

Peningkatan Kualitas Deteksi Tepi dengan Metode Segmentasi Citra

¹*Hotma Pangaribuan, ²Sunarsan Sitohang
Universitas Putera Batam
Batam, Indonesia

¹hotmapangaribuan@gmail.com, ²ssunarsan@gmail.com

*Penulis Korespondensi

Diajukan : 22/12/2022

Diterima : 20/01/2023

Dipublikasi : 20/01/2023

ABSTRAK

Segmentasi citra sebagai bagian dari proses pengolahan citra, adalah kegiatan untuk membagi citra menjadi beberapa bagian atau region, yang bertujuan untuk mengisolasi atau menemukan suatu obyek di dalam citra. Beberapa pertumbuhan kemajuan teknologi baru membuka peluang bagi pengembangan lebih lanjut dalam bidang ini. Saat ini pengolahan citra mempunyai peranan yang sangat penting dalam berbagai bidang kehidupan. Segmentasi adalah proses pemisahan objek dengan latar belakangnya. Saat ini telah banyak dilakukan penelitian tentang segmentasi. Deteksi tepi merupakan suatu proses pencarian informasi tepi dari sebuah gambar. Deteksi tepi memiliki tujuan antara lain digunakan untuk menandai bagian yang menjadi detail dari sebuah gambar. Ada banyak metode dalam melakukan segmentasi salah satunya adalah level-set menggunakan metode roberts, prewit sobel dan frei chan. Histogram citra digunakan untuk mengetahui intensitas dan kontras suatu citra, timing run digunakan untuk mengetahui lamanya suatu proses citra, dan SNR (*Signal to Noise Ratio*) yang digunakan untuk mengetahui kualitas citra. Pengujian dilakukan dengan melakukan uji coba terhadap Objek citra dan selanjutnya dilakukan analisis citra. Metode Sobel dan Prewitt memiliki proses komputasi yang lebih sedikit jika dibandingkan. Secara umum algoritma segmentasi citra didasarkan pada satu dari dua property nilai intensitas yaitu mendeteksi diskontinuitas atau mendeteksi similaritas. Dari hasil penelitian ini didapat kesimpulan sebagai berikut: metode segmentasi yang paling tajam hasilnya yaitu menggunakan Operator Freichen, karena dari sudut pandang horizontal dan sudut pandang Vertikal sama sama menghasilkan hasil yang bagus, Dari hasil pembahasan untuk jenis operator yang paling baik adalah operator Robert, Hasil deteksi pada operator sobel lebih bagus atau tegas dibandingkan dengan operator Robert dan prewitt. Operator Sobel lebih sensitif terhadap tepi diagonal daripada tepi vertikal dan horizontal Hal ini berbeda dengan operator Prewitt, yang lebih sensitif terhadap tepi vertikal dan horizontal.

Kata Kunci: Citra, Segmentasi, Deteksi, Tepi.

I. PENDAHULUAN

Segmentasi citra merupakan salah satu topik penting ilmu komputer terutama dalam bidang pengolahan citra digital dan visi komputer. Tujuan segmentasi citra adalah untuk mempartisi gambar menjadi beberapa wilayah yang tidak tumpang tindih dengan karakteristik yang homogen, seperti intensitas, warna, dan tekstur. (Hardiyanto et al., 2012) Citra (*image*) merupakan istilah lain untuk gambar sebagai bentuk informasi visual yang memegang peranan penting dalam komponen multimedia. Menurut (Kadir, A., & Susanto, 2013) Pengolahan citra digital (*Digital Image Processing*) adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari tentang teknik-teknik mengolah citra. Citra yang dimaksud disini adalah gambar diam (foto) maupun gambar

