



Deteksi Tepi Optimal dengan Integrasi Canny, CLAHE, dan Perona-Malik *Diffusion Filter*

Ibnu Mansyur Hamdani^{1*}, Ismi Rizqa Lina², Muhammad Takdir Muslihi³

¹Program Studi Teknik Perawatan Mesin, Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng, Indonesia

²Program Studi Sains Data, Universitas Insan Cita Indonesia, Indonesia

³Program Studi Teknik Listrik dan Instalasi, Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng, Indonesia

*Email : ibnumansyur@akom-bantaeng.ac.id

Abstract: Edge detection is a fundamental technique in digital image processing, crucial for identifying object boundaries. However, detecting edges in low-intensity and noisy images remains a significant challenge. This study proposes an optimal edge detection method by integrating the Canny algorithm, Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE), and Perona-Malik Diffusion Filter, with automatic kappa (κ) value determination using the Fractional Order Sobel Mask. The process begins with noise reduction through the Perona-Malik Diffusion Filter, followed by local contrast enhancement using CLAHE, and concludes with edge detection via the Canny algorithm. Experimental results demonstrate that the proposed method significantly enhances edge clarity and robustness against noise compared to the conventional Canny algorithm, particularly for low-intensity images and images with noise. Tests on leaf and medical images confirm the effectiveness of this method in improving edge detection quality in digital images.

Keywords: Canny; Edge Detection; CLAHE; Digital Image Processing.

1. PENDAHULUAN

Pendeteksian tepi adalah teknik fundamental dalam pengolahan citra digital yang berperan penting dalam mengidentifikasi batas-batas objek dalam sebuah citra (Sun dkk., 2022). Teknik ini digunakan untuk mengekstraksi fitur-fitur penting, seperti bentuk dan struktur objek dalam citra. Pendeteksian tepi telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang (Cai dkk., 2023). Dalam pengolahan citra medis, teknik ini digunakan untuk mendeteksi batas tumor, menganalisis struktur tulang, atau mengenali jaringan tertentu pada citra MRI atau CT Scan (Olubusola Isinkaye dkk., 2021; Panda dkk., 2022). Di bidang pertanian, pendeteksian tepi diterapkan untuk mengidentifikasi kontur dan klasifikasi produk pertanian (Yu dkk., 2021).

Pendeteksian tepi menjadi tantangan besar pada citra yang mengandung *noise* (Maksimovic dkk., 2024) dan memiliki tepian yang tidak pasti (Muntarina dkk., 2023) yang bisa saja disebabkan oleh kontras yang kurang atau dengan kata lain memiliki intensitas yang rendah. *Noise* dapat mengganggu detail penting dalam citra, sehingga menyebabkan pendeteksian citra menjadi tidak akurat. Selain itu, citra dengan intensitas rendah, kontras yang kurang sesuai menjadikan tepian citra sulit untuk dideteksi secara efektif oleh algoritma konvensional

Untuk mengatasi tantangan ini, penelitian ini mencoba mengintegrasikan beberapa algoritma yang mampu mengatasi masalah tersebut. Penggunaan Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) mampu meningkatkan kontras lokal pada citra terutama pada citra dengan intensitas rendah. Selain itu, pereduksian *noise* juga dilakukan untuk mengantisipasi citra yang memiliki *noise*. Pereduksian *noise* yang digunakan adalah Perona-Malik *Diffusion Filter*, di mana Perona-Malik *Diffusion Filter* dikenal mampu mereduksi *noise* dengan tetap mempertahankan fitur-fitur penting pada sebuah citra (Maiseli, 2020). Pada sebuah penelitian perhitungan koloni bakteri, penentuan nilai k (kappa) Perona-Malik *Diffusion Filter* ditentukan secara otomatis sehingga setiap citra menggunakan nilai k yang tepat bergantung pada gradien citra tersebut (Hamdani dkk., 2023). Penentuan nilai k ini diperoleh dari penentuan nilai gradien oleh Sobel Mask Orde Fraksional, di mana algoritma ini lebih baik dari Sobel Mask asli.

