

Implementasi Metode Background Subtraction Untuk Menghitung Objek Kendaraan dengan Video Berbasis OpenCV

Figio Hafidz Melvandino, Ar'rafi Akram, Wildan Yuda Bragaswara, Oktarina Heriyani

Abstract— The increasing number of vehicles raises new problems such as shortage of parking space, congestion, and increased risk of accidents. Background subtraction is a method that can be used to detect differences from vehicle objects with video. In this method there is a process to obtain the foreground image that is by comparing the current frame with the background model then the image will be at the thresholding. There are 3 stages in the application of the background subtraction method: Pre-processing, Background Modelling, and Foreground Detection. From the results of the study, it can be concluded that the background subtraction method used in this test managed to detect motion objects on vehicle video with a degree of precision (precision) of 75%, accuracy (recall) of 100%, and the degree of accurateness of 75%.

Keywords — Background Subtraction, OpenCV, Vehicle Objects, Traffic Counting.

Abstrak— Peningkatan jumlah kendaraan menimbulkan permasalahan baru seperti kekurangan lahan parkir, kemacetan, dan meningkatnya resiko kecelakaan. *Background subtraction* merupakan metode yang dapat difungsikan untuk mendeteksi perbedaan dari objek kendaraan dengan video. Pada metode ini terdapat Proses untuk mendapatkan citra foreground yaitu dengan membandingkan current frame dengan background model kemudian citra tersebut akan di thresholding. Ada 3 tahapan dalam penerapan metode background subtraction yaitu Pre-processing, Background Modelling, dan Foreground Detection. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa metode background subtraction yang digunakan dalam pengujian ini berhasil mendeteksi objek gerak pada video kendaraan dengan tingkat kepresisian (precision) sebesar 75%, keakuratan (recall) sebesar 100%, dan tingkat akurasi sebesar 75%.

Kata Kunci — Pengurangan Latar Belakang, OpenCV, Objek Kendaraan, Penghitungan Lalu Lintas.

DOI : <https://doi.org/10.22236/ate.v3i1.12253>
Vol. 3, No.1, 2023

I. PENDAHULUAN

Penggunaan kendaraan berkembang pesat saat ini, terutama di kota-kota dengan kesibukan yang tinggi, meningkatnya mobilitas masyarakat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi peningkatan jumlah kendaraan yang beredar. Menurut data dari Badan Pusat Statistik perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia dari tahun ke tahun semakin bertambah, data terakhir yang diterbitkan pada tahun 2021 menunjukkan jumlah kendaraan bermotor yang terdiri dari mobil penumpang, bis, mobil barang, dan sepeda motor mencapai 142 juta kendaraan.

Peningkatan jumlah kendaraan menimbulkan permasalahan baru seperti kekurangan lahan parkir, kemacetan, dan meningkatnya resiko kecelakaan [1]. Analisis kepadatan kendaraan di lokasi strategis seperti persimpangan jalan, tempat parkir umum, dan ruas jalan yang ramai dapat dilakukan dengan mengamati dan menghitung jumlah kendaraan setiap harinya. Proses pengamatan dan perhitungan kendaraan secara manual oleh manusia dalam jangka waktu lama dapat menimbulkan kesalahan perhitungan dikarenakan fokus manusia dapat berkurang apabila melakukan suatu hal dalam waktu yang lama. Dibutuhkan sistem yang dapat membantu untuk mengawasi dan menghitung kendaraan secara otomatis pada video yang diambil dari kamera CCTV.

Sistem pengenalan sekaligus menghitung kendaraan secara otomatis merupakan tantangan dalam bidang pengolahan citra. Seiring dengan perkembangan teknologi Computer Vision muncul metode-metode baru yang dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi objek pada video seperti Metode Background Subtraction yang mendeteksi objek dengan cara memisahkan objek bergerak dari latar belakang statis [3].

