

## Deteksi Tepi Menggunakan Metode Operator Prewitt dan Kirsch pada Citra Uang Kertas

Wicaksono Yuli Sulistyo<sup>1</sup>, Septia Ayu Pratiwi<sup>2</sup>, Amalina Nur Arifah<sup>3</sup>  
<sup>1,2</sup>Jurusan Sistem Informasi, Universitas Siber Muhammadiyah (SiberMu) Jalan HOS Cokroaminoto  
Kota Yogyakarta Daerah Istimewa Yogyakarta 55253, Indonesia  
<sup>3</sup>Jurusan Akuntansi, Universitas Siber Muhammadiyah (SiberMu) Jalan HOS Cokroaminoto  
Kota Yogyakarta Daerah Istimewa Yogyakarta 55253, Indonesia

### Info Artikel

#### Riwayat Artikel:

Received 2023-12-14

Revised 2025-02-18

Accepted 2025-01-28

**Abstract** – The importance of edge detection in image processing, especially on banknote objects, prompted this research to carry out an analysis of two edge detection methods, namely the Prewitt and Kirsch operators. five images of banknotes with different denominations (2000, 5000, 10000, 20000 and 50000) were taken as research objects. The edge detection method is implemented using MATLAB, utilizing both Prewitt and Kirsch operators. Image quality assessment uses PSNR, Histogram and Pixel value parameters. The comparison results show that the Prewitt and Kirsch operators provide optimal edge detection results, producing clear and sharp edges in the banknote image. The edge detection quality assessment was carried out through the PSNR metric, and both showed PSNR values above 30 dB, indicating good quality in terms of clarity and accuracy. Comparison of the Histogram and Pixel values shows that the Kirsch method has a higher Histogram and the Prewitt method has a higher Pixel value.

**Keywords:** Edge Detection; Kirsch; Prewitt.

#### Corresponding Author:

Wicaksono Yuli Sulistyo

Email: wicaksono@sibermu.ac.id



This is an open access article under the [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

**Abstrak** – Pentingnya deteksi tepi dalam pengolahan citra, terutama pada objek uang kertas, mendorong penelitian ini untuk melakukan analisis terhadap dua metode deteksi tepi, yaitu operator Prewitt dan Kirsch. Lima gambar uang kertas dengan jenis yang berbeda (2000, 5000, 10000, 20000 dan 50000) diambil sebagai objek penelitian. Metode deteksi tepi diterapkan menggunakan MATLAB, memanfaatkan kedua operator Prewitt dan Kirsch. Penilaian kualitas citra menggunakan parameter nilai PSNR, Histogram dan Pikel. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa operator Prewitt dan Kirsch memberikan hasil deteksi tepi yang optimal, menghasilkan garis tepi yang jelas dan tajam pada citra uang kertas. Penilaian kualitas deteksi tepi dilakukan melalui metrik PSNR, dan keduanya menunjukkan nilai PSNR di atas 30 dB, mengindikasikan kualitas yang baik dari segi kejelasan dan akurasi. Perbandingan nilai Histogram dan Pikel menunjukkan metode Kirsch mempunyai Histogram lebih tinggi dan metode Prewitt mempunyai nilai Pikel yang lebih tinggi.

**Kata Kunci:** Edge Detection, Kirsch, Prewitt.

## I. PENDAHULUAN

Sekarang, perkembangan teknologi berlangsung cepat, termasuk di dalamnya perkembangan teknologi dan aplikasi pada gambar digital [1]. Citra adalah representasi visual dari suatu objek yang dapat diabadikan melalui kamera ponsel dan menghasilkan gambar dengan akurasi berdasarkan keadaan objek tersebut. Selain itu, citra juga merupakan elemen kunci dalam multimedia yang berperan penting dalam menyampaikan informasi visual [2][3].

Identifikasi tepi dianggap sebagai elemen kunci dalam gambar untuk mengestimasi karakteristik dan struktur objek. Biasanya, tepi ditemukan di perbatasan antara dua wilayah yang berbeda dalam citra [4]. Proses deteksi tepi pada citra adalah langkah yang menghasilkan garis-garis pembatas objek dalam citra, yang memungkinkan penyorotan informasi batas citra [5]. Tujuan dari deteksi tepi adalah untuk memperbaiki detail citra yang mungkin kabur karena kesalahan atau efek dari proses pengambilan gambar. Tepi sebenarnya mengandung informasi yang sangat berharga, seperti ukuran atau bentuk yang berguna untuk pengenalan objek [6]. Deteksi tepi memiliki peran yang sangat signifikan dalam memahami ciri-ciri citra dan digunakan luas dalam berbagai aplikasi, termasuk pengenalan objek, analisis pergerakan, identifikasi pola, serta pemrosesan citra medis [7].

Salah satu aplikasi umum dari deteksi objek adalah dalam pendeteksian mata uang, mengingat penyebaran yang semakin meluas dari uang palsu dalam masyarakat [8]. Masih terdapat kegagalan dalam upaya mendeteksi uang kertas secara efektif saat ini. Pertumbuhan masalah ini terjadi karena akses yang semakin mudah terhadap informasi mengenai cara membuat uang palsu melalui internet, serta kemajuan teknologi saat ini, terutama dengan perkembangan teknologi printer berwarna yang memudahkan para pelaku [9]. Selain itu, dengan perkembangan teknologi saat ini, terutama dalam hal pencetakan dan pemalsuan uang kertas, menjadi semakin penting untuk mengembangkan metode pendeteksian tepi yang akurat dan efisien. Pemalsu uang memiliki akses

yang semakin mudah ke teknologi pencetakan yang canggih, termasuk printer berwarna yang mampu menghasilkan uang palsu dengan tingkat detail yang semakin tinggi [10].

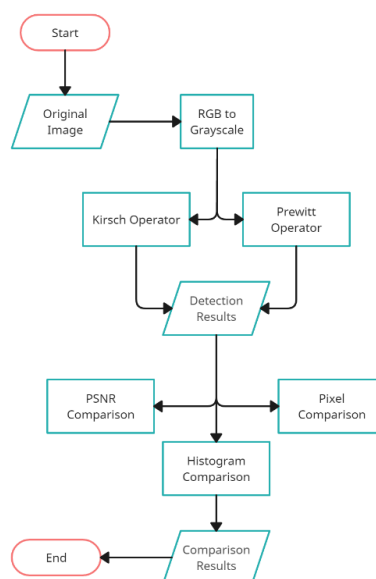
Metode deteksi Prewitt dan Kirsch adalah dua metode yang umum digunakan untuk melakukan deteksi tepi pada citra. Metode Prewitt merupakan pengembangan metode Robert dengan menggunakan filter HPF (High Pass Filter) yang diberi satu angka nol penyangga. Metode ini mengambil prinsip dari fungsi laplacian yang dikenal sebagai fungsi untuk membangkitkan HPF (*High Pass Filter*) [11]. Sementara itu, Operator Kirsch sering disebut sebagai operator kompas karena mendeteksi tepi pada 8 arah mata angin dengan interval sudut  $45^\circ$ . Operator ini termasuk dalam metode deteksi tepi nonlinier yang bertujuan untuk menemukan tepi maksimum dalam semua arah yang terdeteksi. Namun, menentukan metode yang paling efektif untuk mendeteksi tepi pada citra uang kertas masih menjadi tantangan, dan hal ini memiliki pengaruh besar terhadap akurasi dan keandalan sistem deteksi uang palsu [12].

Penelitian sebelumnya yang terkait dengan tema penelitian ini diantaranya adalah yang dilakukan oleh Fendriani yang membahas tentang deteksi tepi menggunakan operator canny dengan objek kanker paru-paru, dan metode penilaian kualitasnya menggunakan PSNR dan MSE. penelitian ini hanya menggunakan 1 jenis metode deteksi tepi, sehingga tidak ada perbandingan dengan metode deteksi lainnya [13]. Penelitian lain yang serupa adalah yang dilakukan Sulistyio dengan membandingkan lima metode deteksi tepi yaitu Prewitt, Sobel, Laplace, Log dan Kirsch. Penelitian ini menganalisis kualitas citra hasil pendeteksian dari kelima operator, menggunakan parameter PSNR, dan Histogram. Namun pada penelitian ini tidak berfokus dengan suatu objek tertentu sehingga tidak diketahui keefektifan pada suatu objek [14]. Penelitian serupa yang dilakukan oleh Maximillian tentang Perbandingan operator Sobel dan Canny untuk deteksi tepi citra daun lidah buaya, dalam penelitian ini hanya menggunakan 2 parameter penilaian kualitas yaitu menggunakan PSNR dan MSE sehingga masih membutuhkan tambahan parameter lainnya [15].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan deteksi mendalam terhadap dua metode deteksi tepi, yakni operator Prewitt dan Kirsch, terhadap citra uang kertas. Hasil deteksi tersebut dianalisis kualitasnya menggunakan nilai *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), Nilai Histogram dan Pikel. Hasil dari penelitian ini diharapkan akan memberikan wawasan yang berharga dalam meningkatkan keefektifan dan keakuratan sistem pendeteksian uang palsu, yang pada gilirannya dapat membantu mengurangi dampak negatif dari penyebaran uang palsu dalam masyarakat. Penelitian ini memiliki urgensi tinggi karena deteksi tepi pada citra uang kertas merupakan salah satu aspek penting dalam sistem pengolahan citra, terutama dalam bidang keamanan dan keabsahan dokumen. Operator Prewitt dan Kirsch adalah dua metode yang umum digunakan dalam deteksi tepi, namun keduanya memiliki karakteristik berbeda dalam menangkap detail serta tingkat ketajaman tepi pada citra.

## II. METODE

Langkah-langkah yang terdapat dalam penelitian ini mencakup fase di mana materi penelitian secara langsung dianalisis menggunakan berbagai metode deteksi tepi. Gambar 1. Merupakan langkah-langkah yang dilakukan.



Gambar 1. Flowchart pengujian

Gambar 1. adalah *flowchart* dari tahap pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini. Gambar asli disiapkan sebagai input kemudian diubah terlebih dahulu menjadi *grayscale* sebelum di proses oleh operator kirsch dan prewitt, setelah mendapatkan hasil deteksi maka dibandingkan menggunakan tiga parameter penilaian yaitu PSNR, histogram dan piksel/ Metode deteksi tepi yang diterapkan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

#### A. Operator Prewitt

Operator Prewitt adalah sebuah operator yang memanfaatkan dua kernel berukuran 3x3, yaitu  $G_x$  dan  $G_y$ , serta magnitudo gradien ( $G$ ) seperti yang ditunjukkan pada rumus 1 dan 2. Kernel  $G_x$  digunakan untuk mendeteksi perubahan intensitas piksel dalam arah horizontal, sementara kernel  $G_y$  berfungsi untuk mendeteksi perubahan intensitas dalam arah vertikal. [16]:

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

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

#### B. Operator Kirsch

Operator Kirsch adalah sebuah operator yang menggunakan delapan kernel berukuran 3x3. Kedelapan kernel ini dirancang untuk mewakili setiap arah mata angin, yaitu utara, timur laut, timur, tenggara, selatan, barat daya, barat, dan barat laut. Setiap kernel memiliki konfigurasi yang berbeda, sesuai dengan arah yang dituju, sehingga memungkinkan deteksi tepi pada berbagai orientasi. Rumus 3, 4, 5, dan 6 berikut ini menggambarkan konfigurasi kernel yang digunakan dalam operator Kirsch. [17].

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

$$N = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad NW = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$W = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \quad SW = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & -2 \\ -1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad SE = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 2 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Langkah-langkah yang terdapat dalam penelitian ini mencakup fase di mana materi penelitian secara langsung dianalisis menggunakan berbagai metode deteksi tepi. Operator Prewitt dan Kirsch adalah metode deteksi tepi berbasis konvolusi yang biasanya digunakan pada pengolahan citra digital. Prewitt digunakan untuk mendeteksi perubahan intensitas dengan pendekatan diferensiasi pertama, sementara Kirsch menggunakan delapan arah gradien untuk meningkatkan ketajaman tepi. Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas efektivitas metode deteksi tepi dalam berbagai aplikasi pengolahan citra, seperti pada identifikasi objek dalam citra medis [18] dan uang kertas [19] walaupun menggunakan metode deteksi yang berbeda. Pada penelitian ini, kedua metode tersebut digunakan untuk mendeteksi tepi pada citra uang kertas dengan tujuan mengevaluasi tingkat ketajaman dan kejelasan fitur yang dihasilkan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN






Analisis ini menggunakan lima gambar uang dengan format PNG sebagai objek, yaitu citra berupa uang kertas 2000, 5000, 10000, 20000, dan 50000. Proses analisis dilakukan dengan memasukkan kelima gambar tersebut ke dalam program MATLAB yang telah disiapkan untuk melakukan deteksi tepi menggunakan kedua metode, yaitu operator Prewitt dan Kirsch. Citra asli yang digunakan sebagai objek penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1  
 BAHAN UANG KERTAS

Jenis Uang	Gambar
Uang kertas 2000	
Uang kertas 5000	
Uang kertas 10000	
Uang kertas 20000	
Uang kertas 50000	



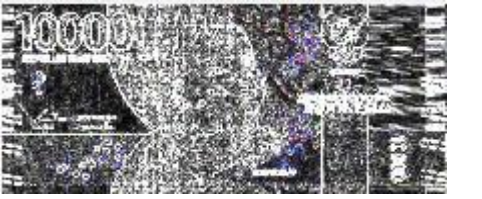


Tabel 1 merupakan bahan gambar asli berupa foto uang kertas 200, 5000, 10000, 20000 dan 50000. Deteksi Citra pertama merupakan hasil deteksi tepi menggunakan metode Prewitt, setelah dilakukan proses deteksi menggunakan MATLAB diperoleh hasil seperti pada Tabel 2.

TABEL 2  
HASIL DETEKSI TEPI METODE PREWITT

Jenis Uang	Gambar
Uang kertas 2000	
Uang kertas 5000	
Uang kertas 10000	
Uang kertas 20000	
Uang kertas 50000	

Tabel 2 merupakan hasil deteksi tepi menggunakan operator Prewitt dari semua bahan gambar yang disediakan. pada Tabel 3, hasil deteksi tepi menunjukkan kontur uang kertas lebih jelas dan tepi-tepi utama lebih terdefinisi, memungkinkan identifikasi fitur uang kertas yang lebih baik. Selain itu, distribusi noise tampak lebih terkendali, yang menunjukkan bahwa metode yang digunakan dalam tabel ini lebih efektif dalam menangkap perbedaan intensitas tanpa menambahkan gangguan yang berlebihan. Deteksi Citra kedua merupakan hasil deteksi tepi menggunakan metode Kirsch, setelah dilakukan proses deteksi menggunakan MATLAB diperoleh hasil seperti pada Tabel 3.

TABEL 3  
 HASIL DETEKSI TEPI METODE KIRCH

Jenis Uang	Gambar
Uang kertas 2000	
Uang kertas 5000	
Uang kertas 10000	
Uang kertas 20000	
Uang kertas 50000	

Tabel 3 merupakan hasil deteksi tepi menggunakan operator Kirsch dari semua bahan gambar yang disediakan. Pada Tabel 3, hasil deteksi tepi pada citra uang kertas menunjukkan tingkat noise yang cukup tinggi, dengan banyaknya gangguan visual berupa titik-titik acak dan distorsi pada struktur gambar utama. Kontur pada uang kertas masih dapat diidentifikasi, namun detail gambarnya terlihat lebih kabur dan tidak tersegmentasi dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa metode deteksi tepi yang digunakan dalam tabel tersebut kurang optimal dalam mempertegas batas objek, sehingga menghasilkan citra yang tampak lebih buram dan memiliki gangguan visual yang cukup signifikan. Pengujian perbandingan dilakukan dengan menghitung nilai Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), nilai histogram, dan piksel. Semakin tinggi nilai PSNR, semakin baik kualitas hasil pemrosesan citra. Kualitas citra dianggap baik jika nilai PSNR melebihi 30 dB [20]. Tabel 4. merupakan hasil penilaian pada hasil deteksi tepi menggunakan metode Prewitt.

TABEL 4  
PENILAIAN DETEKSI TEPI METODE PREWITT

<b>Bahan Penelitian</b>	<b>PSNR (dB)</b>	<b>Histogram</b>	<b>Piksel</b>
Foto 2000	34,755	123,05	41026
Foto 5000	34,347	89,53	27911
Foto 10000	34,987	39,83	29082
Foto 20000	34,699	82,16	26028
Foto 50000	34,385	53,61	38442
Rata-rata	34,6346	77,636	32497,8

Tabel 4. menunjukkan rata-rata nilai PSNR sebesar 34,6346 sehingga sudah termasuk bagus karena melebihi 30 dB sedangkan rata-rata Histogram dan Piksel adalah sebesar 77,636 dan 32497,8. Tabel 5. merupakan hasil penilaian pada hasil deteksi tepi menggunakan metode Kirsch.

TABEL 5  
PENILAIAN DETEKSI TEPI METODE KIRCH

<b>Bahan Penelitian</b>	<b>PSNR (dB)</b>	<b>Histogram</b>	<b>Piksel</b>
Foto 2000	34,135	193,94	39325
Foto 5000	34,209	201,9	31320
Foto 10000	34,381	313,61	21408
Foto 20000	34,285	173,27	35179
Foto 50000	34,168	153,95	28815
Rata-rata	34,2356	207,334	31209,4

Tabel 5. menunjukkan rata-rata nilai PSNR sebesar 34,2356, sedangkan rata-rata Histogram dan Piksel adalah sebesar 207,334 dan 31209,4. Setelah dilakukan perhitungan didapat perbedaan hasil antara metode Prewitt dan Kirch. metode Prewitt mempunyai rata-rata nilai PSNR yang lebih tinggi yaitu 34,6346 jika dibandingkan dengan operator Kirsch yaitu sebesar 34,2356, kedua metode tersebut hanya mempunyai selisih tipis namun keduanya mempunyai rata-rata diatas 30 dB sehingga dapat disimpulkan bahwa operator Prewitt dan Kirsch mempunyai kualitas yang baik dari segi PSNR. Dalam kualitas hasil deteksi tepi pada penelitian ini dievaluasi menggunakan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR). Berdasarkan referensi yang ada, nilai PSNR dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. PSNR di atas 30 dB dianggap bagus (*good quality*), karena menunjukkan bahwa gambar yang diproses memiliki noise yang rendah dan kualitas yang mendekati gambar asli.
2. PSNR antara 20 dB hingga 30 dB dianggap cukup (*acceptable quality*), di mana gambar masih dapat diterima, tetapi sudah terlihat adanya degradasi kualitas.
3. PSNR di bawah 20 dB dianggap tidak bagus (*poor quality*), karena gambar yang dihasilkan memiliki noise yang signifikan dan kualitasnya jauh dari gambar asli [21].

Dalam penelitian ini, operator Prewitt menghasilkan nilai PSNR rata-rata sebesar 34,6346 dB, yang termasuk dalam kategori bagus. Sementara itu, operator Kirsch juga menghasilkan nilai PSNR di atas 34,2356 dB, menunjukkan bahwa kedua operator memiliki kualitas yang baik dalam hal deteksi tepi.

Hasil perhitungan Histogram menunjukan bahwa operator Kirsch mempunyai rata-rata yang lebih tinggi yaitu 207,3. Perbandingan lainnya yaitu menggunakan nilai Piksel, operator Prewitt mempunyai nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan operator Kirch yaitu sebesar 32497,8. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa operator Prewitt lebih unggul dari segi nilai piksel karena semakin banyak jumlah piksel, tingkat kerapatan semakin tinggi, dan gambar yang dihasilkan pun terlihat lebih halus. Meskipun tidak ada standar universal yang menetapkan rentang nilai histogram untuk menentukan kualitas deteksi tepi sebagai baik atau buruk, analisis histogram tetap merupakan alat yang berguna. Distribusi intensitas yang merata dan kontras yang tinggi pada histogram umumnya menunjukkan hasil deteksi tepi yang lebih baik. Sehingga untuk menetapkan rentang nilai yang spesifik, diperlukan eksperimen lebih lanjut dengan dataset yang relevan dan metode evaluasi yang konsisten [22]. Hal ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang membandingkan 5 metode deteksi tepi yang menunjukan hasil yang bagus untuk metode deteksi tepi Kirsch dan Prewitt walaupun dengan objek yang acak.

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian deteksi tepi yang dilakukan menggunakan operator Prewitt dan Kirsch, dapat disimpulkan bahwa nilai PSNR operator Prewitt yang lebih tinggi dengan rata-rata nilai 34,6346. Perbandingan nilai kualitas lainnya menggunakan Histogram dan Pikel diperoleh bahwa operator Kirsch mempunyai nilai Histogram yang lebih tinggi yaitu sebesar 207,33 dan operator Prewitt mempunyai nilai yang lebih tinggi yaitu sebesar 32497,8, dari perbandingan ketiga nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa kedua operator mempunyai kualitas yang baik dari segi nilai PSNR karena mempunyai nilai rata-rata PSNR diatas 30 yang dapat disimpulkan bahwa kedua operator tersebut juga sudah tergolong bagus. Sedangkan untuk perbandingan nilai Pikel, operator Prewitt mempunyai nilai yang lebih tinggi sehingga mempunyai kualitas citra yang mempunyai kualitas yang lebih halus. Rencana penelitian lanjutan akan difokuskan pada perbandingan performa operator Prewitt dan Kirsch dengan metode deteksi tepi lainnya, seperti operator Sobel, Canny, atau Roberts. Penelitian ini akan mengevaluasi efektivitas masing-masing metode berdasarkan berbagai parameter, termasuk nilai PSNR, Histogram, dan kualitas piksel, dengan menggunakan dataset citra yang lebih beragam. Selain itu, penelitian mendatang juga akan mempertimbangkan pengaruh jenis citra, tingkat noise, serta pencahayaan terhadap kinerja masing-masing metode deteksi tepi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan lebih dalam mengenai keunggulan dan kelemahan relatif dari setiap metode dalam berbagai kondisi citra serta membantu dalam pemilihan metode deteksi tepi yang optimal untuk aplikasi tertentu. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai keunggulan dan kelemahan relatif dari masing-masing metode dalam berbagai kondisi citra.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan rasa terima kasih yang besar kepada Universitas Siber Muhammadiyah karena telah mendukung dan mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Pemula Batch 1 tahun 2024.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Riadi, A. Yudhana, and W. Y. Sulisty, "Analisis Image Forensics Untuk Mendeteksi Pemalsuan Foto Digital," *Mob. Forensics*, vol. 1, no. 1, pp. 13–21, 2019.
- [2] W. Y. Sulisty *et al.*, "Analisis Perbandingan Kualitas Kompresi Citra Digital pada Media Sosial," *J. Ris. Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2022, doi: 10.53863/juristik.v2i1.473.
- [3] W. Y. Sulisty, I. Riadi, and A. Yudhana, "Penerapan Teknik SURF pada Forensik Citra untuk Analisa Rekayasa Foto Digital," *JUITA J. Inform.*, vol. 8, no. 2, p. 179, 2020, doi: 10.30595/juita.v8i2.6602.
- [4] 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, doi: 10.35940/ijeat.E7419.088619.
- [5] A. Wijaya and H. Franata, "Peningkatan Hasil Segmentasi Deteksi Tepi Menggunakan Morphology Pada Pengolahan Citra," *Jukomika - (Jurnal Ilmu Komput. Dan Inform.*, vol. 3, no. 6, pp. 2655–755, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.ikhafi.or.id/index.php/jukomika/>
- [6] A. Pratama, C. O. G. A. D. H. Uray, and M. Joss, "Implementasi Deteksi Tepi menggunakan Metode Quadrant Tree Classifier pada Pemisahan Objek Berbasis Digital Image Processing (Studi Kasus Objek Bendera Negara)," *J. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 28–36, 2022, doi: 10.46229/jifotech.v2i2.519.
- [7] K. Panggalih, W. Kurniawan, and W. Gata, "Implementasi Perbandingan Deteksi Tepi Pada Citra Digital Menggunakan Metode Roberst, Sobel, Prewitt dan Canny," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 5, no. 2, pp. 337–347, 2022, doi: 10.29408/jit.v5i2.5923.
- [8] O. Osriansyah, A. B. Azed, and C. Chairijah, "Penegakan Hukum Terhadap Pelaku Tindak Pidana Pongedar Uang Palsu Di Kota Jambi," *Leg. J. Huk.*, vol. 11, no. 2, p. 163, 2019, doi: 10.33087/legalitas.v11i2.174.
- [9] Rizal Adi Saputra, Jumadil Nangi, Ika Purwanti Ningrum, M. F. Almaliki, and La Ode Rahmat Andre Pratama, "Deteksi Uang Palsu Rupiah dengan Menggunakan Metode Deteksi Tepi Laplacian of Gaussian (LoG) dan Algoritma K-Means Clustering," *J. Buana Inform.*, vol. 13, no. 02, pp. 85–92, 2022, doi: 10.24002/jbi.v13i02.5448.
- [10] R. Kusrahmanda and A. Sulchan, "Penegakan Hukum Terhadap Kejahatan Pemalsuan Uang Kertas Rupiah di Kota Semarang (Studi Kasus di Pengadilan Negri Semarang)," *Pros. Konstelasi Ilm. ...*, vol. 1, no. 300, pp. 164–180, 2021, [Online]. Available: <http://lppm-unissula.com/jurnal.unissula.ac.id/index.php/kimuh/article/view/8798%0Ahttp://lppm-unissula.com/jurnal.unissula.ac.id/index.php/kimuh/article/download/8798/4013>
- [11] 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.
- [12] Ridwan, S. Hotlan sitorus, and D. Marisa Midyanti, "Penerapan Metode Edge Detection Kirsch dan Robinson Untuk Mendeteksi Keaslian Uang Kertas Rupiah," *Komput. dan Apl.*, vol. 08, no. 4654, pp. 23–33, 2020.
- [13] Y. Fendriani, R. Kharisma, and M. Peslinof, "Analisis Perbandingan Variasi Filter Pada Deteksi Tepi Menggunakan Metode Canny Terhadap Citra Ct-Scan Kanker Paru-Paru," *J. Online Phys.*, vol. 8, no. 2, pp. 77–81, 2023, doi: 10.22437/jop.v8i2.24451.
- [14] I. Riadi, A. Yudhana, and W. Y. Sulisty, "Analisis Perbandingan Nilai Kualitas Citra pada Metode Deteksi Tepi," *Rekayasa Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 2, pp. 345–351, 2020.
- [15] L. Maximillian, Y. F. Riti, M. Anugraha, and Y. J. Palis, "Perbandingan Algoritma Sobel Dan Canny Untuk Deteksi Tepi Citra Daun Lidah Buaya," *KOMPUTA J. Ilm. Komput. dan Inform.*, vol. 12, no. 2, pp. 69–79, 2023.
- [16] 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.
- [17] 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, doi: 10.17485/ijst/2017/v10i4/108963.

- [18] A. F. Amalia and H. Saputro, "Analisis Deteksi Iris Mata Menggunakan Metode Deteksi Tepi Sobel," *J. Ilm. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 41–48, 2018.
- [19] H. Alam, Y. Manurung, H. Widya, and W. H. Nanda, "Penggunaan Metode Canny Edge Detection Untuk Mendeteksi Tepi Uang Kertas Asli Berbasis Java," *Fak. Tek.*, pp. 177–181, 2023.
- [20] R. Humayrah, A. M. Elhanafi, M. T. Batubara, T. Informatika, U. H. Medan, and S. Spectrum, "Analisa Histogram dan PSNR Pada Citra True Color Dalam Pengamanan Teks Menggunakan Spread Spectrum dan LSB," *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 188–200, 2023.
- [21] R. Setiawan and S. Susilo, "Application of Pyramidal Decomposition to Improve Digital Radiography Image Quality," *J. Fis.*, vol. 13, no. 2, pp. 59–68, 2023, doi: 10.15294/jf.v13i2.47852.
- [22] M. Ricky, F. A. Setyaningsih, and M. Dipenogoro, "Analisis Kompresi Steganography Pada Citra Digital dengan Menggunakan Metode Least Significant Bit Berbasis Mobile," *J. Coding*, vol. 06, no. 03, pp. 75–86, 2018.