Kontribusi utama penelitian ini adalah mengusulkan metode deteksi tepi yang lebih adaptif dan tahan terhadap *noise*. Metode ini mengintegrasikan Canny, CLAHE, dan Perona-Malik *Diffusion Filter* dengan penentuan nilai k secara otomatis menggunakan Sobel Mask Orde Fraksional. Pendekatan ini menggabungkan keunggulan masing-masing metode untuk meningkatkan ketepatan deteksi tepi, terutama pada citra yang berintensitas rendah dan menghindari inputan citra yang mengandung *noise*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah metode pendeteksian tepi citra dengan menggabungkan beberapa algoritma, yaitu Canny, CLAHE, dan Perona-Malik *Diffusion Filter* dengan penentuan nilai k (kappa) menggunakan Sobel Mask Orde Fraksional. Alur penelitian ini berdasarkan pada diagram alir pada **Error! Reference source not found.**

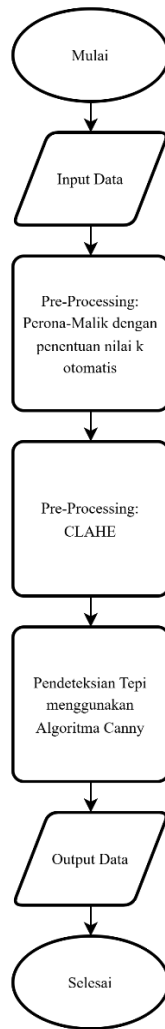
Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan sampel data-data citra yang memiliki intensitas piksel yang rendah sehingga dalam pendeteksian tepi terdapat beberapa bagian tepian yang sulit untuk dideteksi. Citra yang digunakan merupakan citra daun dan citra medis.

2.1. *Pre-processing* Citra

Perona-Malik *Diffusion Filter*

Pre-processing merupakan langkah awal yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra sebelum diterapkan algoritma atau teknik tertentu. Beberapa tujuan *pre-processing* adalah untuk mengurangi *noise*, meningkatkan fitur-fitur yang relevan, dan mempermudah proses analisis lebih lanjut.

Pre-processing yang pertama dilakukan dalam penelitian ini adalah penerapan Perona-Malik *Diffusion* dengan penentuan nilai k menggunakan Sobel Mask Orde Fraksional (Hamdani dkk., 2023). Berikut ini adalah formula dari Perona-Malik *Diffusion Filter*:



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

$$g(\|\nabla I\|) = \frac{1}{1 + \left(\frac{\|\nabla I\|}{k}\right)^2},$$

di mana nilai g adalah fungsi difusi, ∇I merupakan gradien citra, dan k (kappa) merupakan sebuah nilai yang mengontrol sensitivitas dari tepian citra.

Pemilihan nilai k menggunakan Sobel Mask orde Fraksional karena algoritma ini lebih baik dari Sobel Mask asli (Yaacoub & Zeid Daou, 2019). Kernel yang dimiliki oleh Sobel Mask orde Fraksional memuat nilai alpha (α) yang dapat disubstitusi dengan nilai dalam rentang 0.1 hingga 1.0. Kernel tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.

Penentuan nilai k berdasarkan pada formula berikut:

$$k = \frac{\text{Gradien Sobel Mask Orde Fraksional}}{100}$$

$\left(\frac{\alpha^2 - \alpha}{4}\right)$	$\frac{-\alpha}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\left(\frac{\alpha^2 - \alpha}{4}\right)$	$\left(\frac{\alpha^2 - \alpha}{2}\right)$	$\left(\frac{\alpha^2 - \alpha}{4}\right)$
$\left(\frac{\alpha^2 - \alpha}{2}\right)$	$-\alpha$	1	$\frac{-\alpha}{2}$	$-\alpha$	$\frac{-\alpha}{2}$
$\left(\frac{\alpha^2 - \alpha}{4}\right)$	$\frac{-\alpha}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$
G_x^α			G_y^α		

Gambar 2. Kernel Sobel Mask Orde Fraksional

Penerapan CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)

Pre-processing selanjutnya yang dilakukan adalah penerapan algoritma CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization). Algoritma ini digunakan untuk meningkatkan kontras pada citra, terutama pada citra medis, guna memperjelas struktur tepi sebelum dilakukan pendeteksian lebih lanjut (Alwazzan dkk., 2021).

