



Analisis Perbandingan Nilai Kualitas Citra pada Metode Deteksi Tepi

Imam Riadi¹, Anton Yudhana², Wicaksono Yuli Sulisty³

¹Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan

³Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan

¹imam.riadi@is.uad.ac.id, ²eyudhana@ee.uad.ac.id, ³wicaksono1807048009@wembail.uad.ac.id

Abstract

Identification of object boundaries in a digital image is developing rapidly in line with advances in computer technology for image processing. Edge detection becomes important because humans in recognizing the object of an image will pay attention to the edges contained in the image. Edge detection of an image is done because the edge of the object in the image contains very important information, the information obtained can be either size or shape. The edge detection method used in this study is Sobel operator, Prewitt operator, Laplace operator, Laplacian of Gaussian (LoG) operator and Kirsch operator which are compared and analyzed in the five methods. The results of the comparison show that the clear margins are the Sobel, Prewitt and Kirsch operators, with PSNR calculations that produce values above 30 dB. Laplace and LoG operators only have an average PSNR value below 30 dB. Other quality comparisons use the histogram value and the contrast value with the highest value results in the Laplace and LoG operators with an average histogram value of 110 and a contrast value of 24. The lowest histogram and contrast value are owned by the Sobel and Prewitt operators.

Keywords: digital image, edge detection, operator detection

Abstrak

Identifikasi batas tepi objek pada suatu citra digital berkembang pesat sejalan dengan kemajuan teknologi komputer untuk pengolahan citra. Deteksi tepi menjadi penting karena manusia dalam mengenali obyek suatu citra akan memperhatikan tepi yang terdapat dalam citra. Pendeteksian tepi suatu citra dilakukan karena tepi objek pada citra mengandung informasi yang sangat penting, informasi yang diperoleh dapat berupa ukuran maupun bentuk. Metode deteksi tepi yang digunakan pada penelitian ini berupa operator Sobel, operator Prewitt, operator Laplace, operator Laplacian of Gaussian (LoG) dan operator Kirsch yang dibandingkan dan dianalisis pada kelima metode. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa garis tepi yang jelas adalah operator Sobel, Prewitt dan Kirsch, dengan perhitungan PSNR yang menghasilkan nilai diatas 30 dB. Operator Laplace dan LoG hanya memiliki nilai PSNR rata-rata dibawah 30 dB. Perbandingan kualitas lainnya menggunakan nilai histogram dan nilai kontras dengan hasil nilai tertinggi pada operator Laplace dan LoG dengan nilai rata-rata nilai histogram sebesar 110 dan nilai kontras sebesar 24. Nilai histogram dan nilai kontras yang terendah dimiliki oleh operator Sobel dan Prewitt.

Kata kunci: citra digital, deteksi tepi, operator deteksi

© 2020 Jurnal RESTI

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi sekarang ini semakin pesat, salah satunya adalah teknologi dan aplikasi pada citra digital [1][2]. Citra merupakan gambaran dari objek dan dapat diambil dengan kamera telepon yang menghasilkan gambar persis sesuai dengan keadaan objek [3]. Citra juga termasuk salah satu komponen multimedia yang memegang peranan penting sebagai bentuk informasi visual [4].

Pengolahan citra menjadi bagian penting yang mendasari berbagai aplikasi seperti pengenalan pola. Pengolahan citra melakukan manipulasi pada citra sehingga memiliki kualitas yang lebih baik agar mudah diinterpretasikan oleh manusia atau mesin [5]. Citra memiliki beberapa jenis format diantaranya adalah *Joint Photographic Experts Group (JPEG)* yang merupakan suatu algoritma yang menggunakan *lossy compress* atau dengan kata lain mengurangi kualitas citra [6].

