

PERBANDINGAN KINERJA OPERATOR SOBEL DAN LAPLACIAN OF GAUSSIAN (LOG) TERHADAP ACUAN CANNY UNTUK MENDETEKSI TEPI CITRA

Rico Eko Wibowo^{*)}, R. Rizal Isnanto, and Ajub Ajulian Zahra

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail : rico_espada01@yahoo.com

Abstrak

Pengolahan citra digital merupakan proses memanipulasi dan menganalisis citra menggunakan bantuan komputer yang bertujuan untuk memperbaiki, mengekstrak informasi, serta menambah kualitas citra. Deteksi tepi merupakan salah satu proses pada pengolahan citra digital yaitu pada tahap segmentasi. Pada penelitian ini dibuat aplikasi pendeteksian tepi menggunakan Matlab yang mengimplementasikan metode deteksi tepi Sobel, LoG, dan Canny. Selain mendeteksi tepi, aplikasi ini mampu menghitung indeks kualitas citra untuk membandingkan hasil kualitas citra hasil deteksi tepi. Detektor tepi Canny digunakan sebagai acuan karena citra hasil deteksi tepi yang dihasilkan paling baik dibandingkan menggunakan detektor tepi yang lainnya. Hasil pengujian pada penelitian menunjukkan bahwa citra hasil deteksi tepi menggunakan operator LoG lebih unggul dalam mengolah citra deteksi tepi wajah dan bentuk dibandingkan operator Sobel, sedangkan operator Sobel lebih unggul dalam mengolah citra deteksi tepi karakter dibandingkan operator LoG. Pengujian dengan acuan Canny menunjukkan bahwa operator Sobel memiliki keunggulan dengan nilai indeks kualitas citra yang lebih tinggi dibandingkan dengan operator LoG.

Kata kunci : pengolahan citra digital, deteksi tepi, indeks kualitas citra, Matlab

Abstract

Digital image processing is a process to manipulate and analyze image by using computer assistance to restore, extracting information, and increasing image quality. Edge detection was one process in digital image processing for segmentation stage. The function of edge detection is to extract the information required in next stage process. In this research Matlab is used to apply edge detection application based on the Sobel edge detection method, LoG, and Canny. In addition to detecting the edges, this application is able to calculate image quality index to compare the image quality of edge detection results. Canny edge detection is used as a reference because edge results generated using Canny is the best compared to other edge detectors. Test results show that the edge detection image using LoG operator is better in processing facial edge detection and shape than Sobel operator, while Sobel operator have better edge image in processing character than LoG operator. The test using Canny reference indicate that Sobel operators have advantages with higher values in image quality index over the LoG operator.

Keywords : digital image processing, edge detection, image quality index, Matlab

1. Pendahuluan

Semakin berkembangnya aplikasi yang berbasis pengolahan citra digital dewasa ini mengharuskan pembuat aplikasi untuk memilih metode paling baik dalam pembuatan aplikasinya. Pada umumnya pada proses segmentasi deteksi tepi merupakan pendekatan yang paling umum untuk pendeteksian diskontinuitas nilai intensitas, seperti diskontinuitas yang dideteksi oleh turunan pertama dan kedua. Ide dasar dibalik deteksi tepi adalah untuk mencari tempat di dalam citra di mana intensitas berubah secara cepat.

Untuk melakukan deteksi tepi terdapat beberapa metode umum yang biasa digunakan antara lain detektor tepi Sobel, detektor tepi Prewitt, detektor tepi Roberts, *Laplacian of Gaussian*, *zero crossing*, dan detektor tepi Canny. Karena banyaknya metode yang dapat dilakukan maka terkadang kita kesulitan menentukan metode manakah yang paling sesuai untuk aplikasi yang akan kita buat. Untuk itu saya akan melakukan analisis perbandingan dari operator Sobel dan LoG untuk menguji hasil deteksi tepi citra yang dihasilkan. Digunakan detektor tepi Canny sebagai acuan, karena metode Canny dinilai sangat baik digunakan untuk mendeteksi tepi citra^[7].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan aplikasi deteksi tepi yang menerapkan metode Sobel, *Laplacian of Gaussian*, dan Canny untuk mendeteksi tepi citra dengan perangkat MATLAB R2013a serta menguji kinerja operator deteksi tepi yang digunakan dengan mengukur indeks kualitas citra dan penglihatan manusia *Ratio* terhadap hasil detektor tepi Canny.

