

IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING DAN OTOMATISASI PERHITUNGAN KAPASITAS PARKIR MOBIL MENGGUNAKAN METODE BACKGROUND SUBTRACTION

Muhammad Diaz Ellyas Fenca Putra, Mohammad Dwiky Riza Ardana,
Ahnaf, Marzuki Akmal, Sholihah Ayu Wulandari

Teknik Informatika, Politeknik Negeri Jember PSDKU Sidoarjo
Jalan Kutuk Barat gg. Sekolahan No 1 Sidokare, Sidoarjo – Jawa Timur
ellfenca@gmail.com

ABSTRAK

Pertumbuhan jumlah kendaraan di daerah perkotaan menuntut adanya peningkatan dalam pengelolaan parkir, terutama di lokasi-lokasi strategis seperti pusat perbelanjaan, stasiun, dan tempat wisata. Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem pemantauan dan otomatisasi untuk menghitung kapasitas parkir mobil dengan memanfaatkan metode *background subtraction* berbasis citra vision yang diimplementasikan menggunakan OpenCV dan NumPy pada Raspberry Pi 4. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi kendaraan yang masuk ke area parkir dan menghitung kapasitas yang tersedia secara *real-time*, dengan informasi tersebut ditampilkan pada layar. Tujuan dari pengembangan sistem ini adalah untuk mengoptimalkan penggunaan ruang parkir yang ada, meningkatkan efektivitas pengelolaan parkir, serta memberikan pelayanan yang lebih baik kepada pengunjung. Selain itu, sistem ini juga berkontribusi pada aspek keamanan dengan menyediakan rekaman visual yang detail untuk identifikasi kendaraan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi kendaraan dengan akurasi 100% dalam pengujian *real-time* baik melalui PC maupun Raspberry Pi, tetapi Raspberry Pi memiliki *frame rate* yang lebih rendah daripada PC. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sistem dapat menampilkan informasi tentang kapasitas parkir melalui LCD, yang membantu pengelola dan pengguna mencari tempat parkir yang tersedia.

Kata kunci : Sistem Parkir, OpenCV, NumPy, Background Substraction, Deteksi Kendaraan

1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya kawasan perkotaan, jumlah kendaraan terus bertambah karena meningkatnya kebutuhan masyarakat akan mobilitas. Menurut data BPS 2022, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia kini mencapai 155 juta unit, naik 4% dibanding tahun lalu [1].

Di kota besar seperti Jakarta, kekurangan lahan parkir bahkan mencapai 20% dari kapasitas yang tersedia. Masalah ini sering terlihat di pusat perbelanjaan, stasiun, dan tempat wisata, di mana pengelolaan parkir kerap menjadi tantangan. Keterbatasan lahan dan manajemen yang kurang efektif sering membuat pengunjung kesulitan menemukan tempat parkir [2].

Banyak orang harus berputar-putar di area parkir tanpa hasil, yang akhirnya hanya membuang waktu dan membuat frustrasi. Kondisi seperti ini juga bisa meninggalkan kesan buruk pada lokasi tersebut di mata pengunjung.

Untuk mengatasi masalah ini, berbagai penelitian mulai mengkaji teknologi yang dapat mendukung pengelolaan parkir, salah satunya dengan memanfaatkan metode *background subtraction*. Metode ini telah digunakan dalam berbagai aplikasi untuk mendeteksi objek bergerak, seperti yang dibahas dalam penelitian “A Method for Detection of Small Moving Objects in UAV Videos” oleh Vladan Stojnic. Pada penelitian tersebut, *background subtraction* diartikan sebagai prosedur yang menekankan objek

bergerak dalam setiap *frame* dengan cara mengurangi rata-rata piksel yang diperkirakan dari setiap *frame* dan membaginya dengan deviasi standar piksel yang diperkirakan [3].

Teknik ini memungkinkan deteksi objek yang lebih akurat dengan meningkatkan nilai piksel untuk objek bergerak dibandingkan latar belakang, sehingga relevan untuk digunakan dalam sistem manajemen parkir.

