

Pemampatan Citra Pas Foto Dengan Menggunakan Algoritma Kompresi *Joint-Photographic Experts Group (JPEG)* dan *Principal Component Analysis (PCA)*

M. Azman Maricar¹, Made Oka Widyantara²

Abstract— This study aims to compare the compression result of *Joint-Photographic Experts Group (JPEG)* and *Principal Component Analysis (PCA)* algorithm to the image fitting image, to find the best result from the compression image result whose quality is not much different from the original image. The measuring tools used are Mean Square Error (MSE) and Peak Signal to Noise Ratio (PSNR). The results obtained in this study is the average MSE and PSNR *PCA* algorithm can be said high when compared with the *JPEG* algorithm. But in terms of image quality produced is not much different from *JPEG* algorithm. It can be said that *JPEG* algorithm able to produce better image than *PCA* algorithm. However, *PCA* algorithm is not bad to be an alternative in image compression photos fit.

Intisari— Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil kompresi dari algoritma *Joint-Photographic Experts Group (JPEG)* dan *Principal Component Analysis (PCA)* terhadap citra pas foto, guna menemukan hasil terbaik dari hasil citra kompresi yang kualitas hasilnya tidak berbeda jauh dengan citra aslinya. Alat ukur yang digunakan adalah *Mean Square Error (MSE)* dan *Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)*. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah rata-rata MSE dan PSNR algoritma *PCA* dapat dikatakan tinggi jika dibandingkan dengan algoritma *JPEG*. Namun dari segi kualitas citra yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan algoritma *JPEG*. Dapat dikatakan bahwa algoritma *JPEG* mampu menghasilkan citra yang lebih baik dibandingkan algoritma *PCA*. Namun, algoritma *PCA* tidaklah buruk untuk dijadikan alternatif dalam kompresi citra pas foto.

Kata Kunci— Letakkan 4-8 kata kunci Anda di sini, kata kunci dipisahkan dengan koma.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin maju, cenderung menyebabkan beberapa kegiatan yang pada dasarnya dilakukan secara manual, berubah menjadi kegiatan yang serba praktis. Sebelumnya, saat ada proses pendaftaran, baik itu pendaftaran sekolah, pendaftaran pada perguruan tinggi, wisuda, hingga pendaftaran untuk melamar sebuah pekerjaan, cenderung dilakukan secara manual, yaitu setiap pendaftar diharuskan menyerahkan berkas-berkas pendaftaran secara langsung. Kegiatan itu jauh berbeda jika dibandingkan dengan era teknologi, dimana kegiatan tersebut dapat dilakukan secara *online*, baik itu melalui *e-mail* maupun formulir pada suatu halaman *website*.

Setiap hal cenderung memiliki hal positif dan negatif-

¹Magister Teknik Elektro, Universitas Udayana Kampus Sudirman, Denpasar-Bali (telp: 0361-239559; fax: 0361-239599; e-mail: m.azman.maricar@gmail.com)

²Magister Teknik Elektro, Universitas Udayana Kampus Sudirman, Denpasar-Bali (telp: 0361-239559; fax: 0361-239599; e-mail: oka.widyantara@unud.ac.id)

Kegiatan yang dilakukan secara *online* tersebut, tentu membuat kegiatan tersebut terlihat praktis. Namun, sisi negatifnya terletak pada media penyimpanan, yang belum tentu memadai untuk menyimpan seluruh berkas yang dikirimkan oleh pendaftar. Singkatnya, suatu organisasi yang membuka pendaftaran tersebut, harus menyediakan media penyimpanan yang dianggap mampu untuk menampung seluruh berkas-berkas tersebut. Dalam beberapa kasus, terdapat institusi atau organisasi yang membuka pendaftaran karyawan, mahasiswa, maupun anggota baru secara *online*. Setiap individu yang mendaftar diwajibkan meng-*upload* pas foto mereka ke sistem dengan aturan-aturan yang telah ditetapkan, seperti ukuran foto maupun ukuran *file*. Para pendaftar biasanya tidak memperhatikan kualitas dari foto, karena yang terpenting foto tersebut sesuai dengan aturan dan berhasil di *upload*.