Penelitian terkait sistem hitung kendaraan pernah dilakukan dengan memanfaatkan Metode Haar like features [4], proses training dilakukan menggunakan citra objek mobil dan citra negatif yaitu citra yang tidak terdapat mobil di dalamnya seperti jalan tanpa mobil, pepohonan dan tiang lampu

penerangan jalan. Objek kendaraan yang terdeteksi saat proses pengenalan ditandai dengan persegi di sekitar objek [2]. Penelitian lain melakukan klasifikasi kendaraan dengan mengekstraksi dua fitur yaitu panjang kendaraan dalam gambar spasial waktu yang sesuai dan korelasi yang dihitung dari matriks tingkat keabuan dari gambar kendaraan di dalam bounding box. Klasifikasi kendaraan dibagi menjadi tiga kategori yaitu kendaraan kecil (mobil), kendaraan sedang (van) dan kendaraan besar (bus dan truk) [3].

Penelitian ini menawarkan sistem yang dapat menghitung jumlah kendaraan berdasarkan jenis secara otomatis menggunakan Metode Background Subtraction. Klasifikasi kendaraan dibagi menjadi 3 yaitu sepeda motor, mobil, dan bus. Hasil perhitungan dapat digunakan sebagai data analisis untuk memperkirakan perluasan jalan, penambahan area parkir, dan rekayasa lalu lintas

Berdasarkan penelitian terdahulu, implementasi background subtraction dinilai berguna untuk mendeteksi pergerakan objek dalam sistem monitoring sebab menghasilkan akurasi yang dinilai besar.

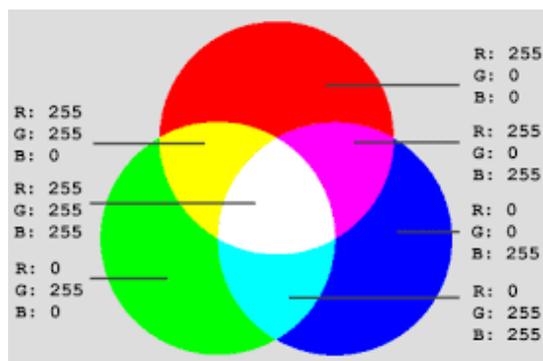
II. LANDASAN TEORI

A. Pengolahan Citra

Pengolahan Citra adalah proses yang melibatkan manipulasi piksel-piksel dalam citra digital dengan tujuan tertentu. Awalnya, pengolahan citra dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra, tetapi dengan perkembangan komputasi yang ditandai dengan peningkatan kapasitas dan kecepatan komputer serta kemunculan ilmu komputasi yang memungkinkan manusia untuk mengambil informasi dari citra.

B. Citra RGB

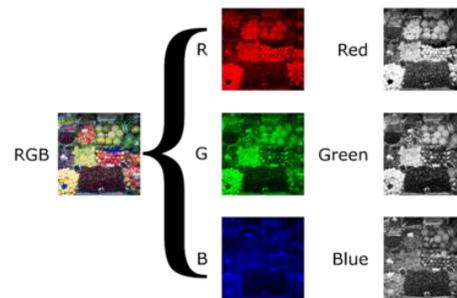
Citra RGB merupakan citra yang memiliki 3 komponen warna pada setiap pixelnya yaitu R (Red/Merah), G (Green/Hijau), dan B (Blue/Biru). Pada setiap komponen warnanya menggunakan 8 bit (bernilai dari 0 sampai dengan 255) [1]. Hal ini dapat memberikan kemungkinan total warna hingga $255 \times 255 \times 255$ atau 16.581.375 warna [14]. Representasi citra RGB dapat dilihat pada Gambar 4 [14].



Gambar 1. Citra RGB

C. Citra Grayscale

Citra grayscale, juga dikenal sebagai citra keabuan, adalah jenis citra di mana setiap pikselnya mewakili tingkat keabuan dengan rentang nilai antara 0 (hitam) hingga 255 (putih) [4]. Setiap nilai dalam rentang 0 hingga 255 memiliki arti bahwa setiap piksel direpresentasikan dalam format 8-bit atau 1 byte. Citra grayscale menampilkan warna abu-abu, di mana warna putih memiliki intensitas yang lebih kuat daripada warna hitam. Untuk mendapatkan citra grayscale, dapat dilakukan dengan mengkonversi citra RGB menjadi citra grayscale [5]. Contoh hasil konversi dari citra RGB menjadi citra grayscale dapat dilihat pada Gambar 5 [6]. Persamaan yang digunakan untuk mengubah nilai RGB menjadi citra grayscale dapat ditemukan pada Persamaan 1.



