

PERBANDINGAN DETEKSI TEPI (*EDGE DETECTION*) CITRA DIGITAL DENGAN MENGGUNAKAN GUI MATLAB

Nurul Adhayanti¹, Andika Muhamad², Romdhoni Susiloatmadja³

^{1,3}Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan TI, Universitas Gunadarma

²Jurusan Informatika, Fakultas TeknoLoGi Industri, Universitas Gunadarma

¹nuruladhayanti@gmail.com, ²Chandraarosfrent@gmail.com, ³romdhoni.doni@gmail.com

Abstrak

Pentingnya deteksi tepi adalah mempermudah pengenalan objek pada citra. Pada beberapa citra kontrasnya tidak selalu sama. Penelitian ini untuk mengetahui bagaimana hasil deteksi tepi pada berbagai kontras citra. Tujuannya untuk mengetahui perbandingan hasil deteksi tepi yang berupa piksel putih dan lamanya proses menggunakan 5 metode. Penelitian ini menggunakan sistem yang dibangun menggunakan antarmuka grafis (GUI) Matlab. Pengujian menggunakan 6 citra RGB dalam format JPEG dengan kontras rendah, sedang, dan tinggi. Citra masukan diubah menjadi citra keabuan kemudian dilakukan proses deteksi tepi menggunakan kelima metode. Banyaknya piksel putih yang diperoleh dan waktu proses setiap metode kemudian dibandingkan. Dibandingkan metode Canny dan LoG, piksel putih yang diperoleh metode Sobel, Prewitt, dan Roberts jauh lebih sedikit dan terfokus pada tepian luar objek. Pada kontras sedang, tinggi, dan secara keseluruhan, urutan yang paling banyak menghasilkan piksel putih adalah metode Canny, LoG, Sobel, Prewitt, dan Roberts. Pada kontras rendah urutannya adalah metode LoG, Canny, Sobel, Prewitt, dan Roberts. Waktu penyelesaian proses dari yang paling lama urutannya cenderung sama dengan urutan dari yang paling banyak menghasilkan piksel putih, kecuali metode LoG cenderung lebih cepat dari metode lainnya. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi untuk pemilihan metode yang mendukung keberhasilan deteksi tepi sesuai karakteristik hasil deteksi yang diinginkan.

Kata Kunci: *canny*, deteksi tepi, log, pengolahan citra, prewitt, roberts, sobel

Abstract

The importance of edge detection is that it makes it easier to recognize objects in images. In some images the contrast is not always the same. This research is to find out how edge detection results in various image contrasts. The aim is to find out the comparison of edge detection results in the form of white pixels and the processing time using 5 methods. This research uses a system built using the Matlab Graphical User Interface (GUI). The test uses 6 RGB images in JPEG format with low, medium and high contrast. The input image is converted into a grayscale image and then an edge detection process is carried out using the five methods. The number of white pixels obtained and the processing time of each method were then compared. Compared to the Canny and LoG methods, the white pixels obtained by the Sobel, Prewitt, and Roberts methods are much fewer and focused on the outer edges of the object. At medium, high, and overall contrast, the sequences that produce the most white pixels are the Canny, LoG, Sobel, Prewitt, and Roberts methods. At low contrast the order is the LoG, Canny, Sobel, Prewitt, and Roberts methods. The processing time for the longest sequence tends to be the same as the sequence for producing the most white pixels, except that the LoG method tends to be faster than the other methods. The results of this research contribute to the selection of methods that support successful edge detection according to the characteristics of the desired detection results.

Keywords: *canny*, edge detection, image processing, log, prewitt, roberts, sobel

1. PENDAHULUAN

Pengolahan citra bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau komputer [1]. Pengolahan citra menggunakan sistem komputer telah banyak diaplikasikan pada berbagai bidang, antara lain bidang kedokteran, biologi, hukum, dan keamanan [2]. Salah satu metode yang umum digunakan dalam pengolahan citra adalah deteksi tepi untuk mengidentifikasi perubahan intensitas piksel yang signifikan pada suatu citra [3]. Deteksi tepi bertujuan untuk menyoroti batas-batas objek dalam suatu citra, [4] memisahkan area yang berbeda dengan kontras intensitas yang tinggi, dan memudahkan dalam analisis atau pengolahan lebih lanjut [5]. Hasil deteksi tepi memberikan informasi tentang struktur objek dengan lebih baik, yang dapat mendukung keberhasilan proses pengenalan objek, segmentasi citra, atau ekstraksi fitur untuk tujuan analisis lebih lanjut [6].

Penggunaan deteksi tepi berkembang pesat sejalan dengan kemajuan teknologi komputer untuk pengolahan citra. Deteksi tepi telah dimanfaatkan antara lain pada pengenalan hasil pola produksi yang membedakan dengan *background* pada bidang teknologi industri [7], pengenalan sidik jari [8][9], iris mata pada bidang keamanan [10], dan pada bidang lainnya. Deteksi tepi menjadi penting karena dalam mengenali objek suatu citra, mata manusia memperhatikan tepi yang terdapat dalam citra. [4] Adanya tepi dari suatu objek, memungkinkan mata manusia dengan mudah dapat mengenali objek apa yang ditampilkan dalam suatu citra. [11] Metode yang umum digunakan untuk deteksi tepi antara lain adalah metode Sobell [12], metode Prewitt [13], metode Roberts [14], metode Canny [15] dan metode LoG (*Laplacian of Gaussian*) [16].

Metode Sobel menggunakan fungsi *Laplacian* dan *Gaussian* untuk membangkitkan HPF (*High Pass Filter*). Kelebihan metode ini adalah kemampuan untuk mengurangi *noise* sebelum melakukan perhitungan deteksi tepi. Metode ini menggunakan kernel atau matriks filter Sobel untuk menghitung perbedaan intensitas piksel secara horizontal dan vertikal, sehingga lebih sensitif terhadap perubahan intensitas horizontal dan vertikal. Metode ini menekankan tepi dengan orientasi tertentu, sehingga cocok untuk mendeteksi tepi pada suatu arah tertentu [17].

Metode Prewitt adalah pengembangan dari metode Sobel dengan menggunakan filter HPF yang dibangkitkan dengan fungsi *Laplacian* dan *Gaussian*, yang diberi satu angka nol penyangga. Kelebihan dari metode ini adalah kemampuan untuk mengurangi *noise* sebelum melakukan perhitungan deteksi tepi [18].

Metode Roberts bekerja dengan mendeteksi tepi bagian vertikal dan mendeteksi tepi bagian horizontal terhadap citra berwarna yang sudah diubah menjadi citra *grayscale*. Hasil deteksi tepi dari kedua bagian tersebut kemudian dijumlahkan sebagai hasil akhir. Metode ini menggunakan dua kernel kecil untuk menghitung perbedaan intensitas piksel secara diagonal. Metode ini lebih sederhana dibandingkan dengan metode Sobel dan Prewitt, tetapi kurang *robust* terhadap *noise* [14].

Metode Canny menggunakan empat tahapan dasar, yaitu *filtering*, menentukan nilai gradien, penekanan nilai gradien, dan menghubungkan setiap tepi pada citra. Metode ini melibatkan beberapa langkah, termasuk konvolusi dengan *Gaussian*, perhitungan gradien, *non-maximum suppression*, dan *hysteresis thresholding*, sehingga menghasilkan deteksi tepi yang lebih baik dan lebih tahan terhadap *noise*. Metode ini

dapat menangkap tepi dengan baik tanpa memberikan respon yang terlalu banyak atau terlalu sedikit [19].

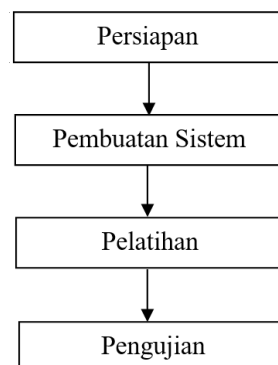
Metode LoG adalah turunan atau pengembangan dari proses *Gaussian* yang diikuti operasi *Laplace*. Fungsi *Gaussian* untuk mengurangi derau, dan operasi *Laplace* atau *Laplacian Mask* untuk meminimalisasi kemungkinan kesalahan deteksi tepi [16].

Penelitian untuk mengetahui perbandingan hasil deteksi tepi dari beberapa metode yang berbeda telah dilakukan. Perbandingan hasil deteksi tepi menggunakan metode Canny, Sobel, dan Prewitt, menunjukkan bahwa deteksi tepi menggunakan metode Canny hasilnya yang lebih baik, selanjutnya metode Sobel, dan terakhir metode Prewitt [20]. Perbandingan hasil deteksi tepi menggunakan metode Sobel, Prewitt, Laplace, LoG, dan Kirsch, menunjukkan bahwa deteksi tepi menggunakan metode Sobel, Prewitt, dan Kirsch menghasilkan garis tepi yang jelas, sedangkan metode Laplace dan LoG hasilnya kurang jelas [16]. Perbandingan hasil deteksi tepi menggunakan metode Sobel, Prewitt, Robert, dan Canny pada objek bergerak (video), menunjukkan bahwa metode Prewitt hasilnya lebih halus dan lebih jelas seperti objek asli, kemudian metode Sobel dan Robert hasilnya ada beberapa tepi yang hilang, sedangkan metode Canny tidak berhasil [21].

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana perbedaan hasil deteksi tepi menggunakan metode Sobel, Prewitt, Roberts, Canny, dan LoG pada citra dengan kontras rendah, tinggi, dan campuran. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan hasil deteksi tepi menggunakan metode Sobel, Prewitt, Roberts, Canny, dan LoG pada berbagai kontras citra. Kontribusi hasil penelitian ini adalah metode mana yang memberikan hasil deteksi tepi yang lebih baik pada citra dengan berbagai kontras.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam 4 tahap yang berurutan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Tahapan pada penelitian ini yaitu tahap persiapan, tahap pembuatan sistem deteksi tepi, tahap pelatihan sistem, dan tahap pengujian.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data citra digital yang akan digunakan dengan cara pengambilan gambar menggunakan kamera digital dengan resolusi 18 MP. Data yang dikumpulkan berupa citra digital berwarna RGB dalam format file JPEG.

2.2. Tahap Pembuatan Sistem

Sistem deteksi tepi dibangun menggunakan GUI pada pemrograman Matlab versi 2021a (*trial*). Metode deteksi tepi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 5 metode yang dapat dipilih pada sistem, yaitu metode Sobel, metode Prewitt, metode Roberts, metode Canny dan metode LoG.

a. Metode Sobel

Metode ini menggunakan operator Sobel dengan kernel berukuran 3x3 piksel untuk menghindari adanya interpolasi. Operator ini lebih sensitif terhadap tepian diagonal dari pada tepian vertikal dan horizontal [18].

b. Metode Prewitt

Metode ini menggunakan operator Sobel yang dibalik. Operator ini lebih sensitif terhadap tepian horizontal dan vertikal dari pada tepian diagonal [18].

c. Metode Roberts

Metode ini menggunakan operator Robert yang berbasis gradient yang menggunakan kernel ukuran 2x2 piksel dengan citra *greyscale* [18].

d. Metode Canny

Metode ini menggunakan *Gaussian Derivative Kernel* untuk memperhalus tampilan sebuah citra sehingga mampu mendeteksi tepian dengan tingkat kesalahan minimum [18].

e. Metode LoG (*Laplacian of Gaussian*)

Metode ini menggunakan filter *Gaussian* untuk penghalusan citra dan menggunakan operator *Laplacian* untuk mendeteksi perubahan intensitas. Metode ini mampu mendeteksi tepian dengan variasi intensitas dan lebih tahan terhadap *noise* dibandingkan dengan metode lainnya [22].

2.3. Tahap Pelatihan

Pelatihan menggunakan data latih dilakukan menggunakan metode *blackbox testing* untuk memastikan sistem yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik. Pada *blackbox testing* didefinisikan kumpulan kondisi masukan dan dilakukan pengujian pada spesifikasi fungsional program [23]. Proses pelatihan dimulai dengan memasukan data latih kemudian dipilih metode deteksi tepi yang diinginkan. Selanjutnya sistem melakukan proses yang menghasilkan nilai kontras citra masukan, hasil deteksi tepi yang berupa piksel-piksel yang berwarna putih, dan waktu proses. Jika sistem berhasil melakukan pemrosesan data menggunakan kelima metode yang telah dipilih, berarti sistem dapat berfungsi dengan baik. Selanjutnya sistem dapat digunakan pada tahap selanjutnya, yaitu tahap pengujian.

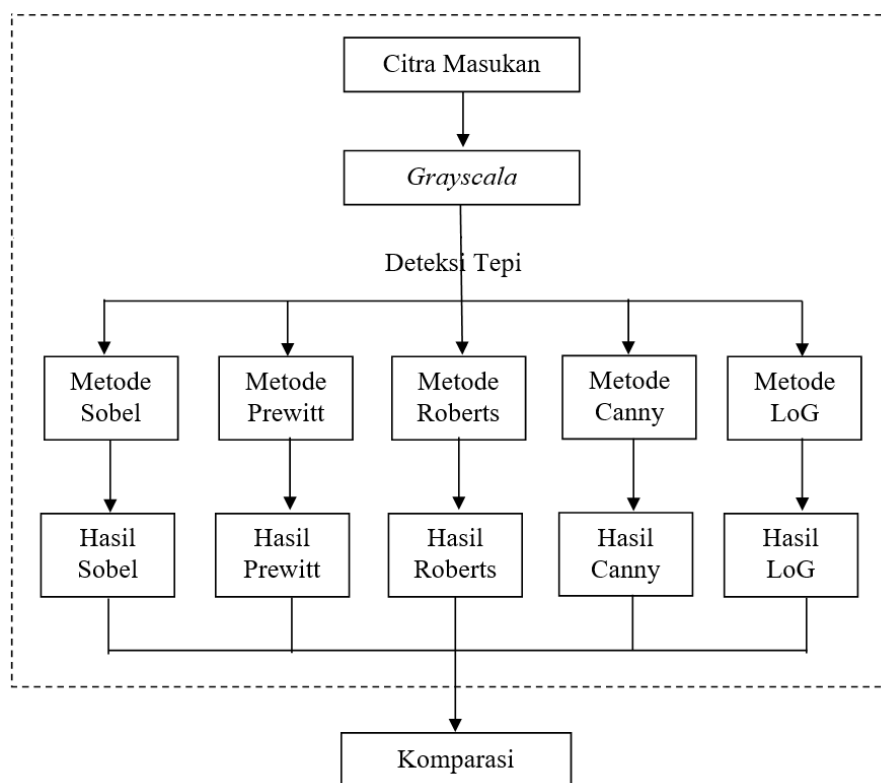
2.4. Tahap Pengujian

Proses pengujian dilakukan sama dengan proses pelatihan tetapi menggunakan data uji. Hasil deteksi tepi yang diperoleh menggunakan kelima metode kemudian dibandingkan untuk mengetahui metode mana yang memberikan hasil deteksi tepi yang lebih baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian menggunakan 6 citra digital dengan 3 kategori kondisi, yaitu dengan kontras rendah, sedang, dan tinggi. Pada citra tersebut terdapat objek 1 orang atau banyak orang dan objek lain yang berupa benda atau pohon. Gambar 2 menunjukkan alur kerja sistem yang menggambarkan proses deteksi tepi menggunakan 5 metode yang berbeda dan dilanjutkan dengan komparasi hasil deteksi tepi yang diperoleh dengan kelima metode tersebut.

Tampak pada Gambar 2 bahwa alur kerja sistem deteksi tepi dimulai dengan dimasukkan data uji ke sistem dan dipilih metode deteksi tepi yang digunakan. Kemudian sistem mulai menghitung waktu proses sekaligus mulai melakukan pemrosesan, yaitu citra masukan dihitung nilai kontrasnya, kemudian dilakukan proses segmentasi, yaitu citra yang berformat RGB diubah menjadi citra *grayscale*. Kemudian dilakukan proses deteksi tepi sesuai dengan metode yang digunakan. Metode pilihan untuk digunakan terdiri dari 5 metode, yaitu metode Sobel, metode Prewitt, metode Roberts, metode Canny, dan metode LoG. Hasil deteksi tepi ditunjukkan oleh piksel-piksel berwarna putih pada citra output. Kemudian sistem menghitung jumlah piksel putih pada citra output. Setiap citra masukan dilakukan proses deteksi tepi menggunakan kelima metode. Hasil deteksi tepi menggunakan kelima metode tersebut adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Hasil perhitungan jumlah piksel putih pada citra output dan waktu penyelesaian proses deteksi tepi selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8. Hasil deteksi tepi dari kelima metode tersebut selanjutnya dikomparasi atau dibandingkan untuk mencari perbedaannya.



Gambar 2. Alur Kerja Sistem Deteksi Tepi

Tabel 1 menunjukkan hasil ujicoba pada citra dengan kontras rendah. Tabel 2 menunjukkan hasil ujicoba pada citra dengan kontras sedang. Tabel 3 menunjukkan hasil ujicoba pada citra dengan kontras tinggi. Tampak pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 bahwa pada citra dengan kontras rendah, sedang, maupun tinggi, semua metode berhasil mendeteksi tepi objek orang, baik adanya 1 orang maupun banyak orang. Semua metode juga berhasil mendeteksi adanya objek lain atau benda-benda selain orang.

Pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 tampak bahwa piksel-piksel putih yang dihasilkan pada metode Sobel, Prewitt, dan Roberts tidak jauh berbeda. Piksel tersebut umumnya pada bagian tepian luar objek, dan pada bagian dalam objek hanya ada sedikit piksel putih. Pola atau motif pada suatu objek atau adanya objek lain yang terdapat pada suatu objek masih dapat terdeteksi. Hal ini ditunjukkan oleh terdeteksinya pola atau motif pada baju yang dikenakan oleh orang pada citra 5 dan terdeteksinya topi, kalung, dan tali yang dikenakan oleh orang pada citra 3, dan terdeteksinya dasi dan kacamata yang dikenakan oleh orang pada citra 2. Garis-garis tepi dari tekstur yang ada pada objek, misalnya bentuk kerutan atau lengkungan atau cekungan pada baju pada citra 1, citra 2, citra 3, dan citra 4 banyak yang tidak terdeteksi.

Pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 tampak bahwa piksel-piksel putih yang dihasilkan pada metode Canny dan LoG tidak hanya pada bagian tepian luar objek, tetapi banyak juga yang terdapat di dalam objek. Berarti metode Canny dan LoG tidak hanya dapat mendeteksi bagian tepian objek dan pola atau motif pada objek, namun dapat juga mendeteksi tekstur yang ada pada objek. Piksel putih di dalam objek tersebut menggambarkan tekstur yang ada pada objek, misalnya bentuk kerutan atau lengkungan atau cekungan pada baju. Piksel putih yang dihasilkan pada metode Canny lebih banyak daripada yang dihasilkan pada metode LoG. Hal ini berarti garis-garis tepi yang terdeteksi menggunakan metode Canny lebih banyak daripada metode LoG.

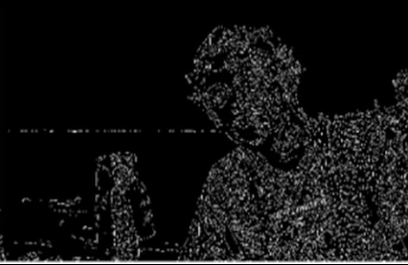
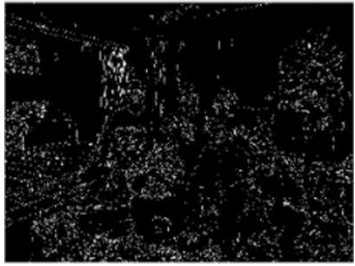
Tabel 1. Hasil Ujicoba Pada Citra Dengan Kontras Rendah

Keterangan	Citra 1: Kontras = 576	Citra 2: Kontras = 576
Citra Masukan		
Metode	Hasil Deteksi Tepi	Hasil Deteksi Tepi
Sobel		
Prewitt		

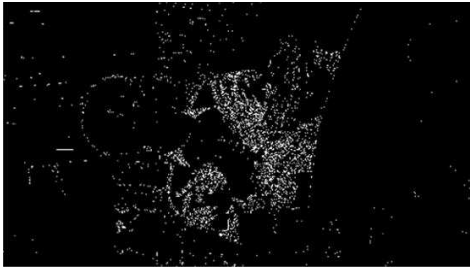
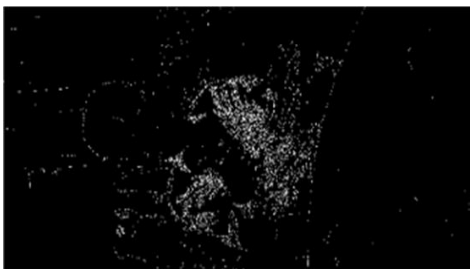
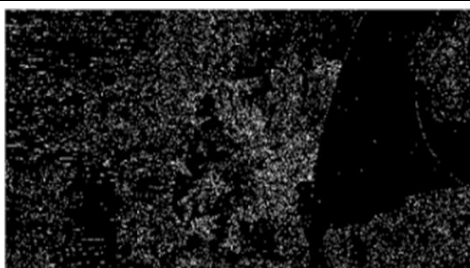
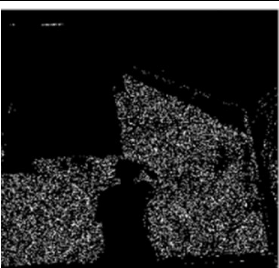
Keterangan	Citra 1: Kontras = 576	Citra 2: Kontras = 576
Citra Masukan		
Metode	Hasil Deteksi Tepi	Hasil Deteksi Tepi
Roberts		
Canny		
LoG		

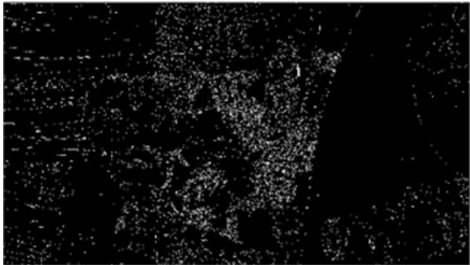
Tabel 2. Hasil Ujicoba Pada Citra Dengan Kontras Sedang

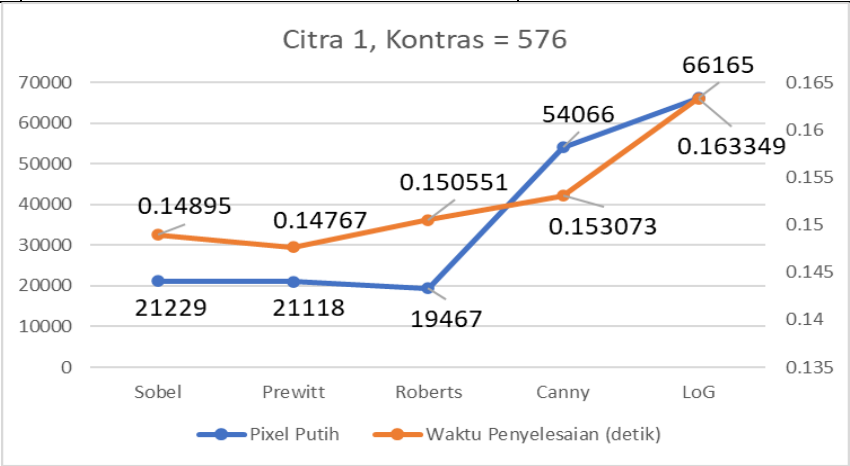
Keterangan	Citra 3: Kontras = 682	Citra 4: Kontras = 768
Citra Masukan		
Metode	Hasil Deteksi Tepi	Hasil Deteksi Tepi

Keterangan	Citra 3: Kontras = 682	Citra 4: Kontras = 768
Citra Masukan		
Metode	Hasil Deteksi Tepi	Hasil Deteksi Tepi
Sobel		
Prewitt		
Roberts		
Canny		
LoG		

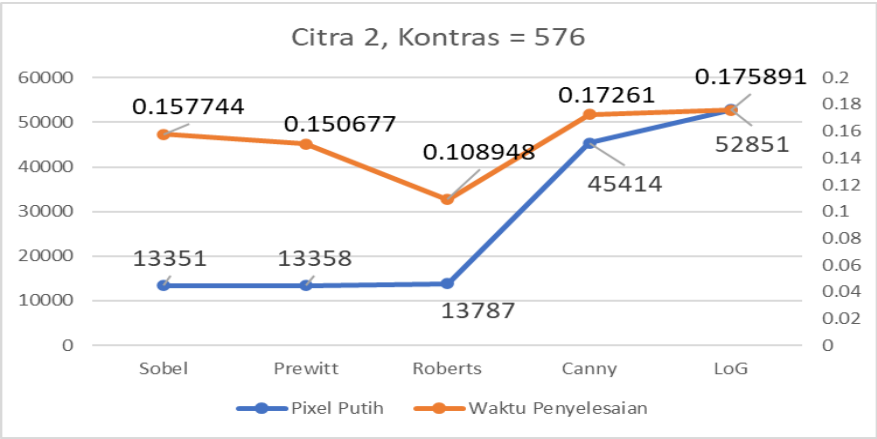
Tabel 3. Hasil Ujicoba Pada Citra Dengan Kontras Tinggi

Keterangan	Citra 5: Kontras = 1024	Citra 6: Kontras = 1024
Citra Masukan		
Metode	Hasil Deteksi Tepi	Hasil Deteksi Tepi
Sobel		
Prewitt		
Roberts		
Canny		

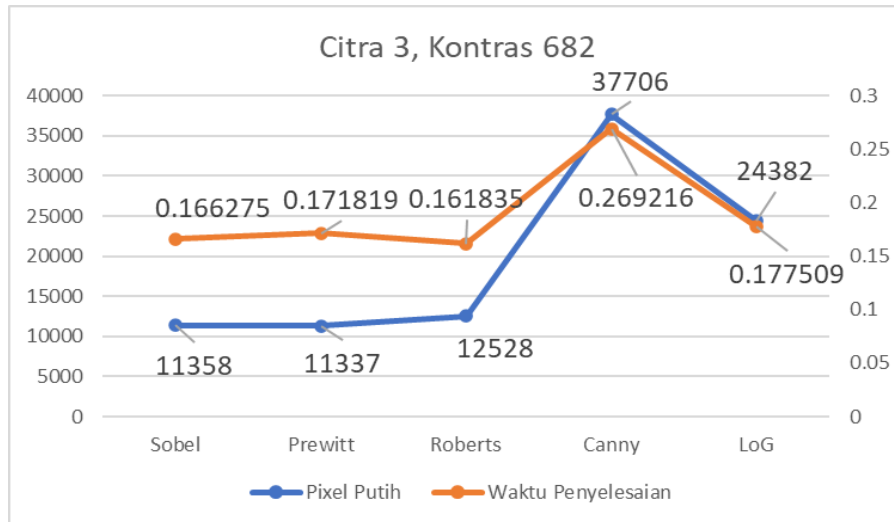
Keterangan	Citra 5: Kontras = 1024	Citra 6: Kontras = 1024
Citra Masukan		
Metode	Hasil Deteksi Tepi	Hasil Deteksi Tepi
LoG		



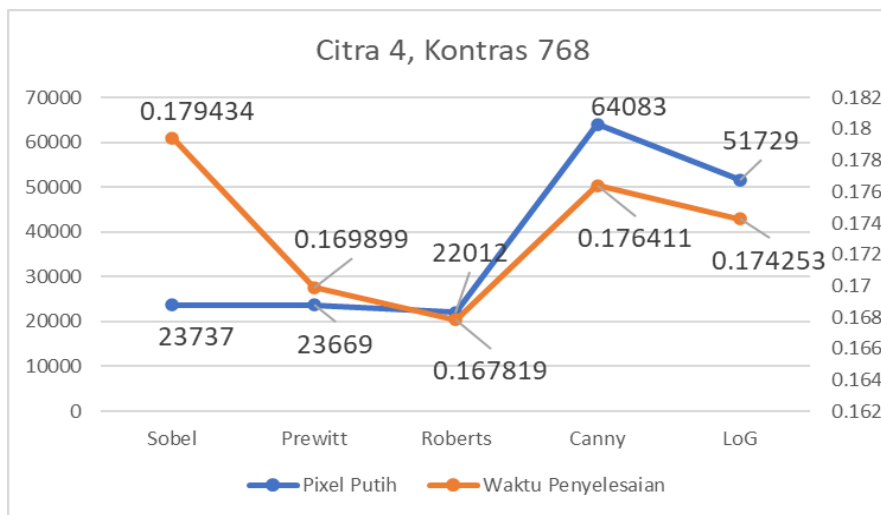
Gambar 3. Grafik Jumlah Pksel Putih dan Waktu Penyelesaian Deteksi Tepi Citra 1



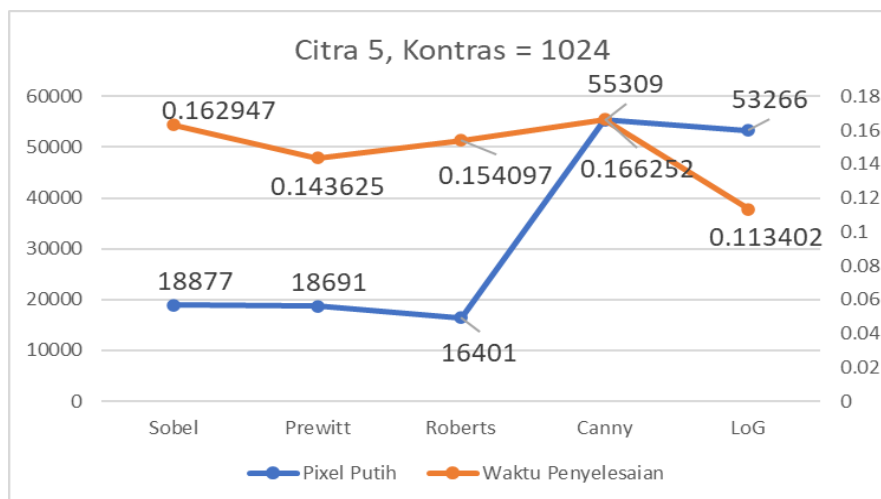
Gambar 4. Grafik Jumlah Pksel Putih dan Waktu Penyelesaian Deteksi Tepi Citra 2



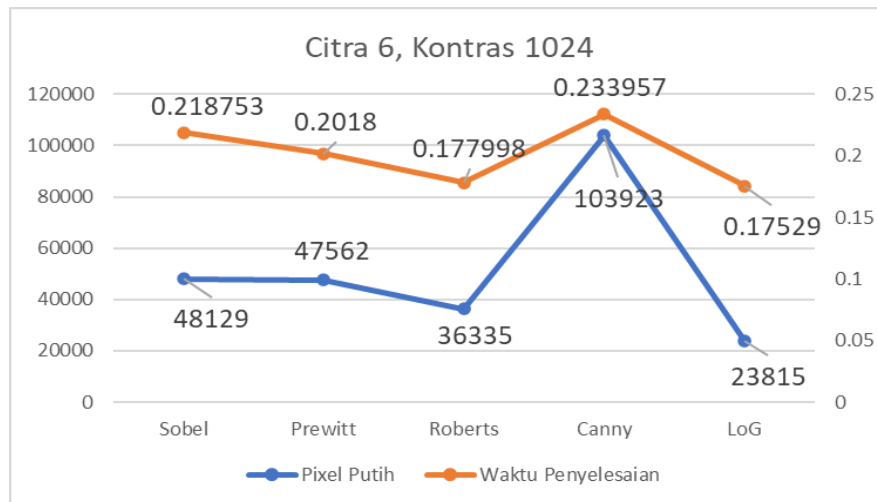
Gambar 5. Grafik Jumlah Pixel Putih dan Waktu Penyelesaian Deteksi Tepi Citra 3



Gambar 6. Grafik Jumlah Pixel Putih dan Waktu Penyelesaian Deteksi Tepi Citra 4



Gambar 7. Grafik Jumlah Pixel Putih dan Waktu Penyelesaian Deteksi Tepi Citra 5



Gambar 8. Grafik Jumlah Pksel Putih dan Waktu Penyelesaian Deteksi Tepi Citra 6

Pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8 tampak bahwa semakin banyak jumlah piksel putih yang dihasilkan, maka waktu penyelesaian proses deteksi juga cenderung semakin lama. Semakin banyak piksel putih yang dihasilkan berarti proses deteksi tepi semakin detail, sehingga membutuhkan waktu yang lama. Waktu penyelesaian proses dan jumlah piksel putih yang dihasilkan oleh kelima metode tidak sama untuk setiap citra. Berarti keberhasilan deteksi tepi dan waktu yang diperlukan untuk setiap metode tidak sama.

Urutan jumlah piksel putih dari yang paling banyak sampai yang paling sedikit pada Gambar 3 adalah yang dihasilkan pada metode LoG, Canny, Sobel, Prewitt, dan Roberts. Pada Gambar 4 urutannya adalah metode LoG, Canny, Roberts, Prewitt, dan Sobel. Pada Gambar 5 urutannya adalah metode Canny, LoG, Roberts, Sobel, dan Prewitt. Pada Gambar 6 urutannya adalah metode Canny, LoG, Sobel, Prewitt, dan Roberts. Pada Gambar 7 urutannya adalah metode Canny, LoG, Sobel, Prewitt, dan Roberts. Pada Gambar 8 urutannya adalah metode Canny, Sobel, Prewitt, dan LoG.

Untuk mengetahui bagaimana perbandingan hasil pada setiap kategori kontras citra, maka jumlah piksel putih dan waktu penyelesaian proses pada setiap kategori kontras selanjutnya dijumlahkan. Untuk mengetahui bagaimana perbandingan hasil pada semua kategori kontras, maka juga dijumlahkan keseluruhan jumlah piksel putih dan waktu penyelesaian proses pada semua kategori kontras. Hasil penjumlahannya ditunjukkan pada Tabel 4. Tampak pada Tabel 4, M adalah Metode deteksi, S adalah Sobel, P adalah Prewitt, R adalah Roberts, C adalah Canny, dan L adalah LoG.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Deteksi Pada Kontras Rendah, Sedang dan Tinggi

M	Jumlah Pksel Putih				Jumlah Waktu Penyelesaian (detik)			
	Rendah	Sedang	Tinggi	Total	Rendah	Sedang	Tinggi	Total
S	34580	35095	67006	136681	0.306694	0.345709	0.3817	1.0341
P	34476	35006	66253	135735	0.298347	0.341718	0.345425	0.98549
R	33254	34540	52736	120530	0.259499	0.329654	0.332095	0.92125
C	99480	101789	159232	360501	0.325683	0.445627	0.400209	1.17152
L	119016	76111	77081	272208	0.33924	0.351762	0.288692	0.97969

Tampak pada Tabel 4 bahwa urutan jumlah piksel putih dari yang terbanyak pada citra dengan kontras rendah adalah metode LoG, Canny, Sobel, Prewitt, dan Roberts. Pada citra dengan kontras sedang, kontras tinggi, dan secara keseluruhan pada semua kontras urutannya adalah metode Canny, LoG, Sobel, Prewitt, dan Roberts. Urutan waktu penyelesaian proses dari yang terlama pada citra dengan kontras rendah dan sedang sama dengan urutan jumlah piksel putih dari yang terbanyak. Pada citra dengan kontras tinggi waktu penyelesaian proses dari yang terlama juga cenderung sesuai urutan jumlah piksel putih dari yang terbanyak, kecuali pada metode LoG justru yang paling cepat. Secara keseluruhan, urutan waktu penyelesaian proses dari yang terlama adalah metode Canny, Sobel, Prewitt, LoG dan Roberts. Kecenderungannya, semakin banyak jumlah piksel putih yang dihasilkan, maka waktu penyelesaian proses semakin lama. Metode Canny dan LoG jauh lebih banyak menghasilkan piksel putih daripada metode Sobel, Prewitt, dan Roberts yang hampir sama. Untuk metode LoG dapat menghasilkan lebih banyak piksel putih dengan waktu yang relatif cepat dibanding metode lainnya.

4. KESIMPULAN

Hasil deteksi tepi pada citra output berupa kumpulan piksel putih yang membentuk garis-garis tepi. Pada semua citra dengan kontras rendah, sedang, dan tinggi, hasil deteksi tepi pada metode Sobel, Prewitt, dan Roberts menghasilkan piksel putih yang lebih sedikit dan terfokus pada bagian luar objek yang membatasi objek yang satu dengan objek lainnya. Metode Canny dan LoG menghasilkan piksel putih yang jauh lebih banyak, yang membentuk garis-garis tepi bukan hanya pada bagian tepi objek, namun juga di dalam objek, sehingga hasil deteksi lebih detail dibandingkan dengan yang dihasilkan metode Sobel, Prewitt, dan Roberts. Urutan dari yang paling banyak menghasilkan piksel putih pada citra dengan kontras rendah, sedang, dan tinggi cenderung sama, yaitu metode Canny, LoG, Sobel, Prewitt, dan Roberts, tetapi pada kontras rendah metode LoG yang paling banyak. Pada semua kontras, urutan waktu penyelesaian proses dari yang terlama cenderung sesuai dengan urutan dari yang terbanyak menghasilkan piksel putih, tetapi metode LoG cenderung lebih cepat dari metode yang lain. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi mengenai metode mana yang dapat dipilih untuk mendukung keberhasilan dalam pengenalan objek dalam suatu citra dengan kondisi tersebut.

5. SARAN

Pada penelitian selanjutnya, perlu dihitung parameter kualitas hasil deteksi tepi misalnya HSV (*Hue Saturation Value*) atau PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), dan dilakukan pengembangan atau modifikasi metode untuk meningkatkan akurasi hasil deteksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. F. Sofyan, "Implementasi Metode Arithmetic Mean Filter Untuk Mereduksi Noise Pada Citra Night Shoot," *J. Glob. Technol. Comput.*, vol. 2, no. 3, pp. 97–101, 2023, doi: 10.47065/jogtc.v2i3.4008.
- [2] and B. P. D. Mangaras, Yanu F., B. Y. Bambang Yuwono, *Dasar Pengolahan Citra Digital*. UPN Veteran Yogyakarta, 2022.
- [3] H. Pangaribuan and S. Sitohang, "Peningkatan Kualitas Deteksi Tepi dengan Metode Segmentasi Citra," *Remik*, vol. 7, no. 1, pp. 591–601, 2023, doi: 10.33395/remik.v7i1.12050.
- [4] D. A. Puspa Hapsari and W. K. Nofa, "Analisa Perbandingan Deteksi Tepi Pada Citra Digital Mengalami Blur Menggunakan Shen-Castan Dan Canny-Derliche," *ICIT J.*, vol. 6, no. 2, pp. 205–212, 2020, doi: 10.33050/icit.v6i2.1117.
- [5] J. Ulfah and N. Nurdin, "Implementasi Metode Deteksi Tepi Canny Untuk Menghitung Jumlah Uang Koin Dalam Gambar Menggunakan Opencv," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3, pp. 420–426, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3147.
- [6] I. Arief Wisky and Sumijan, "Deteksi Tepi untuk Mendeteksi Kondisi Otak Menggunakan Metode Prewitt," *J. Teknol.*, vol. 12, no. 2, pp. 34–39, 2022, doi: 10.35134/jitekin.v12i2.68.
- [7] S. Reskia and D. Sundani, "Aplikasi Pengukuran Tingkat Kemiripan Objek Menggunakan Modified Hausdorff Distance Berdasarkan Hasil Deteksi Tepi," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 23, no. 2, pp. 78–88, 2018, doi: 10.35760/tr.2018.v23i2.2458.
- [8] T. W. A. Putra, E. Siswanto, and Danang, "PENGENALAN WAJAH DENGAN GLCM DAN PNN MENGGUNAKAN PENDEKATAN DETEKSI TEPI CANNY," *Semin. Nas. Teknol. DAN MULTIDISIPLIN ILMU*, no. 14, pp. 40–49, 2021.
- [9] N. D. Miranda, L. Novamizanti, and S. Rizal, "Convolutional Neural Network Pada Klasifikasi Sidik Jari Menggunakan Resnet-50," *J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 61–68, 2020, doi: 10.20884/1.jutif.2020.1.2.18.
- [10] Gansar Suwanto, R. Ibnu Adam, and Garno, "Identifikasi Citra Digital Jenis Beras Menggunakan Metode Anfis dan Sobel," *J. Inform. Polinema*, vol. 7, no. 2, pp. 123–128, 2021, doi: 10.33795/jip.v7i2.406.
- [11] W. K. Nofa and D. A. P. Hapsari, "Perbandingan Filter Shen-Castan, Canny-Derliche dan Madenda untuk Citra Digital dengan Gangguan Blur," *ICIT J.*, vol. 7, no. 1, pp. 110–110, 2021, doi: 10.33050/icit.v7i1.1451.
- [12] A. H. D. ADMAJAYA, "PERBANDINGAN DETEKSI TEPI (EDGE DETECTION) CITRA DIGITAL BERDASARKAN PENGARUH KOMBINASI WARNA MENGGUNAKAN METODE SOBEL DAN PREWITT," vol. 372, no. 2, pp. 2499–2508, 2018, [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7556065> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC394507> <http://dx.doi.org/10.1016/j.humpath.2017.05.005> <https://doi.org/10.1007/s00401-018-1825-z> <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27157931>.
- [13] M. Budiman and S. Sunardi, "Deteksi Tepi Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode Operator Prewitt," *Action Res. Lit.*, vol. 7, no. 2, pp. 157–165, 2023, doi: 10.46799/ar.v7i2.135.
- [14] M. Harim, H. A. T. Muslimin, and R. A. SAPUTRA, "Segmentasi Citra Telapak Tangan menggunakan Deteksi Tepi Prewitt, Sobel, Roberts, dan Canny," *J I M P - J.*

- Inform. Merdeka Pasuruan*, vol. 8, no. 1, p. 9, 2023, doi: 10.51213/jimp.v8i1.836.
- [15] S. M. Itu *et al.*, “Pengenalan Pola Motif Sarung (Utan) Maumere Dengan Metode Deteksi Tepi Canny,” *J. Creat. (Inovasi dan Kreasi dalam Teknol. Informasi)*, vol. 9, no. 2, pp. 40–44, 2023.
- [16] I. Riadi, A. Yudhana, and W. Y. Sulisty, “Analisis Perbandingan Nilai Kualitas Citra Pada Metode Deteksi Tepi,” *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 1, no. 3, pp. 345–351, 2017.
- [17] C. Mauludin, Helmi, and Ilhamsyah, “Deteksi Tepi Tingkat Transparan Batu Permata Dengan Metode Sobel,” *Bul. Ilm. Math. Stat. dan Ter.*, vol. 6, no. 01, pp. 45–50, 2017.
- [18] J. W. Yodha and A. W. Kurniawan, “Perbandingan Penggunaan Deteksi Tepi Dengan Metode Laplace, Sobel Dan Prewit Dan Canny Pada Pengenalan Pola,” *Techno.Com*, vol. 13, no. 3, pp. 189–197, 2014, [Online]. Available: <http://publikasi.dinus.ac.id/index.php/technoc/article/view/570>.
- [19] P. Soepomo, “Implementasi Metode Canny Untuk Deteksi,” *J. Sarj. Tek. Inform.*, vol. 2, pp. 231–243, 2014.
- [20] S. Sukatmi, “Perbandingan Deteksi Tepi Citra Digital dengan Menggunakan Metode Prewitt, Sobel dan Canny,” *KOPERTIP J. Ilm. Manaj. Inform. dan Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2017, doi: 10.32485/kopertip.v1i1.3.
- [21] W. Supriyatin, “Perbandingan Metode Sobel, Prewitt, Robert dan Canny pada Deteksi Tepi Objek Bergerak,” *Ilk. J. Ilm.*, vol. 12, no. 2, pp. 112–120, 2020, doi: 10.33096/ilkom.v12i2.541.112-120.
- [22] A. A. Zaidan, “Image Enhancement Serbaguna dengan Gabungan Histogram Equalization Global dan Adaptif serta Deteksi Tepi,” no. 13520127, 2024.
- [23] M. Helmi, S. Fedianto, M. Muharrom, and A. Haromainy, “Pengujian Sistem Jaringan Dokumentasi Dan Informasi Menggunakan Black Box Testing Dan White Box Testing,” vol. 3, no. 1, 2024.