Penulisan penelitian ini memiliki batasan pada permasalahan berikut :

1. Metode deteksi tepi yang digunakan adalah metode Sobel, LoG, dan Canny.
2. Citra yang digunakan untuk pendeteksian tepi merupakan citra warna dalam format JPEG (ekstensi *.jpg).
3. Tidak membahas tentang teknik kompresi citra.
4. Aplikasi berjalan pada Sistem Operasi Windows 8.1 Professional 64 bit, dibuat dengan menggunakan perangkat MATLAB R2013a.
5. Pengujian deteksi tepi citra mencakup citra karakter (plat nomor), citra wajah, dan citra bentuk (mobil).
6. Parameter perbandingan yang digunakan merupakan indeks kualitas citra dan penilaian penglihatan manusia

2. Metode

2.1 Detektor tepi Sobel

Operator sobel merupakan magnitudo dari gradien yang dihitung dengan :

$$M = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \quad (2.1)$$

Dalam hal ini, turunan parsial dihitung dengan:

$$s_x = (a_2 + ca_3 + a_4) - (a_0 + ca_7 + a_6) \quad (2.2)$$

$$s_y = (a_0 + ca_1 + a_{22}) - (a_6 + ca_5 + a_4) \quad (2.3)$$

Dengan konstanta $c = 2$. Dalam bentuk *mask*, s_x dan s_y dapat dinyatakan sebagai:

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ dan } S_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Arah tepi dihitung dengan persamaan :

$$a(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{s_y}{s_x} \right) \quad (2.4)$$

2.2 Detektor tepi LoG

Operator LoG merupakan operator turunan kedua yang dihitung dengan:

$$\nabla^2 G(x, y) = \left(\frac{x^2 + y^2 - 2s^2}{s^4} \right) e^{-\frac{(x^2 + y^2)}{2s^2}} \quad (2.5)$$

Fungsi $\nabla^2 G(x, y)$ merupakan turunan kedua dari fungsi

Gauss, kadang-kadang disebut juga fungsi *Laplacian of Gaussian* (LoG). Jadi, untuk mendeteksi tepi dari citra yang mengalami gangguan, kita dapat melakukan salah satu dari dua operasi ekuivalen dibawah ini:

1. Konvolusi citra dengan fungsi Gauss $G(x, y)$, kemudian lakukan operasi Laplacian terhadap hasilnya, atau
2. Konvolusi citra dengan penapis LoG.

2.3 Detektor tepi Canny

Operator Canny merupakan detektor tepi yang paling baik yang prosesnya dapat ditunjukkan berdasar algoritma berikut ini :

1. Penghalusan Gaussian pada citra masukan $I(i, j)$.
2. Tiap piksel pada citra terhaluskan $J(i, j)$, dihitung gradien J_x dan J_y . Kemudian dilakukan estimasi kuat tepi dengan rumus 2.6 berikut:

$$e_s(i, j) = \sqrt{J_x^2(i, j) + J_y^2(i, j)} \quad (2.6)$$

Berikutnya estimasi arah atas vektor normal tepi dengan:

$$e_o(i, j) = \arctan \frac{J_x}{J_y} \quad (2.7)$$

Keluaran berupa citra penguatan E_s yang dibentuk dari $E_s(i, j)$ dan citra arah $E_o(i, j)$.

3. Penghapusan nilai tak maksimum
4. Pengambangan histerisis yang akan menghasilkan keluaran berupa himpunan senarai yang masing-masing menggambarkan posisi dari kontur terhubung citra maupun citra-citra hasil penguatan dan citra-citra arahnya.