Gambar 2. Citra Grayscale

$$\text{Grayscale} = 0.299R + 0.5870G + 0.1140B \quad (1)$$

Keterangan:

R = nilai piksel merah

G = nilai piksel hijau

B = nilai piksel biru

D. Traffic Counting

Traffic Counting adalah sebuah survei yang dilakukan untuk menghitung jumlah volume kendaraan dalam suatu periode waktu tertentu di sepanjang jalan. Volume lalu lintas merujuk pada jumlah kendaraan yang melewati titik atau garis tertentu pada suatu penampang jalan [7]. Tujuan dari Traffic Counting adalah mengumpulkan data lalu lintas, memahami karakteristik lalu lintas, mengetahui komposisi kendaraan, dan mengukur kinerja lalu lintas di suatu ruas jalan [7]. Dengan mengetahui volume kendaraan di jalan tertentu, kita dapat mengumpulkan informasi yang berguna untuk mengukur kinerja jalan, merancang jalan, serta menerapkan kebijakan dalam manajemen dan rekayasa lalu lintas. Gambar 2 [8] menunjukkan representasi dari traffic counting. Ketika suatu objek melewati ambang nilai yang ditentukan, objek tersebut akan diubah menjadi nilai 1 (putih) dan dianggap sebagai foreground (objek bergerak). Sedangkan jika hasil pengurangan kurang dari atau sama dengan ambang nilai, objek akan diubah menjadi nilai 0 (hitam) dan dianggap sebagai background [1].

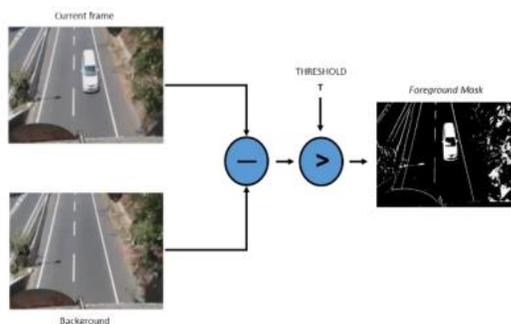
E. OpenCV

OpenCV (*Open Source Computer Vision*) adalah sebuah perpustakaan (library) yang berisi fungsi-fungsi pemrograman untuk pengolahan citra komputer. *Computer Vision* sendiri merupakan salah satu cabang ilmu dalam bidang pengolahan citra yang memungkinkan komputer untuk melihat dunia seperti manusia, dengan kemampuan tersebut *Computer Vision* dapat digunakan untuk berbagai tujuan yang lebih luas, seperti pengenalan wajah dan pelacakan objek [3].

F. Background Subtraction

Background subtraction adalah proses memisahkan objek latar depan dari latar belakang dalam sequence video frame. Banyak metode yang ada untuk background subtraction, masing-masing mempunyai kekuatan dan kelemahan yang berbeda dalam hal kinerja dan perhitungan komputasi [9].

Background subtraction merupakan metode yang dapat difungsikan untuk mendeteksi perbedaan dari frame video dengan frame referensi [7], dengan tujuan untuk memisahkan antara objek (yang bergerak) dengan background sehingga terdeteksi obyek tersebut [5] Pada penelitian ini digunakan tahapan implementasi metode background subtraction sebagai berikut: [10]



Gambar 3. Background Subtraction

Proses untuk mendapatkan citra foreground yaitu dengan membandingkan current frame dengan background model kemudian citra tersebut akan di thresholding [11] Ada 3 tahapan dalam penerapan metode background subtraction yaitu :

- Pre-processing

Pada tahap ini citra yang telah di akuisisi sebelumnya kemudian di proses secara sederhana seperti konversi format, perubahan ukuran gambar dan lain-lain.