Berdasarkan masalah yang telah dijabarkan, diperlukan solusi untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan parkir, salah satunya melalui penerapan sistem pemantauan kapasitas parkir. Dengan menggunakan teknologi citra *vision* yang dioperasikan melalui OpenCV dan diimplementasikan pada Raspberry Pi 4, sistem ini dirancang untuk mendeteksi kendaraan yang keluar dan masuk ke area parkir serta menghitung kapasitas yang tersedia. Informasi ini akan ditampilkan secara *real-time* melalui LCD Display, sehingga memberikan kemudahan bagi pengunjung dan pengelola dalam mencari dan mengelola ruang parkir.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kajian pustaka atau tinjauan pustaka bertujuan untuk memberi gambaran kepada pembaca mengenai hasil-hasil penelitian sebelumnya yang memiliki hubungan erat dengan penelitian yang sedang dikerjakan [4].

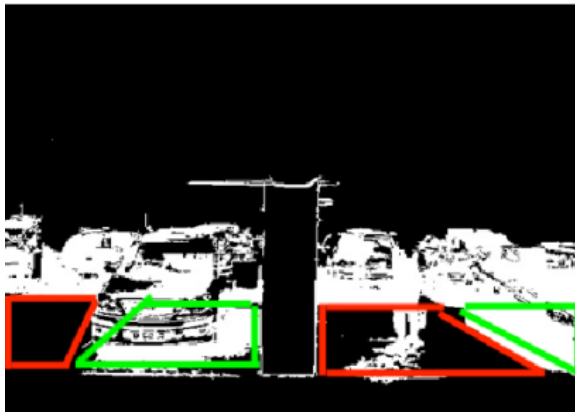
2.1. Background Subtraction

Background subtraction merupakan metode yang umum digunakan untuk menemukan objek bergerak pada video yang diambil dari kamera. Teknik ini dilakukan dengan cara memeriksa perbedaan antara video saat ini dan gambar yang dibandingkan, dengan asumsi bahwa objek bergerak memiliki warna yang berbeda dengan warna latar belakang [5].

Contoh penerapan *background subtraction* pada halaman parkir dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Citra pada kamera pengawas



Gambar 2. Citra background subtraction

Dari kedua gambar tersebut terlihat bahwa hanya dua dari empat zona yang memiliki piksel berwarna putih lebih dari separuh area (ditandai dengan warna hijau), Sedangkan zona yang diberi warna merah dinyatakan kosong.

Cara kerja *background subtraction* yaitu dengan membandingkan setiap piksel dalam suatu *frame* citra dengan menggunakan model latar belakang yang telah diinisialisasi. Dengan inisialisasi model *background* dan pengurangan nilai piksel, teknik ini dapat mendeteksi gerakan atau perubahan dalam citra atau video.

Background Subtraction adalah metode yang memiliki keunggulan dalam membedakan objek dan latar belakang khususnya pada citra bergerak dan dapat mempertahankan objek bergerak serta dapat menganalisa penghitungan luas piksel dengan baik [6].

2.2. OpenCV

OpenCV merupakan library open source dari python yang dikhususkan untuk pengolahan citra dan berfokus pada aplikasi *real-time*. Tujuannya adalah agar komputer dapat melakukan pengolahan visual seperti manusia. Selain memiliki fungsi siap pakai untuk memuat, menyimpan, dan mengakuisisi gambar dan video, OpenCV memiliki *Application Programming Interface* (API) untuk pengolahan tingkat tinggi dan rendah [7].

OpenCV bekerja dengan cara menyediakan berbagai fungsi dan API untuk pemrosesan gambar, termasuk manipulasi data gambar, pemrosesan gambar, dan pemotongan gambar.

Dalam konteks aplikasi yang menggunakan OpenCV, dimulai dengan mengambil foto objek, kemudian memotongnya sesuai ukuran yang telah ditentukan sebelumnya, dan terakhir menghasilkan *output* yang menunjukkan ukuran objek dianalisis, sebagai ukuran objek.

Peran OpenCV pada pengimplementasian deteksi lahan parkir adalah untuk pemrosesan citra, termasuk menangkap objek, yaitu kendaraan yang masuk dan keluar dari area parkir. OpenCV digunakan dalam algoritma *background subtraction* untuk mengidentifikasi perubahan pada setiap *frame* citra dan juga dalam mendeteksi pergerakan mobil sebagai objek dari sistem penghitungan parkir mobil.

2.3. NumPy

NumPy atau *Numerical Python* merupakan salah satu *library* yang dimiliki oleh Python yang memiliki struktur data berupa *array* serta berbagai fungsi matematika yang dirancang untuk efisiensi tinggi dalam pemrosesan numerik [8].