Tepi diperlakukan sebagai fitur penting dari suatu gambar untuk memperkirakan properti dan struktur objek. Tepi biasanya dikenali di garis batas antara dua daerah berbeda dalam suatu gambar [7]. Deteksi tepi pada suatu citra merupakan suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi dari objek pada citra sehingga informasi garis batas dari citra dapat ditonjolkan [8][9]. Tujuan pendeteksian tepi adalah untuk memperbaiki detail dari citra yang kabur, yang terjadi karena *error* atau adanya efek dari proses akuisisi gambar [10]. Tepi sesungguhnya mengandung informasi yang sangat penting, informasi yang diperoleh dapat berupa ukuran maupun bentuk yang sesuai pada identifikasi objek [11].

Metode deteksi tepi terbagi menjadi tujuh operator yaitu operator Roberts, operator Sobel, operator Prewitt, operator Laplace, operator Laplacian of Gaussian (LoG), operator Canny dan operator Kirsch [12]. Ketujuh metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing dalam pendeteksian tepi.

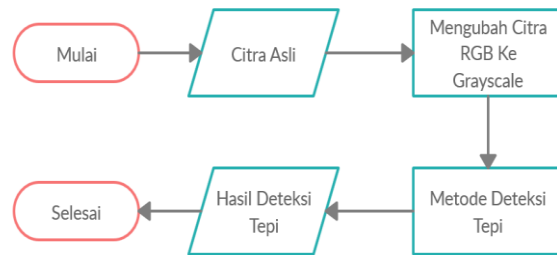
Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan diantaranya oleh Malathi yang membandingkan deteksi tepi citra menggunakan metode Prewitt, Sobel dan Roberts dengan menggunakan sebuah citra yang diuji mendapatkan hasil bahwa metode Prewitt mampu menangani efek perawatan gambar menambahkan *grayscale gradient* dan *noise*. [13]. Penelitian lain yang serupa adalah yang dilakukan El-Sennary dengan membandingkan tujuh metode deteksi tepi yaitu Canny, Log, Sobel, Prewitt, Roberts, Xdog dan Zerocross. Penilaian kualitas gambar menggunakan pengukuran PSNR, MSE, NAE dan time by second. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut adalah metode Xdog merupakan yang terbaik dari semua metode yang dibandingkan, karena memiliki nilai PSNR yang tertinggi [14].

Penelitian ini melakukan perbandingan dan analisis pada kelima metode pendeteksian tepi yang berupa operator Sobel, operator Prewitt, operator Laplace, operator Laplacian of Gaussian (LoG) dan operator Kirsch dengan menggunakan perogramatan MATLAB. Perbandingan yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kualitas dari masing-masing operator deteksi tepi menggunakan penilaian objektif, hal ini diperlukan karena menghasilkan pengukuran yang standar, cepat dan mudah [15]. Pengukuran lainnya dapat menggunakan pengukuran kualitas citra secara subjektif (indera manusia), hal ini dapat dilakukan untuk menilai kualitas citra, namun hal tersebut sangat sulit dilakukan karena kondisi penilaian harus tergantung pada penglihatan manusia [16][17].

2. Metode Penelitian

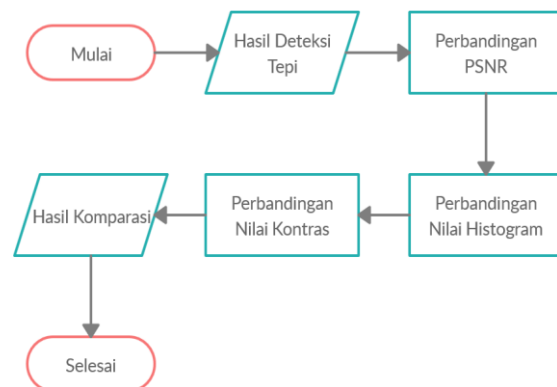
Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari satu tahapan berupa pendeteksian langsung bahan

penelitian kedalam semua metode deteksi tepi. Gambar 1. merupakan tahapan yang dilakukan.