- Background Modelling

Pada tahap ini bertujuan untuk menentukan citra background yang statis yang kemudian nantinya akan di bandingkan dengan citra foreground.

- Foreground Detection

Pada tahap ini bertujuan untuk menentukan citra foreground yang akan deteksi dengan cara mengekstraksi citra foreground dari background.

G. Confusion Matrix

Confusion Matrix adalah salah satu metode yang umum digunakan untuk mengukur akurasi pada objek counting vehicle. Confusion Matrix terdiri dari empat istilah yang menggambarkan hasil prediksi sistem, yaitu :

1. True Positive (TP): Jumlah kendaraan positif yang diprediksi benar oleh sistem.
2. True Negative (TN): Jumlah kendaraan negatif yang diprediksi benar oleh sistem.
3. False Positive (FP): Jumlah kendaraan negatif yang salah diprediksi sebagai kendaraan positif oleh sistem.
4. False Negative (FN): Jumlah kendaraan positif yang salah diprediksi sebagai kendaraan negative oleh sistem.

Dengan menggunakan nilai-nilai di atas, beberapa metrik akurasi yang dapat dihitung dari Confusion Matrix adalah:

1. *Accuracy* : Akurasi mengukur sejauh mana sistem mampu mengklasifikasikan kendaraan dengan benar dari total jumlah kendaraan. Akurasi memberikan informasi tentang persentase jumlah kendaraan yang terklasifikasikan dengan benar dari total kendaraan. Akurasi dihitung dengan rumus :

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2)$$

Keterangan:

TP = True Positive, TN = True Negative
FP = False Positive, FN = False Negative

2. *Precision* : *Precision* mengukur sejauh mana sistem mampu mengklasifikasikan kendaraan positif dengan benar. Precision memberikan informasi tentang persentase jumlah kendaraan positif yang terklasifikasikan dengan benar dari total kendaraan yang diklasifikasikan sebagai positif. Precision dihitung dengan rumus :

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

Keterangan :

TP = True Positive
FP = False Positive

3. *Recall (Sensitivity)*: *Recall* mengukur sejauh mana sistem mampu mendeteksi kendaraan positif secara keseluruhan. *Recall* memberikan informasi tentang persentase jumlah kendaraan positif yang terdeteksi dengan benar dari total jumlah kendaraan positif yang sebenarnya. Recall dihitung dengan rumus :

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

Keterangan:

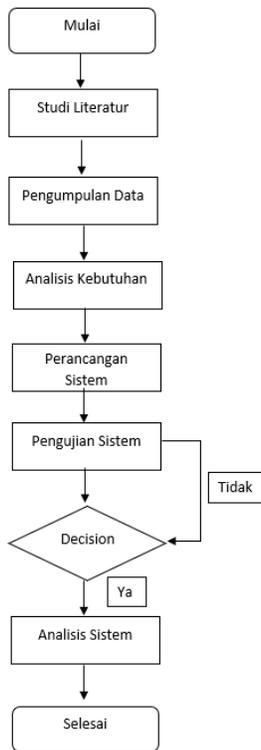
TP = True Positive
FN = False Negative

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah serangkaian langkah dan prosedur yang digunakan dalam suatu studi atau penelitian untuk merencanakan, melaksanakan, dan menganalisis data dengan tujuan memperoleh pengetahuan yang sistematis dan obyektif. Metodologi penelitian memberikan kerangka kerja yang terstruktur bagi peneliti untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data secara efektif.

A. Diagram Alur Penelitian

Berikut ini adalah diagram alur perancangan pada penelitian ini, yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alur Penelitian

Pada tahap awal, dilakukan kajian pustaka dengan memeriksa beberapa sumber dan jurnal yang terkait dengan penelitian ini. Selanjutnya, data video dikumpulkan untuk diuji dalam penelitian ini, dengan mengambil video dari situs web atau beberapa sumber YouTube. Dilakukan analisis kebutuhan untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini. Setelah itu, dilakukan perancangan sistem deteksi, dan kemudian dilakukan pengujian dalam penelitian ini. Jika sistem mampu mendeteksi dan menghitung objek kendaraan dalam video, maka dilakukan analisis pada sistem untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik. Namun, jika sistem tidak mampu mendeteksi dan menghitung objek kendaraan dalam video, maka akan dilakukan pengujian ulang.

B. Kebutuhan Perancangan Sistem

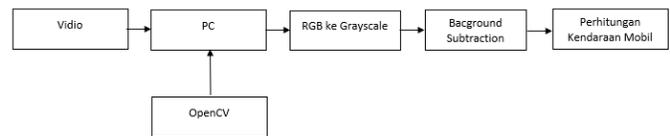
Program yang dirancang membutuhkan beberapa peralatan pendukung yang terdiri dari perangkat hardware dan software.

TABEL 1
KEBUTUHAN PERANCANGAN SISTEM

Perangkat Keras (Hardware)	Perangkat Lunak (Software)
Intel(R) Core(TM) i3-10110U CPU @ 2.10GHz	Python 3.10
RAM 12 GB, DDR4	OpenCV 4.7.0
Nvidia GeForce MX130 2GB GDDR5	PyCharm 2022.3.1

C. Blok Diagram Sistem

Diagram blok ini adalah gambaran dasar mengenai sistem yang akan dirancang. Tiap bagian blok sistem memiliki fungsi masing-masing. Adapun blok diagram yang akan dirancang yaitu seperti pada Gambar 6.

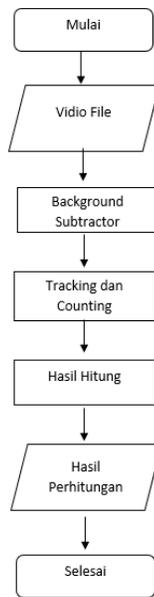


Gambar 6. Blok Diagram Sistem

Saat sistem pertama kali berjalan, video ini digunakan sebagai input yang akan diproses melalui coding di PC yang telah diinstal OpenCV. Setelah itu, video akan diubah dari RGB ke Grayscale untuk memudahkan sistem dalam memproses dan mengenali objek yang bergerak dan tidak bergerak. Langkah berikutnya adalah pengurangan latar belakang (*background subtraction*) agar sistem dapat membedakan antara objek dan latar belakang. Hasil output berupa video yang akan menampilkan hasil perhitungan pada objek kendaraan yang terdapat dalam video tersebut.

D. Diagram Alir Sistem

Penelitian ini menerapkan beberapa proses yang dilakukan untuk menghasilkan output yang diinginkan.



Gambar 7. Diagram Alir Sistem

Proses dalam penelitian ini direpresentasikan dalam bentuk diagram alir yang terdapat pada Gambar 7. Proses video akan melewati tahap background subtraction, diikuti oleh tahap tracking dan counting. Setelah itu, sistem akan melakukan perhitungan hasilnya dan dilakukan pengecekan ulang secara manual untuk memastikan keakuratan perhitungannya.

E. Implementasi Background Subtraction

Pada tahap ini, citra akan diubah menjadi tampilan keabuan. Tujuannya adalah untuk memperoleh citra yang memungkinkan sistem mendeteksi mobil dengan akurat.

Karena dalam proses ini, citra dengan nilai piksel 1 dianggap sebagai *foreground* (objek bergerak). Sementara jika hasil pengurangan kurang dari atau sama dengan nilai ambang, citra akan dikonversi menjadi citra dengan nilai piksel 0 yang dianggap sebagai background [12]. Anda dapat melihat hasil dari proses pengurangan latar belakang pada Gambar 8.



(a)



(b)

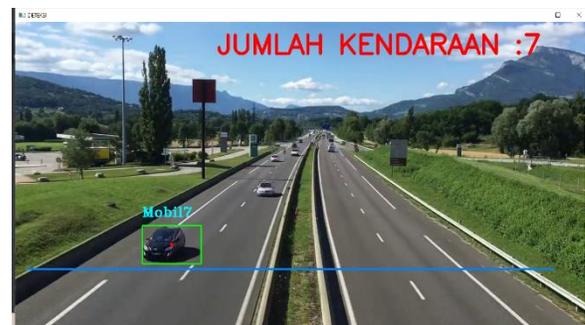


(c)

Gambar 8. Hasil run Background Subtraction, (a). Vidio pengujian pertama, (b). Vido pengujian Kedua, (c) Vidio pengujian ketiga.

F. Pengujian

Selama tahap pengujian, sistem akan dijalankan langsung melalui kode di komputer dan diuji menggunakan algoritma Background Subtraction. Pengujian dilakukan dengan memeriksa apakah input dan output sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 9. Hasil Pengujian

Untuk menguji algoritma *Background Subtraction*, dilakukan perbandingan antara perhitungan yang dilakukan oleh sistem dengan data pengamatan manual. Seperti pada Gambar 9 merupakan contoh dari hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini tampak mobil terdeteksi dan terhitung oleh sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perhitungan Objek Kendaraan

Pada pengujian sistem, dilakukan evaluasi langsung menggunakan data video. Terdapat total 8 data video yang digunakan dalam pengujian tersebut. Dalam pengujian video, terdapat 2 jenis perhitungan yang digunakan, yaitu perhitungan manual dan perhitungan sistem. Setiap kondisi video memiliki data video dengan durasi waktu 1 menit dan 2 menit. Hasil dari pengujian tersebut dapat ditemukan pada Tabel 2.

TABEL 2
HASIL PERHITUNGAN OBJEK KENDARAAN

No	Data Uji	Perhitungan Manual	Perhitungan Sistem	Waktu Deteksi (Menit)
1	Video 1	93	100	1
2	Video 2	64	101	2
3	Video 3	14	32	1
4	Video 4	23	39	1
5	Video 5	76	121	2
6	Video 6	100	114	2
7	Video 7	97	109	2
8	Video 8	125	112	2

B. Hasil Akurasi Video

Data ini merupakan hasil pengukuran dari akurasi sistem deteksi objek dalam menghitung kendaraan lewat vidio, nilai ini merupakan hasil perhitungan dari *precision*, *recall* dan akurasi dengan menggunakan rumus *confusion matrix*. Berikut ini adalah hasil pengujiannya yang terdapat di Tabel 3.

TABEL 3
HASIL AKURASI VIDEO

No	Data Uji	TP	FP	FN	TN	Precision (%)	Recall (%)	Accuracy (%)
1	Video 1	✓						
2	Video 2		✓					
3	Video 3	✓						
4	Video 4	✓						
5	Video 5		✓			75%	100%	75%
6	Video 6	✓						
7	Video 7	✓						
8	Video 8	✓						
Jumlah		6	2	0	0			

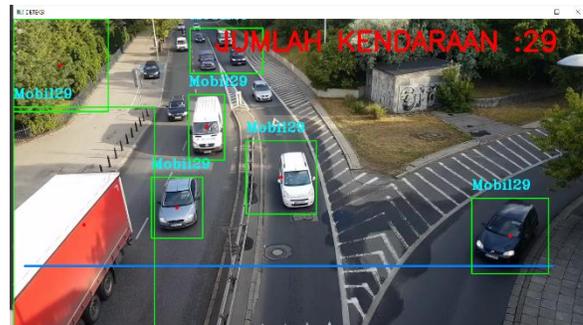
Pada tabel hasil penelitian diatas dapat di jelaskan dari 8 data uji yang diperoleh diatas dapat di simpulkan bahwasanya ada 6 video yang mendapatkan nilai TP (*True Positive*) yaitu data yang berjalan sesuai dengan sistem yaitu untuk deteksi gerak kendaraan, data uji pada sample video nomor 2 dan 5 didapatkan FP (*False Positive*) yaitu video pada nomor 2 dan 5 dapat berjalan tetapi mendeteksi gerakan lain juga dikarenakan posisi cara pengambilan video tersebut. Sehingga menghasilkan representasi nilai akurasi dalam penelitian ini

yaitu 6 TP (*True Positive*) dan 2 FP (*False Positive*) dari tingkat pengukuran yang dilakukan menggunakan proses pengukuran *Precision*, *Recall* and *Accuracy*.