NumPy memungkinkan perhitungan numerik pada *array* dan tipe data tertentu, serta memberikan kecepatan dan ketepatan yang cukup tinggi dalam pelaksanaan perhitungan numerik.

Peran NumPy dalam pengimplementasian deteksi lahan parkir adalah untuk mengolah data hasil citra, melakukan perhitungan kapasitas parkir, statistik, dan kontrol sistem guna memberikan informasi yang akurat.

2.4. Sistem Parkir

Sistem parkir merupakan bentuk cara dalam proses pengelolaan kendaraan di tempat tertentu, seperti gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, stasiun, bandara, dan lokasi umum lainnya. Secara umum, sistem parkir bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan lahan parkir dan memberi pengguna kemudahan dan kenyamanan. Untuk mengurangi risiko kriminal, pengaturan ruang parkir, pengaturan arus kendaraan, dan penerapan sistem keamanan adalah semua bagian dari pengawasan ini.

Secara umum, terdapat dua jenis sistem parkir: manual dan otomatis. Sistem parkir manual menggunakan petugas atau juru parkir yang mengelola dan mencatat data kendaraan secara manual serta

memberikan tiket parkir. Sedangkan sistem parkir otomatis memanfaatkan teknologi modern seperti sensor, kamera pengawas atau CCTV, dan perangkat lunak untuk mendeteksi kendaraan, mencatat waktu parkir, serta memberikan informasi tentang ketersediaan ruang parkir secara *real-time* [9].

2.5. Deteksi Kendaraan

Deteksi kendaraan merupakan proses untuk mengenali keberadaan, posisi, dan pergerakan kendaraan dengan memanfaatkan teknologi modern seperti sensor, kamera, dan perangkat lunak berbasis kecerdasan buatan atau AI [10].

Teknologi ini memiliki peran yang sangat penting dalam sistem transportasi masa kini, mulai dari parkir otomatis, pengawasan lalu lintas, kendaraan otonom atau kendaraan otomatis, hingga pengelolaan jalan tol elektronik. Tujuannya adalah untuk meningkatkan keamanan transportasi sekaligus mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam manajemen transportasi.

Teknologi untuk mendeteksi kendaraan menggunakan berbagai pendekatan, salah satunya adalah *computer vision*. Dalam metode ini, algoritma seperti *background subtraction* bekerja dengan membandingkan piksel-piksel pada video dengan model latar belakang yang telah dibuat sebelumnya [11].

Hal ini memungkinkan algoritma untuk mendeteksi perubahan yang menunjukkan keberadaan kendaraan.

2.6. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendukung pengembangan sistem parkir otomatis, terutama dalam hal deteksi kendaraan dan perhitungan kapasitas parkir. Untuk mengetahui pergerakan kendaraan secara *real-time*, teknik seperti *background subtraction* dan pemrosesan gambar dengan OpenCV banyak digunakan. Berikut beberapa penelitian sebelumnya yang berkontribusi pada pembuatan sistem ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Kristian Adi Nugraha dengan judul "Metode *Background Subtraction* untuk Pencarian Tempat Parkir Menggunakan Kamera Pengawas". Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem parkir cerdas yang dapat membantu pengendara mobil dalam menemukan tempat parkir dengan lebih mudah dan biaya yang terjangkau. Sistem ini memanfaatkan kamera pengawas atau CCTV untuk mendeteksi ketersediaan lahan parkir. Metode *background subtraction* digunakan untuk membandingkan citra uji dengan citra latar belakang guna mengetahui perubahan yang terjadi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu membaca serta mengolah citra dari kamera pengawas dengan baik [12].

Penelitian dari Amin Rais, dengan judul "Implementasi Metode *Background Subtraction* untuk Monitoring Ruang Secara *Realtime*". Penelitian ini

membahas tentang proses pengembangan sebuah aplikasi yang digunakan untuk monitoring kondisi suatu ruangan melalui penyimpanan video secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi deteksi gerakan atau *motion detection*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi 90% berdasarkan 10 kali uji coba di berbagai kondisi dan lokasi yang berbeda. Sistem ini mendeteksi keberadaan orang atau pergerakan dalam ruangan menggunakan metode *background subtraction* [13].