bergerak (yang berasal dari *webcam*). Sedangkan digital disini mempunyai maksud bahwa pengolahan citra/gambar dilakukan secara digital menggunakan komputer. Sedangkan Deteksi tepi merupakan suatu proses pencarian informasi tepi dari sebuah gambar. Deteksi tepi memiliki tujuan antara lain digunakan untuk menandai bagian yang menjadi detail dari sebuah gambar. Selain itu deteksi tepi juga digunakan untuk memperbaiki detail dari gambar yang kabur, yang terjadi karena error atau adanya efek dari proses akuisisi gambar. Menurut (Lankton, V. D. A. N., & Soepomo, P.2013). Segmentasi citra sebagai bagian dari proses pengolahan citra, adalah kegiatan untuk membagi citra menjadi beberapa bagian atau region, yang bertujuan untuk mengisolasi atau menemukan suatuobyek di dalam citra. Disini, segmentasi dilakukan menggunakan proses deteksi tepi dengan metode atau operator Robert, prewitt, sobel dan frei chen Keempat metode ini dipilih karena dapat digunakan untuk mendeteksi tepi dari delapan arah mata angin. Sebagai perbandingan dari kinerja kedua metode di atas, maka digunakan metode Sobel dan freichan. Metode Sobel dan Prewitt memiliki proses komputasi yang lebih sedikit jika dibandingkan. Secara umum algoritma segmentasi citra didasarkan pada satu dari dua property nilai intensitas yaitu mendeteksi diskontinuitas atau mendeteksi similaritas. Menurut (Liantoni,2013) Diskontinuitas memiliki pendekatan memecah atau memilah citra berdasarkan perubahan intensitas yang tiba-tiba atau cukup besar. Proses segmentasi berdasarkan mendeteksi diskontinuitas antara lain: deteksi titik, deteksi garis, dan deteksi tepi. Sementara itu untuk similaritas berdasarkan pada memecah citra ke dalam wilayah yang sama menurut beberapa kriteria yang telah ditentukan, antara lain seperti proses: *thresholding*, *region growing*, dan *region splitting and merging*.

II. STUDI LITERATUR

1. Citra

Citra merupakan nama lain dari Gambar, istilah citra biasanya digunakan dalam bidang pengolahan citra. Dalam bidang pengolahan citra, citra diartikan sebagai fungsi dua variabel $f(x,y)$, x dan y adalah koordinat spasial dan nilai $f(x,y)$ adalah intensitas citra pada koordinat tersebut. Sedangkan citra digital adalah citra yang telah mengalami proses digitalisasi yang digunakan sebagai masukan pada proses pengolahan citra menggunakan Komputer. Dalam format digital, citra direpresentasikan sebagai sebuah matriks dengan baris dan kolom yang dibentuk dari piksel-piksel. Semakin banyak jumlah piksel dan variasi nilai piksel dari suatu citra, maka semakin tinggi nilai resolusinya. Resolusi merupakan ukuran dari banyaknya titik untuk setiap satuan panjang. Resolusi citra menggambarkan kedetailan dari sebuah citra, semakin tinggi resolusi citra maka semakin tinggi kedetailan atau ketajamannya. Dengan penjelasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa citra resolusi rendah (LR) adalah citra dengan jumlah piksel dan variasi nilai piksel rendah dan citra resolusi tinggi (HR) adalah citra dengan jumlah piksel dan variasi nilai piksel tinggi (Penelitian Nailul Mustaqim 2012).

2. Segmentasi Citra

Segmentasi citra adalah sebuah proses untuk memisahkan sebuah objek dari background, sehingga objek tersebut dapat diproses untuk keperluan lain. Dengan proses segmentasi tersebut, masing-masing objek pada gambar dapat diambil secara individu sehingga dapat digunakan sebagai input bagi proses yang lain, sebagai contoh, pada proses rekontruksi objek 3 dimensi, diperlukan proses segmentasi untuk memisahkan objek yang akan direkontruksi terhadap background yang ada.