Untuk mengatasi hal tersebut, muncul sebuah solusi guna meminimalkan ukuran *file* pas foto yang dikirimkan oleh para pendaftar tersebut, yaitu teknik kompresi citra yang merupakan hal yang sangat penting [1].

Terdapat beberapa algoritma yang dapat dilakukan dalam kompresi citra, salah satunya adalah algoritma kompresi *JPEG* dan *PCA*. Dengan perbandingan kedua algoritma tersebut, diharapkan mampu menunjukkan perbandingan hasil kompresi citra yang terbaik. Suatu citra akan di kompresi dan hasilnya akan dibandingkan guna mencari hasil kompresi terbaik sehingga mampu untuk meminimalkan penggunaan media penyimpanan dan mendapatkan hasil dengan kualitas yang tidak terlalu jauh dari citra aslinya.

II. STUDI LITERATUR

Penelitian yang dilakukan oleh Satyapratama dan kawan-kawan (2015), merupakan penelitian yang bertujuan untuk memberikan pengetahuan mengenai algoritma terbaik antara *LZW* dan *Huffman* yang diimplementasikan ke citra dengan format *BMP* dan *PNG*. Kedua algoritma tersebut dianalisis dengan membandingkan rasio dan perkiraan waktu pemrosesannya. Dalam mengimplementasikan kedua algoritma tersebut digunakan pemrograman *java*. Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa algoritma *Huffman* memiliki rasio waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan *LZW*, namun *LZW* lebih mampu memberikan hasil kompresi yang lebih baik daripada *Huffman*.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahmad dan Kurniawan (2011), menggunakan algoritma *RLE* dan *LZ78* yang diterapkan pada citra *bitmap*, guna meminimalkan ukuran *file* sehingga tidak membebaskan saat proses transfer data. Dikatakan juga bahwa metode *Huffman* ini merupakan metode yang paling efisien dibandingkan dengan metode lain yang sejenis. Penelitian yang dilakukan oleh Faradisa dan Budiono (2011) menerapkan metode *Huffman* sebagai teknik

kompresi citra. Metode Huffman diimplementasikan kedalam pemrograman *Borland Delphi 7.0* dan citra yang digunakan adalah *grey scale* dengan format BMP dengan kedalaman warna 8 bit.

Penelitian yang dilakukan oleh Hendri (2014), membahas mengenai kompresi citra dari format BMP ke format PNG. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kompresi ke format PNG dapat di kompresi dengan rasio antara 30-70%, yang menimbulkan informasi bahwa format PNG sangat tepat digunakan untuk menyimpan data citra yang di kompresi secara *lossless* dan mampu mendukung kompresi pada tingkat kedalaman warna mencapai 48bit.

Penelitian yang dilakukan oleh Juma'in dan Melita (2011), membahas mengenai kompresi gambar dengan menggunakan *Discrete Cosine Transform* (DCT), yang merupakan metode transformasi yang cepat, metode yang luas dan kuat untuk suatu kompresi citra. Dikatakan bahwa DCT memiliki tingkat kepadatan yang sangat baik. Penelitian yang dilakukan oleh Masatu dan kawan-kawan (2014), membahas mengenai penerapan algoritma kompresi dan metode *Fuzzy C-Means* pada kompresi citra dengan basis entropi. Kompresi entropi ini akan diimplementasikan pada citra dengan format yang berbeda yaitu JPEG dan PNG. Namun sebelumnya akan dilakukan pengelompokan yang disesuaikan dengan kandungan informasi dari citra itu sendiri dengan *fuzzy c-means*.

Penelitian yang dilakukan oleh Yudhana dan kawan-kawan (2016), membandingkan segmentasi dari citra asli dengan citra kompresi dengan *wavelet* untuk identifikasi telur. Hasil dari penelitian ini adalah antara citra asli dengan citra kompresi *wavelet* memberikan 100% untuk kesamaannya. Dengan kata lain, dengan kompresi dapat meminimalkan penggunaan media penyimpanan namun tidak mengubah informasi yang ada pada suatu citra.

Penelitian yang dilakukan oleh Mahesa dan Karpen (2017), membangun suatu aplikasi kompresi dan dekompresi pada suatu citra dengan metode Huffman. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah *Embarcadero Delphi 2010*. Penelitian yang dilakukan oleh Kusdianti dan Septiarini (2014), melakukan kompresi citra dengan metode *Run Length Encoding* (RLE) disimpan dalam format PNG. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses kompresi menghasilkan dua buah file PNG yaitu citra *pixel* dan citra populasi dengan ukuran file yang beragam. Format BMP memiliki rasio - 0,08% hingga 97%. Format TIFF, 28-74%.

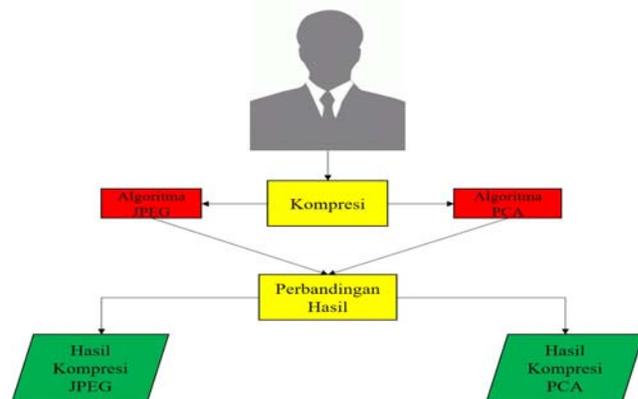
Penelitian yang dilakukan oleh Kholis dan Alam (2016), bertujuan untuk membuat suatu sistem pengenalan wajah dengan menggunakan *Backpropagation Artificial Neural Network* dan *Principal Component Analysis*. Dengan adanya beberapa parameter pada *Backpropagation*, dapat diketahui karakteristiknya yaitu dapat memperkecil *error* dan *epoch*, serta memperbesar *Recognition Rate*. Hasil yang didapat menunjukkan hubungan antara parameter *eigen value*, parameter *alpha*, dan koefisien momentum terhadap *Recognition Rate* yang diperoleh.

Penelitian Prastika dan kawan-kawan (2016), memiliki tujuan untuk mengetahui pembuatan sistem pengenalan karakter plat kendaraan dari suatu citra kendaraan dengan metode Histogram sebagai sistem segmentasi karakter, pengenalan karakter plat kendaraan dari citra kendaraan. PCA sebagai ekstraksi ciri dan *Euclidean Distance* untuk klasifikasi karakter. Hasil pada simulasi pengenalan karakter plat nomor kendaraan dari citra kendaraan adalah sebesar 77,90% untuk presentase dikenali benar dan 22,10% untuk presentase dikenali salah, masing-masing dari ke-27 karakter.

Penelitian Fitri dan kawan-kawan (2016), membahas mengenai steganografi pada citra digital berwarna 32-bit dengan menggunakan *Least Significant Bit*. Hasil yang didapatkan adalah menghasilkan kapasitas pesan rahasia yang dapat disisipkan lebih besar dan tetap mampu menghasilkan kualitas citra stego yang baik dengan nilai *Mean Square Error* (MSE) kurang dari 2 dan nilai *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) diatas 45dB.

Penelitian-penelitian tersebut menerapkan berbagai algoritma dan berbagai macam tujuan dalam hal citra. Namun tidak satupun dari penelitian tersebut yang membahas mengenai kompresi citra pas foto dengan menggunakan algoritma JPEG dan PCA serta MSE dan PSNR. Beberapa penelitian membahas mengenai algoritma JPEG, PCA, MSE, dan PSNR, namun tidak membandingkan keduanya, penggunaan MSE dan PSNR pun tidak berhubungan dengan JPEG dan PCA Dalam penelitian ini akan membandingkan hasil kompresi dari algoritma JPEG dan PCA dengan alat ukur, yaitu MSE dan PSNR.

III. DESAIN PENELITIAN



Gambar 1: Desain Penelitian

Gambar 1 merupakan gambaran secara umum bagaimana rancangan alur penelitian ini dilakukan. Suatu citra akan di kompresi dengan algoritma JPEG dan PCA. Hasil dari kompresi kedua algoritma akan dibandingkan guna mencari hasil kompresi terbaik sehingga mampu untuk meminimalkan penggunaan media penyimpanan dan mendapatkan hasil dengan kualitas yang tidak terlalu jauh dari citra aslinya.

Selanjutnya istilah-istilah kompresi dalam penelitian ini akan dibahas.



A. Kompresi

Kompresi merupakan suatu teknik yang digunakan untuk memperkecil suatu data sehingga didapatkan ukuran yang lebih kecil dibandingkan ukuran aslinya, yang secara langsung meminimalkan penggunaan media penyimpanan, dengan cara mencari pola-pola yang berulang pada suatu data dan menggantinya dengan sebuah penanda [1,2,3,4,5]. Secara umum teknik kompresi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1) *Metode Lossless* : suatu kelas dari algoritma kompresi yang memberikan kemungkinan data yang asli dapat disusun kembali atau dikembalikan dari data kompresi [1,5,6]

2) *Metode Lossy* : suatu metode yang digunakan untuk mengompresi data dan mendekompresikan data tersebut. Data asli dan data kompresi yang didapatkan tentu berbeda, namun perbedaan tersebut sangatlah tipis [1,5,6].

B. Citra Digital

Citra digital dapat diartikan sebagai fungsi dari dua buah variabel $f(x,y)$, dimana x dan y merupakan koordinat spasial dan nilai dari $f(x,y)$ adalah intensitas dari suatu citra terhadap koordinat tersebut atau dapat juga dikatakan sebagai informasi dalam bidang dua dimensi [2,7,8]. Citra juga merupakan sebuah gambaran, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek atau dapat juga dikatakan sebagai media yang digunakan untuk menyimpan data secara visual, seperti gambar dua dimensi yang digunakan untuk menyimpan suatu kejadian [4,9,10].

C. Joint-Photographic Experts Group (JPEG)

Joint-Photographic Experts Group (JPEG) merupakan salah satu format dalam citra yang menggunakan kompresi *lossy*, namun mengalami penurunan kualitas dari citra itu sendiri. Format JPEG ini sangat tepat digunakan untuk menyimpan citra fotografi karena memiliki ukuran yang kecil dan baik bagi penglihatan manusia [6,7,11].

D. Principal Component Analysis (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) merupakan teknik untuk membuat suatu *dataset* menjadi lebih sederhana, dengan mengurangi *dataset* multidimensional ke dimensi yang lebih rendah, hal itu dilakukan dengan cara mengambil bagian dimensi yang penting [8,12]. PCA memiliki tujuan untuk mengurangi dimensionalitas data dan tetap menjaga sebanyak mungkin variansi yang muncul dalam *dataset* [8,12]. Langkah-langkah dalam melakukan algoritma PCA [12]:

1) *Scaling*: membuat suatu *dataset* memiliki sebaran data menjadi lebih baik.

2) *Menghitung covariance matrix*: mengetahui matriks dari variansi yang ada.

3) *Menghitung nilai eigen dan vektor eigen*: mengetahui sejauh mana dimensionalitas dari suatu *dataset* dapat dipotong. Dimana dimensi yang memiliki nilai *eigen* yang besar merupakan dimensi yang sangat penting dalam *dataset*.

4) *Menghitung score*: nilai akhir dari *dataset* yang dapat mewakili *dataset* itu sendiri.

E. Mean Square Error (MSE)

Mean square error (MSE) digunakan sebagai alat untuk mengukur atau menghitung nilai rata-rata kesalahan (*error*) pada sebuah citra, semakin kecil nilai dari suatu MSE maka akan semakin baik hasilnya, yang artinya kualitas citra yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan citra aslinya [13]. Perumusan MSE ditunjukkan pada perumusan (1) [13].

$$MSE = \frac{1}{3MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [f(x,y) - f'(x,y)]^2 \quad (1)$$

F. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) merupakan perbandingan nilai sinyal antara citra *cover* dengan nilai sinyal citra *stego*, yang sebelumnya telah terjadi perubahan sehingga menghasilkan *noise* terhadap sinyal citra *cover* [13]. *Noise* merupakan sinyal yang mengalami kehancuran pada bagian tertentu dalam sebuah citra digital sehingga dapat mengakibatkan kualitas yang berkurang dari sinyal tersebut [13]. Oleh karena itu, PSNR digunakan untuk menunjukkan kualitas sinyal dari perbandingan antara citra sebelum dan sesudah diproses [13]. Perumusan PSNR ditunjukkan pada perumusan (2) [13].

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (2)$$

IV. HASIL DAN ANALISA

Dalam penelitian ini citra yang digunakan sebagai inputan adalah citra pas photo grayscale dan truecolor dengan berbagai ukuran maupun dimensional. Pada Tabel 1 berikut ini merupakan citra visual yang akan digunakan sebagai input dalam penelitian ini.

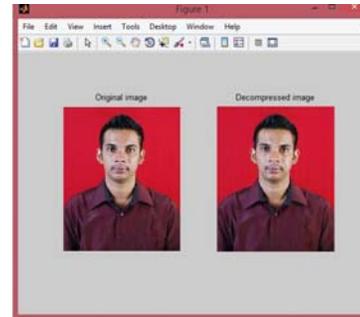
Algoritma kompresi yang akan diterapkan pada citra pas photo ini adalah *Joint-Photographic Experts Group* (JPEG) dan *Principal Component Analysis* (PCA), yang mana proses kompresi pada penelitian ini diimplementasikan dengan menggunakan MATLAB. Pada Gambar 4 berikut ini merupakan contoh implementasi kompresi dengan menggunakan MATLAB.

Hasil dari kompresi JPEG dan PCA tersebut akan diukur serta dibandingkan dengan menghitung rasio kompresi dengan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) dan *Mean Square Error* (MSE). Dengan menghitung rasio kompresi PSNR dan MSE, dapat dilihat kualitas dari hasil kompresi kedua algoritma yang digunakan tersebut, yaitu JPEG dan PCA. Pada Tabel 2 berikut ini merupakan hasil dari perbandingan ukuran sesudah dan sebelum proses kompresi dengan algoritma JPEG.

Rata-rata rasio kompresi yang didapat dari kompresi citra pas photo adalah 0.457134336. Rasio Kompresi yang lebih kecil daripada 1 menunjukkan bahwa dengan algoritma JPEG citra dapat direduksi hampir setengah dari citra awal atau citra sebelum kompresi.

TABEL I
 CITRA PAS PHOTO

No.	Dimensional Citra	Citra
1.	230 x 320 (Truecolor)	
2.	330 x 450 (Truecolor)	
3.	450 x 660 (Truecolor)	
4.	660 x 1020	
5.	230 x 320 (Grayscale)	
6.	330 x 450 (Grayscale)	
7.	450 x 660 (Grayscale)	
8.	660 x 1020 (Grayscale)	



Gambar 4. Implementasi Kompresi PCA

TABEL II
 PERBANDINGAN RASIO KOMPRESI JPEG

Dimensi citra	Jenis Citra	Ukuran Awal (KB)	Ukuran Kompresi (KB)	Rasio Kompresi
230 x 320	Truecolor	41.6	23.32	0.560576923
	Grayscale	19.9	7.3	0.366834171
330 x 450	Truecolor	59.9	26.32	0.439398998
	Grayscale	33.2	18	0.542168675
450 x 660	Truecolor	101	41.3	0.408910891
	Grayscale	53.2	31.3	0.588345865
660 x 1020	Truecolor	197	71.6	0.363451777
	Grayscale	99.9	38.7	0.387387387
Rata-rata Rasio Kompresi				0.457134336

Pada Tabel 3 berikut ini merupakan perbandingan rasio kompresi dengan algoritma PCA yang diimplementasikan pada citra pas *photo*.

TABEL III
 PERBANDINGAN RASIO KOMPRESI PCA

Dimensi Citra	Jenis Citra	Ukuran Awal (KB)	Ukuran Kompresi (KB)	Rasio Kompresi
230 x 320	Truecolor	41.6	24.03	0.5776039
	Grayscale	19.9	24.13	1.2124588
330 x 450	Truecolor	59.9	30.49	0.5090352
	Grayscale	33.2	18.51	0.5574936
450 x 660	Truecolor	101	47.18	0.4671353
	Grayscale	53.2	27.54	0.5176148
660 x 1020	Truecolor	197	88.44	0.4489312
	Grayscale	99.9	68.04	0.6811206
Rata-rata Rasio Kompresi				0.6214242



Hasil perhitungan rasio kompresi dengan PCA yaitu 0.6214242. Sama halnya dengan JPEG, nilai rasio kompresinya masih berada di bawah 1 sehingga tidak banyak informasi yang hilang di dalamnya.

Selain menganalisa ukuran citra sebelum dan sesudah kompresi, tahap selanjutnya harus dilakukan analisa dengan membandingkan kualitas citra hasil kompresi kedua algoritma yang digunakan dengan *Mean Square Error* (MSE) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), seperti yang ditunjukkan pada Tabel IV berikut ini.

TABEL IV
HASIL KUALITAS CITRA KOMPRESI JPEG DAN PCA

Dimensional	Jenis Citra	MSE JPEG	MSE PCA	PSNR JPEG	PSNR PCA
230 x 320	Truecolor	23.2882	44.7956	26.9556	31.6184
	Grayscale	18.0900	34.6595	35.3844	32.5606
330 x 450	Truecolor	22.6655	43.3958	27.0760	31.7563
	Grayscale	13.8525	28.4619	36.5071	33.3813
450 x 660	Truecolor	23.7643	43.6219	26.8743	31.7338
	Grayscale	7.3211	18.5205	38.7385	34.7078
660 x 1020	Truecolor	18.9766	34.2622	27.8543	32.7826
	Grayscale	5.2755	13.0362	40.5607	36.6310
Rata-rata		16.6542	32.5942	32.4939	33.1465

Rata-rata nilai MSE dan PSNR pada citra pas photo yang dikompresi dengan JPEG adalah 16.6542 dan 32.4939. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa citra pas photo dengan format .jpg apabila dikompresi dengan algoritma JPEG menghasilkan citra dengan kualitas yang bagus dan error yang kecil.

Sedangkan rata-rata MSE dan PSNR untuk implementasi citra pas photo dengan menggunakan algoritma PCA yaitu 32.5942 dan 33.1465. Nilai error yang dihasilkan dari kompresi dengan algoritma PCA lumayan tinggi jika dibandingkan dengan kompresi JPEG. Namun kualitas citra yang dihasilkan hampir sama dengan JPEG.

V. KESIMPULAN

Teknik Kompresi sangat dibutuhkan guna memperkecil ukuran dari suatu citra, sehingga dapat meminimalkan penggunaan media penyimpanan. Tidak hanya memperkecil ukuran suatu citra, namun sedapat mungkin suatu teknik kompresi mampu menghasilkan citra yang kualitasnya tidak terlalu jauh dari citra aslinya. Dengan membandingkan algoritma JPEG dan PCA, yang diukur dengan MSE dan PSNR, diperoleh hasil bahwa rata-rata MSE dan PSNR algoritma PCA dapat dikatakan tinggi jika dibandingkan dengan algoritma JPEG. Namun dari segi kualitas citra yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan algoritma JPEG.

Dapat dikatakan bahwa algoritma JPEG mampu menghasilkan citra yang lebih baik dibandingkan algoritma PCA. Namun, algoritma PCA tidaklah buruk untuk dijadikan alternatif dalam kompresi citra pas foto.

REFERENSI

- [1] Andika Satyapratama, Widjianto, dan Mahmud Yunus. Analisis Perbandingan Algoritma LZW dan Huffman Pada Kompresi Citra File Gambar BMP dan PNG. *Jurnal Teknologi Informasi*, 2015; Vol.6 No.2: p.69-81.
- [2] Iwan Fitrianto Rahmad dan Helmi Kurniawan. Kompresi File Citra Bitmap Menggunakan Algoritma RLE dan LZ78. *CSRID Journal*, Juni 2011; Vol.3 No.2: p.81-92.
- [3] Irmalia Suryani Faradisa dan Bara Firmana Budiono. Implementasi Metode Huffman Sebagai Teknik Kompresi Citra. *Jurnal Elektro ELTEK*, Oktober 2011; Vol.2 No.2: p.176-182.
- [4] Kharisma Mahesa dan Karpen. Rancang Bangun Aplikasi Kompresi dan Dekompresi Pada Citra Digital Menggunakan Metode Huffman. *PROCESSOR*, April 2017; Vol.12 No.1: p.997-1012.
- [5] Winda Kusdianti dan Anindita Septiarini. Kompresi Pada Citra Digital Menggunakan Algoritma Run Length Encoding. *SCAN*, Februari 2014; Vol.9 No.1: p.29-32.
- [6] Juma'in dan Yuliana Melita. Kompresi Gambar atau Citra Menggunakan Discrete Cosine Transform. *Jurnal Teknika*, 2011; Vol.3 No.2: p.243-248.
- [7] Dika Asoka Masatu, Indah Soesanti, dan Hanung Adi Nugroho. Penerapan Algoritma Kompresi JPEG dan Metode Fuzzy C-Means Pada Kompresi Citra Berbasis Entropi. *Jurnal Penelitian Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, April 2014; Vol.1 No.1: p.7-11.
- [8] I Dewa Gede Angga Prastika, Widyadi Setiawan, dan Pande Ketut Sudiarta. Analisis Sistem Pengenalan Karakter Plat Kendaraan Dari Citra Kendaraan. *Teknologi Elektro*, Juli-Desember 2016; Vol.15 No.2: p.21-25.
- [9] Anton Yudhana, Sunardi, dan Shoffan Saifullah. Perbandingan Segmentasi Pada Citra Asli dan Citra Kompresi Wavelet Untuk Identifikasi Telur. *Jurnal Ilmiah ILKOM*, Desember 2016; Vol.8 No.3: p.190-196.
- [10] Gusti Rai Agung Sugiarta, Made Sudarma, dan I Made Oka Widyantara. Ekstraksi Fitur Warna, Tekstur dan Bentuk untuk Clustered-Based Retrieval of Images (CLUE). *Teknologi Elektro*, Januari-April 2017; Vol.16 No.1: p.85-90.
- [11] Hendri. Kompresi Citra dari Format BMP ke Format PNG. *Jurnal TIME*, 2014; Vol.3 No.1: p.27-31.
- [12] Ikhwannul Kholis dan Syah Alam. Sistem Pengenalan Wajah Dengan Menggunakan Backpropagation Artificial Neural Network dan Principal Component Analysis. *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, Oktober-Desember 2016; Vol.5 No.20: p.343-354.
- [13] Ahmad Aidil Fitri, Megah Mulya, dan Alfariisi. Steganografi Pada Citra Digital Berwarna 32-Bit Menggunakan Least Significant Bit. *Prosiding Annual Research Seminar*, 2016; Vol.2 No.1: p.169-172.