Gambar 1. Flowchart Alur Pengujian

Gambar 1. menunjukkan *flowchart* alur tahapan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini. Tahap pertama dimulai dengan menginputkan citra asli, kemudian mengubah citra RGB menjadi grayscale. Citra grayscale yang sudah didapat maka akan diproses menggunakan ketujuh metode deteksi tepi, sehingga didapat hasil dari masing-masing deteksi tepi. Semua hasil deteksi tepi dibandingkan untuk mengetahui masing-masing kualitas dengan menggunakan beberapa parameter. Parameter yang digunakan adalah perhitungan PSNR, nilai histogram dan nilai kontras. Flowchart proses perbandingan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Proses Perbandingan

Gambar 2. menunjukkan *flowchart* perbandingan kualitas pada deteksi tepi yang dilakukan pada penelitian ini. Proses pertama yang dilakukan adalah menginputkan semua hasil pendeteksian tepi, kemudian membandingkan masing-masing kualitas dekteksi menggunakan parameter perhitungan PSNR, nilai histogram dan nilai kontras.

3.1 Operator Sobel

Operator Sobel merupakan operator yang menggunakan dua buah kernel 3x3 dan magnitudo gradien (G) seperti pada rumus 3 dan 4 [22]:

$$G_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad G_y = \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$G = \sqrt{I * G_x^2 + I * G_y^2} \quad (4)$$

Kelebihan dari metode sobel ini adalah kemampuan untuk mengurangi noise sebelum melakukan perhitungan deteksi tepi.

3.2 Operator Prewitt

Operator Sobel merupakan operator yang menggunakan dua buah kernel 3x3 (G_x dan G_y) dan magnitudo gradien (G) seperti pada rumus 5 dan 6 [23]:

$$G_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad G_y = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$G = \sqrt{I * G_x^2 + I * G_y^2} \quad (6)$$

Operator Prewitt menggunakan persamaan yang sama dengan operator sobel hanya saja terbalik. Operator ini lebih sensitif terhadap tepian horizontal dan vertikal dari pada tepian diagonal.

3.3 Operator Laplace

Operator Laplace merupakan operator yang menggunakan sebuah kernel 3x3. Pada operator ini terdapat berbagai bentuk kernel yang digunakan sesuai kebutuhan. [12]. Berikut ini kernel pada operator Laplace.

$$G = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \text{ atau } G = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Deteksi tepi ini kurang sensitif terhadap derau, hal ini disebabkan penggunaan fungsi Gaussian yang memuluskan citra dan berdampak pada pengurangan derau pada citra. Sehingga operator mereduksi jumlah tepi yang salah terdeteksi.

3.4 Operator Laplacian Of Gaussian (LoG)

Operator LoG merupakan operator yang menggunakan dua buah kernel 3x3 [24]. Operator ini merupakan perkembangan dari operator Laplace, rumus 8 berikut ini adalah kernel pada operator LoG.

$$G_x = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad G_y = \begin{pmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -4 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

Operator LoG adalah sangat sensitive terhadap noise, namun demikian kekurangan pada metode ini dapat ditingkatkan hasilnya dengan menerapkan thresholding.

3.5 Operator Kirsch

Operator Kirsch merupakan operator yang menggunakan 8 buah kernel 3x3. Kedelapan buah kernel tersebut mewakili setiap arah mata angin. Rumus 9, 10, 11 dan 12 berikut ini kernel pada operator Kirsch [25].

$$E = \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad NE = \begin{pmatrix} -2 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$N = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad NW = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix} \quad (10)$$

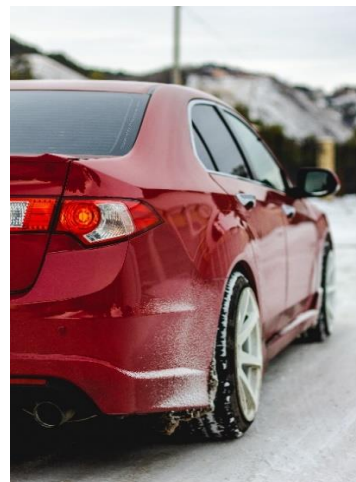
$$W = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \quad SW = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{pmatrix} \quad (11)$$

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & -2 \\ -1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad SE = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 2 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad (12)$$

Operator Kirsch sering disebut juga operator kompas karena melakukan pendeteksian tepi pada 8 arah mata angin di setiap kelipatan sudut 45°. Operator ini merupakan metode pendeteksian tepi nonlinier dengan tujuan untuk menemukan tepi maksimum dalam semua arah yang terdeteksi.