2.2. Pendeteksian Tepi

Canny merupakan metode deteksi tepi yang dikembangkan oleh John Canny pada tahun 1986 (Yevsieiev dkk., 2024). Metode ini menggunakan perhitungan gradien berdasarkan pada Sobel Mask. Oleh karena pendeteksian tepi sensitive terhadap *noise* dan berdasarkan hasil eksperimen, Canny kurang mampu dalam mendeteksi tepian yang intensitas pikselnya rendah. Berdasarkan hal tersebut, proses pendeteksian tepi diawali dengan tahap *pre-processing*.

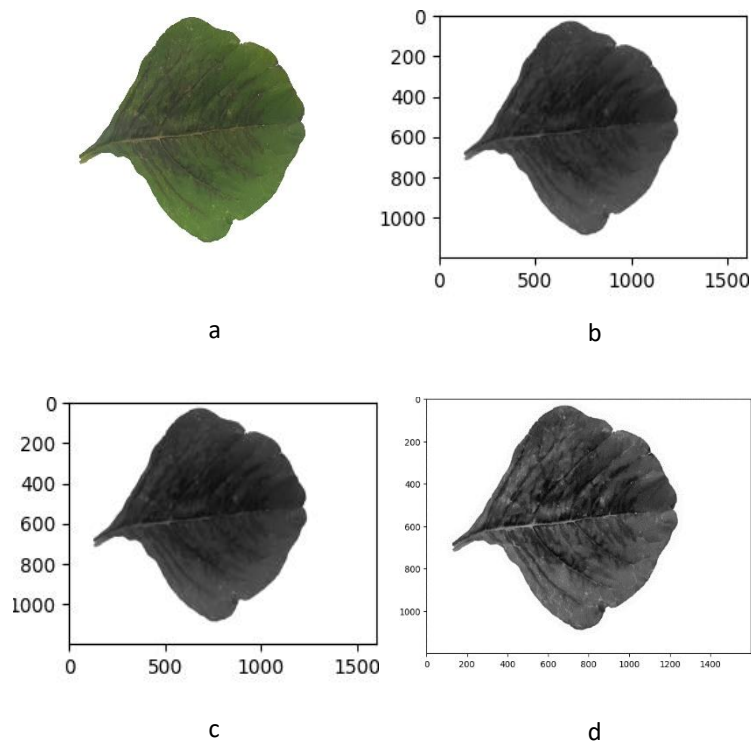
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengembangkan algoritma Canny yang dengan mengintegrasikan Algoritma CLAHE dan algoritma pereduksi *noise*. Pereduksi *noise* yang digunakan merupakan Perona-Malik *Diffusion Filter* dengan penentuan nilai kappa menggunakan Sobel Mask orde Fraksional. Penggunaan *noise* di awal untuk menutupi kekurangan dari algoritma pendeteksian tepi yang rentan terhadap *noise*, sementara penggunaan CLAHE ditujukan agar nilai intensitas piksel yang rendah pada suatu gambar dapat diperkuat dengan memperbaiki kontras dari sebuah gambar.