Penelitian yang dilakukan oleh Achmad Solichin dan Agus Harjoko dengan judul "Metode *Background Subtraction* untuk Deteksi Obyek Pejalan Kaki pada Lingkungan Statis" membahas penggunaan teknik *background subtraction* untuk menyeleksi objek dalam gambar. Penelitian ini menjelaskan bagaimana metode tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi pejalan kaki di lingkungan yang tidak banyak berubah. Pada hasil dan pembahasan dijelaskan bahwa setelah dilakukan klasifikasi obyek pejalan kaki dan bukan, obyek yang terklasifikasi sebagai pejalan kaki ditandai dengan kotak berwarna hijau, dengan hasil mampu untuk mendeteksi pejalan kaki yang lalu lalang pada lingkungan tersebut [14].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen untuk mengukur kinerja sistem monitoring kapasitas parkir mobil yang menggunakan metode *background subtraction*. Data dikumpulkan melalui uji coba, seperti penghitungan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar, serta kapasitas parkir yang tersedia. Selain itu, penelitian ini juga membandingkan kinerja sistem pada dua perangkat, yaitu *Personal Computer* (PC) dan Raspberry Pi. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel untuk memperlihatkan tingkat keberhasilan sistem secara jelas.

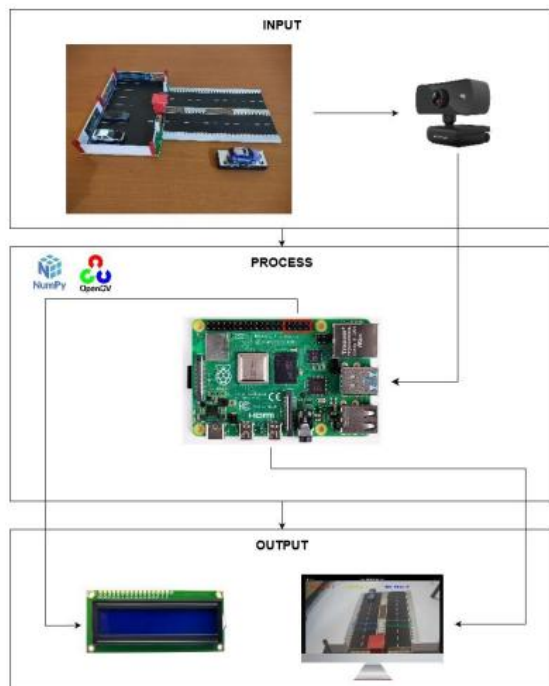
3.1. Desain Sistem

Desain sistem merupakan tahapan dari pengembangan sistem informasi yang menjawab pertanyaan bagaimana sistem informasi akan melakukan hal-hal yang perlu untuk memecahkan masalah [15].

Desain sistem berperan dalam merinci bagaimana seluruh sistem akan berfungsi secara menyeluruh untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Berikut merupakan desain sistem dari implementasi sistem monitoring kapasitas parkir mobil menggunakan metode *background subtraction*:

Pada gambar 3, program menggunakan kamera sebagai perekam input data mobil yang masuk ataupun keluar dan terpasang di atas pintu masuk atau keluar parkiran. Program ini memanfaatkan *library* Python, yaitu OpenCV, serta menggunakan metode *Background Subtraction* MOG2 dan *library* NumPy guna mendeteksi pergerakan mobil sebagai objek dari sistem penghitungan parkir mobil. Sistem ini menggunakan penanda yang berupa elemen *rectangle*

dari python, pada jalur masuk dan keluar untuk menjalankan fungsi perhitungan mobil yang terdapat dalam tempat parkir.



Gambar 3. Desain sistem

Sistem dimulai dari merekam data mobil yang melewati garis penanda yang telah ditentukan pada jalur mobil dengan menggunakan *library* OpenCV. Selanjutnya, program akan memproses data rekam pada Raspberry Pi menggunakan metode *background subtraction* MOG2 untuk mendapatkan data objek dan dihitung menggunakan fungsi dari *library* NumPy untuk diketahui total mobil masuk, total mobil keluar, dan total mobil yang terparkir. Hasil dari proses ini ditampilkan melalui LCD display dan juga pada monitor untuk dapat memantau secara langsung pergerakan objek serta memonitor data mobil yang masuk dan keluar.