2.4 Parameter Perbandingan Kualitas Citra

Untuk membandingkan kualitas citra yang dihasilkan masing – masing operator dibutuhkan parameter untuk mengetahui analisis kualitas citra secara detail. Dalam mengukur baik atau buruknya kualitas citra digunakan beberapa parameter sebagai berikut:

a) Indeks Kualitas Citra

Indeks kualitas citra ini diperkenalkan oleh Zou Wang dan Alan C. Bovik ilmuwan dari The University of Texas. Alasan digunakannya indeks kualitas ini adalah karena mudah dalam perhitungannya, dapat memberikan perbandingan yang berarti dari berbagai macam jenis distorsi citra. Berikut ini penjabaran rumus indeks kualitas citra. Misalkan $x = (x_i | i = 1, 2, \dots, N)$ dan $y = (y_i | i = 1, 2, \dots, N)$ berturut-turut adalah citra asli dan citra yang diuji. Indeks kualitas didefinisikan sebagai berikut :

$$Q = \frac{4\sigma_{xy} \bar{x}\bar{y}}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)[(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2]} \quad (2.8)$$

$$\text{Dimana, } \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i,$$

$$\sigma^2 x = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2,$$

$$\sigma^2 y = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2,$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

b) Sistem Penglihatan Manusia

Citra merupakan hasil dari persepsi indera penglihatan manusia, maka untuk menilai kualitas sebuah citra yang paling mudah adalah dengan mata. Untuk sistem penglihatan manusia digunakan kriteria fidelitas yang berguna untuk mengukur kualitas citra dan untuk penilaian suatu hasil teknik proses atau sistem penglihatan. Digunakan kriteria subjektif yaitu skala kebaikan yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala kebaikan citra

Skala Kebaikan	Nilai
Sangat Baik	5
Baik	4
Sedang	3
Buruk	2
Sangat Buruk	1

2.5 Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini dapat digambarkan melalui bagan umum sistem yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan umum sistem

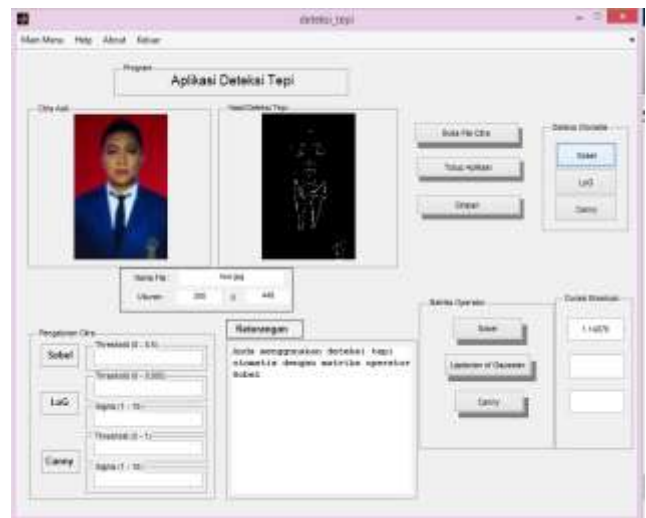
Sistem yang dirancang merupakan aplikasi deteksi tepi yang mampu mengolah citra masukan menjadi citra deteksi tepi yang menerapkan metode deteksi tepi operator Sobel, operator LoG, dan operator Canny. Tahap – tahap pengolahan citra tersebut dapat dijelaskan melalui bagan alir yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.

3. Hasil dan Analisis

Program dibagi menjadi 2 (dua) bagian utama, yaitu program GUI Aplikasi Deteksi Tepi dan GUI Perhitungan Indeks Kualitas Citra. GUI Aplikasi Deteksi Tepi digunakan untuk mengolah citra masukan menjadi citra deteksi tepi dengan operator deteksi tepi Sobel, LoG, ataupun Canny. GUI Perhitungan Indeks Kualitas Citra digunakan untuk membandingkan hasil citra deteksi tepi dengan menggunakan perhitungan indeks kualitas citra. Contoh tampilan dari aplikasi deteksi tepi menggunakan ketiga operator tersebut dapat ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 2. Bagan alir aplikasi deteksi tepi



Gambar 3. Contoh tampilan penggunaan aplikasi deteksi tepi menggunakan operator Sobel

Pada tahap pengujian digunakan 3 jenis citra masukan yang akan dideteksi tepi. Ketiga citra masukan tersebut terdiri dari citra karakter, citra wajah, dan citra bentuk. Langkah pertama untuk menguji kinerja ketiga operator tersebut adalah dengan mencari hasil deteksi tepi yang terbaik setiap operator. Setelah hasil deteksi tepi terbaik tiap operator terdeteksi kemudian masing – masing dibandingkan dengan membandingkan ukuran file yang dihasilkan, kecepatan proses, banyaknya derau, dan jelas tidaknya tepi yang dihasilkan.