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa metode background subtraction pada pengujian ini berhasil dalam mendeteksi objek gerak pada video dengan tingkat *Precision* yang tinggi yaitu 75%, *Recall* 100%, dan tingkat akurasi sebesar 75% dan dapat dikategorikan berhasil dalam mendeteksi objek gerak pada video kendaraan. Persentase keberhasilan dikategorikan berhasil jika nilai akurasi mencapai nilai 70% keatas, dan dalam penelitian ini persentase keseluruhan yang didapat dari 8 percobaan yaitu mencapai 83%.

C. Analisis dan Pembahasan

Dalam analisis eksperimen tersebut, kita dapat menyimpulkan bahwa tingkat akurasi dan keberhasilan percobaan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang berperan adalah posisi pengambilan video. Faktor ini mempengaruhi hasil pengujian perhitungan objek kendaraan, sehingga memengaruhi kualitas pemrosesan citra dari video yang diambil, seperti yang terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Contoh Video Pengujian

Faktor berikutnya adalah karena pengolahan Grayscale yang kurang optimal dalam mengurangi perbedaan antara objek dan latar belakang, sehingga sistem menjadi tidak akurat dalam mendeteksi objek dan latar belakang. Hal ini menjadi penyebab utama mengapa kinerja sistem dalam mendeteksi objek memiliki pengaruh positif dan negatif, seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Contoh Pengolahan Grayscale

V. KESIMPULAN

Penggunaan metode *Background Subtraction* dalam menghitung objek kendaraan menggunakan video berbasis OpenCV memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan metode ini terletak pada kemampuannya dalam memisahkan objek dari latar belakang dan menghasilkan citra biner yang menyoroti objek tersebut. Metode *Background Subtraction* dapat digunakan dalam berbagai aplikasi penghitungan objek kendaraan, seperti pemantauan lalu lintas jalan raya, parkir, atau area publik lainnya. Metode ini membantu mengidentifikasi dan menghitung jumlah kendaraan yang melewati area yang diamati. Namun, penelitian ini juga menghadapi beberapa tantangan dan perlu ditingkatkan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi dan performa deteksi objek kendaraan. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa metode *background subtraction* yang digunakan dalam pengujian ini berhasil mendeteksi objek gerak pada video kendaraan dengan tingkat kepresisian (*precision*) sebesar 75%, keakuratan (*recall*) sebesar 100%, dan tingkat akurasi sebesar 75%. Keberhasilan dalam mendeteksi objek gerak pada video kendaraan dapat dikategorikan jika nilai akurasi mencapai 70% atau lebih. Dalam penelitian ini, persentase keberhasilan secara keseluruhan dari 8 percobaan mencapai 83%.

