



# Sistem pengukuran ketinggian air sungai berbasis deteksi tepi Sobel

## *River water level measurement system using Sobel edge detection method*

Faiz Miftakhur Rozaqi, Wahyono\*)

*Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada  
Gedung C, Lantai 4, Sekip Utara, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia*

**Cara sitasi:** F. M. Rozaqi and W. Wahyono, "Sistem pengukuran ketinggian air sungai berbasis deteksi tepi Sobel," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 38-45, 2022. doi: [10.14710/jtsiskom.2022.14119](https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2022.14119), [Online].

**Abstract – Flood is a natural disaster that often occurs in Indonesia. Therefore, a flood warning system is required to reduce the number of losses due to flooding. In this study, a Sobel edge detection-based framework is proposed to measure the river water level, which is expected to be used as an early flood warning system. Sobel edge detection is used to determine the edge of the water surface, which is then taken by the position of the pixels, and the height is calculated by comparing the image with actual conditions. The test results of the system implemented on the prototype show that this system has an RMSE less than 0.6986 mm and can run at 12 fps which in the future can be implemented directly on rivers.**

**Keywords – flood; Sobel edge detection; digital image processing; water level measurement**

**Abstrak – Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Oleh sebab itu, diperlukan sebuah peringatan banjir sesegera mungkin untuk menekan angka kerugian akibat terjadinya banjir. Pada penelitian ini diusulkan sebuah framework berbasis pendeteksian tepi Sobel untuk mengukur tingkat ketinggian air sungai yang diharapkan dapat digunakan sebagai peringatan dini banjir. Deteksi tepi Sobel digunakan untuk menentukan tepian dari muka air yang kemudian diambil posisi piksel dan dihitung ketinggiannya dengan melakukan perbandingan citra dengan kondisi nyata. Hasil pengujian sistem yang diimplementasikan pada purwarupa menunjukkan bahwa sistem ini memiliki RMSE kurang dari 0,6986 mm dan dapat berjalan pada 12 fps yang ke depannya dapat diimplementasikan langsung pada sungai.**

**Kata kunci – banjir; deteksi tepi Sobel; pengolahan citra digital; pengukuran tinggi air**

### I. PENDAHULUAN

Banjir merupakan kondisi ketika air meluap yang menyebabkan volume air meningkat dan daratan

terbenam. Banjir merupakan bencana alam yang terjadi tahunan di Indonesia, khususnya pada daerah perkotaan. Banjir adalah adanya air di daerah yang biasanya kering, sedangkan bencana banjir adalah banjir yang signifikan mengganggu atau mengganggu aktivitas manusia dan sosial [1].

Faktor yang menyebabkan banjir dapat dibagi menjadi dua, yaitu faktor alam dan buatan. Faktor alam terjadi ketika terjadi curah hujan yang tinggi sehingga sungai tidak dapat menampung volume air yang melebihi kapasitas. Di lain pihak, terdapat beberapa banjir yang disebabkan oleh faktor buatan [2], [3]. Pertama, penyumbatan aliran sungai atau selokan yang disebabkan oleh seringnya masyarakat membuang sampah di sungai. Kedua, penebangan hutan yang menyebabkan aliran menjadi gundul dan resapan air berkurang. Ketiga, minimnya daerah resapan air sehingga air tidak dapat meresap ke lapisan tanah.

Pencegahan dampak buruk dari bencana banjir dapat dilakukan dengan pembuatan sistem peringatan dini banjir pada sungai atau waduk yang berpotensi banjir. Peringatan dini banjir dilakukan dengan memberitahukan tinggi air sungai dan status tinggi air kepada masyarakat. Pada metode konvensional, pengukuran tinggi air dilakukan secara analog dengan melihat sebuah papan pengukur yang menempel pada dinding sungai yang berbentuk tembok batu atau tembok semen. Oleh karena itu, biasanya pengukuran ini dilakukan di daerah dekat bendungan. Selain itu, beberapa metode yang lebih modern telah diterapkan dengan memanfaatkan pengukuran digital dalam pembuatan sistem peringatan dini, di antaranya menggunakan sensor ultrasonik [4], dan menggunakan pengolahan citra digital yang dibantu oleh citra kamera [5].

Sistem peringatan dini banjir yang menggunakan pengolahan citra digital dapat dicapai, salah satunya mengukur sebuah batang indikator yang dipasang pada sisi sungai dan citra ditangkap dengan sebuah kamera. Citra yang ditangkap akan diolah dengan mengukur tinggi batang indikator yang tidak terendam air. Ada beberapa algoritme yang digunakan dalam metode ini, seperti proyeksi histogram horizontal dan operasi morfologi [6], deteksi tepi [5], dan perangkat lunak GRIME yang berbasis deteksi tepi [7]. Tinggi yang didapat awalnya dalam ukuran piksel dikonversi ke

\*) Penulis korespondensi (Wahyono)  
Email: wahyo@ugm.ac.id

satuan metrik yang diinginkan, seperti sentimeter atau milimeter berdasarkan skala yang telah dihitung sebelumnya. Hasil ketinggian ini menjadi patokan nilai dari peringatan banjir. Kurniawan dkk. [8] dan Priantama [9] menggunakan indikator batang berbasis pelacakan warna untuk menentukan ketinggian air, namun hanya berfokus pada penentuan kategori peringatan seperti aman, waspada, atau awas.