3.1 Perbandingan Citra Deteksi Tepi Karakter



Gambar 4. Tampilan hasil deteksi tepi citra karakter

Tabel 2 Analisis perbandingan deteksi tepi citra karakter

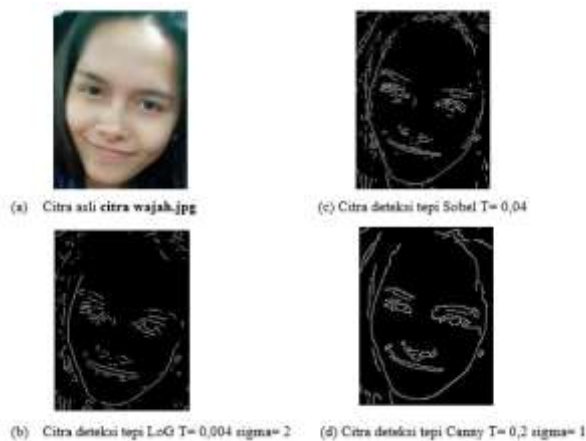
No.	Parameter yang dibandingkan	Hasil deteksi tepi Sobel	Hasil deteksi tepi LoG	Hasil deteksi tepi Canny
1.	Derau pada citra deteksi tepi*	Tampak	Tampak	Tidak Tampak
2.	Jelas tidaknya karakter yg dideteksi*	Jelas	Tidak Jelas	Jelas
3.	Lamanya proses deteksi	0,05 detik	0,06 detik	0,1 detik
4.	Ukuran file citra deteksi tepi	25,4 kb	30,5 kb	24,8 kb

*berdasarkan kemampuan penglihatan manusia

Pada perbandingan hasil deteksi tepi citra karakter antara operator Sobel dan LoG, kelebihan dan kelemahannya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Operator Sobel menghasilkan tepi citra karakter yang lebih jelas dibandingkan operator LoG.
2. Operator Sobel memproses tepi citra karakter lebih cepat dibandingkan operator LoG.
3. Ukuran file deteksi tepi citra yang dihasilkan operator Sobel lebih kecil dibandingkan operator LoG.

3.2 Perbandingan Citra Deteksi Tepi Wajah



Gambar 5. Tampilan hasil deteksi tepi citra wajah

Tabel 3 Analisis perbandingan deteksi tepi citra wajah

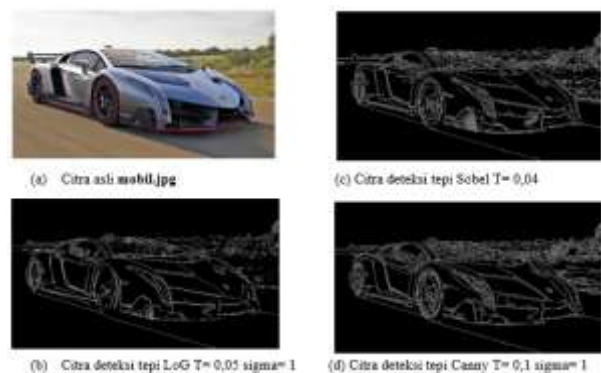
No.	Parameter yang dibandingkan	Hasil deteksi tepi Sobel	Hasil deteksi tepi LoG	Hasil deteksi tepi Canny
1.	Derau pada citra deteksi tepi*	Tampak	Tampak	Tidak Tampak
2.	Jelas tidaknya wajah yg dideteksi*	Tidak Jelas	Jelas	Jelas
3.	Lamanya proses deteksi	0,03 detik	0,04 detik	0,05 detik
4.	Ukuran file citra deteksi tepi	11,8 kb	9,34 kb	9,49 kb

*berdasarkan kemampuan penglihatan manusia

Pada perbandingan hasil deteksi tepi citra wajah antara operator Sobel dan LoG, kelebihan dan kelemahannya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Operator LoG menghasilkan tepi citra wajah yang sama jelas dengan operator Sobel.
2. Operator Sobel memproses tepi citra wajah lebih cepat dibandingkan operator LoG.
3. Ukuran file deteksi tepi citra yang dihasilkan operator LoG lebih kecil dibandingkan operator Sobel.