3. Hasil dan Pembahasan

Foto yang digunakan dalam analisis ini adalah tiga buah foto berekstensi JPEG. Analisis dilakukan dengan menginputkan ketiga gambar tersebut kedalam MATLAB yang sudah disiapkan programnya untuk mendeteksi tepi dengan kelima metode yang berupa Sobel, Prewitt, Laplace, Lapcian of Gaussian dan Kirsch. Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini seperti pada Gambar 3.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Citra Asli

Gambar 3. menunjukkan tiga buah foto asli yang digunakan untuk bahan penelitian objek menggunakan metode deteksi tepi. Ketiga buah foto tersebut berupa foto mobil, foto pohon dan foto pemandangan.

3.1 Deteksi Citra Pertama

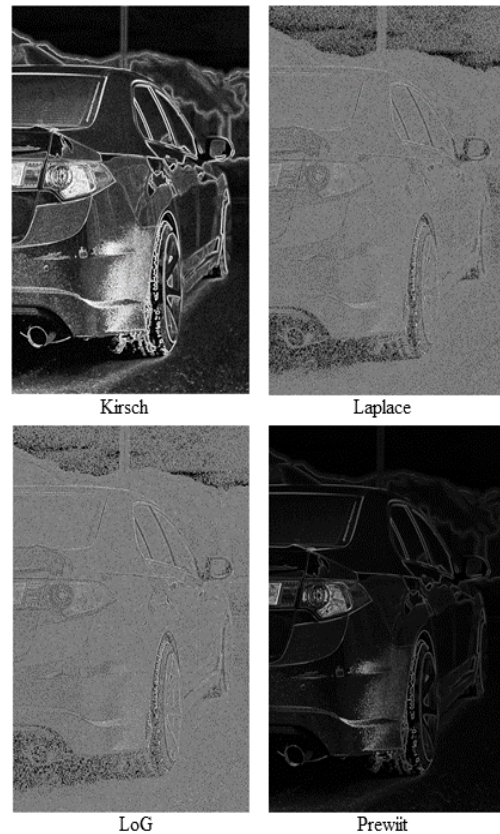
Citra pertama merupakan foto pertama (a) yang berupa foto mobil. Setelah dilakukan proses deteksi tepi didapat seperti pada Gambar 4.

Gambar 4. menampilkan hasil deteksi tepi pada foto (a) dengan menggunakan kelima metode. Jika diperhatikan dengan analisis visual, ada beberapa operator yang menunjukkan deteksi tepi yang baik seperti pada deteksi tepi menggunakan operator Kirsch dan Sobel yang mempunyai tepi garis yang tebal.

3.2 Deteksi Citra Pertama

Citra kedua merupakan foto kedua (b) yang berupa foto pohon. Setelah dilakukan proses deteksi tepi didapat seperti pada Gambar 5.

Gambar 5. menampilkan hasil deteksi tepi pada foto (b) dengan menggunakan kelima metode. Jika diperhatikan dengan indra mata maka terlihat bahwa operator Kirch, Prewitt dan Sobel memiliki tepi garis yang tebal jika dibandingkan dengan operator lainnya.



