	781	37.3	32.8	36.2
8	kucing8.jpg	42.4	729	929	1850	40.4	363	817	40.4	36.5	45.4
9	kucing9.jpg	198	730	870	1510	31.2	378	743	31.2	112	21.4
10	kucing10.jpg	45.6	733	866	1480	40.5	310	828	40.5	36.8	28.7

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa: Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kompresi citra dengan resolusi citra yang kecil akan lebih baik apabila menggunakan metode Huffman. Karena metode DCT akan mengkompresi citra yang mempunyai resolusi dengan kelipatan 8x8.
2. Nilai MSE yang rendah akan lebih baik, sedangkan nilai PSNR yang tinggi akan lebih baik.
3. Merujuk kepada MSE dan PSNR, maka performa metode DCT lebih baik dibandingkan metode *Huffman*.
4. Hasil kompresi terbaik menggunakan metode DCT adalah kompresi citra.jpg dengan jenis warna RGB. Karena metode DCT adalah metode yang sangat memperhatikan *sub-sampling* warna dari citra tersebut.

Dapat dilihat dari citra “kucing9” dengan jenis warna RGB dan format citra .JPG, mempunyai rasio kompresi sebesar 84%

5. Hasil kompresi terbaik menggunakan metode Huffman adalah kompresi citra .PNG. Karena file .PNG menggunakan jenis *lossless compression* yang sama dengan metode *Huffman*. File .PNG dapat diatur warnanya, mulai dari *64 bits true colour* sampai *indexed colour 1 bit*.

Daftar Pustaka:

- [1] Allaeldien Mohamed G. Hnesh, Hasan Demirel, "DWT-DCT-SVD based Hybrid lossy image compression technique", IEEE IPAS'16: INTERNATIONAL IMAGE PROCESSING APPLICATIONS AND SYSTEMS CONFERENCE 2016, 2016, pp. 1-5.
- [2] Ankita Vaish, Manoj Kumar, "A new Image Compression Technique using Principal Component Analysis and Huffman Coding", International Conference on Parallel Distributed and Grid Computing, 2014, pp. 301-305.
- [3] Ari Widagdo, "Implementasi Algoritma Metode Huffman pada Kompresi Citra", Tugas Akhir, 2012.
- [4] Arif Sameh Arif, Sarina Mansor, Hezrul Abdul Karim, Rajasvaran Logeswaran, "Lossless Compression of Fluoroscopy Medical Images using Correlation and the Combination of Run-length and Huffman Coding", 2012 IEEE EMBS International Conference on Biomedical Engineering and Sciences, 17th -19th December 2012, pp. 759-762.
- [5] Harjeetpal Singh, Sakshi Rana, "Image Compression Hybrid using DCT, DWT, Huffman", International Journal of Scientific & Engineering Research Engineering Research Volume 3, Issue 8, August-2012, 2012, pp. 1-4.
- [6] Jose Oliver, Manuel P. Malumbres, "HUFFMAN CODING OF WAVELET LOWER TREES FOR VERY FAST IMAGE COMPRESSION", paper IEEE, 2006, pp. 465-468.
- [7] Juma'in, Yuliana Melita, Juma'in, "Image Compression using DCT", Jurnal Teknik Volume 3 No 2 Tahun 2011, 2011, pp. 243-248.
- [8] Mr. Shirish V. Phakade, Mrs. Varsha K. Patil, Mr. Ajinkya Langade, "Comparison of Image Compression Techniques: Huffman and DCT", International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology (IJIRCST), Volume-2, Issue-2, March-2014, pp. 48-52.
- [9] Neha Sikka, Sanjay Singla, "Lossless Image Compression Technique using Haar Wavelet and Vector Transform", International Conference on Research Advances in Integrated Navigation Systems (RAINS-2016), April 06th, 2016, pp. 1-5.
- [10] P. Prasanth Babu, L. Rangaiah, D.Maruthi kumar, "COMPARISON AND IMPROVEMENT OF IMAGE COMPRESSION USING DCT, DWT & HUFFMAN ENCODING TECHNIQUES", INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER ENGINEERING & TECHNOLOGY (IJCET), Volume 4, Issue 1, January- February (2013), pp. 54-60.
- [11] Prof. Dr. Sarifuddin Madenda. 2015. *Pengolahan Citra & Video Digital*, Buku Diklat. Jakarta:Erlangga
- [12] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing", 3rdEdition, Prentice Hall, Pearson Education, 2007.
- [13] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing", Second edition, pp. 411-514, 2004.
- [14] R. Praisline Jasmi, Mr. B. Perumal, Dr.M.Pallikonda Rajasekaran, "COMPARISON OF IMAGE COMPRESSION TECHNIQUES USING HUFFMAN CODING, DWT AND FRACTAL ALGORITHM", International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI - 2015), 2015, pp. 1-5.
- [15] Rachit Patel, Virendra Kumar, Vaibhav Tyagi, Vishal Asthana, "A Fast and Improved Image Compression Technique Using Huffman Coding", in IEEE WiSPNET 2016 conference, 2016, pp. 2283-2286.
- [16] Rahul Shukla, Narender Kumar Gupta, "Image Compression through DCT and Huffman Coding Technique", International Journal of Current Engineering and Technology, June 6th 2015, Vol.5, No.3, 2015, pp. 2277-4106.
- [17] Raras Krasnala, Arif Budimansyah Purba, U. Tresna Lenggana, "Image compression using DCT and Huffman Algorithm Method", JOIN, Volume 2 No.1, June 30th 2017, pp. 1-9.