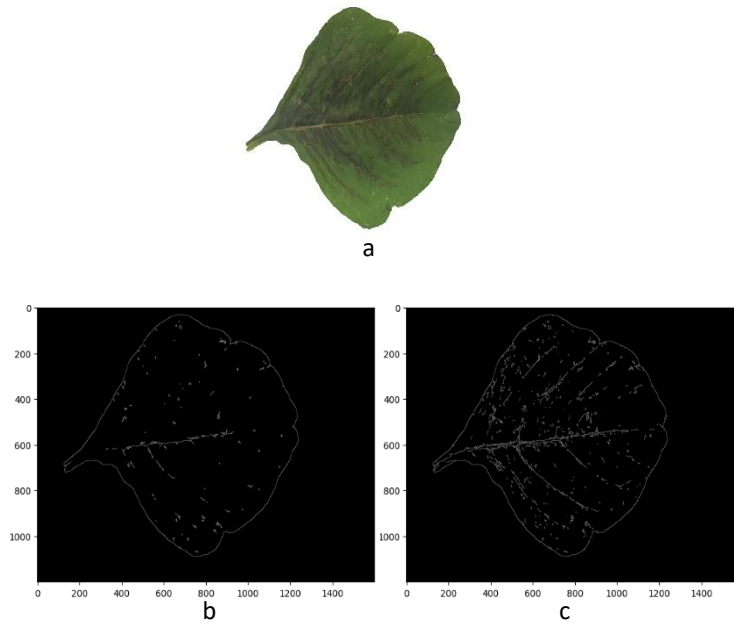
Proses yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dari proses mengubah citra asli menjadi citra grayscale. Perubahan tersebut perlu dilakukan karena pendeteksian tepi beroperasi pada satu channel atau satu saluran saja. Preprocessing yang dilakukan di awal yaitu

pereduksian *noise* menggunakan Perona-Malik *Diffusion Filter* dengan penentuan nilai kappa (k) menggunakan Sobel Mask orde Fraksional ($\alpha = 1.0$), di mana nilai kappa yang dihasilkan untuk setiap gambar akan berbeda-beda bergantung pada. Hasil preprocessing ditunjukkan pada Gambar 3(d).

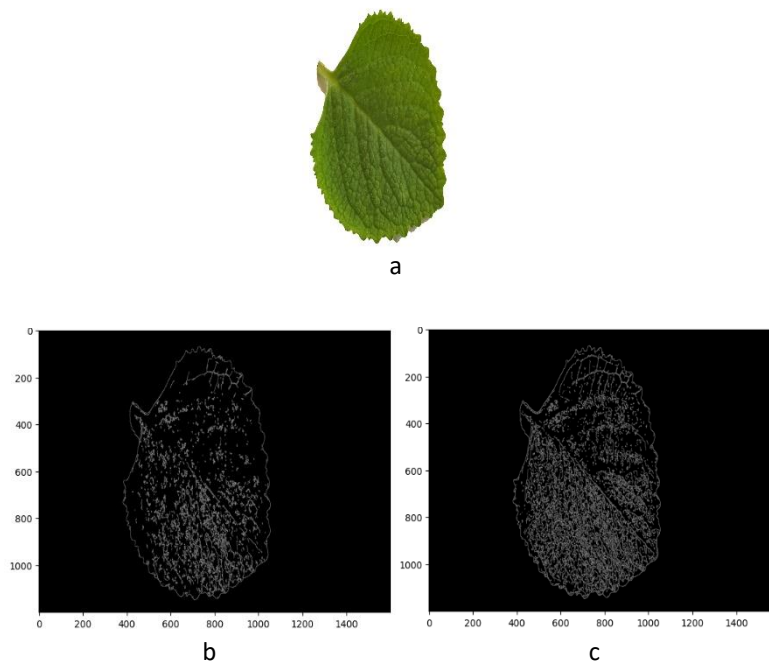
Berdasarkan pada Gambar 3(d), citra yang memiliki kontras kurang cerah menjadi lebih cerah sehingga intensitas piksel yang awalnya rendah dapat menjadi lebih baik. Hal ini memungkinkan algoritma pendeteksian tepi dapat mendeteksi tepian pada intensitas piksel yang lebih rendah.