3.2. Physical Devices & Controllers

Hardware yang digunakan dalam implementasi sistem monitoring kapasitas parkir terdiri dari Webcam dan Raspberry Pi yang berfungsi untuk mengumpulkan dan memproses data untuk memantau parkir mobil. Selain itu terdapat LCD display untuk menampilkan informasi kapasitas parkir secara *real-time*.



Gambar 4. Raspberry pi

Raspberry Pi digunakan sebagai pusat pemrosesan yang menjalankan perangkat lunak dan algoritma deteksi parkir. Raspberry Pi memiliki beberapa kelebihan, seperti ukurannya yang kecil, penggunaan daya yang rendah, dan kapasitas komputasi yang cukup untuk pengolahan gambar [16].



Gambar 5. Webcam

Webcam digunakan sebagai perekam video untuk mendeteksi pergerakan dan mengambil gambar dari area parkir. Citra yang dihasilkan oleh webcam digunakan dalam proses analisis dan penghitungan kapasitas parkir. Melalui webcam, sistem dapat beroperasi secara nyata untuk memantau perubahan lingkungan parkir.



Gambar 6. LCD display

LCD display berfungsi sebagai *interface* pengguna yang menampilkan informasi kapasitas parkir secara *real-time*. Penggunaan LCD display, calon pengguna tempat parkir dapat dengan mudah melihat jumlah tempat parkir yang tersedia dan mendapatkan update langsung tentang status parkir.

3.3. Connectivity

Dalam menghubungkan komponen utama sistem, terdapat dua konektivitas utama. Pertama, LCD display terhubung ke Raspberry Pi menggunakan kabel jumper, dan berfungsi untuk transmisi data yang cepat dan stabil untuk menampilkan informasi kapasitas parkir secara *real-time*.

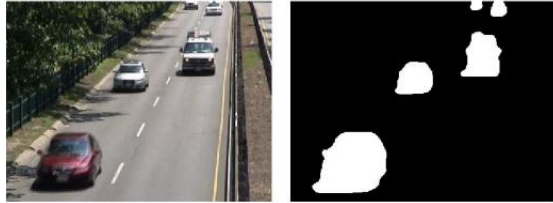


Gambar 7. Koneksi lcd display ke raspberry pi

Kedua, webcam terhubung ke Raspberry Pi melalui port USB, dengan tujuan untuk pengambilan citra dari area parkir.

3.4. Edge Computing (Data Element Analysis & Transformation)

Dalam tahap *edge computing*, metode yang diandalkan adalah *background subtraction*, suatu pendekatan pengolahan citra yang memisahkan objek dari latar belakangnya.

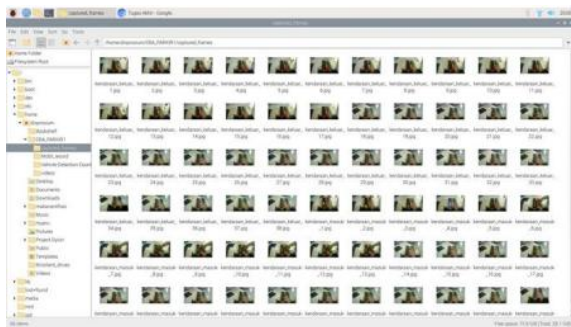


Gambar 8. Metode background subtraction

Metode ini bekerja dengan membandingkan setiap piksel dalam suatu *frame* dengan model latar belakang atau *background* yang telah diinisialisasi, sehingga dapat mendeteksi perubahan dan gerakan pada citra atau video [17].

3.5. Data Accumulation (Storage)

Data Accumulation berperan untuk mengelola penyimpanan data hasil deteksi parkir. Setiap kendaraan yang masuk dan keluar akan di-capture dan disimpan dalam folder "Captured Frames" yang terletak di dalam direktori utama program.



Gambar 9. Folder captured frames

Tujuan utama proses ini adalah untuk membuat informasi riwayat aktivitas parkir. Informasi ini tidak hanya berguna untuk pemantauan dan analisis, tetapi juga untuk aspek keamanan. Dengan memberikan catatan visual yang detail, sistem dapat mendukung identifikasi kendaraan dan tindakan yang diambil dari area parkir.