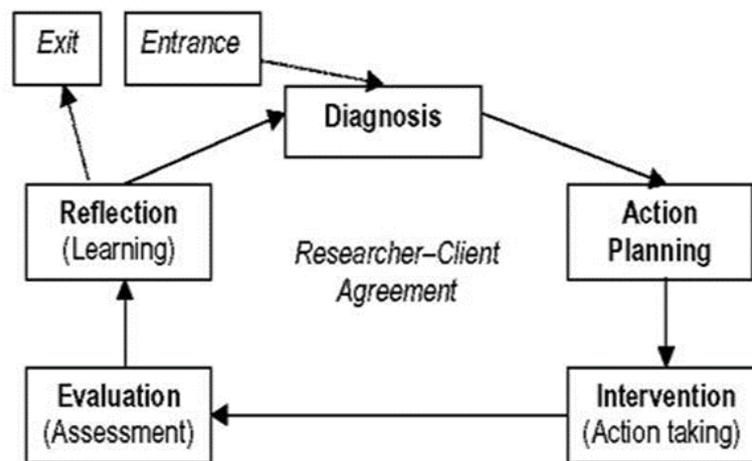
3. Deteksi Tepi

Deteksi tepi berfungsi untuk memperoleh tepi objek. Deteksi tepi memanfaatkan perubahan nilai intensitas yang drastis pada batas dua area. Definisi tepi di sini adalah “himpunan piksel yang terhubung yang terletak pada batas dua area. Perlu diketahui, tepi sesungguhnya mengandung informasi yang sangat penting. Informasi yang diperoleh dapat berupa bentuk maupun ukuran objek.

Umumnya, deteksi tepi menggunakan dua macam detektor, yaitu detektor baris (Hy) dan detektor kolom (Hx). Beberapa contoh yang tergolong jenis ini adalah operator Roberts, Prewitt, Sobel, dan Frei-Chen.

III. METODE PENELITIAN

Adapun desain penelitian ini adalah *action research*



Gambar 1. *Action research*

Action research dalam 5 tahapan yang merupakan siklus penelitian ini, yaitu :

1. Melakukan diagnosa (diagnosis)

Mengidentifikasi, merumuskan, menganalisis masalah yang ada dalam citra digital serta mendapatkan objek yang diinginkan atau objek yang menjadi perhatian

2. Membuat rencana tindakan (*action planning*)

Setelah melakukan tahap diagnosa maka rencanakan bagaimana tahap-tahap penelitian untuk melakukan tindakan dalam proses untuk mendapatkan objek citra yang diinginkan

3. Melakukan tindakan (*action taking*)

Setelah jalannya penelitian telah direncanakan, maka pada tahap ini lakukan apa yang sudah direncanakan untuk mengobservasi, serta menganalisa objek citra mana yang lebih jelas ditampilkan

4. Melakukan evaluasi (*evaluating*)

Berdasarkan semua data primer maupun sekunder yang dikumpulkan, lakukan evaluasi untuk menyusun data yang telah dikumpulkan dalam hal ini citra yang akan ditampilkan yaitu objek yang akan optimalkan dengan bantuan program octave

5. Pembelajaran (*learning*)

Hasil penelitian yang didapatkan dari perbandingan antara citra masukan dengan citra keluaran dalam hal ini yang sudah diperbaiki dengan metode segmentasi citra dan dapat sebagai pemahaman yang lebih mendalam bagi yang membutuhkan ataupun yang sedang meneliti dan berkaitan pada penelitian ini.

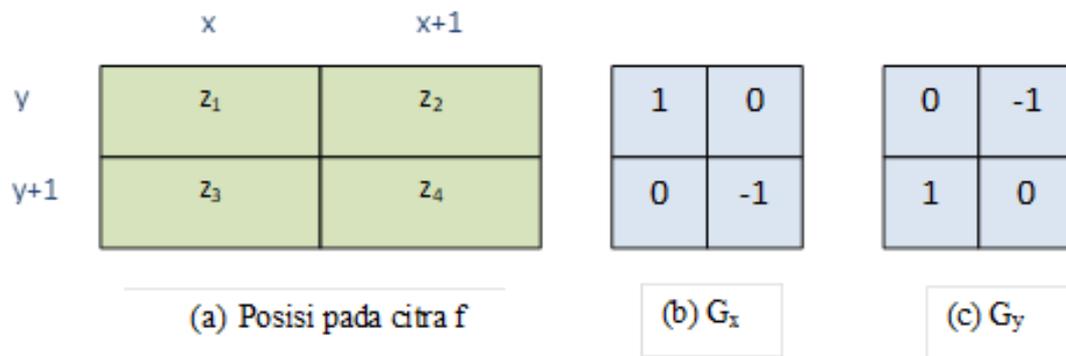
A. Metode analisis data

Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk meningkatkan kualitas citra adalah dengan metode Segmentasi Citra.

Salah satu teknik pengolahan citra yang biasa dilakukan adalah deteksi tepi. Deteksi tepi merupakan proses penggalian informasi tepi dari sebuah gambar. Hal ini dianggap sebagai langkah dasar yang digunakan dalam sebagian besar aplikasi pengolahan citra. Tepi dalam sebuah gambar dapat dianggap sebagai batas antara dua daerah yang berbeda. Banyak pendekatan telah digunakan untuk melakukan deteksi tepi pada sebuah gambar. Beberapa metode yang umum digunakan adalah prewitt, roberts, dan sobel.

1. Metode robert

Terdiri atas dua filter berukuran 2x2. Ukuran filter yang kecil membuat komputasi sangat cepat. Namun, kelebihan ini sekaligus menimbulkan kelemahan, yakni sangat terpengaruh oleh derau. Selain itu, operator Roberts memberikan tanggapan yang lemah terhadap tepi, kecuali kalau tepi sangat tajam



Gambar 2. Operator Robert

Bentuk operator Roberts ditunjukkan pada Gambar 10.8. Misalkan, f adalah citra yang akan dikenai operator Roberts. Maka, nilai operator Roberts pada (y, x) didefinisikan sebagai

$$r(y,x) = \sqrt{(z_1 - z_4)^2 + (z_3 - z_2)^2}$$

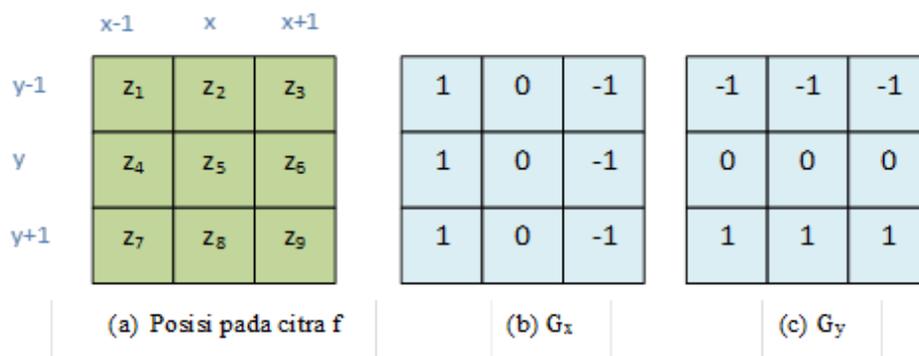
Dalam hal ini, $z_1 = f(y, x)$, $z_2 = f(y, x+1)$, $z_3 = f(y+1, x)$, dan $z_4 = f(y+1, x+1)$.

Fungsi roberts berikut berguna untuk memperoleh tepi pada citra berskala keabuan.

2. Operator Prewitt

Untuk mempercepat komputasi, bagian yang bernilai nol tidak perlu diproses. Oleh karena itu, perhitungan dengan operator Prewitt ditulis menjadi

$$r(y,x) = \sqrt{((f(y-1,x-1)+f(y,x-1)+f(y+1,x-1) - (y-1,x+1)-f(y,x+1)-f(y+1,x+1))^2 + (f(y+1,x-1)+f(y+1,x)+f(y+1,x+1) - f(y-1,x-1) - f(y-1,x) - f(y-1,x+1))^2)}$$

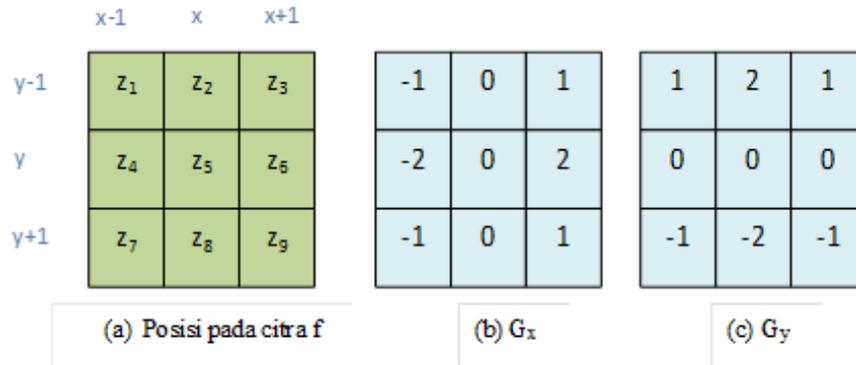


Gambar 3. Operator Prewitt

Fungsi prewitt berguna untuk melakukan pengujian operator *Prewitt* terhadap citra berskala keabuan.

3. Operator Sobell

Operator *Sobel* lebih sensitif terhadap tepi diagonal daripada tepi vertikal dan horizontal. Hal ini berbeda dengan operator *Prewitt*, yang lebih sensitif terhadap tepi vertikal dan horizontal.



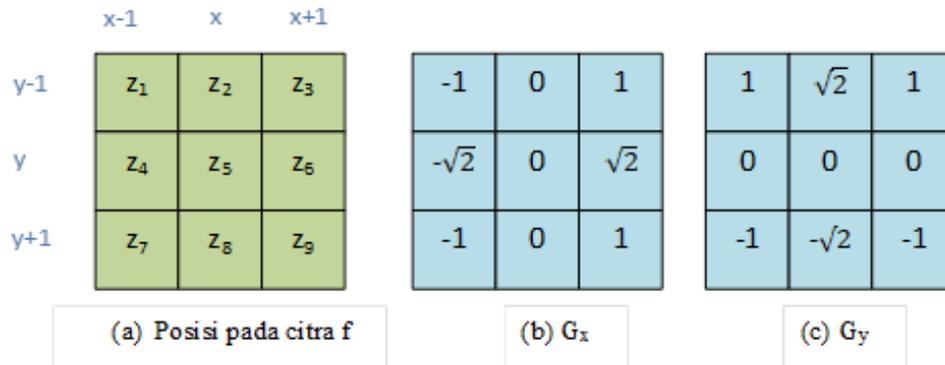
Gambar 4. Operator Sobell

Dari gambar 4 dapat dijabarkan Rumus Operator Sobel antara lain sebagai berikut:

$$r(y, x) = \sqrt{(f(y-1,x+1)+2*f(y,x+1)+f(y+1,x+1) - f(y-1,x-1)-f(y,x-1)-f(y+1,x-1))^2+(f(y-1,x-1)+2*f(y-1,x)+f(y-1,x+1) - f(y+1,x-1)-2*f(y+1,x)-f(y+1,x+1))^2}$$

4. Operator Frei Chen

Operator Frei-Chen (kadang disebut operator isotropik) ditunjukkan pada Gambar 3.4. Operator ini mirip dengan operator Sobel, dengan setiap angka 2 diganti menjadi $\sqrt{2}$.



Gambar 5. Operator Frei Chen

Dari gambar 5 rumus operator frei chen dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$r(y, x) = \sqrt{(F(y-1,x+1)+akar2*F(y,x+1)+F(y+1,x+1) - F(y-1,x-1)-F(y,x-1)-F(y+1,x-1))^2+(F(y-1,x-1)+akar2*F(y-1,x)+F(y-1,x+1)-F(y+1,x-1)-akar2*F(y+1,x)-F(y+1,x+1))^2}$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan rumusan masalah pada bab I, bagaimana mengetahui kualitas citra dengan segmentasi citra maka langkah pertama adalah mengubah citra atau gambar berwarna ke abu-abu. Selanjutnya cira abu-abu akan dipakai untuk melihat tingkat optimalisasi citra dengan menggunakan metode segmentasi citra yang terdiri dari dari tiga antara lain Operator robert, Operator Prewitt, dan Operator Sobel.

Adapun Kode Program untuk mengubah citra Berwarna ke abu-abu adalah sebagai berikut

```
function [g] = roberts(f)
```

```
[jum_baris, jum_kolom] = size(f);
```

```

f=double(f);
for y=1 : jum_baris-1
    for x=1 : jum_kolom-1
        g(y, x) = sqrt((f(y,x)-f(y+1,x+1))^2 + ...
            (f(y+1,x)-f(y,x+1))^2);
    end
end
g = uint8(g);
end %akhir fungsi
f = imread('c:\image\hotmaabu.tif');
g = roberts(f);
subplot(1,2,1);imshow(f),title("Citra Input")
subplot(1,2,2);imshow(g),title("citra output")

```

untuk output yang dihasilkan dari program diatas dapat dilihat pada gambar 6 berikut :



Gambar 6. Konversi citra berwarna ke abu abu

1. Peningkatan kualitas dengan operator robert

Dari rumus operator robert dapat dicari dan dianalisa sejauh mana optimalisasi segmentasi citra dengan kode program dengan memasukkan rumus Operator Robert dapat dilihat pada program berikut:

```

function [g] = roberts(f)
[jum_baris, jum_kolom] = size(f);
f=double(f);
for y=1 : jum_baris-1
    for x=1 : jum_kolom-1
        g(y, x) = sqrt((f(y,x)-f(y+1,x+1))^2 + ...
            (f(y+1,x)-f(y,x+1))^2);
    end
end
g = uint8(g);
end %akhir fungsi
f = imread('c:\image\hotmaabu.tif');
g = roberts(f);
subplot(1,2,1);imshow(f),title("Citra Input")
subplot(1,2,2);imshow(g),title("citra output")

```

untuk output program dengan operator Robert dapat dilihat pada gambar 4.2. berikut ini:



Gambar 7. Citra Operator Robert

2. Peningkatan kualitas citra dengan operator prewitt

Untuk membuktikan rumus dengan optimalisasi segmentasi citra dengan operator Prewitt dapat kita terapkan kedalam program octave dengan memasukkan rumus prewitt.

Adapun program operator prewitt sebagai berikut:

```
function [g] = prewitt(f)
[jum_baris, jum_kolom] = size(f);
f=double(f);
g=zeros(jum_baris,jum_kolom);
for y=2 : jum_baris-1
    for x=2 : jum_kolom-1
        g(y, x) = sqrt((f(y-1,x-1) + f(y,x-1) + f(y+1,x-1) - ...
            f(y,x) - f(y,x+1) - f(y+1,x+1))^2 + ...
            (f(y+1,x-1)+ f(y+1,x) + f(y+1,x+1) - ...
            f(y-1,x-1) - f(y-1,x) - f(y-1,x+1))^2) ;
    end
end
g = uint8(g);
end %akhir fungsi
f = imread('c:\image\hotmaabu.tif');
g = prewitt(f);
subplot(1,2,1);imshow(f),title("citra masukan")
subplot(1,2,2);imshow(g),title("citra Operator Prewitt")
```

Adapun output program prewitt ditunjukkan pada gambar 8 berikut :



Gambar 8. Operator Prewitt

3. Peningkatan kualitas citra dengan operator Sobel

Untuk membuktikan rumus dengan optimalisasi segmentasi citra dengan operator Sobel dapat kita terapkan kedalam program octave dengan memasukkan rumus Sobel.

Adapun program operator Sobel sebagai berikut:

```
function [g] = sobel(f)
[m, n] = size(f);
f=double(f);
g=zeros(m,n);
for y=2 : m-1
    for x=2 : n-1
        g(y, x) = sqrt(...
            (f(y-1,x+1)+2*f(y,x+1)+f(y+1,x+1) - ...
            f(y-1,x-1)-f(y,x-1)-f(y+1,x-1))^2 + ...
            (f(y-1,x-1)+2*f(y-1,x)+f(y-1,x+1) - ...
            f(y+1,x-1)-2*f(y+1,x)-f(y+1,x+1))^2);
    end
end
g = uint8(g);
end %akhir fungsi
img = imread('c:\image\hotmaabu.tif');
g = sobel(img);
subplot(1,2,1);imshow(img),title("citra masukan")
subplot(1,2,2);imshow(g),title("citra Operator Sobel")
```

Adapun output program dengan operator sobel ditunjukkan pada gambar 9 berikut ini:



Gambar 9. Citra operator Prewitt

4. Peningkatan kualitas citra dengan Operator Frei chen

Untuk membuktikan rumus dengan optimalisasi segmentasi citra dengan operator Frei Chen dapat kita terapkan kedalam program octave dengan memasukkan rumus Frei Chen

Adapun program operator frei Chen sebagai berikut:

```
function [g] = freichen(f)
[m, n] = size(f);
akar2 = sqrt(2);
f=double(f);
g=zeros(m,n);
for y=2 : m-1
    for x=2 : n-1
```

```

g(y,x)= sqrt((f(y-1,x+1)+akar2*f(y,x+1)+f(y+1,x+1)
f(y-1,x-1)-f(y,x-1)-f(y+1,x-1))^2 + ...
(f(y-1,x-1)+akar2*f(y-1,x)+f(y-1,x+1) - ...
f(y+1,x-1)-akar2*f(y+1,x)-f(y+1,x+1))^2) ;
end
end
g = uint8(g);
end %akhir fungsi
img = imread('c:\image\hotmaabu.tif');
g = freichen(img);
subplot(1,2,1);imshow(img),title("citra input")
subplot(1,2,2);imshow(g),title("citra Operator Frei chen")

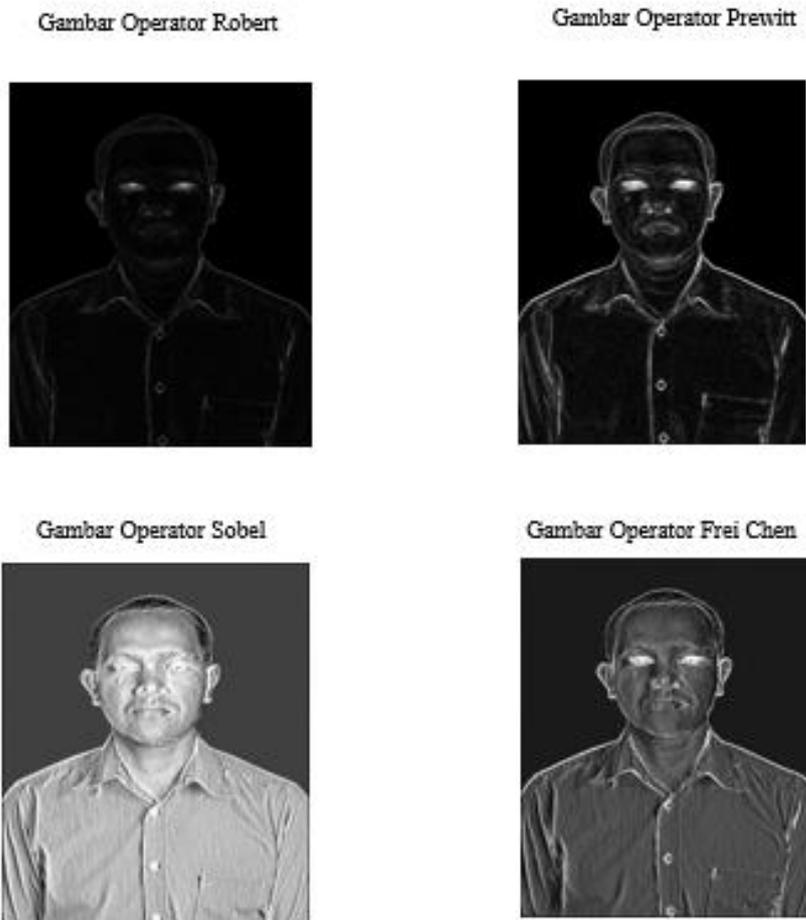
```

Untuk hasil atau output program operator frei chen dapat dilihat pada gambar 10 berikut ini:



Gambar 10. Citra Operator Frei Chen

5. Hasil perbandingan segmentasi citra menggunakan operator Robert, Operator Prewitt, Operator Sobel dan Operator Frei Chen setelah dianalisa menggunakan program octave.



Gambar 11. Hasil perbandingan kualitas citra dengan metode segmentasi citra

6. Pembahasan perbandingan citra dengan metode segmentasi citra adalah sebagai berikut:

Pada operator Robert Ukuran filter yang kecil membuat komputasi sangat cepat. Namun, kelebihan ini sekaligus menimbulkan kelemahan, yakni sangat terpengaruh oleh derau. Selain itu, operator Roberts memberikan tanggapan yang lemah terhadap tepi, Pada operator prewitt hasil lebih tegas dibandingkan dengan operator robert, akan tetapi komputasi lebih lama dibandingkan dengan operator Robert karena operator prewitt memiliki ordo 3 x 3, Hasil deteksi pada operator sobel lebih bagus atau tegas dibandingkan dengan operator Robert dan prewitt. Operator Sobel lebih sensitif terhadap tepi diagonal daripada tepi vertikal dan horizontal Hal ini berbeda dengan operator Prewitt, yang lebih sensitif terhadap tepi vertikal dan horizontal, Hasil deteksi tepi pada operator frei chen sangat tajam dibandingkan dengan operator robert dan operator prewitt, operator freichen sangat tajam baik horijntal dan baik vertikal, Untuk menganalisa optimalisasi citra lebih baik menggunakan operator Frei chen, karena hasilnya lebih tajam dan deteksi tepi labih jelas dan terang.

V. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan pengujian maka optimalisasi untuk jenis operator yang paling cepat dari sisi komputasi adalah operator Robert, Dari hasil penelitian ini Optimalisasi metode segmentasi yang paling tajam dan lebih terang yaitu menggunakan Operator Freichen, karena dari sudut pandang horizontal dan sudut pandang Vertikal sama sama menghasilkan hasil yang bagus, Optimalisasi Hasil deteksi pada operator sobel lebih bagus atau tegas dibandingkan dengan operator Robert dan prewitt. Operator Sobel lebih sensitif terhadap tepi diagonal daripada tepi

vertikal dan horizontal Hal ini berbeda dengan operator Prewitt, yang lebih sensitif terhadap tepi vertikal dan horizontal.

VII. REFERENSI

- Arifin, T. (2016). Analisa perbandingan metode segmentasi citra pada citra mammogram, 3(September), 156–163.
- Hardiyanto, I., Purwananto, Y., Kom, S., Kom, M., Soelaiman, R., Kom, S., & Kom, M. (2012). Implementasi Segmentasi Citra dengan Menggunakan Metode Generalized Fuzzy C- Means Clustering Algorithm with Improved Fuzzy Partitions, 1(1), 1–5.
- Kadir, A., & Susanto, A. (2013). *Teori Dan aplikasi Pengolahan Citra*. (D. Harjono, Ed.). Yogyakarta: Andi Offset.
- Komparasi Algo deteksi tepi untuk segmentasi citra tumor.pdf. (n.d.).
- Kumaseh, M. R., Latumakulita, L., Nainggolan, N., & Citra, S. (n.d.). SEGMENTASI CITRA DIGITAL IKAN MENGGUNAKAN DIGITAL FISH IMAGE SEGMENTATION BY THRESHOLDING METHOD.
- Lankton, V. D. A. N., & Soepomo, P. (2013). ANALISIS PERBANDINGAN TEKNIK SEGMENTASI CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE LEVEL-SET CHAN &, 1, 232–240.
- Liantoni, F. (2015). DETEKSI TEPI CITRA DAUN MANGGA MENGGUNAKAN, 411–418. (Kumaseh, Latumakulita, Nainggolan, & Citra, n.d.)
- Arifin, T. (2016). Analisa perbandingan metode segmentasi citra pada citra mammogram, 3(September), 156–163.
- Hardiyanto, I., Purwananto, Y., Kom, S., Kom, M., Soelaiman, R., Kom, S., & Kom, M. (2012). Implementasi Segmentasi Citra dengan Menggunakan Metode Generalized Fuzzy C- Means Clustering Algorithm with Improved Fuzzy Partitions, 1(1), 1–5.
- Kadir, A., & Susanto, A. (2013). *Teori Dan aplikasi Pengolahan Citra*. (D. Harjono, Ed.). Yogyakarta: Andi Offset.
- Komparasi Algo deteksi tepi untuk segmentasi citra tumor.pdf. (n.d.).
- Kumaseh, M. R., Latumakulita, L., Nainggolan, N., & Citra, S. (n.d.). SEGMENTASI CITRA DIGITAL IKAN MENGGUNAKAN DIGITAL FISH IMAGE SEGMENTATION BY THRESHOLDING METHOD.
- Lankton, V. D. A. N., & Soepomo, P. (2013). ANALISIS PERBANDINGAN TEKNIK SEGMENTASI CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE LEVEL-SET CHAN &, 1, 232–240.
- Liantoni, F. (2015). DETEKSI TEPI CITRA DAUN MANGGA MENGGUNAKAN, 411–418.