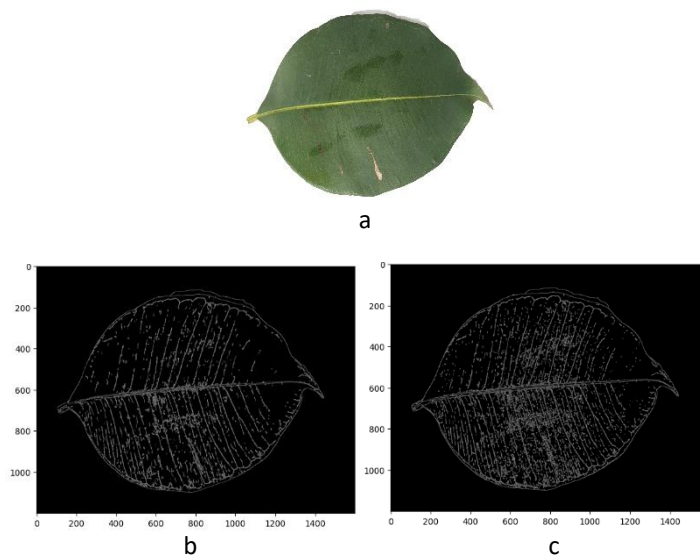
Gambar 3. (a) Citra Asli; (b) Citra Grayscale; (c) Citra Hasil Perona-Malik *Diffusion Filter*, (d) Citra Hasil CLAHE



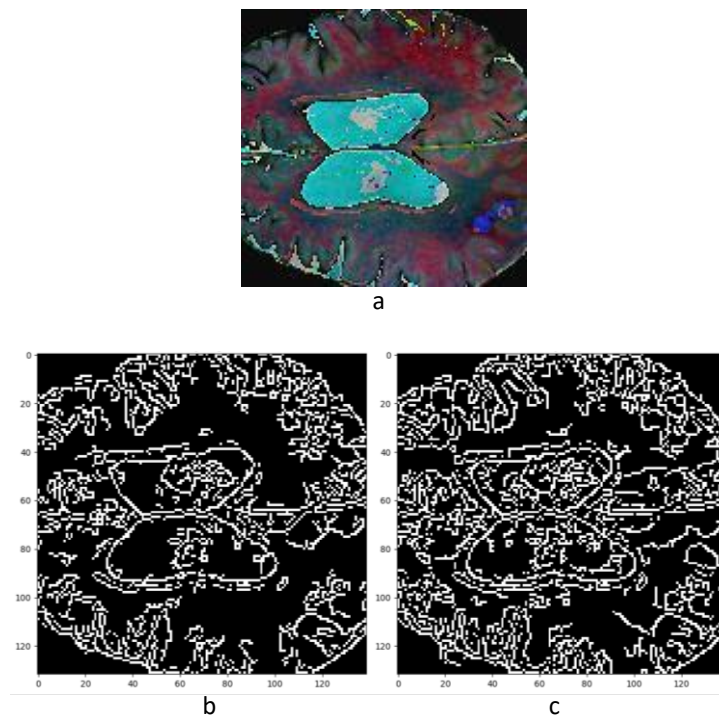
Gambar 4. Citra Daun Bayam: (a) Citra Asli; (b) Citra Hasil Canny; (c) Citra Hasil Metode yang Diusulkan



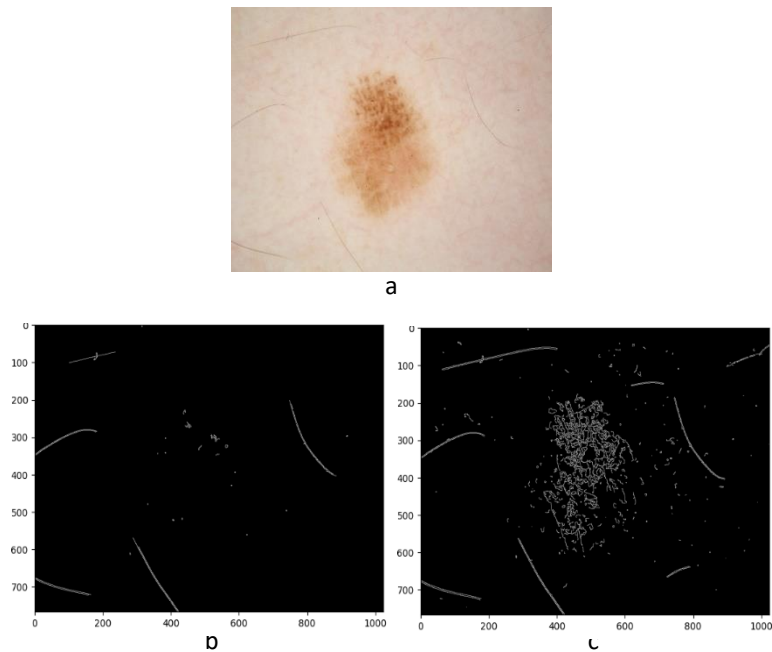
Gambar 5. Citra Daun Mint: (a) Citra Asli; (b) Citra Hasil Canny; (c) Citra Hasil Metode yang Diusulkan



Gambar 6. Citra Daun Karet: (a) Citra Asli; (b) Citra Hasil Canny; (c) Citra Hasil Metode yang Diusulkan



Gambar 7. Citra MRI Otak: (a) Citra Asli; (b) Citra Hasil Canny; (c) Citra Hasil Metode yang Diusulkan



Gambar 8. Citra Kanker Kulit: (a) Citra Asli; (b) Citra Hasil Canny; (c) Citra Hasil Metode yang Diusulkan

Hasil yang diperoleh dari metode yang diusulkan ini mampu mendeteksi tepian citra lebih baik dengan mengantisipasi kemungkinan *noise* yang bisa saja muncul dan mendeteksi tepian citra walau dengan intensitas piksel yang lebih rendah. Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8 menunjukkan perbandingan hasil antara algoritma Canny asli dan metode yang diusulkan.

Berdasarkan pada beberapa citra yang diuji, menunjukkan bahwa metode yang diusulkan lebih baik dalam mendeteksi tepi dari algoritma Canny yang asli. Hasil algoritma Canny asli menunjukkan pendeteksian tepi yang belum mampu mendeteksi intensitas piksel yang rendah dalam sebuah citra dan rentan terhadap *noise*, sedangkan metode yang diusulkan mampu mendeteksi intensitas piksel yang rendah dengan bantuan algoritma CLAHE dan mampu mengantisipasi kemungkinan adanya *noise* dengan penggunaan Perona-Malik *Diffusion Filter*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mengembangkan metode pendeteksian tepi citra dengan mengintegrasikan algoritma Canny, CLAHE, dan Perona-Malik *Diffusion Filter* dengan penentuan nilai k menggunakan Sobel Mask Orde Fraksional. Tahap *pre-processing* digunakan untuk meningkatkan hasil pendeteksian tepi menggunakan Canny. Penggunaan Perona-Malik *Diffusion Filter* bertujuan untuk menghindari adanya kemungkinan kemunculan *noise* pada sebuah citra. Penentuan nilai k yang optimal secara otomatis juga akan membantu proses pereduksian *noise* dan tanpa mengaburkan citra asli sehingga fitur-fitur yang diinginkan pada sebuah citra tetap terjaga. Selain itu, penggunaan CLAHE berfungsi