3.6. Data Abstraction (Aggregation & Access)

Data abstraction berfungsi untuk melakukan proses pengelolaan dan akses informasi tentang kapasitas parkir yang telah terakumulasi. Informasi tersebut dapat diakses dan dimanfaatkan melalui *interface* yang disediakan.

Melalui proses pengumpulan dan pengolahan data, diperoleh informasi kapasitas parkir keseluruhan secara merinci mengenai statistik jumlah mobil masuk, keluar dan kapasitas lahan parkir yang tersedia.



Gambar 10. Tampilan lcd display

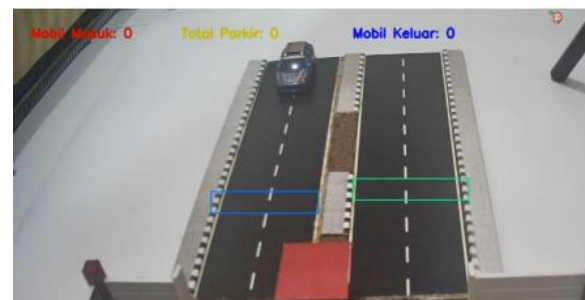
3.7. Application (Reporting Analytics, Control)

Dalam sistem ini, OpenCV digunakan untuk pemrosesan citra, meliputi *capture object*, yaitu kendaraan yang masuk dan keluar dari area parkir. Algoritma *background subtraction* menggunakan OpenCV digunakan untuk mengidentifikasi perubahan pada setiap *frame* citra.

Selanjutnya NumPy sebagai *library* komputasi numerik, digunakan untuk mengolah data hasil citra tersebut. Proses perhitungan kapasitas parkir, statistik, dan kontrol sistem menggunakan NumPy untuk memberikan informasi yang akurat.

3.8. Collaboration & Processes

Sistem dimulai dengan pengumpulan data dari *webcam* yang merekam pergerakan kendaraan. Uji coba dilakukan menggunakan miniatur tempat parkir, dan mobil *remote control* untuk melihat apakah objek dapat terhitung masuk dan keluar pada saat melewati elemen *tables* yang telah diatur menyesuaikan ukuran mobil.



Gambar 11. Uji coba sistem parkir

Raspberry Pi sebagai pusat pemrosesan menjalankan algoritma deteksi menggunakan OpenCV, menghasilkan data deteksi yang kemudian diolah oleh NumPy. Proses pengolahan data ini tidak hanya menampilkan informasi secara *real-time* melalui layar LCD dan monitor, tetapi juga menyimpan rekaman visual sebagai riwayat untuk meningkatkan keamanan area parkir. Rekaman ini secara otomatis akan dihapus setelah 24 jam.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Proses Pengolahan Data

Dalam sistem ini, penggunaan metode *background subtraction* berfungsi untuk memisahkan antara *frame* 1 yang ditunjukkan pada gambar 12 lalu melakukan *grayscale* pada *frame* berikutnya untuk mendeteksi adanya objek yang bergerak.



Gambar 12. Frame awal

Pada citra tersebut terdapat 2 mobil yang sama-sama diam. Setelahnya, dilakukan proses *grayscale* dari sistem untuk memisahkan objek mobil yang bergerak dengan latar tempat seperti yang ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 13. Hasil grayscale

Setelah sistem melakukan proses *grayscale* pada citra gambar, selanjutnya terjadi pembaruan citra melalui proses *thresholding* untuk menemukan perbedaan piksel pada objek yang bergerak. Pada citra tersebut mobil putih adalah objek yang bergerak. Hasil akhir dari proses ini adalah citra biner yang dimana piksel termasuk dalam objek bergerak diberi nilai 1 dengan tanda warna putih dan objek yang tidak bergerak diberi nilai 0.



Gambar 14. Hasil thresholding

4.2. Matriks Evaluasi

Sistem ini dilakukan percobaan dengan melakukan dua tahapan yaitu *capture* video dan secara *real-time*. Pada *capture* video, objek tidak dapat mencapai target hasil yaitu Mobil Masuk, Total Parkir, dan Mobil Keluar.