3.3 Perbandingan Citra Deteksi Tepi Bentuk



Gambar 6. Tampilan hasil deteksi tepi citra bentuk

Tabel 4 Analisis perbandingan deteksi tepi citra bentuk

No.	Parameter yang dibandingkan	Hasil deteksi tepi Sobel	Hasil deteksi tepi LoG	Hasil deteksi tepi Canny
1.	Derau pada citra deteksi tepi*	Tampak	Tidak Tampak	Tidak Tampak
2.	Jelas tidaknya bentuk yg dideteksi*	Jelas	Jelas	Jelas
3.	Lamanya proses deteksi	0,05 detik	0,01 detik	0,2 detik

4.	Ukuran file citra deteksi tepi	102 kb	85,2 kb	97,8 kb
----	--------------------------------	--------	---------	---------

*berdasarkan kemampuan penglihatan manusia

Pada perbandingan hasil deteksi tepi citra bentuk antara operator Sobel dan LoG, kelebihan dan kelemahannya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Operator LoG menghasilkan tepi citra objek yang sama jelas dengan operator Sobel.
2. Operator LoG memproses tepi citra objek lebih cepat dibandingkan operator Sobel.
3. Ukuran file deteksi tepi citra yang dihasilkan operator LoG lebih kecil dibandingkan operator Sobel.

3.4 Analisis Deteksi Tepi Sobel Terhadap Acuan Canny

Pada analisis deteksi tepi Sobel terhadap parameter Canny digunakan 3 metode pengukuran kualitas. Pertama menggunakan indeks kualitas citra untuk mengukur kualitas hasil deteksi tepi. Kedua menggunakan penilaian objektif dari panca indera manusia yaitu mata. Hasil analisis perbandingan hasil deteksi tepi citra operator Sobel terhadap parameter Canny dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Analisis perbandingan hasil deteksi tepi citra operator Sobel terhadap parameter Canny

No.	Jenis Pengujian Citra	Indeks Kualitas Citra	Penglihatan Manusia*
1.	Karakter	0,48283	3,6 (Baik)
2.	Wajah	0,42572	2,6 (Sedang)
3.	Bentuk	0,49668	2,8 (Sedang)
Rata - Rata		0,46841	3 (Sedang)

*berdasarkan survei sepuluh responden menggunakan skala kebaikan^[8]

Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa pada hasil deteksi menggunakan operator Sobel dengan ketiga citra pengujian dibandingkan menggunakan acuan Canny menunjukkan rata – rata indeks kualitas citra sebesar 0,46841 dan sistem penglihatan manusia menunjukkan skala 3 yang berarti berkualitas sedang. Dalam pengujian menggunakan operator Sobel dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kualitas pada deteksi tepi wajah, hal ini dapat

disimpulkan melalui besar indeks kualitas citra, dan skala kebaikan yang menurun. Pada deteksi tepi citra karakter dan objek nilai indeks kualitas citra bernilai 0,48 dan 0,49 sedangkan pada deteksi tepi wajah menurun menjadi 0,42. Pada penilaian berdasar sistem penglihatan manusia pada deteksi tepi citra karakter dan bentuk memiliki nilai 3,6 dan 2,8 kemudian pada deteksi tepi wajah menurun menjadi 2,6. Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa hasil deteksi tepi operator Sobel tidak begitu baik dalam mendeteksi tepi citra wajah dibandingkan dengan acuan Canny.

3.5 Analisis Deteksi Tepi LoG Terhadap Acuan Canny

Pada analisis deteksi tepi LoG terhadap acuan Canny digunakan 3 metode pengukuran kualitas. Pertama menggunakan indeks kualitas citra untuk mengukur kualitas hasil deteksi tepi. Kedua menggunakan penilaian objektif dari panca indera manusia yaitu mata. Hasil analisis perbandingan hasil deteksi tepi citra operator Sobel terhadap acuan Canny dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6 Analisis perbandingan hasil deteksi tepi citra operator LoG terhadap Acuan Canny

No.	Jenis Pengujian Citra	Indeks Kualitas Citra	Penglihatan Manusia*
1.	Karakter	0,37727	2,5 (Buruk)
2.	Wajah	0,32197	3,1 (Sedang)
3.	Bentuk	0,37654	3,3 (Sedang)
Rata - Rata		0,35859	2,97 (Sedang)