Sobel

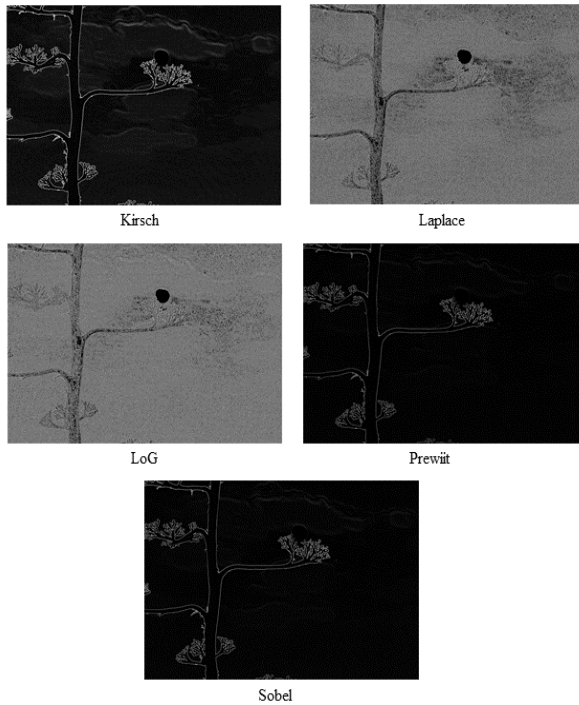
Gambar 4. Deteksi Tepi pada Citra (a)

3.3 Deteksi Citra Ketiga

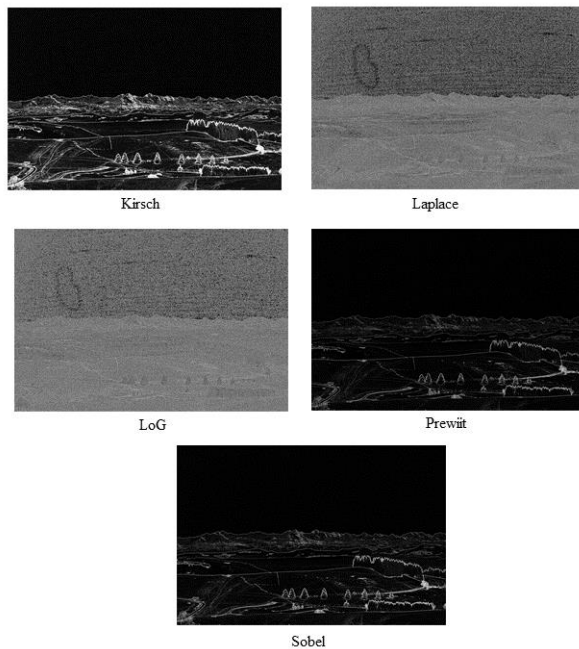
Citra kedua merupakan foto kedua (c) yang berupa foto kota. Setelah dilakukan proses deteksi tepi didapat seperti pada Gambar 6.

Gambar 6. menampilkan hasil deteksi tepi pada foto (c). Jika diperhatikan dengan analisis visual, ada beberapa operator yang menunjukkan deteksi tepi yang baik seperti pada deteksi tepi menggunakan operator Sobel, Prewitt dan Kirsch. Operator Kirsch menunjukkan garis tepi yang lebih tebal dibandingkan dengan yang lainnya, sedangkan pada operator Sobel

dan Prewitt dapat menunjukkan garis tepi namun garis yang dihasilkan tidak sejelas operator Kirsch.



Gambar 5. Deteksi Tepi pada Citra (b)

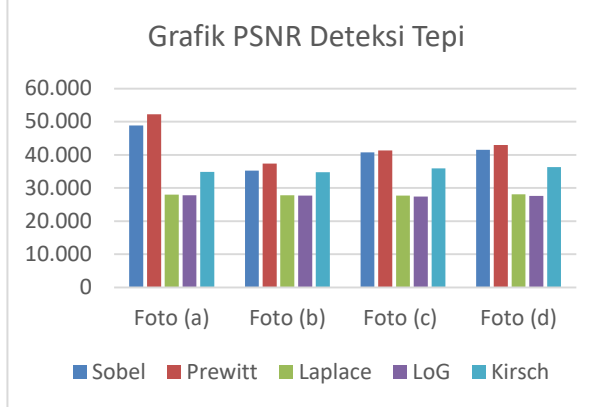


Gambar 6. Deteksi Tepi pada Citra (c)

Pengujian perbandingan yang dilakukan adalah dengan menghitung nilai *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR). Semakin besar nilai PSNR, maka hasil pemrosesan citra semakin bagus [26]. Kualitas citra dikatakan baik jika nilai PSNR di atas 30 dB [27]. Tabel 1. merupakan nilai PSNR pada masing-masing hasil deteksi tepi pada foto pertama.