Tabel 1. Uji *capture* video

No	Gambar	Perangkat	Target Hasil	Hasil Deteksi	Tingkat Akurasi
1		Personal Computer	Mobil masuk 1	Mobil masuk 4	Buruk
2		Personal Computer	Total parkir 1	Total parkir 3	Buruk
3		Personal Computer	Mobil keluar 0	Mobil keluar 2	Buruk

Pada percobaan melalui perekaman video, hasil yang didapat sangat jauh dari target dikarenakan terdapat perbedaan pengambilan sudut kamera, sehingga garis deteksi tidak menetap dan perlu melakukan penyesuaian terus menerus, dimana proses substraksi latar belakang (*background subtraction*) akan terus mendeteksi objek yang bergerak, saat kamera atau *webcam* tersebut berpindah tempat. Untuk itu dilakukan pengambilan gambar secara *real time*, dimana sudut kamera ditetapkan pada satu sudut beserta dengan peletakan garis deteksi pada titik yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut adalah hasil uji melalui dua platform yaitu PC dan Raspi secara *real time*:

Tabel 2. Uji *real-time*

No	Gambar	Perangkat	FPS	Target	Hasil	Akurasi
1		PC	30	Mobil Masuk 1	Mobil Masuk 1	Baik
2		PC	30	Total Parkir 1	Total Parkir 1	Baik
3		PC	30	Mobil Keluar 1 dan Total Parkir 0	Mobil Keluar 1 dan Total Parkir 0	Baik
4		Raspi	< 25	Mobil Masuk 1	Mobil Masuk 1	Baik
5		Raspi	< 25	Total Parkir 1	Total Parkir 1	Baik
6		Raspi	< 25	Mobil keluar 1 dan Total Parkir 0	Mobil keluar 1 dan Total Parkir 0	Baik

Berdasar hasil uji diatas, program dapat berjalan di kedua platform. Perbedaanannya adalah terdapat pada nilai FPS yang dihasilkan, PC memiliki nilai FPS lebih tinggi dibandingkan Raspi sehingga memungkinkan pemrosesan citra lebih cepat, namun kedua platform tersebut menghasilkan tingkat akurasi sama-sama baik ketika dijalankan secara *real-time*. Dari pengujian tersebut juga, kami berhasil mengintegrasikan jumlah tempat parkir yang tersisa dari total parkir (7) untuk ditampilkan pada LCD sebagai output. Berikut adalah gambar 15 yang menunjukkan kondisi parkir kosong pada gambar kiri dan kondisi parkir terisi pada gambar kanan.



Gambar 15. Kondisi Parkir

4.3. Keunggulan Program

Sistem ini memiliki keunggulan sebagai berikut:

- Real-time Detection:**
Program ini mampu mendeteksi objek (kendaraan) secara *real-time* dari input video kamera, memungkinkan pemantauan parkir secara langsung.
- Sistem Informasi LCD**
Integrasi dengan LCD memberikan informasi *real-time* tentang sisa kapasitas parkir dan jumlah kendaraan terparkir, memudahkan calon customer untuk mengetahui jumlah tempat parkir yang tersedia.
- Konfigurasi Fleksibel**
Program menyediakan pengaturan seperti kapasitas parkir maksimum yang dapat diubah sesuai kebutuhan, meningkatkan fleksibilitas dan skalabilitas.
- In and Out Security**
Program memiliki fitur *capture* kendaraan yang keluar masuk melalui portal dan dapat terhapus otomatis pada direktori milik admin selama 24 jam.

4.4. Batasan Masalah

Dalam program ini juga memiliki beberapa kekurangan. Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu sebelum mengimplementasikan program ini ke lapangan secara langsung. Hal-hal tersebut diantaranya:

- Sensitif Terhadap Perubahan:**
Algoritma pengurangan latar belakang (MOG2) bisa dibilang cukup sensitif terhadap perubahan cahaya atau bayangan, yang dapat menghasilkan kesalahan atau kehilangan deteksi pada kondisi pencahayaan yang ekstrem.

- Bergantung pada Posisi Kamera**
Kinerja program dapat dipengaruhi oleh posisi kamera. Posisi kamera yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat mempengaruhi deteksi dan tracking objek.
- Memerlukan Konfigurasi Awal yang Teliti**
Perlu penyesuaian parameter seperti ukuran dan posisi kotak deteksi, serta konfigurasi lainnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem monitoring dan otomatisasi perhitungan kapasitas parkir mobil menggunakan metode *background subtraction* telah dibangun dan dapat berjalan dengan baik. Berdasarkan hasil uji coba *capture* video dan secara *real-time*, sistem ini dapat berjalan dengan maksimal dengan tingkat akurasi 100% pada pengambilan gambar secara *real-time* dan mencapai target hasil yang sesuai.

