

PERBANDINGAN METODE ROBERTS DAN SOBEL DALAM MENDETEKSI TEPI SUATU CITRA DIGITAL

Lia Amelia ⁽¹⁾

Rini Marwati ⁽²⁾

ABSTRAK

Pengolahan citra digital merupakan proses yang bertujuan untuk memanipulasi dan menganalisis citra dengan bantuan komputer. Salah satu teknik pengolahan citra yang digunakan adalah deteksi tepi (*edge detection*). Deteksi tepi adalah proses untuk menentukan lokasi titik-titik yang merupakan tepi obyek. Data yang digunakan dalam deteksi tepi berupa citra digital. Citra dari sudut pandang matematis, merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi $f(x,y)$, dengan x dan y adalah koordinat spasial dan amplitudo f pada pasangan koordinat (x,y) yang disebut intensitas atau derajat keabuan citra pada titik tersebut. Jika x , y , dan f semuanya berhingga, dan nilainya diskrit, citra tersebut merupakan citra digital. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk pendeteksian tepi, contohnya adalah metode Roberts dan Sobel. Kedua buah metode ini dalam penghitungannya berbasis gradien. Metode Sobel lebih baik dibanding dengan metode Roberts, karena operator dan ukuran *kernel* yang digunakan berbeda. Metode Roberts menggunakan operator Roberts berukuran 2x2 piksel, sedangkan metode Sobel menggunakan operator Sobel berukuran 3x3 piksel. Metode Roberts lebih menekankan penghitungan gradien arah diagonal sedangkan Sobel lebih ke arah vertikal dan horisontalnya. Dalam skripsi ini akan dilakukan perbandingan antara metode Roberts dengan metode Sobel. Parameter yang digunakan adalah secara visual dan dari jumlah piksel warna putih pada citra keluaran. Perangkat yang digunakan dalam skripsi ini dengan menggunakan Matlab 7.0.

Kata kunci: *pengolahan citra digital, deteksi tepi, Roberts, Sobel, Matlab 7.0*

I. PENDAHULUAN

Citra (*image*), istilah lain untuk gambar, sebagai salah satu komponen multimedia yang berperan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra dari sudut pandang matematis, merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi $f(x,y)$, dengan x dan y adalah koordinat spasial dan amplitudo f pada pasangan koordinat (x,y) yang disebut intensitas atau derajat keabuan citra pada titik tersebut. Jika x , y , dan f semuanya berhingga, dan nilainya diskrit, citra tersebut merupakan citra digital (Gonzalez *et al.*, 2004:2). Citra digital adalah citra yang disimpan dalam format digital (dalam bentuk *file*). “Pengolahan citra digital merupakan proses yang bertujuan untuk memanipulasi dan menganalisis citra digital dengan bantuan komputer” (Fahzuanta, 2011:1).

Salah satu teknik pengolahan citra yang digunakan adalah deteksi tepi (*edge detection*). Deteksi tepi adalah hal yang umum dalam proses pengolahan citra digital karena merupakan salah satu langkah awal dalam melakukan segmentasi citra, yang bertujuan untuk membagi wilayah-wilayah yang homogen. Menurut Hambali (2011:5) bahwa “Deteksi tepi yaitu proses untuk menentukan lokasi titik-titik yang merupakan tepi obyek”.

Dalam penggunaannya, deteksi tepi menggunakan operator berbasis turunan pertama dan turunan kedua. Saat ini telah ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam mendeteksi tepi, contohnya adalah metode Roberts dan Sobel, Prewitt, *Laplacian of Gaussian* (LoG), Canny, dan sebagainya. Dalam penulisan skripsi ini, akan dibahas dua buah metode deteksi tepi, yaitu metode Roberts dan Sobel, karena kedua metode ini lebih mudah dalam menyelesaikan penghitungannya. Kedua metode deteksi tepi ini menghasilkan citra yang berbeda, dimana citra yang dihasilkan metode Sobel lebih baik dan jumlah piksel warna putih yang diperoleh lebih banyak dibanding dengan metode Roberts.

Metode Roberts merupakan metode yang menggunakan operator Roberts. Operator Roberts adalah operator yang berbasis gradien yang menggunakan dua buah *kernel* yang berukuran 2x2 piksel. Operator ini mengambil arah diagonal untuk

penentuan arah dalam penghitungan nilai gradien. Sedangkan, metode Sobel merupakan metode yang menggunakan operator Sobel. Operator ini menggunakan dua buah *kernel* yang berukuran 3x3 piksel untuk penghitungan gradiennya.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Fungsi Dua Peubah

Fungsi adalah pemetaan yang setiap anggota domainnya dipasangkan dengan tepat satu anggota daerah kawan (Sugiman, 2003:55).

Misalkan f suatu pemetaan yang memadankan setiap pasangan terurut (x,y) dengan bilangan real $z = f(x,y)$. Notasi untuk pemetaan f tersebut adalah:

$$f: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$$

$$f: (x,y) \mapsto z.$$

Fungsi dua peubah dikatakan diskrit, jika daerah nilainya merupakan bilangan real yang terhingga.

2.2 Pengolahan Citra Digital

Pencitraan (*imaging*) adalah kegiatan mengubah informasi dari citra tampak/citra non digital menjadi citra digital. Pengolahan citra digital adalah proses yang bertujuan untuk memanipulasi dan menganalisis citra digital dengan bantuan komputer. Masukannya adalah citra dan keluarannya juga citra tapi dengan kualitas lebih baik daripada citra masukan.

2.3 Pencuplikan dan Kuantisasi Citra

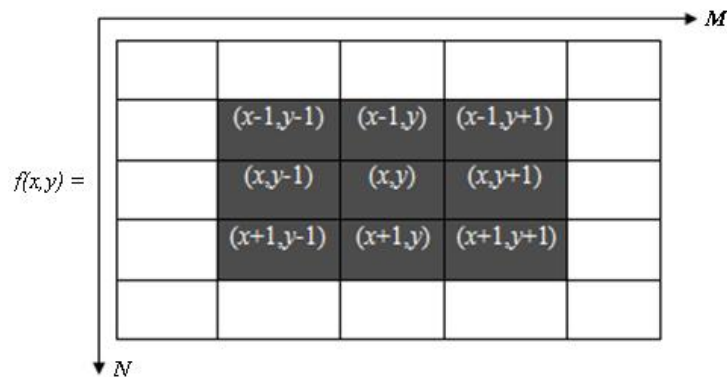
Wijaya dan Prijono (2007:29) berpendapat bahwa suatu citra agar dapat direpresentasikan secara numerik, maka citra harus didigitalisasi, baik terhadap ruang (koordinat (x,y)) maupun terhadap skala keabuannya $f(x,y)$. Proses digitalisasi koordinat (x,y) dikenal sebagai pencuplikan citra (*image sampling*), sedangkan proses digitalisasi derajat keabuan $f(x,y)$ disebut sebagai kuantisasi derajat keabuan (*gray level quantization*).

Hasil dari pencuplikan dan kuantisasi adalah matriks dari bilangan real. Anggap bahwa citra $f(x,y)$ adalah *sample* sehingga citra digital memiliki M kolom dan N baris. Nilai elemen-elemen matriks menyatakan derajat keabuan citra, sedangkan posisi elemen tersebut menyatakan koordinat titik-titik (x,y) dari citra. Nilai dari koordinat (x,y) sekarang menjadi diskrit, seperti berikut:

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \cdots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}. \quad \dots(2-8)$$

2.4 Mekanisme Pemfilteran Spasial

Misalkan diketahui citra $f(x,y)$ berukuran $M \times N$ dan filter $g(x,y)$ berukuran 3×3 seperti gambar berikut.



Gambar 2.10 Citra $f(x,y)$ berukuran $M \times N$

$$g(x,y) = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & w_3 \\ w_8 & w_0 & w_4 \\ w_7 & w_6 & w_5 \end{bmatrix}$$

Gambar 2.11 Filter $g(x,y)$ berukuran 3×3

Hasil mekanisme pemfilteran di titik (x,y) antara bagian citra yang diblok hitam dengan filter $g(x,y)$ ditulis dalam persamaan 2-13

$$h(x,y) = w_0.f(x,y) + w_1.f(x-I,y-I) + w_2.f(x-I,y) + w_3.f(x-I,y+I) + w_4.f(x,y+I) + w_5.f(x+I,y+I) + w_6.f(x+I,y) + w_7.f(x+I,y-I) + w_8.f(x,y-I) \quad \dots(2-15)$$

dengan $h(x,y)$ adalah hasil mekanisme pemfilteran di titik (x,y) dan $w_0, w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7,$ dan w_8 masing-masing adalah bobot dari filter $g(x,y)$.

2.5 Korelasi

Korelasi menurut Sutoyo dkk. (2009:57) adalah “Perkalian antara dua buah fungsi $f(x,y)$ dan $g(x,y)$ ”. Untuk fungsi diskrit korelasi didefinisikan oleh persamaan berikut.

$$h(x,y) = f(x,y) * g(x,y) = \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^N f(k,l).g(x-k,y-l) \quad \dots(2-16)$$

di mana $x, y,$ dan l adalah variabel bebas yang memiliki nilai diskrit yang berupa posisi titik di dalam citra. M dan N adalah batas titik tetangga yang masih memberikan pengaruh ke titik yang sedang ditinjau untuk vertikal dan horisontal. Dalam hal ini $h(x,y)$ disebut hasil korelasi dari citra $f(x,y)$ dengan filter $g(x,y)$. Operasi korelasi dilakukan dengan menggeser filter korelasi piksel per piksel. Hasil korelasi disimpan di dalam matriks yang baru.

2.6 Konvolusi

Konvolusi adalah suatu proses yang cara kerjanya sama dengan proses korelasi, hanya saja nilai-nilai filternya dibalik 180° .

III. METODE ROBERTS DAN SOBEL DALAM MENDETEKSI TEPI SUATU CITRA DIGITAL

3.1 Tepi Objek

Pertemuan antara bagian obyek dan bagian latar belakang disebut tepi obyek. Dalam pengolahan citra, tepi obyek ditandai oleh titik yang nilai keabuannya memiliki perbedaan yang cukup besar dengan titik yang ada disebelahnya.

Ada tiga macam tepi di dalam citra digital, yaitu:

1. Tepi curam

2. Tepi landai
3. Tepi yang mengandung *noise* (derau)

3.2 Deteksi Tepi

Menurut Hambali (2011:5) bahwa “Deteksi tepi yaitu proses untuk menentukan lokasi titik-titik yang merupakan tepi obyek”. Adapun tujuan dari deteksi tepi adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendeteksi garis tepi yang membatasi dua wilayah citra, obyek dan latar belakangnya.
2. Untuk menemukan perubahan intensitas yang berbeda dalam sebuah bidang citra.
3. Untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau obyek di dalam citra.
4. Untuk mencirikan batas obyek dan berguna untuk proses segmentasi dan identifikasi obyek.

3.3 Deteksi Tepi Berbasis Gradien

Deteksi tepi dapat dilakukan dengan menghitung selisih antara dua buah titik yang bertetangga sehingga didapat besar gradien citra. Gradien adalah turunan pertama dari persamaan dua dimensi yang didefinisikan sebagai vektor berikut.

$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}. \quad \dots(3-1)$$

Gradien mempunyai dua sifat penting, yaitu:

1. Vektor $G[f(x, y)]$ menunjukkan arah penambahan laju maksimum dari fungsi $f(x, y)$.
2. Besar gradien sama dengan penambahan laju maksimum dari fungsi $f(x, y)$ per satuan jarak dalam arah G .

Besar gradien dihitung dengan persamaan berikut.

$$G[f(x, y)] = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}. \quad \dots(3-2)$$

Untuk kebutuhan pengolahan citra, dalam praktiknya besar gradien dihitung sebagai berikut.

$$G[f(x, y)] = |G_x| + |G_y|. \quad \dots(3-3)$$

Sedangkan arahnya dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \quad \dots(3-4)$$

di mana α diukur dari sumbu x sebagai garis acuan.

Untuk keperluan perhitungan pada citra digital, turunan pada persamaan 3-1 lebih mudah bila ditulis menggunakan pendekatan persamaan diferensial berikut.

$$G_x \cong f(x + 1, y) - f(x, y) \quad \dots(3-5)$$

$$G_y \cong f(x, y + 1) - f(x, y). \quad \dots(3-6)$$

3.4 Metode Roberts

Metode Roberts merupakan metode yang menggunakan operator Roberts. Operator Roberts adalah operator yang berbasis gradien yang menggunakan dua buah *kernel* yang berukuran 2x2 piksel. Operator ini mengambil arah diagonal untuk penentuan arah dalam penghitungan nilai gradien, sehingga sering disebut dengan operator silang. (Sutoyo dkk., 2009:228).

Perhitungan gradien dalam operator Roberts adalah sebagai berikut.

$$G = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad \dots(3-7)$$

dengan, G = besar gradien operator Roberts

R_x = gradien Roberts arah horisontal

R_y = gradien Roberts arah vertikal

di mana R_x dan R_y dihitung menggunakan *kernel* konvolusi sebagai berikut.

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad R_y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Gambar 3.2 Operator Roberts

Sebenarnya, metode Roberts dalam mendeteksi tepi menghasilkan citra yang kurang memuaskan. Mungkin dikarenakan *kernel* yang digunakan berukuran 2x2 piksel dan penghitungan gradien hanya mengambil kedua arah diagonal.

Algoritma metode Roberts dalam mendeteksi tepi suatu citra digital adalah sebagai berikut:

Citra masukan berupa citra *grayscale*.

1. Konvolusikan citra *grayscale* dengan *kernel* Roberts horisontal (R_x) = $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$ dan *kernel* Roberts vertikal (R_y) = $\begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$.
2. Hitung besar gradien dengan rumus $G = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$.
3. Citra keluaran merupakan hasil dari besar gradien (G).

3.5 Metode Sobel

Metode Sobel merupakan metode yang menggunakan operator Sobel. Operator ini menggunakan dua buah *kernel* yang berukuran 3x3 piksel untuk penghitungan gradien sehingga perkiraan gradien berada tepat di tengah jendela. (Sutoyo dkk., 2009:229).

Besaran gradien yang dihitung menggunakan operator Sobel adalah sebagai berikut.

$$G = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \quad \dots(3-8)$$

dengan, G = besar gradien operator Sobel

S_x = gradien Sobel arah horizontal

S_y = gradien Sobel arah vertikal

di mana G adalah besar gradien di titik tengah *kernel* dan turunan parsial dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S_x = (a_2 + ca_3 + a_4) - (a_0 + ca_7 + a_6) \quad \dots(3-9)$$

$$S_y = (a_0 + ca_1 + a_2) - (a_6 + ca_5 + a_4) \quad \dots(3-10)$$

di mana c adalah konstanta yang bernilai 2. S_x dan S_y diimplementasikan menjadi *kernel* berikut.

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

Gambar 3.4 Operator Sobel

Algoritma metode Sobel dalam mendeteksi tepi suatu citra digital adalah sebagai berikut:

Citra masukan berupa citra *grayscale*.

1. Konvolusikan citra *grayscale* dengan *kernel* Sobel horisontal (S_x) = $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

dan *kernel* Sobel vertikal (S_y) = $\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$.

2. Hitung besar gradien dengan rumus $G = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$.
3. Citra keluaran merupakan hasil dari besar gradien (G).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Program

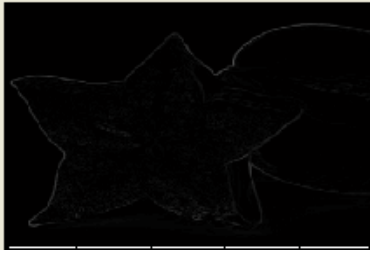
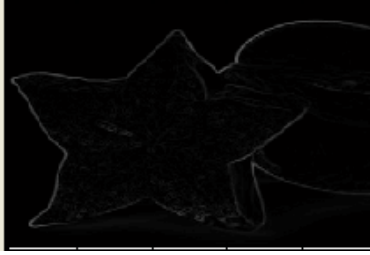
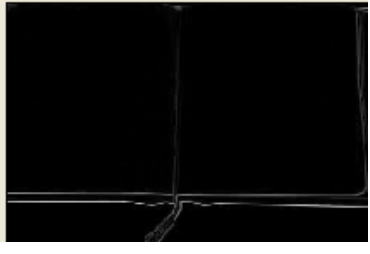



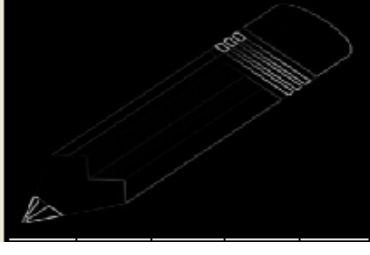
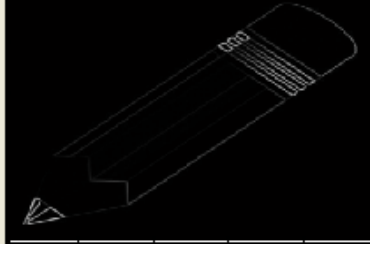


Pada umumnya, citra yang dapat digunakan dalam percobaan untuk kedua metode deteksi tepi adalah citra dengan format BMP (ekstensi *.bmp), JPEG (ekstensi *.jpg), dan PNG (ekstensi *.png). Masukan sistem adalah citra *grayscale* untuk mempermudah dalam pendeteksian tepi. Dalam percobaan ini, diuji 8 buah citra masukan, semuanya berukuran 250x250 piksel. Berikut adalah beberapa citra uji dan tabel citra hasil deteksi tepi.



Gambar 4.5 Citra uji berupa citra *grayscale*

Tabel 4.1 Citra Hasil Deteksi Tepi

No.	Nama Citra Uji	Metode Deteksi Tepi	
		Roberts	Sobel
1	Apel.jpg		
2	Bayi.jpg		
3	Scan.jpg		

4	Belimbing.png		
5	Buku.png		
6	Daun.png		
7	Pensil.bmp		
8	Plat.bmp		

4.2 Perbandingan Citra Hasil Deteksi Tepi dari Jumlah Pixel Warna Putih

Jumlah pixel warna putih merupakan pixel yang diperoleh dari hasil deteksi tepi. Semakin banyak pixel warna putih, kemungkinan semakin banyak pula tepi

yang bisa diperoleh. Oleh karena itu, penulis membandingkan jumlah piksel warna putih yang didapat dari penghitungan masing-masing metode deteksi tepi untuk semua citra yang diuji. Untuk menghitung jumlah piksel warna putih dengan menggunakan fungsi *nnz* (*number of nonzero entries*). Misalnya,

```
imagesc(hasil); title(['Jumlah piksel warna putih: ' int2str(nnz(hasil))]);
```

Berikut ini adalah tabel yang menyajikan jumlah piksel warna putih untuk semua citra sesuai metode deteksi tepi masing-masing.

Tabel 4.2 Jumlah piksel warna putih hasil deteksi tepi

No.	Nama Citra	Jumlah Piksel Warna Putih	
		Roberts	Sobel
1	Apel.jpg	40643	43618
2	Bayi.jpg	56737	59646
3	Scan.jpg	59014	61516
4	Belimbing.png	42390	44740
5	Buku.png	24784	32803
6	Daun.png	46737	48333
7	Pensil.bmp	18858	21079
8	Plat.bmp	33320	33457

Menurut data yang diperoleh dari Tabel 4.1, maka dapat disimpulkan bahwa metode Sobel merupakan metode yang paling baik dalam pendeteksian tepi dibanding dengan metode Roberts. Karena dari semua data uji, jumlah piksel yang didapat dari metode Sobel lebih banyak dibanding metode Roberts.

4.3 Perbandingan Citra Hasil Deteksi Tepi secara Visual

Dari semua data uji, citra yang diperoleh dari hasil metode Sobel lebih jelas dan garis tepi yang diperoleh lebih banyak terhubung dibanding dengan metode Roberts yang masih putus-putus. Dengan menggunakan metode Sobel, masih banyak tepi yang bisa terbaca dibanding dengan metode Roberts.

Metode Sobel lebih baik dibanding metode Roberts karena operator dan ukuran *kernel* yang digunakan berbeda. Metode Sobel menggunakan operator Sobel, $S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ dan $S_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$ dengan ukuran 3x3 piksel. Sedangkan metode Roberts menggunakan operator Roberts, $R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$ dan $R_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ dengan ukuran *kernel* 2x2 piksel. Metode Roberts lebih menekankan penghitungan gradien arah diagonal sedangkan metode Sobel lebih ke arah vertikal dan horisontalnya. Ukuran *kernel* yang dipakai dalam deteksi tepi cukup mempengaruhi hasil yang didapat, semakin besar ukuran *kernel* semakin banyak tepi yang diperoleh, terbukti dalam percobaan lain ketika mendeteksi tepi dengan menggunakan *kernel* berukuran 4x4 piksel pada citra.

V. KESIMPULAN

Dari semua pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Algoritma metode Roberts dalam langkah awal deteksi tepi diperlukan masukan berupa citra *grayscale*, lalu citra *grayscale* dikonvolusikan dengan *kernel* Roberts horisontal ($R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$) dan *kernel* Roberts vertikal ($R_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$). Terakhir, menghitung besar gradien dengan rumus $G = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$, diperoleh citra keluaran yang merupakan hasil dari besar gradien (G).
2. Algoritma metode Sobel dalam langkah awal deteksi tepi diperlukan masukan berupa citra *grayscale*, lalu citra *grayscale* dikonvolusikan dengan *kernel* Sobel horisontal ($S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$) dan *kernel* Sobel vertikal ($S_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$). Terakhir, menghitung besar gradien dengan rumus $G = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$, diperoleh citra keluaran yang merupakan hasil dari besar gradien (G).

3. Setelah diadakan pengujian program terhadap beberapa citra masukan dan hasilnya dibandingkan, ternyata metode yang paling baik adalah metode Sobel, dikarenakan citra yang diperoleh lebih jelas dan garis tepi yang diperoleh lebih banyak terhubung dibanding dengan metode Roberts yang masih putus-putus. Dengan menggunakan metode Sobel, masih banyak tepi yang bisa terbaca dibanding dengan metode Roberts. Selain itu, deteksi tepi dengan menggunakan metode Sobel menghasilkan jumlah piksel warna putih paling banyak. Metode Sobel lebih baik dibanding metode Roberts karena operator dan ukuran *kernel* yang digunakan berbeda. Metode Roberts lebih menekankan penghitungan gradien arah diagonal, sedangkan Sobel lebih ke arah vertikal dan horisontalnya. Ukuran *kernel* yang dipakai dalam deteksi tepi cukup mempengaruhi hasil yang didapat, semakin besar ukuran *kernel* semakin banyak tepi yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhityawan, M. (2011). *Perbandingan Deteksi Tepi pada Citra Digital Menggunakan Algoritma Frei Chen dan SUSAN*. [Online]. Tersedia: http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/561/jbptunikompp-gdl-muhmmadadh-28017-3-unikom_m-i.pdf [9 Juni 2012]
- [2] Adriansyah, A. (-). *Graphical User Interface*. [Online]. Tersedia: http://pksm.mercubuana.ac.id/new/elearning/files_modul/14027-11-463826173894.doc [15 Februari 2012]
- [3] Ch.Wijaya, M. dan Prijono, A. (2007). *Pengolahan Citra Digital Menggunakan MATLAB*. Bandung: Informatika Bandung.
- [4] Fahzuanta. (2011). *Abstrak*. [Online]. Tersedia: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/22606/6/Abstract.pdf> [9 Juni 2012]
- [5] Hambali, Y.A. (2011). *Aplikasi Area Process Berbasis C# menggunakan Visual Studio*. [Online]. Tersedia: http://ilmukomputer.org/wp-content/uploads/2011/03/AreaProcess_YudiAhmadH.pdf [9 Juni 2012]

- [6] Hestningsih, I. (2007). *Pengolahan Citra*. [Online]. Tersedia: <http://images.moedy9.multiply.multiplycontent.com/attachment/0/SMuuNwoKCBkAAHPHjZk1/Pengolahan%20Citra.pdf?nmid=115281461> [30 April 2009]
- [7] Jurdik Matematika FPMIPA UNY. (2007). *GUI Matlab untuk Membuat Grafik Fungsi*. [Online]. Tersedia: <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pengabdian/sri-andayani-ssimkom/pembuatan-gui-dengan-matlab.pdf> [15 Februari 2012]
- [8] Gonzalez, R.C., Woods, R.E. dan Eddins, S.L. (2004). *Digital Image Processing Using Matlab*. New York: Dorling Kindersley.
- [9] Munir, R. (-). *Pengantar Pengolahan Citra*. [Online]. Tersedia: http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Buku/Pengolahan%20Citra%20Digital/Bab-1_Pengantar%20Pengolahan%20Citra.pdf [9 Juni 2012]
- [10] Priyombodo, A. (2005). *Memfaatkan Webcam sebagai Kamera Keamanan di dalam Ruangan Mendeteksi Pergerakan suatu Objek*. [Online]. Tersedia: <http://elib.unikom.ac.id/download.php?id=4659> [9 Juni 2012]
- [11] Stack Overflow. (2012). *How can I count the number of white pixels in a binary image with Matlab?*. [online]. Tersedia: <http://stackoverflow.com/question/2875493/how-can-i-count-the-number-of-white-pixels-in-a-binary-image-with-matlab> [9 Juni 2012]
- [12] Sugiman. (2003). *Kalkulus Lanjut*. Yogyakarta: FPMIPA UNY.
- [13] Sutoyo, T. et al. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi.
- [14] Tarno. (2009). *Istilah Komputer Pengolahan Citra Digital*. [Online]. Tersedia: <http://www.indonesiatypeapproval.grandong.com/2009/08/istilah-komputer-pengolahan-citra.html> [9 Juni 2012]
- [15] Wikipedia. (2012). *Kernel (Mathematics)* - *Wikipedia, the Free Encyclopedia*. [Online]. Tersedia: [http://en.m.wikipedia.org/wiki/Kernel_\(mathematics\)](http://en.m.wikipedia.org/wiki/Kernel_(mathematics)) [30 Agustus 2012]

BIODATA MAHASISWA



Lia Amelia (055618)

Lahir di Kuningan, 19 Mei 1987

Mahasiswa Universitas Pendidikan Indonesia

Program Studi Matematika

Email: sagita_fitri1987@yahoo.com

Menyetujui dan Mengesahkan

Pembimbing I

Dra. HJ. Rini Marwati, M.Si.

NIP. 196606251990012001

Tanggal.....

Pembimbing II

HJ. Dewi Rachmatin, S.Si., M.Si.

NIP. 196909291994122001

Tanggal