Tabel 1. Nilai PSNR pada Semua Metode Deteksi Tepi

Bahan Penelitian	Sobel	Prewitt	Laplace	LoG	Kirsch
Foto (a)	48,894	52,249	27,957	27,787	34,885
Foto (b)	35,284	37,345	27,805	27,678	34,776
Foto (c)	40,703	41,376	27,750	27,418	35,939
Foto (d)	41,532	42,942	28,118	27,626	36,300

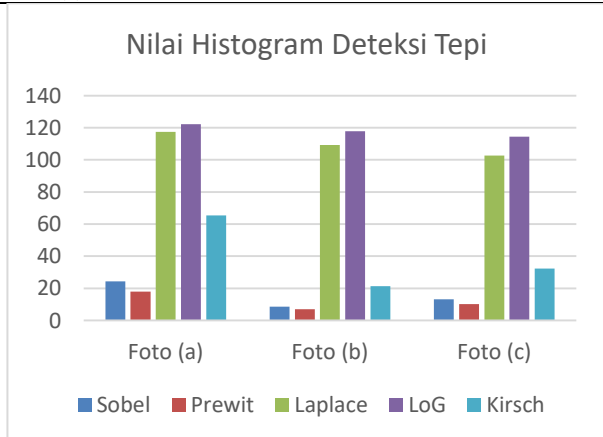


Gambar 7. Grafik Nilai PSNR Deteksi Tepi

Gambar 7. menunjukkan nilai PSNR yang tertinggi adalah Sobel dan Prewitt dengan rata-rata nilai diatas 40. Sedangkan operator Kirsch masih tergolong bagus karena masih diatas 30 dB. Dari perhitungan PSNR yang sudah disimpulkan bahwa metode Prewitt memiliki nilai PSNR terbaik dibandingkan lainnya, sedangkan pada operator Laplace dan LoG mempunyai nilai PSNR dibawah 30 dB sehingga dikategorikan kurang bagus. Tabel 2. merupakan nilai histogram yang dimiliki oleh masing-masing deteksi tepi yang sudah diuji pada bahan penelitian.

Tabel 2. Nilai Histogram Deteksi Tepi

Bahan Penelitian	Sobel	Prewit	Laplace	LoG	Kirsch
Foto (a)	24,34	18,04	117,50	122,30	65,34
Foto (b)	8,68	6,91	109,21	117,74	21,31
Foto (c)	13,19	10,21	102,70	114,44	32,29



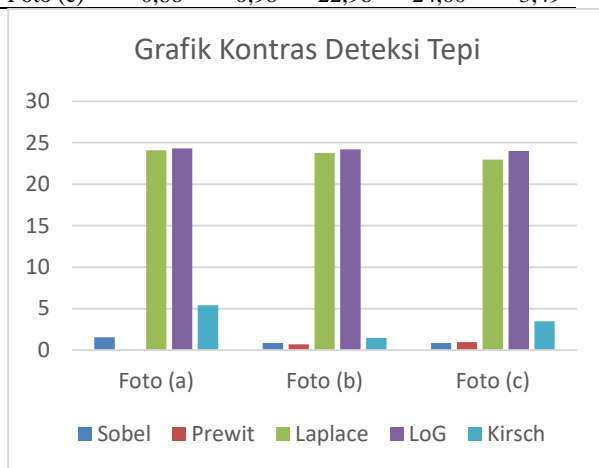
Gambar 8. Grafik Nilai Histogram Deteksi Tepi

Gambar 8. menampilkan grafik perbandingan hasil nilai histogram pada bahan penelitian dengan masing-

masing deteksi tepi. Ketiga bahan penelitian menunjukkan nilai histogram tertinggi pada operator Laplace dan LoG dengan nilai rata-rata histogram sebesar 110, sedangkan nilai histogram terendah dimiliki oleh operator Sobel dan Prewitt. Tabel 3. merupakan nilai kontras yang dimiliki oleh masing-masing deteksi tepi yang sudah diuji pada bahan penelitian.

Tabel 3. Nilai Kontras Deteksi Tepi

Bahan Penelitian	Sobel	Prewit	Laplace	LoG	Kirsch
Foto (a)	1,53	0,09	24,09	24,33	5,41
Foto (b)	0,86	0,69	23,76	24,21	1,46
Foto (c)	0,86	0,96	22,96	24,00	3,49



Gambar 9. Grafik Nilai Kontras Deteksi Tepi

Gambar 9. Menampilkan grafik perbandingan hasil nilai kontras pada bahan penelitian dengan masing-masing operator deteksi tepi. Nilai kontras yang menunjukkan hasil tertinggi adalah operator Laplace dan LoG dengan rata-rata nilai kontras sebesar 24, sedangkan nilai kontras terendah pada diagram nilai kontras adalah operator Sobel dan Prewitt.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat setelah dilakukan pengujian deteksi tepi dengan menggunakan kelima metode diperoleh bahwa nilai kualitas PSNR pada operator Laplace, LoG mempunyai nilai rata-rata yang rendah dibawah 30 dB. Metode pendeteksian Sobel, Prewitt dan Kirsch mempunyai nilai PSNR diatas 30 dB dengan operator Prewitt yang memiliki nilai PSNR terbaik dibandingkan lainnya. Perbandingan kualitas lainnya menggunakan nilai histogram dengan hasil nilai tertinggi pada operator Laplace dan LoG dengan nilai rata-rata histogram sebesar 110. Nilai histogram terendah dimiliki oleh operator Sobel dan Prewitt. Perbandingan kualitas menggunakan nilai kontras, hasil yang didapat menunjukkan operator Laplace dan LoG mempunyai rata-rata nilai kontras sebesar 24 yang tertinggi dibanding dengan lainnya dan nilai kontras terendah adalah operator Sobel dan Prewitt.

Daftar Rujukan

- [1] A. Eleyan and M. S. Anwar, "Multiresolution Edge Detection Using Particle Swarm Optimization," *Int. J. Eng. Sci. Appl.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–17, 2017.
- [2] M. R. Wankhade and N. M. Wagdarikar, "Feature Extraction of Edge Detected Images," *Int. J. Comput. Sci. Mob. Comput.*, vol. 3, no. 6, pp. 336–345, 2017.
- [3] Sunardi, A. Yudhana, and S. Saifullah, "Identity Analysis of Egg Based on Digital and Thermal Imaging: Image Processing and Counting Object Concept," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 200–208, 2017.
- [4] D. Herawati and A. R. Kardian, "Analisis Deteksi Tepi Pada Citra Digital Berbasis JPG Dengan Operator Canny Menggunakan Matrix Laboratory," *J. Ilm. Komputasi*, vol. 17, no. 3, pp. 191–208, 2018.
- [5] V. Dohare and M. P. Parsai, "A Review of Speed Performance Evaluation of Varios Edge Detection Methods of Images," *Indian J. Comput. Sci. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 128–138, 2017.
- [6] I. M. B. Saputra, A. Romadhony, and Adiwijaya, "Analisis Kompresi Lossless JPEG dengan Penambahan komplemen terkompresi deflate," 2012.
- [7] R. Pradeep Kumar Reddy and C. Nagaraju, "Improved Canny Edge Detection Technique Using S-membership Function," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 8, no. 6, pp. 43–49, 2019.
- [8] K. R. O. Recio and R. G. Mendoza, "Three-step Approach to Edge Detection of Texts," *Philipp. J. Sci.*, vol. 148, no. 1, pp. 193–211, 2019.
- [9] S. Dhivya and D. R. Shanmugavadivu, "A Big Data Based Edge Detection Method for Image Pattern Recognition - A Survey," *Int. J. Eng. Comput. Sci.*, vol. 7, no. 03, pp. 23755–23760, 2018.
- [10] S. Reno and R. Edyal, "Analisa Perbandingan Deteksi Tepi Citra Foto Menggunakan Algoritma Robert dan Prewitt," *Multinetics*, vol. 2, no. 2, p. 11, 2016.
- [11] M. R. H. Mohd Adnan, A. Mohd Zain, H. Haron, M. Zulfaezal Che Azemin, and M. Bahari, "Consideration of Canny Edge Detection for Eye Redness Image Processing," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 551, no. 1, 2019.
- [12] P. Hidayatullah, *Pengolahan Citra Digital*. Bandung: Informatika Bandung, 2017.
- [13] P. Malathi and M. Pushpa, "Image Edge Detection Algorithms Study," *Intern. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 6, pp. 786–789, 2016.
- [14] H. A. E. El-sennary, M. E. Hussien, and A. E. A. Ali, "Edge Detection of an Image Based on Extended Difference of Gaussian," *Am. J. Comput. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 35–47, 2019.
- [15] B. Niu, "An Improvement Image Subjective Quality Evaluation Model Based on Just Noticeable Difference," *Proceeding Twelfth Int. Conf. Intell. Inf. Hiding Multimed. Signal Process.*, vol. 2, pp. 101–110, 2017.
- [16] I. M. Nasrulloh, S. Sunardi, and I. Riadi, "Analisis Forensik Solid State Drive (SSD) Menggunakan Framework Rapid Response," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 5, p. 509, 2019.
- [17] P. Mohammadi, A. Ebrahimi-Moghadam, and S. Shirani, "Subjective and Objective Quality Assessment of Image: A Survey," *Majlesi J. Electr. Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 55–83, 2015.
- [18] J. Singh, "Image Quality Assesment-a Review," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 8, pp. 938–942, 2016.
- [19] Arifin Muchammad and P. Diah, "Kompresi Citra Menggunakan Metode Fraktal," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- [20] R. Kaur and P. Choudhary, "A Review of Image Compression Techniques," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 142, no. 1, pp. 8–11, 2016.
- [21] D. C. R. Dudhagara, "An Analysis and Study of HAAR Wavelet Based Method for 2D Image Compression," *Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. 1, no. 5, pp. 238–242, 2017.
- [22] A. S. Ahmed, "Comparative Study Among Sobel, Prewitt and Canny Edge Detection Operators Used in Image Processing," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 96, no. 19, pp. 6517–6525,

- 2018.
- [23] M. Joshi and A. Vyas, "Comparison of Canny edge detector with Sobel and Prewitt edge detector using different image formats," *Int. J. Eng. Res. Technol.*, no. 1, pp. 133–137, 2020.
- [24] M. A. Ansari, D. Kurchaniya, and M. Dixit, "A Comprehensive Analysis of Image Edge Detection Techniques," *Int. J. Multimed. Ubiquitous Eng.*, vol. 12, no. 11, pp. 1–12, 2017.
- [25] K. Bala Krishnan, S. Prakash Ranga, and N. Guptha, "A Survey on Different Edge Detection Techniques for Image Segmentation," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 10, no. 4, 2017.
- [26] R. Mehra, "Estimation of the Image Quality under Different Distortions," *Int. J. Eng. Comput. Sci.*, vol. 5, no. 17291, pp. 17291–17296, 2016.
- [27] S. Rajkumar and G. Malathi, "A Comparative Analysis on Image Quality Assessment For Real Time Satellite Images," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 34, 2016.