REFERENCES

- [1] I. Ruslianto and U. Ristian, "IMPLEMENTASI PERHITUNGAN KENDARAAN MOBIL DI JALAN RAYA MENGGUNAKAN METODE BACKGROUND SUBTRACTION DAN TEKNIK MORFOLOGI CITRA," vol. 09, no. 03, 2021.
- [2] K. Umam and B. S. Negara, "Deteksi Obyek Manusia Pada Basis Data Video Menggunakan Metode Background Subtraction Dan Operasi Morfologi," *J. CoreIT J. Has. Penelit. Ilmu Komput. Dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, p. 31, Dec. 2016, doi: 10.24014/coreit.v2i2.2391.
- [3] L. A. Kurniawan, I. P. A. Bayupati, and K. S. Wibawa, "Sistem Hitung Kendaraan Berdasarkan Jenis Menggunakan Metode Background Subtraction," vol. 1, no. 2, 2020.
- [4] Y. Apriadiansyah and J. R. Gumiri, "Penerapan Metode Background Subtraction Untuk Deteksi Gerak Pada Kendaraan," *JUKOMIKA J. Ilmu Komput. Dan Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 47–56, Jun. 2021, doi: 10.54650/jukomika.v4i1.355.
- [5] B. C. Putra and Y. N. Afifah, "GAUSSIAN MIXTURE MODEL UNTUK PENGHITUNGAN TINGKAT KEBERSIHAN SUNGAI BERBASIS PENGOLAHAN CITRA," *Tek. Eng. Sains J.*, vol. 2, no. 1, p. 53, Jun. 2018, doi: 10.51804/tesj.v2i1.231.53-58.
- [6] M. Y. Fadhlan, U. B. Hanafi, and M. R. Aulia, "Implementasi algoritma pendeteksi tingkat kepadatan lalu lintas menggunakan metode background subtraction," *JITEL J. Ilm. Telekomun. Elektron. Dan List. Tenaga*, vol. 1, no. 1, pp. 59–68, Mar. 2021, doi: 10.35313/jitel.v1.i1.2021.59-68.
- [7] C. Prabowo and Z. Zurnawita, "Penerapan Metode Background Subtraction dengan Menggunakan Kandidat Sampling Background untuk Deteksi Kemacetan," *J. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 6, p. 731, Nov. 2018, doi: 10.25126/jtiik.2018561155.
- [8] E. A. Pambudi, A. Y. Badarudin, and D. K. Hakim, "Analysis Thresholding Sauvola pada Background Subtraction untuk Deteksi Objek Bergerak," *J. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 300–304, Sep. 2019, doi: 10.31311/ji.v6i2.6164.
- [9] "Tracking Moving Object Menggunakan Background Subtraction dan Template Matching," *J. Ilm. Komputasi*, vol. 22, no. 1, Mar. 2023, doi: 10.32409/jikstik.22.1.3337.
- [10] D. Saptoadi, F. Fauziah, and N. Hayati, "Implementasi Metode Background Subtraction dan Morfologi untuk Mendeteksi Objek Bergerak Pada Video," *STRING Satuan Tulisan Ris. Dan Inov. Teknol.*, vol. 5, no. 2, p. 222, Dec. 2020, doi: 10.30998/string.v5i2.7743.
- [11] R. Herteno, M. R. Faisal, R. A. Nugroho, F. Abadi, and R. Ramadhani, "OBJECT COUNTING PADA DATA VIDEO," *KLIK - Kumpul. J. ILMU Komput.*, vol. 7, no. 1, p. 92, Mar. 2020, doi: 10.20527/klk.v7i1.307.
- [12] D. Y. Setiawan, H. Fitriyah, and I. Arwani, "Sistem Penghitung Jumlah Orang Melewati Pintu Menggunakan Metode Background Subtraction Berbasis Raspberry Pi".

Figgo Hafidz Melvandino

Figgo Hafidz Melvandino berasal dari Progam Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, angkatan 2019. Bidang penelitian yang sedang diteliti yaitu Pemograman Embedded Sytem Mikrokontroler Berbasis IoT dan Sistem Konfigurasi Jaringan dengan Cisco, Mikrotik, dan TPLINK. (telephone: + 62 878 – 8043 –3123; e-mail: figgo.hafidz.fh5@gmail.com).

Ar'rafi Akram

Ar'rafi Akram berasal dari Progam Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, angkatan 2019. Bidang penelitian yang sedang diteliti yaitu Machine Learning, Citra Digital, Embedded System dan IoT. (telephone: + 62 851 – 5626 –8743; e-mail: rafiakram54@gmail.com).

Wildan Yuda Bragaswara

Wildan Yuda Bragaswara berasal dari Progam Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, angkatan 2019. Bidang penelitian yang sedang diteliti yaitu Pemograman Embedded Sytem Mikrokontroler Berbasis IoT dan Sistem Konfigurasi Jaringan dengan Cisco, Mikrotik, dan TPLINK. (telephone: + 62 812 – 1196 –6467; e-mail: wildanyuda999@gmail.com).

Oktarina Heriyani

Oktarina Heriyani adalah Dosen pada Fakultas Teknologi Industri dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka. (telephone: +62 816 – 610 – 785 ; e-mail: oktarina@uhamka.ac.id).