untuk memperbaiki kontras citra agar Canny lebih efektif dalam mendeteksi piksel yang memiliki intensitas yang rendah. Penggunaan metode ini mampu mengurangi efek *noise* dan meningkatkan pendeteksian tepi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi metode ini mampu meningkatkan kualitas deteksi tepi, terutama pada citra daun dan citra medis yang memiliki tingkat kontras rendah. Selain itu, kemungkinan kemunculan *noise* pada inputan citra dapat diantisipasi dengan penggunaan Perona-Malik *Diffusion Filter*. Dengan demikian, pendekatan yang diusulkan menunjukkan peningkatan dalam ketahanan terhadap *noise* dibandingkan metode Canny konvensional, sehingga berpotensi menjadi solusi yang lebih baik dalam mendeteksi tepian citra dengan intensitas rendah. Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, terutama dalam aspek evaluasi kuantitatif karena data referensi dari ahli untuk mengukur hasil kuantitatif deteksi tepi sulit ditemukan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada validasi hasil dengan menggunakan data referensi dari ahli yang lebih akurat serta eksplorasi Teknik deep learning untuk meningkatkan performa deteksi tepi pada berbagai jenis citra.

REFERENSI

- Alwazzan, M. J., Ismael, M. A., & Ahmed, A. N. (2021). A Hybrid Algorithm to Enhance Colour Retinal Fundus Images Using a Wiener Filter and CLAHE. *Journal of Digital Imaging*, 34(3), 750–759. <https://doi.org/10.1007/s10278-021-00447-0>
- Cai, Z., Ma, Z., Zuo, Z., Xiang, Y., & Wang, M. (2023). An Image Edge Detection Algorithm Based on an Artificial Plant Community. *Applied Sciences*, 13(7), 4159. <https://doi.org/10.3390/app13074159>
- Hamdani, I. M., Anam, S., Shofianah, N., & Bustamin, S. (2023). Counting Bacterial Colony and Reducing noise on Low-Quality Image Using Modified Perona-Malik Diffusion Filter with Sobel Mask Fractional Order. *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi dan Komputer)*, 12(2), 271–279. <https://doi.org/10.32736/sisfokom.v12i2.1661>
- Maiseli, B. J. (2020). On the convexification of the Perona–Malik diffusion model. *Signal, Image and Video Processing*, 14(6), 1283–1291. <https://doi.org/10.1007/s11760-020-01663-x>
- Maksimovic, V., Jaksic, B., Milosevic, M., Todorovic, J., & Mosurovic, L. (2024). Comparative Analysis of Edge Detection Operators Using a Threshold Estimation Approach on Medical Noisy Images with Different Complexities. *Sensors*, 25(1), 87. <https://doi.org/10.3390/s25010087>
- Muntarina, K., Mostafiz, R., Khanom, F., Shorif, S. B., & Uddin, M. S. (2023). MultiResEdge: A deep learning-based edge detection approach. *Intelligent Systems with Applications*, 20, 200274. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2023.200274>

- Olubusola Isinkaye, F., Gabriel Aluko, A., & Ayodele Jongbo, O. (2021). Segmentation of Medical X-ray Bone Image Using Different Image Processing Techniques. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 13(5), 27–40. <https://doi.org/10.5815/ijigsp.2021.05.03>
- Panda, T., Pranavi Peddada, H. S., Gupta, A., & Kanimozhi, G. (2022). Bone fracture detection through X-ray using Edge detection Algorithms. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI)*, 10(3), 508–521. <https://doi.org/10.52549/ijeie.v10i3.3776>
- Sun, R., Lei, T., Chen, Q., Wang, Z., Du, X., Zhao, W., & Nandi, A. K. (2022). Survey of Image Edge Detection. *Frontiers in Signal Processing*, 2. <https://doi.org/10.3389/frsip.2022.826967>
- Yaacoub, C., & Zeid Daou, R. A. (2019). Fractional Order Sobel Edge Detector. *2019 Ninth International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/IPTA.2019.8936101>
- Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Abu-Jassar, A. (2024). The Canny Algorithm Implementation for Obtaining the Object Contour in a Mobile Robot's Workspace in Real Time. *Journal of Universal Science Research*, 2(3), 7–19.
- Yu, X., Wang, Z., Wang, Y., & Zhang, C. (2021). Edge Detection of Agricultural Products Based on Morphologically Improved Canny Algorithm. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2021/6664970>