Selain itu, terdapat metode lain yang tidak menggunakan indikator batang melainkan dengan memanfaatkan tembok sungai. Sistem ini cukup terbatas karena sungai atau aliran semacam ini terdapat pada daerah perkotaan. Sistem akan menangkap citra aliran sungai dan menentukan garis aliran. Garis aliran ini didapatkan dengan Progressive Probabilistic Hough Transform (PPHT) yang sebelumnya dilakukan deteksi tepi Sobel [10]. Garis akan dibuat yang tegak lurus terhadap garis sungai ini ke arah ujung tinggi tembok. Garis tersebut akan menjadi ukuran tinggi air sungai yang sebelumnya sudah terdapat sebuah titik acuan ketinggian berdasarkan kondisi nyata. Jaehyoung dan Hernsoo [11] memanfaatkan sebuah pola yang ditempelkan pada citra dengan memanfaatkan citra pada pilar jembatan yang menggunakan algoritme *image subtraction* dan *horizontal edge image extraction*.

Sistem pengukur tinggi air sungai tersebut memberikan hasil yang cukup baik dengan akurasi lebih dari 95%. Kesalahan yang terjadi tidak ada yang melebihi 1 cm dengan catatan semakin tinggi resolusi maka semakin baik akurat hasil yang diperoleh. Hasil ini sangat dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan di mana pada kondisi terang memberikan hasil yang lebih baik daripada kondisi gelap.

Deteksi tepi merupakan sebuah metode untuk mencari daerah yang pada citra yang memiliki perubahan intensitas atau perubahan warna secara jelas, salah satunya dengan operasi Sobel. Operasi ini paling sering digunakan dalam metode deteksi tepi. Penerapan operasi Sobel dilakukan dengan mencari nilai perbedaan pada sebuah piksel dengan menggunakan gradien matriks [12]. Metode ini lebih baik daripada metode lain, seperti metode Canny atau metode logika fuzzy, dalam hal kecepatan dan pemrograman tidak perlu melakukan pengaturan nilai.

Namun, deteksi tepi akan sulit dilakukan ketika citra memiliki variasi yang tinggi. Citra perlu dilakukan penapisan untuk memperhalus sehingga variasi yang ada pada citra dapat dikurangi. Filter yang dapat digunakan di antaranya adalah filter Gaussian dan filter Bilateral [13]. Filter Bilateral menghasilkan hasil yang lebih baik pada citra untuk dilakukan deteksi tepi karena tetap mempertahankan perubahan intensitas pada tepi, sedangkan filter Gaussian akan memperhalus setiap bagian secara merata.

Peringatan dini terkait banjir sangat diperlukan terlebih untuk masyarakat yang berada di daerah rawan banjir. Sebuah sistem yang mampu memberikan informasi terkait tinggi air sungai sangat diperlukan sehingga masyarakat dapat waspada terhadap terjadinya banjir. Peringatan dini yang diberikan sebaiknya

merupakan data yang real-time. Berbeda dengan [5]-[9], kajian ini mengembangkan sistem deteksi tinggi air sungai dengan menggunakan operasi Sobel dan filter Bilateral. Penentuan ketinggian air menggunakan proyeksi histogram horizontal dengan memilih nilai histogram yang terpanjang. Akuisisi citra dipertimbangkan dan dibatasi agar sistem dapat berjalan secara cepat pada berbagai perangkat. Operasi Sobel dipilih karena dapat berjalan lebih cepat dan kesederhanaan metodenya serta filter Bilateral dipilih karena dapat memberikan hasil yang baik tanpa mengurusi kualitas ketika dilakukan deteksi tepi [14].

## II. METODE PENELITIAN

### A. Alat dan bahan

Metode yang diusulkan diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka OpenCV dan Numpy pada sebuah komputer personal dengan spesifikasi prosesor AMD A8-4500M APU dengan grafis HD Radeon(tm) 1.90GHz, dan RAM 8GB. Akuisisi dataset menggunakan webcam Logitech C270 HD dengan FoV 60° dan gawai cerdas Samsung Galaxy A6 2018. Prototipe sungai untuk pengambilan data diimplementasikan dengan memanfaatkan bahan-bahan seperti akuarium berukuran 40 x 60 x 40 cm, air 150 liter, dan 1 buah pewarna pakaian berwarna coklat kopi.

### B. Pembuatan purwarupa

Objek yang digunakan untuk penelitian ketinggian air sungai pada dasarnya adalah sungai. Objek ini memiliki kekurangan, yaitu ketinggian air sungai tidak berubah secara signifikan terlebih pada saat musim kemarau. Sakaino [15] memperlihatkan bahwa pengukuran tinggi air sungai dengan objek penelitian sungai memerlukan waktu yang lama, yaitu satu tahun. Kajian ini membatasi objek penelitian dengan membuat purwarupa agar ketinggian yang diteliti akan lebih fluktuatif dan mudah diatur.

Purwarupa yang digunakan untuk simulasi merupakan sebuah akuarium dengan tebal kaca 5 mm. Wadah ini berbentuk balok ukuran lebar dan tinggi 40 cm, sedangkan panjangnya 60 cm. Kamera dipasang pada panjang balok bagian atas. Kamera digunakan untuk menangkap citra pada bagian dinding. Ketika wadah diisi air, maka citra yang ditangkap dan telah diproses akan menghasilkan garis pada bagian tinggi air. Garis tersebut yang menjadi titik tinggi dan menjadi nilai dari ketinggian air.

Sisi yang ditangkap kamera akan ditempelkan sebuah cetakan foto dalam dua skenario, yaitu foto tembok batu dan tembok semen agar dapat menyerupai kondisi sungai nyata. Citra ini ditempelkan secara bersebelahan untuk mendapatkan perbandingan secara bersamaan. Selain itu, sebuah cetakan foto tinggi air juga akan ditempelkan agar lebih mudah untuk membandingkan ketinggian nyata yang dilihat menggunakan mata dengan ketinggian yang didapatkan

oleh sistem. Purwarupa yang digunakan ditunjukkan dalam Gambar 1.

### C. Implementasi algoritme

Algoritme yang diusulkan diimplementasikan dalam dua tahap seperti ditunjukkan dalam Gambar 2, yaitu tahap prapemrosesan dan perhitungan. Pada tahap prapemrosesan, citra diubah menjadi citra biner dengan hanya bagian tepi yang ditampilkan, sedangkan tahap perhitungan dilakukan pemrosesan untuk mendapatkan nilai dari ketinggian air.

#### Prapemrosesan

Pada tahap prapemrosesan, citra RGB dengan 3 nilai warna diubah menjadi citra keabuan yang mempunyai 1 nilai warna untuk mengurangi jumlah pemrosesan menjadi 1/3 atau berkurang sebanyak 66,6%. Nilai pada setiap piksel diperoleh dengan menggunakan perhitungan dari jumlah 0,299 citra merah ditambah 0,587 citra hijau dan 0,114 citra biru.

Selanjutnya, citra dikenakan filter Bilateral agar mengurangi variasi dari warna tanpa harus kehilangan perbedaan intensitas dan warna pada tepian. Tepian tetap dipertahankan karena pada langkah selanjutnya tepian dari citra akan dicari. Jika menggunakan filter lain seperti filter *Gaussian*, maka hasil citra akan kehilangan ketajaman pada tepian.

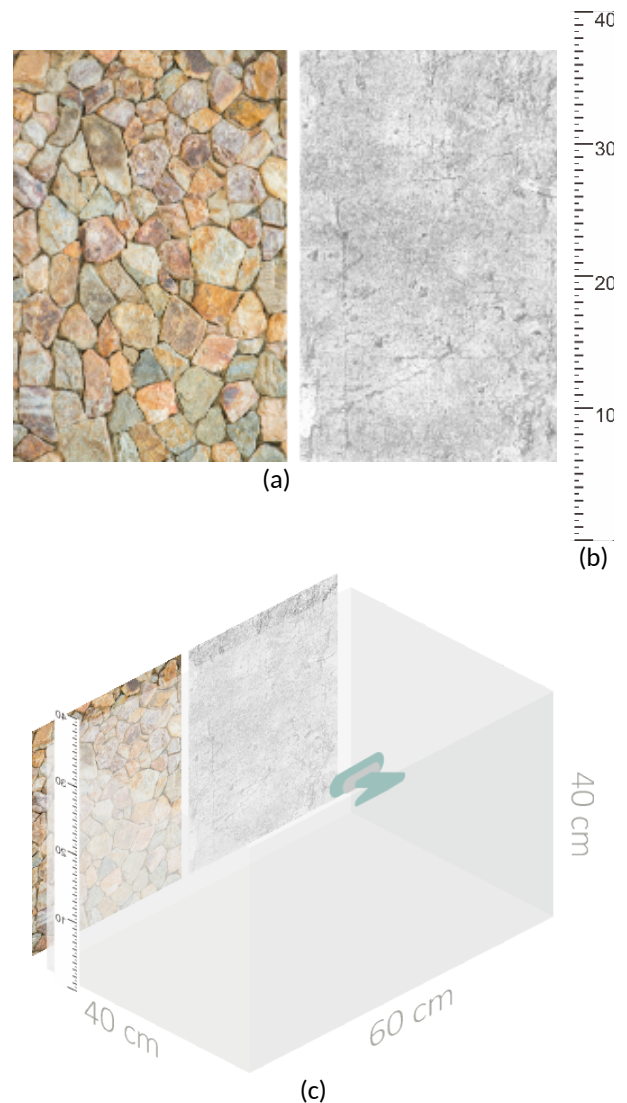
Citra dikenakan operasi Sobel untuk mencari bagian tepi. Operasi Sobel dipilih karena memiliki langkah yang sederhana dan mudah diimplementasikan sehingga proses yang dilakukan akan lebih cepat. Proses yang dilakukan adalah dengan memasang kernel vertikal dan horizontal dari Sobel pada setiap piksel di citra. Kedua hasil tersebut dihitung gradien dari kedua nilai. Pada penelitian ini, hasil yang dibutuhkan adalah garis horizontal pada bagian air, sehingga hanya perlu menggunakan kernel y di mana pada setiap piksel akan dibandingkan piksel di atas dan di bawahnya saja.

Pada tahap terakhir, citra dilakukan proses binerisasi dengan tujuan menghilangkan citra dengan warna abu dan menghasilkan citra biner sehingga hanya tersisa warna hitam dan putih. Konversi ini bertujuan untuk mempermudah tahap perhitungan. Konversi dilakukan dengan memberikan nilai sebagai ambang citra akan berwarna hitam atau putih.

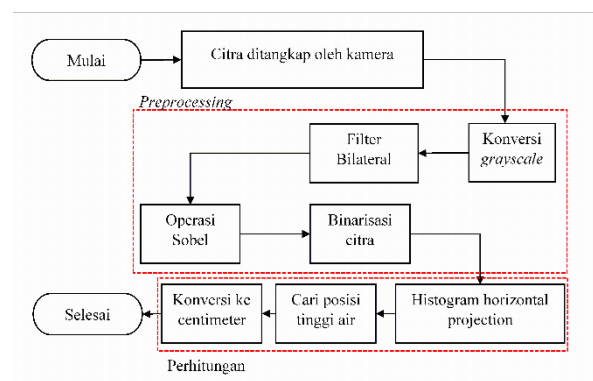
#### Perhitungan

Pada tahap perhitungan, langkah pertama yang dilakukan adalah pembentukan proyeksi histogram horizontal pada piksel yang berwarna putih untuk melihat baris mana yang memiliki intensitas nilai piksel putih tertinggi. Citra biner akan dihitung proyeksi histogram horizontal. Ketika hasil dari binerisasi baik, maka akan terlihat garis air yang nantinya akan memiliki nilai yang tinggi [16].

Langkah selanjutnya adalah menentukan nomor baris dengan intensitas nilai piksel hitam tertinggi yang merupakan pertengahan antara air dan dinding wadah sebagai nilai tinggi. Dalam bentuk larik, nilai teratas



Gambar 1. Latar belakang purwarupa (a), gambar pengukur air (b), dan purwarupa (c)



Gambar 2. Alur algoritme dari model

memiliki indeks terkecil, sedangkan nilai terbawah memiliki indeks terbesar. Hal ini berbanding terbalik dengan ketinggian di mana semakin bawah posisinya memiliki kedalaman yang semakin rendah. Oleh karena

itu, hasil nilai awal dihitung dengan mengurangi panjang citra dengan nilai yang diperoleh. Nilai ini dapat diperoleh dengan menggunakan fungsi dari Numpy, yaitu  $numpy.argmax()$  dengan parameter berupa larik yang diperoleh sebelumnya. Hasilnya adalah berupa indeks  $t$  dari larik dengan nilai terbesar. Jika diberikan  $l$  adalah panjang citra dan  $h$  adalah larik citra, maka nilai  $t$  dapat dihitung dengan (1).

$$t = l - numpy.argmax(h) \quad (1)$$

Nilai tinggi  $t$  dikonversi ke satuan metrik sentimeter yang menjadi nilai tinggi akhir. Nilai tiap piksel  $N_p$  dihitung dari tinggi nyata  $t_{real}$  yang ditangkap kamera dibagi dengan tinggi citra  $t_{img}$  dalam satuan piksel dengan (2). Nilai tinggi tersebut dikalikan dengan nilai tiap piksel  $N_p$  untuk memperoleh tinggi air  $t_{water}$  seperti dinyatakan dalam (3).

$$N_p = \frac{t_{real}(cm)}{t_{img}(pikse)} \quad (2)$$

$$t_{water}(cm) = t \times N_p \quad (3)$$

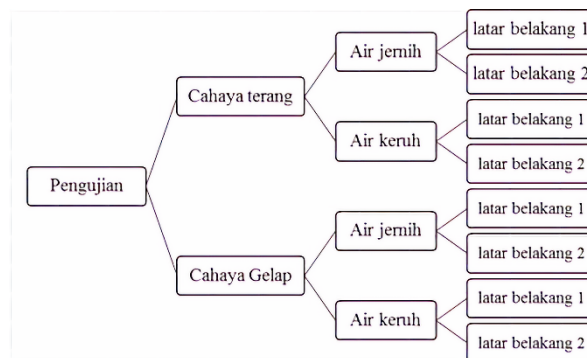
#### D. Kalibrasi alat dan pengujian

Pada tahap ini alat simulasi dan algoritme digabungkan dan dikalibrasi agar mendapatkan hasil yang lebih akurat. Pada bagian wadah yang ditangkap kamera, empat buah kertas kecil berwarna hijau ditempel yang dipasang membentuk persegi panjang. Posisi kertas ini kemudian dicari dengan menapis warna hijau dan hasilnya dilakukan perbaikan perspektif yang sebelumnya tidak akurat untuk diuji karena jarak kamera yang terlalu dekat seperti dilakukan dalam [17].

Pengujian dilakukan dengan dua kondisi pencahayaan dan dua kondisi air (Gambar 3). Kondisi pencahayaan pertama adalah kondisi terang, yaitu pada saat siang hari antara pukul 10:00 WIB hingga 14:00 WIB, sedangkan kondisi pencahayaan kedua adalah kondisi gelap dengan memanfaatkan cahaya lampu yang dilakukan di atas pukul 19:00 WIB. Pengujian kondisi air dilakukan semirip mungkin dengan kondisi nyata, yaitu menggunakan air jernih dan air keruh. Air jernih diperoleh dari air biasa, sedangkan air keruh diperoleh dengan memberikan warna keruh pada air jernih.

Pengujian juga dilakukan menggunakan dua buah latar belakang agar hasil pengujian dapat mendekati kondisi nyata selayaknya pengukuran di sungai langsung. Latar belakang ditempelkan bersebelahan sehingga dalam sekali pengujian langsung mendapatkan dua hasil. Foto latar belakang ini berupa tembok batu dan tembok semen seperti ditunjukkan dalam purwarupa pada Gambar 1.

Nilai yang diperoleh dalam pengujian adalah ketinggian air sebenarnya yang didapatkan secara manual dengan penglihatan mata, ketinggian air yang didapatkan oleh sistem, dan nilai kesalahan dari sistem terhadap nilai ketinggian air sebenarnya. Seluruh nilai pengukuran ini menggunakan satuan milimeter. Dari seluruh pengujian, nilai RMSE akan dihitung



Gambar 3. Skenario pengujian

berdasarkan seluruh nilai kesalahan pada setiap skenario dan akan dibandingkan hasilnya [18], [19].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data utama dilakukan dalam empat skenario, yaitu siang hari air jernih, malam hari air jernih, siang hari air keruh, dan malam hari air keruh.

Pengambilan dilakukan di dalam ruangan yang berdekatan langsung dengan jendela sehingga mendapatkan cahaya matahari secara langsung untuk siang hari, sedangkan untuk malam hari digunakan lampu berwarna kuning. Warna air menggunakan air sumur biasa untuk air jernih dan campuran air sumur dengan pewarna pakaian berwarna coklat kopi untuk air keruh dengan jumlah yang disesuaikan agar menyerupai warna air keruh sebenarnya.

Data yang diambil adalah tinggi air sebenarnya menggunakan pengamatan visual secara langsung dan tinggi pengukuran sistem diperoleh dari hasil keluaran sistem. Tingkat kesalahan dihitung berdasarkan data ini.. Pada penelitian ini, sistem juga diujicobakan pada kondisi-kondisi seperti luar ruangan bawah matahari, luar ruangan lampu mati, dan sungai nyata.

#### A. Skenario 1: siang hari, air jernih

Skenario pertama adalah pengambilan data siang hari dengan kondisi air jernih. Pengambilan data ini dilakukan pada siang hari pukul 13:30 WIB hingga 15:00 WIB tanggal 1 Februari 2021. Pengambilan dilakukan di dalam ruangan dengan memanfaatkan cahaya matahari yang berasal dari jendela. Perubahan kondisi terjadi karena perubahan cuaca saat pengambilan data dengan tingkat pencahayaan berkisar antara 600–900 lx.

Hasil pengambilan data skenario pertama ditunjukkan pada Gambar 4(a). Hasil tersebut menunjukkan bahwa tembok batu dapat menghasilkan nilai yang memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah. Pada saat pengambilan data, sistem terkadang salah mendeteksi antara garis air dan meniskus air yang menempel pada kaca. Meniskus ini termasuk dalam meniskus cekung di Banjir; Deteksi Tepi Sobel; Pengolahan Citra Digital; Pengukuran Tinggi Airmana air yang menempel pada dinding kaca lebih tinggi

daripada tinggi air sebenarnya. Kondisi siang hari dan air jernih membuat sistem salah mendeteksi garis air terlebih pada latar belakang dinding semen. Namun, kesalahan yang terjadi tidak terlalu signifikan sehingga deteksi tinggi air masih dapat berjalan dengan baik.

### B. Skenario 2: malam hari, air jernih

Skenario kedua adalah pengambilan data malam hari dengan kondisi air jernih. Pengambilan data ini dilakukan pada malam hari tanggal 31 Januari 2021 pukul 21:00 WIB hingga 23:00 WIB. Pengambilan dilakukan di dalam ruangan dengan memanfaatkan cahaya redup lampu berwarna kuning dengan tingkat pencahayaan antara 6–10 lx. Dalam pengambilan data, kondisi cahaya tidak mengalami perubahan secara signifikan.

Hasil pengambilan data skenario kedua ditunjukkan pada Gambar 4(b). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua latar belakang dapat menghasilkan nilai yang memiliki tingkat kesalahan yang kurang lebih sama. Peningkatan kesalahan terjadi seiring dengan bertambahnya tinggi air. Hal ini disebabkan oleh perbedaan sudut pada setiap ketinggian. Garis air yang tertangkap kamera merupakan garis air dari pantulan kaca. Pantulan ini disebabkan oleh ketebalan kaca akuarium yang membuat kamera seolah menangkap dua buah garis air dengan deteksi tepi pada garis air nyata kurang baik, sedangkan garis air pantulan terlihat lebih baik. Cahaya redup pada kondisi ini memiliki peran dalam mengurangi tingkat kejelasan pada garis air di semua kondisi latar belakang.

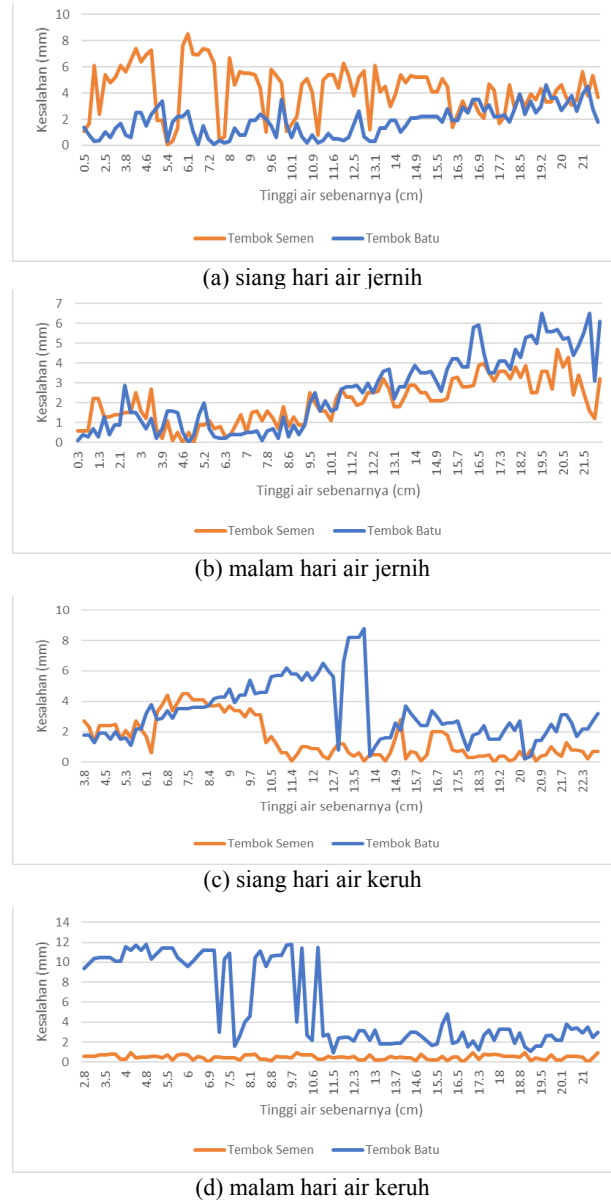
### C. Skenario 3: siang hari, air keruh

Skenario ketiga adalah pengambilan data siang hari dengan kondisi air keruh. Pengambilan data ini dilakukan pada siang hari 3 Februari 2021 pukul 13:30 WIB hingga 15:00 WIB. Pengambilan dilakukan di dalam ruangan dengan memanfaatkan cahaya matahari yang berasal dari jendela. Perubahan kondisi terjadi dikarenakan perubahan cuaca saat pengambilan data dengan tingkat pencahayaan berkisar antara 600–900 lx.

Hasil pengambilan data skenario ketiga ditunjukkan pada Gambar 4(c). Hasil tersebut menunjukkan bahwa tembok semen dapat menghasilkan nilai yang memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah. Sistem terkadang salah dalam menentukan posisi muka air pada tembok batu karena terdapat pantulan garis air yang disebabkan oleh ketebalan kaca akuarium seperti halnya pengambilan data sebelumnya. Warna air keruh membuat hasil garis air pada latar batu yang memiliki warna tidak terlalu signifikan gagal untuk dideteksi tepiannya dengan baik, sedangkan pantulan garis air yang memiliki ketebalan warna yang lebih signifikan terhadap latar belakang terdeteksi sebagai tepian.

### D. Skenario 4: malam hari, air keruh

Skenario keempat adalah pengambilan data malam hari dengan kondisi air keruh. Pengambilan data ini dilakukan pada malam hari 2 Februari 2021 pukul 21:00 wib hingga 23:00 wib. Pengambilan dilakukan di dalam



**Gambar 4.** Diagram hasil pengambilan data utama dari empat skenario

ruangan dengan memanfaatkan cahaya redup lampu berwarna kuning dengan tingkat pencahayaan antara 6–10 lx. Perubahan kondisi cahaya tidak terjadi secara signifikan.

Hasil pengambilan data skenario keempat ditunjukkan pada Gambar 4(d). Hasil tersebut menunjukkan bahwa tembok semen dapat menghasilkan nilai yang memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah. Sistem terkadang salah dalam menentukan posisi muka air pada tembok batu karena warna dari air dan latar tidak cukup signifikan dan kondisi cahaya yang kurang baik. Sistem menangkap pantulan air akibat ketebalan kaca akuarium yang terlihat lebih jelas dari pada garis air sebenarnya. Pada tembok batu, warna garis air sebenarnya memiliki struktur warna yang mirip dengan latar sehingga tidak dikenali oleh sistem. Sistem terkadang mendeteksi bayangan air sebagai

muka yang menghasilkan kesalahan yang cukup tinggi, yaitu di atas 10 mm.

Hasil penghitungan keempat skenario dinyatakan dalam **Tabel 1**. Penghitungan tinggi air yang memiliki performa terbaik ialah ketika malam hari dengan air keruh dan latar belakang tembok semen dengan nilai RSME 0,0535 cm, sedangkan performa terburuk ialah ketika kondisi yang sama dengan latar belakang tembok batu dengan nilai RSME 0,6986 cm. Performa terbaik didapatkan karena meniskus air tidak terlalu terlihat di malam hari dan juga warna keruh serta latar polos membuat sistem mudah menangkap garis air. Performa terburuk didapatkan karena garis air sebenarnya terlihat menyatu dengan latar yang disebabkan oleh cahaya yang kurang baik sehingga sistem mendeteksi pantulan garis air akibat ketebalan kaca akuarium yang terlihat lebih jelas.

Dari kondisi waktu di siang hari, sistem ini memiliki performa terburuk dengan nilai RSME maksimal 0,3747 cm saat kondisi air keruh dan latar belakang tembok batu. Hal yang menghambat adalah warna air keruh yang menyatu dengan latar belakang yang membuat sistem terkadang salah menentukan garis air. Di malam hari, sistem memiliki performa terburuk dengan nilai RSME maksimal 0,6986 saat kondisi air keruh dan latar belakang tembok batu.

Di kondisi air jernih, sistem ini memiliki performa terburuk dengan nilai RSME maksimal 0,4634 cm saat malam hari dan latar belakang tembok semen. Hal yang menghambat ialah warna air jernih yang menyatu dengan latar belakang yang membuat sistem terkadang salah menentukan garis air. Di kondisi air keruh, sistem memiliki performa terburuk dengan nilai RSME maksimal 0,6986 cm saat malam hari dan latar belakang tembok batu.

Secara kondisi latar belakang dengan tembok batu, sistem ini memiliki performa terburuk dengan nilai RSME maksimal 0,6986 cm saat malam hari dan kondisi air keruh. Untuk latar tembok semen, sistem memiliki performa terburuk dengan nilai RSME maksimal 0,4634 mm saat malam hari dan kondisi air jernih.

Hasil yang diperoleh tersebut tidak lebih baik daripada Gilmore dkk. [7] yang menggunakan air biasa dengan latar belakang berbentuk gambar pola dengan warna latar putih dan dilakukan pada siang dan malam. Beberapa faktor dapat mempengaruhi performa dari sistem yang ada pada penelitian ini. Pertama, purwarupa yang digunakan berukuran kecil dan kesalahan yang terjadi adalah pada bayangan air yang ketika purwarupa diperbesar, maka tidak terlalu mempengaruhi ukuran bayangan. Gilmore dkk. [7] melakukan pengukuran dengan jarak kamera hingga 6 meter. Kedua, purwarupa yang menggunakan bahan kaca dapat memantulkan cahaya sehingga dapat mengganggu penangkapan citra. Ketiga, pemasangan latar belakang di belakang kaca purwarupa membuat ada jarak antara air dan latar. Keempat, perbandingan yang dilakukan adalah dengan menggunakan mata manusia secara visual yang rentan terhadap kesalahan manusia, berbeda dengan Gilmore dkk. [7] yang membandingkan dengan sistem lain.

**Tabel 1.** Hasil perhitungan kesalahan ukur

Skenario	RMSE (cm)
Siang hari, air jernih, tembok batu	0,3115
Siang hari, air jernih, tembok semen	0,2288
Malam hari, air jernih, tembok batu	0,2121
Malam hari, air jernih, tembok semen	0,4634
Siang hari, air keruh, tembok batu	0,3747
Siang hari, air keruh, tembok semen	0,2021
Malam hari, air keruh, tembok batu	0,6986
Malam hari, air keruh, tembok semen	0,0535

**Tabel 2.** Hasil perhitungan di luar ruangan

Skenario	RMSE (cm)
Siang hari, air jernih, tembok batu	0,3248
Siang hari, air jernih, tembok semen	0,3345
Siang hari, air keruh tembok batu	0,1267
Siang hari, air keruh tembok semen	0,1145
Malam hari	-

## E. Pengujian di luar ruangan

Skenario pengujian juga dilakukan di luar ruangan pada siang dan malam hari. Pengumpulan data di luar ruangan di bawah sinar matahari dilakukan pada tanggal 10 Februari 2021 pukul 13:00 WIB hingga 14:00 WIB dengan tingkat pencahayaan antara 14.000–23.000 lx. Pengumpulan data di luar ruangan dengan kondisi lampu mati dilakukan pada tanggal 9 Februari 2021 pukul 21:00 WIB hingga 21:30 WIB dengan tingkat pencahayaan ialah 0 lx. Kamera tidak dapat menangkap citra dengan baik. Citra yang ditangkap hitam sehingga sistem tidak mampu memproses dan memberikan hasil dengan benar.

**Tabel 2** menunjukkan hasil pengujian di luar ruangan. Pada kondisi siang hari, sistem terlihat lebih mampu memberikan hasil yang lebih baik saat kondisi air keruh. Hal ini disebabkan cahaya matahari langsung yang berwarna putih membuat posisi air jernih kurang dapat diketahui oleh sistem dengan baik. Pada kondisi malam hari di luar ruangan dengan kondisi lampu mati, sistem tidak mampu untuk mengukur ketinggian air. Hal ini disebabkan keterbatasan kamera yang sangat membutuhkan cahaya dalam penggunaannya. Untuk mengatasi masalah tersebut, pada sistem dapat menggunakan IR kamera yang mampu menangkap citra pada kondisi tanpa cahaya.

## F. Pengujian pada sungai nyata

Pengujian sistem pada kondisi sungai nyata dilakukan dengan menggunakan data citra dari CCTV pada sungai Cikeas di daerah Cibinong, Bogor, Jawa Barat. Citra ini didapatkan dari Twitter Komunitas Peduli Sungai Cileungsi–Cikeas (KP2C)<sup>1</sup>. Perspektif yang digunakan dimulai dari ketinggian 200 cm hingga 500 cm.

<sup>1</sup>[https://twitter.com/kp2c\\_info](https://twitter.com/kp2c_info)

**Tabel 3.** Pengujian citra sungai Cikeas

Waktu Pengambilan Data	RMSE (cm)
2020-05-20 22:30:29	6
2020-05-17 22:52:42	2
2020-05-17 21:57:37	14
2020-03-27 21:57:39	0
2020-03-27 21:27:24	0

Pada uji coba terhadap citra sungai nyata, kajian ini menggunakan citra sungai Cikeas. Pengujian memberikan hasil yang cukup baik, seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Kesalahan yang didapatkan maksimal adalah 14 cm di mana pada citra ini jika dilihat secara langsung, sistem telah mengukur dengan tepat, sedangkan terjadi kesalahan pada pengukuran KP2C. Namun, sistem sudah cukup siap untuk diterapkan secara langsung pada kondisi nyata sehingga deteksi dini dapat dilakukan secara otomatis dengan memanfaatkan tembok sungai dalam [8]-[10]. Dari sisi berjalannya sistem, sistem pengukuran yang diusulkan ini memiliki kecepatan optimal yang cukup baik, yaitu 12 fps, sehingga apabila sistem ini diimplementasikan pada kondisi nyata dapat memberikan hasil yang lebih cepat didapatkan.

Perbedaan antara purwarupa dengan kondisi nyata adalah pada struktur tembok dan ukuran. Kesalahan pengukuran di bawah 10 cm tidak terlalu membahayakan untuk kondisi nyata dan terbukti ketika sistem dicoba untuk mengukur kondisi nyata sistem mampu mendapatkan kesalahan di bawah 10 cm. Struktur kaca yang memiliki permukaan datar, transparan, dan memiliki ketebalan menyebabkan pantulan cahaya dan terjadinya pembayangan pada sisi luar kaca. Hal ini dapat mengganggu pembacaan tepi oleh sistem. Pada kondisi nyata, dinding yang digunakan memiliki permukaan kasar sehingga pantulan cahaya akan dapat diredam. Namun, hal yang perlu diwaspadai adalah ketika air merembes ke dinding dan menyebabkan kesalahan pembacaan tepi oleh sistem. Hal ini memerlukan pertimbangan bahan yang digunakan sebagai objek yang ditangkap kamera sehingga dapat meminimalisir kesalahan yang terjadi.

#### IV. KESIMPULAN

Sistem pengukuran ketinggian air sungai menggunakan metode deteksi tepi Sobel berhasil diimplementasikan pada purwarupa dan memiliki nilai RMSE maksimal 0,6986 cm pada setiap skenario penelitian. Sistem dapat bekerja dengan baik menggunakan citra CCTV sungai Cikeas dengan RMSE maksimal 14 cm untuk kondisi malam hari. Sistem ini dapat berjalan pada 12 fps dan cukup siap untuk menjadi sistem pengukur tinggi air sungai yang berjalan secara real-time.

Sistem diharapkan dapat diimplementasikan pada sungai secara langsung. Sistem ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan berbasis *Internet of Things* (IoT) sehingga dapat dikendalikan dari jarak

jauh. Sistem dapat diubah baik secara algoritme maupun secara perangkat yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. N. Jonkman and I. Kelman, "An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths," *Disasters*, vol. 29, no. 1, pp. 75–97, 2005. doi: [10.1111/j.0361-3666.2005.00275.x](https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2005.00275.x)
- [2] M. E. Sulaiman et al., "Analisis penyebab banjir di kota Samarinda," *Jurnal Geografi Gea*, vol. 20, no. 1, pp. 39-43, 2020. doi: [10.17509/gea.v20i1.22021](https://doi.org/10.17509/gea.v20i1.22021)
- [3] D. R. Prabawadhani, B. Harsoyo, T. H. Seto, and B. R. Prayoga, "Karakteristik temporal dan spasial curah hujan penyebab banjir di wilayah DKI Jakarta dan sekitarnya," *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, vol. 17, no. 1, pp. 21-25, 2016. doi: [10.29122/jstmc.v17i1.957](https://doi.org/10.29122/jstmc.v17i1.957)
- [4] D. Satria, S. Yana, R. Munadi, and S. Syahreza, "Sistem peringatan dini banjir secara real-time berbasis web menggunakan Arduino dan ethernet," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 1, no. 1, pp. 1-6, 2017.
- [5] Y. M. Akbar, A. Musafa, and I. Riyanto, "Image processing-based flood detection for online flood early warning system," in *the 6th Indonesia-Japan Joint Scientific Symposium*, Yogyakarta, Indonesia, Oct. 2014, pp. 1-7. doi: [10.31227/osf.io/ayn2c](https://doi.org/10.31227/osf.io/ayn2c)
- [6] J. Kim, Y. Han, and H. Hahn, "Embedded implementation of image-based water-level measurement system," *IET Computer Vision*, vol. 5, no. 2, pp. 125-133, 2011. doi: [10.1049/iet-cvi.2009.0144](https://doi.org/10.1049/iet-cvi.2009.0144)
- [7] T. E. Gilmore, F. Birgand, and K. W. Chapman, "Source and magnitude of error in an inexpensive image-based water level measurement system," *Journal Hydrolic*, vol. 496, pp. 178–186, 2013. doi: [10.1016/j.jhydrol.2013.05.011](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.05.011)
- [8] A. Kurniawan, I. W. Mustika, and S. S. Kusumawardani, "Pengujian tracking color menggunakan ip webcam untuk deteksi ketinggian air," in *the Conference on Information Technology and Electrical Engineering*, Yogyakarta, Indonesia, Oct. 2014, pp. 1–6. doi: [10.13140/2.1.2542.5603](https://doi.org/10.13140/2.1.2542.5603)
- [9] R. Priantama, "Implementasi algoritme background subtraction untuk deteksi tinggi muka air (tma) pada aplikasi peringatan dini banjir bandang berbasis pengolahan citra," *Buffer Information*, vol. 5, no. 2, pp. 19–25, 2019. doi: [10.25134/buffer.v5i2.2184](https://doi.org/10.25134/buffer.v5i2.2184)
- [10] E. S. Ortigossa, F. Dias, J. Ueyama, and L. G. Nonato, "Using digital image processing to estimate the depth of urban streams," in *Conference on Graphics, Patterns and Images*, Salvador, Brazil, Aug. 2015, pp. 1-6. doi: [10.13140/RG.2.1.4331.4408](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4331.4408)
- [11] Y. U. Jaehyoung and H. Hernsoo, "Remote detection and monitoring of a water level using narrow band

- channel,” *Journal of Information Science and Engineering*, vol. 26, no. 1, pp. 71–82, 2010.
- [12] O. R. Vincent and O. Folorunso, “A descriptive algorithm for sobel image edge detection,” in *the Informing Science & IT Education Conference*, Macon, USA, Jun. 2009, pp. 97-107. doi: [10.28945/3351](https://doi.org/10.28945/3351)
- [13] W. Piao, Y. Yuan, and H. Lin, “A digital image denoising algorithm based on gaussian filtering and bilateral filtering,” in *International Conference on Wireless Communication and Sensor Network*, Wuhan, China, Dec. 2017, pp. 1-8. doi: [10.1051/itmconf/20181701006](https://doi.org/10.1051/itmconf/20181701006)
- [14] G. N. Chaple, R. D. Daruwala and M. S. Gofane, "Comparisons of Robert, Prewitt, Sobel operator based edge detection methods for real time uses on FPGA," in *the International Conference on Technologies for Sustainable Development*, Mumbai, India, Feb. 2015, pp. 1-4, doi: [10.1109/ICTSD.2015.7095920](https://doi.org/10.1109/ICTSD.2015.7095920)
- [15] H. Sakaino, "Camera-vision-based water level estimation," *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, no. 21, pp. 7564-7565, 2016. doi: [10.1109/JSEN.2016.2603524](https://doi.org/10.1109/JSEN.2016.2603524)
- [16] S. Paris, P. Kornprobst, J. Tumblin, and F. Durand. “Bilateral filtering: theory and applications.” *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*, vol. 4, no. 1, pp. 1–73, 2009. doi:[10.1561/06000000020](https://doi.org/10.1561/06000000020)
- [17] M. Manashti, M. Javad, and M. A. Azimi, “Water level measurement using image processing,” *The Second International Conference on Agriculture and Natural Resource*, Kermanshah, Iran, Dec. 2013, pp. 393–95. doi: [10.13140/2.1.3089.2320](https://doi.org/10.13140/2.1.3089.2320)
- [18] T. Chai, and R. R. Draxler. “Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? - Arguments against avoiding RMSE in the literature.” *Geoscientific Model Development*, vol. 7, no. 3, pp. 1247–50, 2014. doi: [10.5194/gmd-7-1247-2014](https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014)
- [19] O. Prabhune, P. Sabale, D. N. Sonawane, and C.L. Prabhune. “Image processing and matrices,” in *the International Conference on Data Management, Analytics and Innovation*, Pune, India, Feb. 2017, pp. 166–71. doi: [ICDMAI.2017.8073504](https://doi.org/ICDMAI.2017.8073504)



©2022. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).