*berdasarkan survei sepuluh responden menggunakan skala kebaikan^[8]

Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa pada hasil deteksi menggunakan operator LoG dengan ketiga citra pengujian dibandingkan menggunakan acuan Canny menunjukkan rata – rata indeks kualitas citra sebesar 0,35859, dan sistem penglihatan manusia menunjukkan skala 2,97 yang berarti berkualitas sedang. Dalam pengujian menggunakan operator LoG dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kualitas pada deteksi tepi wajah dan karakter, hal ini dapat disimpulkan melalui besar indeks kualitas citra dan skala kebaikan yang menurun. Pada deteksi tepi citra karakter dan bentuk nilai indeks kualitas citra sama – sama bernilai 0,37 sedangkan pada

deteksi tepi wajah menurun menjadi 0,32. Pada penilaian berdasar sistem penglihatan manusia pada deteksi tepi citra wajah dan bentuk memiliki nilai 3,1 dan 3,3 kemudian pada deteksi tepi karakter menurun menjadi 2,5. Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa hasil deteksi tepi operator LoG tidak begitu baik dalam mendeteksi tepi citra karakter dan wajah dibandingkan dengan acuan Canny.

4. Kesimpulan

Hasil deteksi tepi citra LoG mampu menghasilkan citra deteksi tepi wajah dan bentuk lebih baik dibandingkan Sobel. Sedangkan hasil deteksi tepi citra Sobel mampu menghasilkan citra deteksi karakter yang lebih baik dibandingkan LoG. Kualitas citra hasil deteksi tepi operator Sobel dan operator LoG secara keseluruhan cukup baik dibandingkan dengan parameter Canny. Operator Sobel memiliki rata – rata indeks kualitas yang lebih tinggi dibandingkan operator LoG ($0,46841 > 0,35859$). Detektor tepi Canny mampu menghasilkan citra deteksi tepi yang sangat baik sehingga mampu dijadikan parameter terhadap metode deteksi yang lain. Pengembangan penelitian dapat dilakukan dengan mengubah metode deteksi dan penambahan parameter perbandingan kualitas dengan jarak Euclidean.

Referensi

- [1]. Arhami, M., dan A. Desiani, “*Pemrograman MATLAB*”, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2005.
- [2]. Awcock, G.J. and Thomas, R, “*Application of Image Processing*”, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1996.
- [3]. Heath, M., S. Sarkar, T. Sanocki, and K.W. Bowyer. “*Comparison of Edge Detectors: A Methodology and Initial Study* “. Computer Vision and Image Understanding, vol. 69, no. 1, pp. 38-54 Jan. 1998.
- [4]. Isnanto, R.R. “*Perbandingan Kinerja Antara Detektor Canny dan Tapis Frei-And Chen Dalam Mendeteksi Tepi Citra*”, Proceedings SNTE, Yogyakarta, 2003.
- [5]. Maqrifad Q.A, P. “*Analisis Perbandingan Pendeteksi Garis Tepi pada Citra Digital antara Metode Edge Linking dan Operator Sobel*”. Skripsi S-1, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2010.
- [6]. Munir, R. “*Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*”, Penerbit Informatika, Bandung, 2004.
- [7]. Mamta, J and P. S. Sandhu, “*Performance Evaluation of Edge Detection Techniques for Images in Spatial Domain*”, International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol. 1, No. 5, December. 2009.
- [8]. Nugroho, C.B., “*Proses Pemampatan Citra dengan Standar Kompresi JPEG*”, Skripsi Mahasiswa S-1 Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [9]. Paulus, E., dan Y. Nataliani, “*Cepat Mahir GUI Matlab*”, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2007.
- [10]. Prasetyo, E. “*Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan MATLAB*”, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2011.
- [11]. Putra, A, “*Pengolahan Citra*”, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta, 2007.
- [12]. Sugiharto, A. “*Pemrograman GUI dengan MATLAB*”, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006.
- [13]. Z. Wang and A. C. Bovik, “*A Universal Image Quality Index*,” IEEE Signal Processing Letters, vol. 9, pp. 81–84, Mar. 2002.