Sistem ini telah diuji coba menggunakan dua platform berbeda yaitu *personal computer* dan raspberry pi dengan hasil yang dapat berjalan baik pada kedua platform, walaupun terdapat penurunan FPS pada platform raspberry pi namun tetap menghasilkan akurasi yang sangat baik.

Sebagai saran, sistem dapat dikembangkan dengan algoritma yang lebih adaptif terhadap perubahan cahaya dan bayangan, serta lebih fleksibel terhadap variasi posisi kamera seperti mengintegrasikan kamera otomatis atau algoritma pelacakan objek yang lebih efektif terhadap perubahan sudut pandang.

DAFTAR PUSTAKA

- B. P. Staistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2021-2022," Available online: [https://www.bps.go.id/id/statistics ...](https://www.bps.go.id/id/statistics...), 2022.
- D. Priyanka, A. Marom, dan ..., "MANAJEMEN PERPARKIRAN DAN KUALITAS PELAYANAN JURU PARKIR DALAM KEBIJAKAN RETRIBUSI ZONA PARKIR TEPI JALAN UMUM," *Journal of Public Policy ...*, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jppmr/article/view/42440>
- V. Stojnić, V. Risojević, M. Muštra, V. Jovanović, J. Filipi, dan ..., "A method for detection of small moving objects in UAV videos," *Remote Sens (Basel)*, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/4/653>
- G. Apriliyada, M. A. Zidan, N. Nurlia, R. A. Ainunisa, dan ..., "Peran Kajian Pustaka Dalam Penelitian Tindakan Kelas," *Jurnal Kreativitas ...*, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.riset-iaid.net/index.php/jpm/article/view/1449>
- S. Sulfayanti, I. A. Iman, S. Cokrowibowo, dan ..., "Implementasi Metode Background Subtraction untuk Monitoring Ruang Secara

- Realtime,” ... *Teknik Elektro dan ...*, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/sntei/article/view/3620>
- [6] A. P. Cahyono dan U. Budiyanto, “Penghitungan Objek Berdasarkan Berdasarkan Jenis Kendaraan Bermotor pada CCTV Lalu Lintas Berbasis Pengolahan Citra Digital Menggunakan Metode ...,” *JTIM: Jurnal Teknologi ...*, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.jurnal.sekawan.org.id/index.php/jtim/article/view/98>
- [7] R. A. Yudha, Y. S. Hariyani, dan D. N. Ramadan, “Aplikasi Pendeteksi Ukuran Kemeja Menggunakan Opencv Pada Smartphone,” *eProceedings of Applied ...*, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <https://core.ac.uk/download/pdf/299928377.pdf>
- [8] A. Talia, A. Angelica, A. A. Tumanggor, dan ..., “Implementasi Metode Numerik dan Simbolik dengan Python untuk Penentuan Nilai Limit Fungsi,” ... *Matematika dan Ilmu ...*, 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.arimsi.or.id/index.php/Pentagon/article/view/279>
- [9] A. Singh, S. Meshram, T. Gujar, dan P. R. Wankhede, “Smart parking management system using IoT and cloud technology,” *Journal of Computing and Future Research*, vol. 12, no. 4, hlm. 255–263, 2021.
- [10] K. Ding dan P. Jiang, “RFID and IoT-based Smart Parking Systems: A Comprehensive Review,” *IEEE Journal of Internet Technology*, vol. 18, no. 3, hlm. 457–468, 2020.
- [11] V. Stojnic, “A Method for Detection of Small Moving Objects in UAV Videos,” *Journal of Advanced Image Processing*, vol. 7, no. 3, hlm. 115–124, 2020.
- [12] K. A. Nugraha, “Metode Background Substraction untuk Pencarian Tempat Parkir Menggunakan Kamera Pengawas,” *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://114.7.153.31/index.php/jutisi/article/view/2359>
- [13] S. Sulfayanti, I. A. Iman, S. Cokrowibowo, dan ..., “Implementasi Metode Background Subtraction untuk Monitoring Ruangan Secara Realtime,” ... *Teknik Elektro dan ...*, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/sntei/article/view/3620>
- [14] A. Solichin dan A. