

Deteksi Dini Banjir Menggunakan Algoritma Deteksi Tepi Pada Citra Sungai Pulu, Sulawesi Tengah

Early Flood Detection Using Edge Detection Algorithm on Pulu River Images, Central Sulawesi

Leonard Anthonius Onsik¹, Son Ali Akbar², Kartika Firdausy³

^{1,2,3}Program Studi S2 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Universitas Ahmad Dahlan
^{1,2,3}Jl. Ahmad Yani (Rigroad Selatan) Tamanan, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta, 55166, Indonesia
email: *¹2407057003@webmail.uad.ac.id, ²son.akbar@te.uad.ac.id, ³kartika.firdausy@te.uad.ac.id

Informasi Artikel

Dikirim, 27 Agustus 2025
Diterima, 8 November 2025
Diterbitkan, 17 Desember 2025

Kata Kunci :

Deteksi Banjir, *Canny*, *Sobel*,
Prewitt, Sungai Pulu

Keyword :

Flood detection, *Canny*, *Sobel*,
Prewitt, Pulu River.

ABSTRAK

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di berbagai wilayah di Indonesia dan dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan, infrastruktur, serta mengancam keselamatan jiwa masyarakat. Kabupaten Sigi di Provinsi Sulawesi Tengah merupakan salah satu wilayah rawan banjir yang memerlukan sistem pemantauan dan deteksi dini berbasis teknologi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi banjir berbasis pengolahan citra digital menggunakan kamera CCTV dan *Raspberry Pi*, serta melakukan perbandingan akurasi tiga metode deteksi tepi yaitu *Canny*, *Sobel*, dan *Prewitt*. Akuisisi citra dilakukan secara *real-time* pada aliran Sungai Pulu, dan sistem memproses citra untuk mendeteksi permukaan air menggunakan segmentasi warna HSV dan metode deteksi tepi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode *Canny* memiliki akurasi pembacaan tertinggi dengan rata-rata 98,36%, diikuti *Sobel* dengan 98,18%, dan *Prewitt* dengan 85,51%. Sistem ini menunjukkan kinerja yang stabil bahkan pada kondisi pencahayaan rendah. Dengan demikian, sistem ini dapat dijadikan solusi efektif dan berbiaya rendah sebagai alat bantu peringatan dini banjir di daerah rawan seperti Kabupaten Sigi.

ABSTRACT

Flooding is one of the most frequent natural disasters in various regions of Indonesia, often causing environmental damage, infrastructure loss, and endangering public safety. Sigi Regency in Central Sulawesi Province is one of the flood-prone areas that requires a reliable monitoring and early warning system. This research aims to design and implement a flood detection system based on digital image processing using a CCTV camera and *Raspberry Pi*, and to compare the accuracy of three edge detection methods: *Canny*, *Sobel*, and *Prewitt*. *Real-time* image acquisition was conducted on the Pulu River stream, and the system processed the images to detect the water surface using HSV color segmentation and edge detection methods. Experimental results show that the *Canny* method achieved the highest accuracy with an average of 98.36%, followed by *Sobel* at 98.18%, and *Prewitt* at 85.51%. The system also performed stably under low-light conditions. Therefore, this system can serve as an effective and low-cost early warning tool for flood-prone areas such as Sigi Regency.

1. PENDAHULUAN

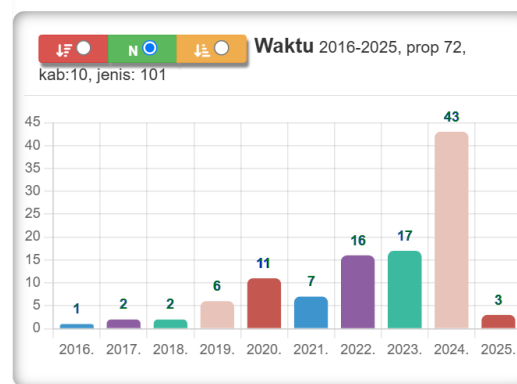
Banjir adalah peristiwa berlimpahnya air yang meluap hingga meluap ke daratan, yang biasanya kering, akibat curah hujan yang tinggi, lelehan salju, atau masalah lain yang mengakibatkan air tak dapat diserap dengan cepat oleh tanah atau dialirkan oleh saluran air yang ada. Banjir bisa terjadi secara tiba-tiba atau secara bertahap. Salah satu penyebab terjadi banjir kelebihan air Sungai yang tidak dapat diatasi oleh saluran air yang ada [1].

Berdasarkan data yang diambil dari Pusat Data, Informasi dan Komunikasi Kebencanaan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) sepanjang tahun 2024 terdapat 1.420 kejadian bencana banjir yang tersebar di seluruh Indonesia.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Bencana Banjir Tahun 2024 di Indonesia[2]

Pemerintah Kabupaten (Pemkab) Sigi, Sulawesi Tengah melalui Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) setempat mencatat ada tiga desa di Kecamatan Kulawi Selatan terendam banjir akibat curah hujan cukup tinggi di daerah itu [2].



Gambar 2. Grafik Terjadi Banjir di Kabupaten Sigi

Data grafik BNPB Gambar 2 menunjukkan bahwa tahun 2024 terjadi peningkatan terjadinya banjir di daerah Kabupaten Sigi dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Dan pada tahun ini ada 3 desa yang sudah mengalami terjadinya bencana banjir [3]. Dampak banjir tidak hanya merusak infrastruktur, tetapi juga mengancam keselamatan jiwa dan kesejahteraan masyarakat [4]. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan dan pendeteksi dini untuk mengurangi risiko serta memberikan informasi secara *real-time* kepada masyarakat dan pihak terkait seperti Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD).

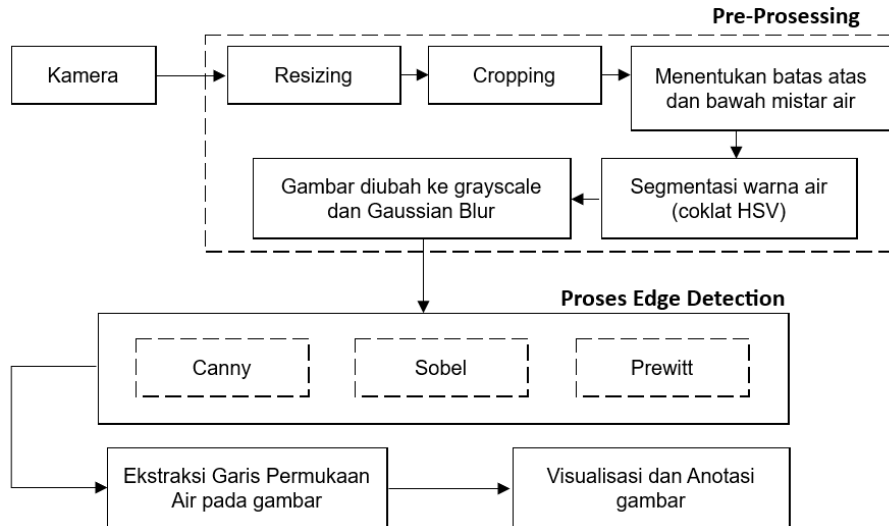
Penelitian [5] membuat sistem pengukuran ketinggian air sungai menggunakan metode pengolahan citra digital dengan kamera dan menggunakan metode *Canny edge detection* dan *image contouring* dengan hasil akurasi pengujian di lapangan sebesar 99.85%. Pada penelitian [6] menggunakan CCTV dan raspberry pi serta menggunakan metode *Sobel* dan *Canny edge detection* untuk mengukur ketinggian air. Sedangkan pada penelitian [7] metode *Prewitt* memberikan hasil deteksi tepi yang baik dibandingkan metode *Canny* dan *Sobel* dalam mendeteksi objek yang bergerak.

Canny edge detection adalah algoritma deteksi tepi yang dirancang untuk mengidentifikasi tepi (batas objek) dalam citra digital, meminimalkan noise dan deteksi palsu, dan menghasilkan lokalisasi tepi yang akurat dan kontur yang tipis [8]. *Sobel* adalah salah satu metode *edge detection* atau deteksi tepi dalam pengolahan citra digital yang digunakan untuk mendeteksi perubahan intensitas piksel, terutama perubahan mendadak yang menunjukkan keberadaan tepi objek [9]. *Prewitt* adalah salah satu metode dalam pengolahan citra digital yang digunakan untuk deteksi tepi. *Prewitt* bekerja dengan matriks konvolusi untuk mendeteksi perubahan intensitas piksel dalam arah horizontal dan vertical, yang menunjukkan adanya tepi suatu objek dalam gambar [10].

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode *Canny*, *Sobel*, dan *Prewitt* pada *visual real-time* yang diambil dari kamera CCTV statis di Sungai Pulu. Penelitian ini menggunakan citra langsung dari aliran Sungai sebagai data utama dengan pendekatan *low-cost* menggunakan perangkat *Raspberry Pi* dan kamera CCTV, tanpa ketergantungan pada citra satelit atau *cloud computing*. Hal ini memberikan kontribusi kebaruan dalam hal aplikasi *edge detection* secara *real-time* berbasis perangkat komputasi lokal, serta memperluas pengujian alat dari ruang laboratorium ke lingkungan terbuka. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan keakuratan metode dalam mendeteksi banjir.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengolahan citra digital berbasis kamera CCTV dan perangkat komputasi ringan yaitu *Raspberry Pi* untuk mendeteksi ketinggian air sungai secara *real-time*. Metode utama yang digunakan dalam proses ekstraksi fitur adalah deteksi tepi (*edge detection*) dengan tiga pendekatan yaitu *Canny*, *Sobel*, dan *Prewitt*, yang dibandingkan untuk mendapatkan metode paling optimal dalam mendeteksi permukaan air. Diagram blok sistem deteksi banjir dengan metode *Canny*, *Sobel*, dan *Prewitt* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem Deteksi Banjir

2.1. Akuisisi Citra

Akuisisi citra dilakukan dengan memanfaatkan kamera CCTV yang diarahkan ke Sungai Pulu, Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah. Kamera diposisikan sedemikian rupa agar bidang pandang mencakup sebagian besar permukaan sungai serta mistar pengukur ketinggian air yang diletakkan secara vertikal di tepi sungai. Citra yang diambil diproses langsung oleh *Raspberry Pi* yang terhubung ke kamera dan menjalankan algoritma pengolahan citra secara lokal. Ukuran gambar maksimal yang diambil dari kamera CCTV adalah sebesar 1920 x 1080 piksel[11], dan setelah di *resize* maka akan menjadi 576 x 324 piksel. *Resize* dilakukan untuk meningkatkan efisiensi komputasi karena jumlah piksel yang lebih sedikit mempercepat perhitungan konvolusi pada metode *Canny*, *Sobel*, dan *Prewitt*, serta mengurangi noise mikro yang tidak relevan sehingga hasil deteksi tepi menjadi lebih stabil dan tidak terlalu sensitif terhadap fluktuasi kecil.

2.2. Pra-Pemrosesan

Citra yang diperoleh dari kamera diperkecil ukurannya menggunakan *resizing* agar proses komputasi lebih efisien. Selanjutnya, dilakukan pemangkasan (*cropping*) bagian gambar yang tidak relevan untuk fokus hanya pada area air dan mistar pengukur[12]. Setelah itu, citra diubah dari ruang warna RGB ke HSV (*Hue*, *Saturation*, *Value*) untuk memudahkan segmentasi warna air. Warna air yang dominan coklat keruh disegmentasi menggunakan batas nilai HSV tertentu, menghasilkan masking yang merepresentasikan bagian air saja [13]. Citra hasil segmentasi kemudian diubah ke *grayscale* dan dikenakan *Gaussian Blur* untuk mengurangi *noise* yang dapat memengaruhi proses deteksi tepi [14].

2.3. Deteksi Tepi

Langkah utama dalam ekstraksi fitur adalah proses deteksi tepi, dengan tiga metode yang digunakan secara terpisah. Yang pertama adalah metode *Canny* menggunakan pendekatan gradien dan threshold atas/bawah untuk mendeteksi tepi dengan presisi tinggi [15]. Tahapan utama metode ini meliputi smoothing (untuk mengurangi noise), perhitungan gradien (untuk mendeteksi perubahan intensitas), dan thresholding histeresis (untuk menentukan apakah suatu piksel termasuk tepi atau bukan). Adapun persamaannya sebagai dapat dilihat pada persamaan (1), (2) dan (3).

- a) Gaussian Blur (reduksi noise)

$$I_G(x,y) = I(x,y) \times G(x,y,\sigma) \quad (1)$$

- b) Gradien *Sobel* (deteksi perubahan intensitas)

$$G_x = I_G \times K_x, G_y = I_G \times K_y$$

$$M(x,y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (2)$$

- c) Hysteresis Thresholding (deteksi tepi final)

$$E(x,y) = \begin{cases} 1, & M(x,y) \geq T_H \\ 0, & M(x,y) \geq T_L \end{cases} \quad (3)$$

dengan ambang pada kode: $T_L=50$, $T_H=150$. [16]

Yang kedua adalah metode *Sobel* yang menghitung perubahan intensitas piksel pada arah vertikal (sumbu Y) dengan operator *Sobel* dan menghasilkan citra tepi setelah proses thresholding [17]. Operator *Sobel* digunakan untuk mendeteksi perubahan intensitas citra (*edge*) dengan menghitung turunan pertama pada arah horizontal (G_x) dan vertikal (G_y), dengan persamaan (4), (5), dan (6) [18].

- a) Gradien *Sobel*

$$K_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix}, K_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

- b) Magnitudo/respon tepi

$$M(x,y) = \sqrt{G_x^2(x,y) + G_y^2(x,y)} \quad (5)$$

- c) Thresholding

$$E(x,y) = \begin{cases} 255, & R(x,y) \geq 70 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (6)$$

Metode *Prewitt* juga menggunakan operator konvolusi untuk mendeteksi perubahan intensitas pada arah vertikal, dengan kernel *Prewitt* standar [19]. Metode ini adalah salah satu teknik deteksi tepi berbasis operator gradien. Artinya, ia mencari tepi dengan menghitung perubahan intensitas (*derivative*) pada arah horizontal dan vertikal sebuah citra. Adapun persamaannya dapat dilihat pada persamaan (7), (8), (9) dan (10) [20].

- a) Untuk mendeteksi tepi horizontal dan vertikal

$$K_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix}, K_y = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

- b) Gradien

$$G_x = I \times K_x, G_y = I \times K_y \quad (8)$$

- c) Magnitudo gradien

$$M(x,y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (9)$$

- d) Thresholding

$$\theta(x,y) = \arctan \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \quad (10)$$

Ketiga metode ini menghasilkan citra biner di mana piksel putih merepresentasikan tepi yang terdeteksi.

2.4. Ekstraksi Garis, Visualisasi dan Anotasi

Dari hasil deteksi tepi, sistem mencari baris pertama dari atas gambar yang memiliki piksel tepi (putih), yang diasumsikan sebagai permukaan air. Selisih antara posisi vertikal permukaan air dan dasar mistar (dalam piksel) dihitung, kemudian dikonversi ke satuan centimeter menggunakan rasio piksel/cm yang telah dikalibrasi sebelumnya berdasarkan panjang fisik mistar.

Sistem menampilkan citra yang telah dianotasi dengan garis horizontal pada permukaan air yang berwarna biru, garis batas atas dan bawah mistar yang berwarna hijau, dan teks hasil pengukuran ketinggian air dalam satuan cm.

Hasil dari ketiga metode ditampilkan secara paralel dalam antarmuka GUI menggunakan OpenCV, sehingga perbandingan performa visual dan stabilitas hasil dari masing-masing metode dapat diamati.

2.5. Perangkat Keras

Sistem ini dirancang untuk dapat dijalankan secara *standalone* menggunakan, kamera CCTV, Raspberry Pi 5, laptop (diperlukan untuk debugging), dan Accu sebagai *power supply* di lapangan

2.6. Validasi Pengujian Performa

Validasi pengujian performa dilakukan untuk menilai tingkat ketepatan sistem dalam mendeteksi ketinggian air berdasarkan hasil pengolahan citra. Pengujian dilakukan dengan membandingkan *error* absolut (selisih antara mistar air dan hasil pengukuran) dengan nilai acuan sebenarnya (mistar air yang di pasang di pinggir sungai).

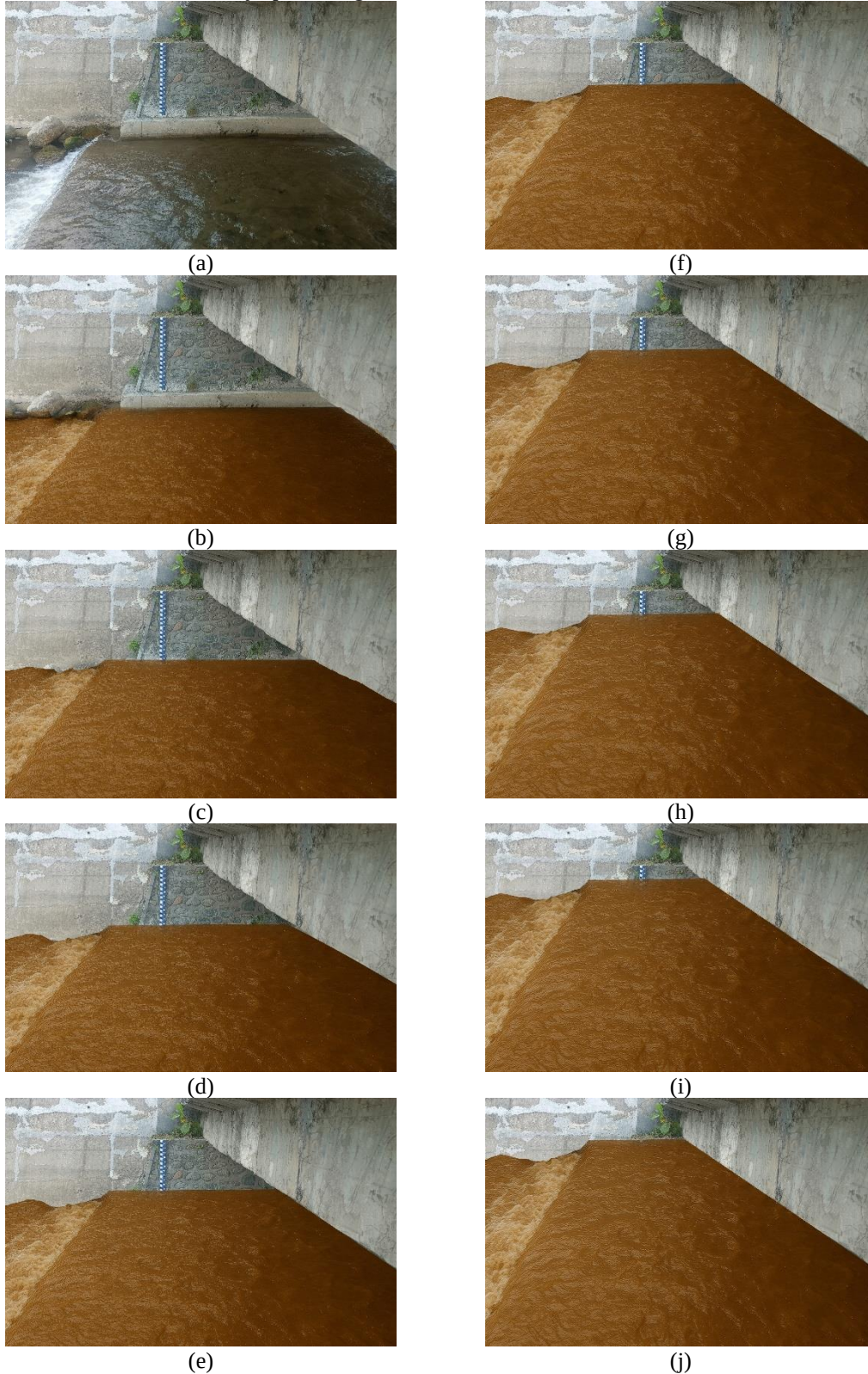
Nilai ketepatan sistem dinyatakan dalam bentuk akurasi pembacaan, yang dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Akurasi pembacaan (\%)} = \left(1 - \frac{\text{error absolut}}{\text{nilai mistar air}} \right) \times 100 \quad (11)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

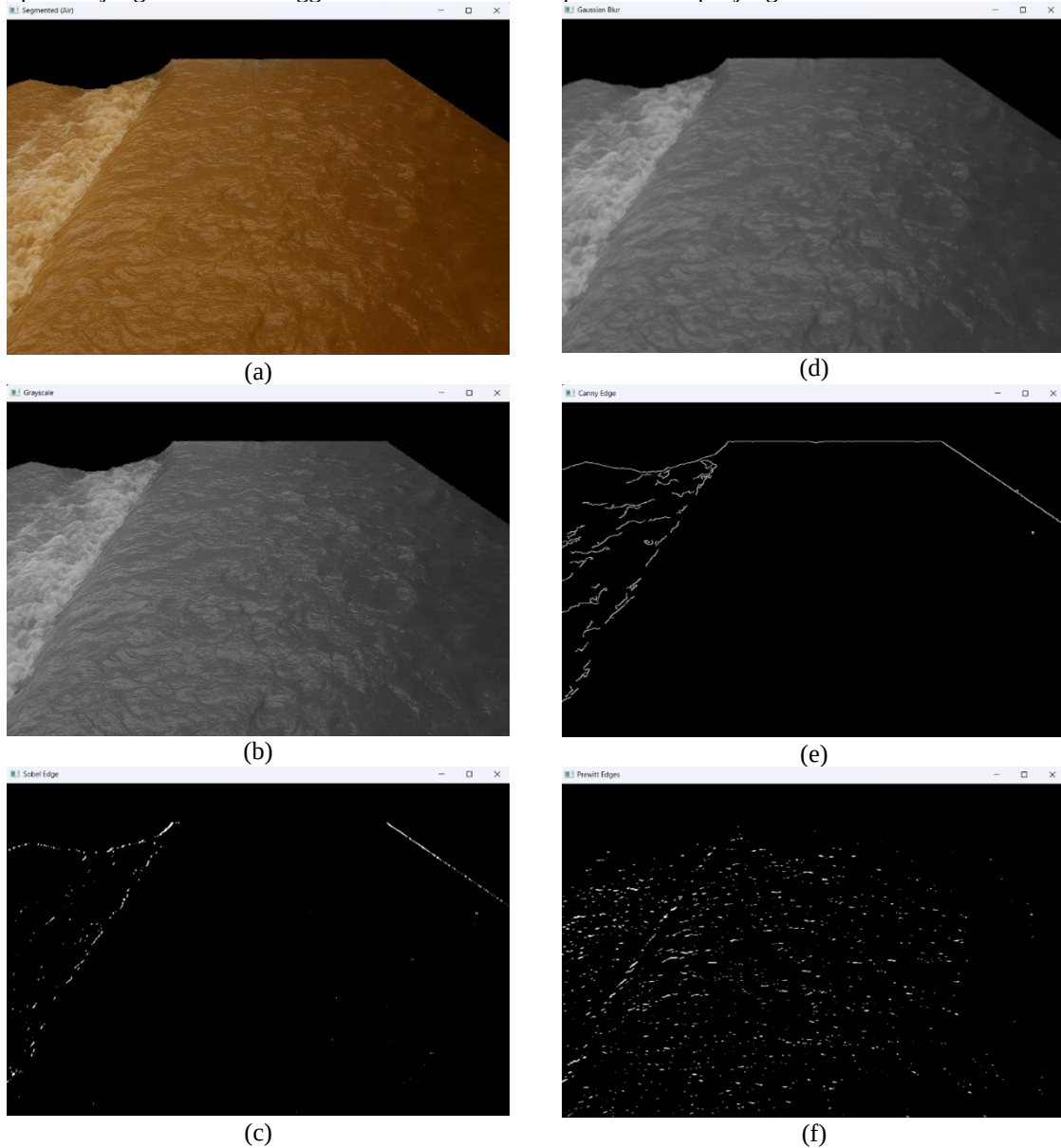
3.1. Hasil

Penelitian ini menggunakan visualisasi data langsung di Sungai Pulu menggunakan kamera CCTV tipe Ezviz C6N yang terhubung ke *raspberry pi* menggunakan kabel USB. Gambar 4 menunjukkan gambar kamera yang ditambahkan simulasi banjir pada sungai.



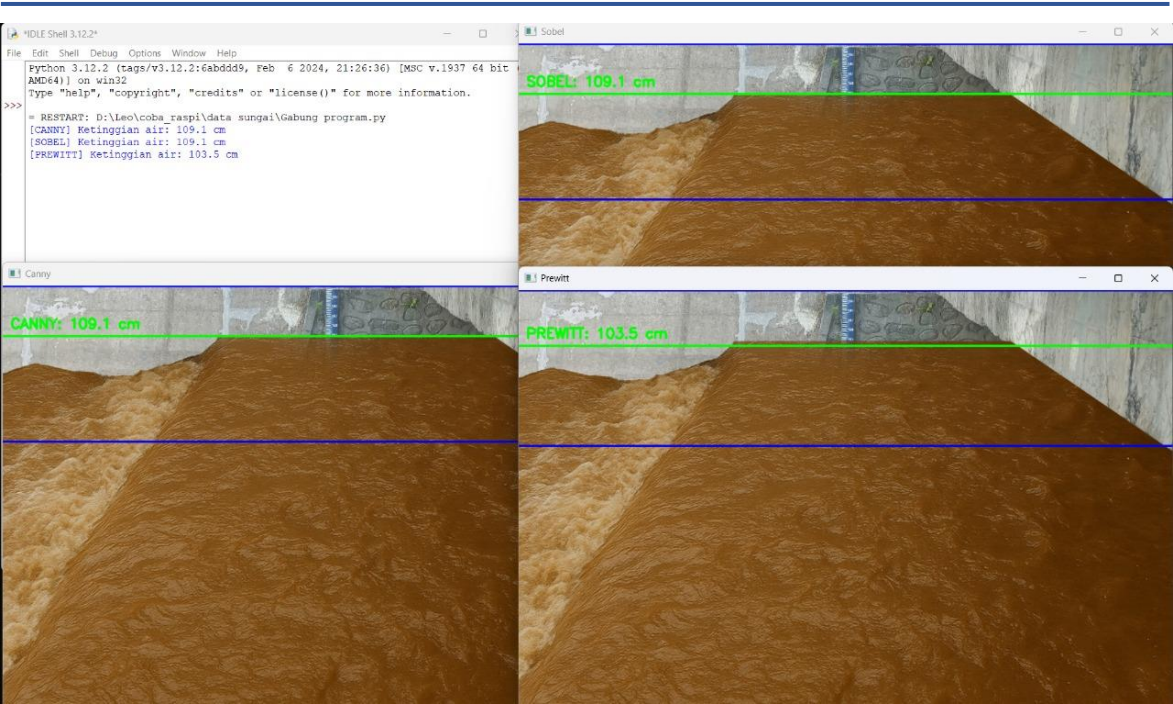
Gambar 4. Data Gambar Simulasi Banjir pada Ketinggian Air (a) < 0 cm warna air normal, (b) < 0 cm Warna Air Keruh Banjir, (c) 10 cm, (d) 30 cm, (e) 50 cm, (f) 70 cm, (g) 90 cm, (h) 110 cm, (i) 130 cm, (j) 160 cm

Pada Gambar 4 terdapat sepuluh gambar simulasi yang menunjukkan perubahan air yang dimulai dari air sungai yang jernih dengan ketinggian kurang dari 0 cm (di bawah mistar garis), kemudian air sungai mulai keruh banjir dengan ketinggian kurang dari 0 cm, dan air sungai mulai tinggi di atas 0 cm dan semakin tinggi sampai ke ujung mistar air. Tinggi mistar dari bawah sampai ke atas sepanjang 160 cm.



Gambar 5. (a) Gambar Yang Sudah Diproses *Resizing*, *Cropping*, dan Segmentasi Warna Air, (b) Gambar Proses *Grayscale*, (c) Gambar Proses Deteksi *Sobel*, (d) Gambar Proses *Gaussian Blur*, (e) Gambar Proses Deteksi *Canny*, (f) Gambar Proses Deteksi *Prewitt*

Setelah gambar di proses, selanjutnya gambar akan dideteksi menggunakan deteksi tepi *Canny*, *Sobel* dan *Prewitt* serta dianotasikan dan ditambahkan keterangan garis batas atas dan batas bawah mistar yang ditandai dengan garis warna biru pada gambar, dan deteksi tepi air Sungai yang ditandai dengan garis berwarna hijau. Hasil dari deteksi tepi ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Deteksi Tepi *Canny*, *Sobel* dan *Prewitt*

Dari data awal, dilakukan pendeteksian menggunakan metode *Canny*, *Sobel*, dan *Prewitt* pada sepuluh gambar simulasi di atas dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3

Tabel 1. Hasil Deteksi Permukaan Sungai dengan Metode *Canny*

No.	Mistar Air	Hasil Pengukuran	Error Absolut	Akurasi Pembacaan (%)
1	0	0	0.00	100.00
2	0	0	0.00	100.00
3	10	11.1	1.10	89.00
4	30	30.3	0.30	99.00
5	50	49.4	0.60	98.80
6	70	70.1	0.10	99.86
7	90	89.2	0.80	99.11
8	110	109.1	0.90	99.18
9	130	128.2	1.80	98.62
10	160	160	0.00	100.00
Rata-rata			0.56	98.36

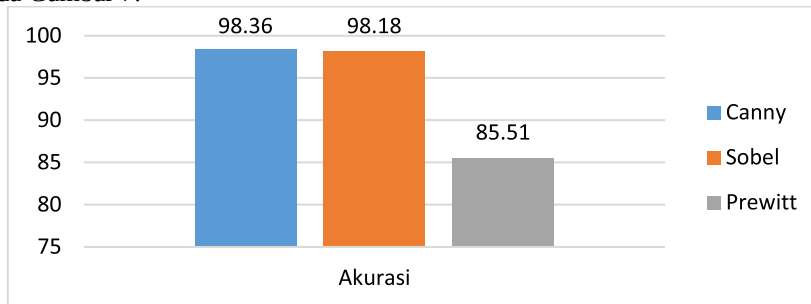
Tabel 2. Hasil Deteksi Permukaan Sungai dengan Metode *Sobel*

No.	Mistar Air	Hasil Pengukuran	Error Absolut	Akurasi Pembacaan (%)
1	0	0	0.00	100.00
2	0	0	0.00	100.00
3	10	11.1	1.10	89.00
4	30	30.3	0.30	99.00
5	50	49.4	0.60	98.80
6	70	69.3	0.70	99.00
7	90	88.4	1.60	98.22
8	110	109.1	0.90	99.18
9	130	128.2	1.80	98.62
10	160	160	0.00	100.00
Rata-rata			0.70	98.18

Tabel 3. Hasil Deteksi Permukaan Sungai dengan Metode *Prewitt*

No.	Mistar Air	Hasil Pengukuran	Error Absolut	Akurasi Pembacaan (%)
1	0	0	0.00	100.00
2	0	0	0.00	100.00
3	10	0.8	9.20	8.00
4	30	25.5	4.50	85.00
5	50	44.6	5.40	89.20
6	70	64.5	5.50	92.14
7	90	84.4	5.60	93.78
8	110	103.5	6.50	94.09
9	130	123.4	6.60	94.92
10	160	156.8	3.20	98.00
Rata-rata			4.65	85.51

Dari Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 didapatkan bahwa nilai akurasi untuk deteksi permukaan sungai dengan menggunakan metode *Canny* lebih tinggi dibandingkan dengan metode *Sobel* dan *Prewitt*. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Hasil Akurasi

Penelitian ini juga melakukan pembacaan gambar simulasi pada saat contrast pada gambar diturunkan menjadi agak gelap seperti Gambar 8 dan hasil pembacaan terlihat pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.



Gambar 8. Contrast Gambar Diturunkan Menjadi 50%

Tabel 4. Hasil Deteksi Permukaan Sungai dengan Metode *Canny*

No.	Mistar Air	Hasil Pengukuran	Error Absolut	Akurasi Pembacaan (%)
1	0	0	0.00	100.00
2	0	0	0.00	100.00
3	10	11.1	1.10	89.00
4	30	30.3	0.30	99.00
5	50	49.4	0.60	98.80
6	70	70.1	0.10	99.86
7	90	88.4	1.60	98.22
8	110	109.1	0.90	99.18
9	130	128.2	1.80	98.62
10	160	160	0.00	100.00
Rata-rata			0.64	98.27

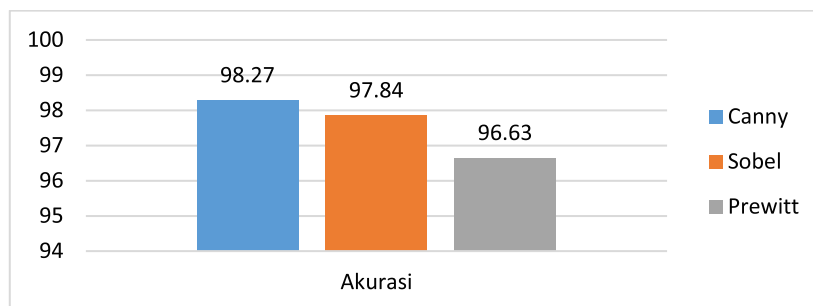
Tabel 5. Hasil Deteksi Permukaan Sungai dengan Metode Sobel

No.	Mistar Air	Hasil Pengukuran	Error Absolut	Akurasi Pembacaan (%)
1	0	0	0.00	100.00
2	0	0	0.00	100.00
3	10	10.4	0.40	96.00
4	30	29.5	0.50	98.33
5	50	47.8	2.20	95.60
6	70	67.7	2.30	96.71
7	90	87.6	2.40	97.33
8	110	108.3	1.70	98.45
9	130	127.3	2.70	97.92
10	160	156.8	3.20	98.00
Rata-rata			1.54	97.84

Tabel 6. Hasil Deteksi Permukaan Sungai dengan Metode Prewitt

No.	Mistar Air	Hasil Pengukuran	Error Absolut	Akurasi Pembacaan (%)
1	0	0	0.00	100.00
2	0	0	0.00	100.00
3	10	9.6	0.40	96.00
4	30	27.9	2.10	93.00
5	50	47	3.00	94.00
6	70	67.7	2.30	96.71
7	90	86	4.00	95.56
8	110	105.9	4.10	96.27
9	130	125.8	4.20	96.77
10	160	156.8	3.20	98.00
Rata-rata			2.33	96.63

Dari Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6 didapatkan bahwa nilai akurasi untuk deteksi permukaan sungai dengan menggunakan metode *Canny* masih tetap lebih tinggi dibandingkan dengan metode *Sobel* dan *Prewitt*. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Hasil Akurasi pada Saat Gambar Gelap

3.2. Pembahasan

3.2.1. Hasil Deteksi pada Citra Normal

Pada kondisi pencahayaan normal, Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3 menunjukkan bahwa metode *Canny Edge Detection* memberikan hasil deteksi paling akurat, dengan rata-rata *error* absolut 0,56 cm dan akurasi pembacaan 98,36%. Secara teknis, terdapat tiga alasan utama yaitu (1) Filtering Gaussian menghilangkan noise sebelum perhitungan gradien. (2) Perhitungan gradien dua arah (G_x/G_y) memberikan ketelitian tinggi dalam menemukan batas intensitas. (3) Hysteresis thresholding mencegah deteksi tepi palsu sehingga garis permukaan air terbentuk tipis dan jelas. Karena permukaan air sering tidak memiliki kontras yang sangat kuat terhadap latar, mekanisme *threshold* ganda pada *Canny* membuatnya tetap mampu mendeteksi perubahan intensitas kecil namun signifikan. Hal ini sejalan dengan penelitian [5] yang juga berhasil mendapatkan akurasi pengujian sampling sebesar 99,31% dalam pengukuran ketinggian air dengan metode *Canny Edge Detection*.

Metode *Sobel* pada Tabel 2 menunjukkan performa yang cukup dekat, dengan rata-rata *error* 0,70 cm dan akurasi 98,18%, namun menghasilkan garis tepi yang lebih tebal. Hal ini disebabkan operator *Sobel* berbasis kernel konvolusi sederhana yang sensitif terhadap perubahan intensitas tajam saja. Pada kondisi tertentu, riak air dapat terdeteksi sebagai tepi tambahan sehingga sistem membutuhkan filter tambahan untuk menghapus *false edges*. Namun *Sobel* tetap unggul dalam hal kecepatan komputasi, menjadikannya opsi baik untuk sistem dengan keterbatasan *hardware*. Dalam penelitian [6] *Sobel* menunjukkan performa yang mendekati *Canny* namun dengan karakteristik tepi yang berbeda (tepi lebih tebal), membuat *Sobel* menjadi alternatif dalam kecepatan komputasi pada perangkat terbatas.

Sementara itu, metode *Prewitt* pada Tabel 3 memberikan performa terendah dengan *error* absolut rata-rata sebesar 4,65 cm dan akurasi hanya 85,51%. Kinerjanya dipengaruhi sifat operator *Prewitt* yang lebih sensitif terhadap noise, menghasilkan respon gradien lebih lemah dibanding *Sobel*, dan tidak melakukan *smoothing* sehingga mudah salah mendeteksi objek bergerak di permukaan air. Pada kondisi gelap, kinerja *Prewitt* meningkat hingga 96,63% karena kontras antara air dan mistar menjadi lebih terdefinisi. Meskipun demikian, *Prewitt* tetap bukan pilihan ideal untuk sistem deteksi banjir berbasis citra sungai yang fluktuatif. Pada penelitian [7] *Prewitt* menunjukkan performa paling fluktuatif dan paling sensitif terhadap noise dan gradasi warna, sehingga akurasinya relatif rendah pada citra asli.

Visualisasi hasil deteksi pada Tabel 5 mendukung data kuantitatif tersebut: garis hijau (indikator permukaan air) pada metode *Canny* terlihat lebih tepat menyesuaikan permukaan air, sedangkan garis pada *Prewitt* sering bergeser atau tidak muncul secara utuh pada ketinggian tertentu.

3.2.2. Hasil Deteksi pada Gambar dengan Kontras Rendah

Pengujian dilanjutkan pada kondisi gambar dengan pencahayaan lebih gelap (kontras diturunkan 50%), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.

Metode *Canny* pada Tabel 4 tetap menunjukkan performa yang stabil, dengan *error* rata-rata 0,64 cm dan akurasi 98,27%, bahkan pada kontras rendah. Ini menunjukkan keunggulan metode *Canny* dalam menangani kondisi pencahayaan minim, berkat threshold ganda dan filter *Gaussian* dalam algoritmanya. Metode *Sobel* pada Tabel 5 juga mempertahankan akurasi yang tinggi (97,84%), meskipun mulai menunjukkan penurunan presisi di titik ketinggian yang lebih tinggi karena garis tepi air semakin tidak kontras terhadap latar belakang.

Sebaliknya, *Prewitt* pada Tabel 6 mengalami kenaikan akurasi yang semula 85,51% menjadi 96,63%, dengan *error* rata-rata 2,33 cm yang juga semakin kecil dari sebelumnya. Meskipun masih cukup baik untuk kasus umum, hasil ini menunjukkan bahwa *Prewitt* rentan terhadap perubahan pencahayaan, terutama ketika warna air dan latar memiliki intensitas serupa.

3.2.3. Perbandingan Umum dan Analisis Kinerja

Grafik pada Gambar 7 dan Gambar 9 menggambarkan tren metode *Canny* secara konsisten unggul dalam hal presisi deteksi garis air dengan akurasi sebesar 98,36%, dan stabil dalam kondisi pencahayaan turun, dimana pada saat contrast gambar diturunkan mendapatkan akurasi sebesar 98,27%.

Metode *Sobel* menunjukkan hasil mendekati *Canny* dengan akurasi sebesar 98,18% dan pada kondisi kurang cahaya akurasinya sebesar 97,84%, sehingga tetap layak digunakan pada sistem dengan keterbatasan komputasi karena lebih ringan secara algoritmik.

Metode *Prewitt*, meskipun paling sederhana, kurang direkomendasikan untuk deteksi banjir karena sensitivitasnya terhadap noise dan ketidakmampuannya menangani detail tepi yang halus, dimana tingkat akurasinya sebesar 85,51%, namun terjadi peningkatan akurasi pada saat cahaya dikurangi dengan tingkat akurasi sebesar 96,63%.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan metode deteksi tepi *Canny*, *Sobel*, dan *Prewitt* untuk mengidentifikasi permukaan air pada aliran Sungai Pulu di Kabupaten Sigi secara *real-time*. Dari hasil pengujian metode *Canny Edge Detection* memberikan akurasi deteksi tertinggi dengan rata-rata sebesar 98,36%, diikuti oleh metode *Sobel* dengan akurasi 98,18%, dan *Prewitt* dengan akurasi rata-rata 85,51%. Pada kondisi pencahayaan yang diturunkan (gambar gelap), metode *Canny* tetap menunjukkan performa paling stabil dengan rata-rata akurasi 98,27%, disusul *Sobel* (97,84%) dan *Prewitt* (96,63%).

Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode *Canny* lebih unggul dalam mendeteksi batas permukaan air secara visual baik pada kondisi normal maupun saat intensitas pencahayaan berkurang. Sistem ini dapat berfungsi sebagai alat bantu peringatan dini banjir yang efektif, berbiaya rendah, dan dapat digunakan secara

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diucapkan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi Republik Indonesia (KEMDIKTISAINTEK RI) melalui skema Penelitian Tesis Magister dengan Nomor Kontrak Penelitian nomor: (126/C3/DT.05.00/PL/2025; 0498.12/LL5-INT/AL.04/2025; 108/PTM/LPPM.UAD/V/2025). Ucapan terima kasih juga diucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Ahmad Dahlan yang sudah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dino. Banjir: Pengertian, Penyebab, dan Dampaknya, <https://web.bpbid.jatimprov.go.id/2023/10/19/banjir-pengertian-penyebab-dan-dampaknya/>, dipublish pada tanggal 19 September 2023
- [2] M. Salam, Budi S. BPBD catat tiga desa terdampak banjir di Kabupaten Sigi, <https://www.antaranews.com/berita/4699013/bpbid-catat-tiga-desa-terdampak-banjir-di-kabupaten-sigi/>, dipublish pada tanggal 9 Maret 2025
- [3] BNPB. <https://dibi.bnpb.go.id/home/index2>, 2025
- [4] Ragaiya L., Ferdinand S. L., Mohammad A. L. Dampak Banjir Terhadap Penduduk di Desa Batu Merah Kecamatan Sirimau Kota Ambon, *Jurnal Geografi, Lingkungan dan Kesehatan*, Vol. 2, No. 1, hal. 47–53 2024.
- [5] Frederick A., Imelda. Analisis Model Pengukuran Tinggi Permukaan Air Dengan Metode *Canny Edge Detection* dan *Image Contouring* Sebagai Indikator Peringatan Dini Bencana Banjir. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*. Vol. 9, Hal. 123-130. 2021
- [6] Satryo B. U., Januar F. I., Rizqi R. A. Early Warning Flood Detector Adopting Camera by *Sobel Canny Edge Detection Algorithm Method*. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi (JTISI)*. Vol. 4, Hal. 67-75, 2021
- [7] Supriyatin W. Perbandingan Metode *Sobel*, *Prewitt*, Robert dan *Canny* pada Deteksi Tepi Objek Bergerak. *ILKOM Jurnal Ilmiah*. Vol. 12 No. 2, Agustus 2020. Pp.112-120
- [8] Agrawal H., & Desai K. *Canny Edge Detection: A Comprehensive Review*. *International Journal of Technical & Science (IJTRS)*. Pg. 126-133. 2024
- [9] Rawahi S. S A. A Comparison of *Sobel* and *Prewitt* Edge Detection Operators. *East Journal of Computer Science*. Vol. 1. Pp. 49-58. 13 Februari 2025
- [10] Radillah T., Veza O., & Sumijan. Comparative Analysis of *Canny*, *Sobel*, *Prewitt* and Roberts Edge Detection Operators on Eye Iris Images. *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer)*. Vol. 10 No. 1 August 2024
- [11] EZVIZ, "EZVIZ C6N," <https://www.ezviz.com/us/product/c6n/21692>, accessed Aug. 18, 2025.
- [12] Wang B., et al. Content-Aware Image Resizing Technology Based on Composition Detection and Composition Rules. *MDPI. Electronics* 2023
- [13] Islami F. Implementation of HSV-based Thresholding Method for Iris Detection. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*. Vol. 3, No. 1, January 2021
- [14] Rochim F.N., Sompie G.D., Mua'mmar, Saputra R.I., & Rosyani P. Perancangan Sistem Deteksi Warna *Real-time* Menggunakan Metode Gaussian Blur dan Ruang Warna HSV. *Biner: Jurnal Ilmu Komputer, Teknik dan Multimedia*. Vol. 2, No. 2, Juni 2024
- [15] Tao Nana. Enhanced *Canny* Algorithm for Image Edge Detection in Print Quality Assessment. *International Information and Engineering Technology Association (IIETA)*. Vol. 40 No. 3 June 2023, pp. 1281-1287
- [16] Hu, G. A Mathematical Survey of Image Deep Edge Detection Algorithms: From Convolution to Attention. *Mathematics* 2025, 13, 2464. <https://doi.org/10.3390/math13152464>
- [17] Sitohang B., & Sindar A. Analisis dan Perbandingan Metode *Sobel* Edge Detection dan *Prewitt* pada Deteksi Tepi Citra Daun Srilangka. *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi*. Vol. 3 No. 3 Desember 2020
- [18] Tian, R.; Sun, G.; Liu, X.; Zheng, B. *Sobel* Edge Detection Based on Weighted Nuclear Norm Minimization Image Denoising. *Electronics* 2021, 10, 655. <https://doi.org/10.3390/electronics10060655>
- [19] Zhang Y., et al. Research on Image Defect Detection of Silicon Panel Based on *Prewitt* and *Canny* Operator. *Original Research. Frontiers in Physics*. Vol. 9. August 2021
- [20] Tenekeci, M.E., Abdulazeez, S.T., Karadağ, K. et al. Edge detection using the *Prewitt* operator with fractional order telegraph partial differential equations (PreFOTPDE). *Multimed Tools Appl* 84, 12329–12345 (2025). <https://doi.org/10.1007/s11042-024-19440-0>

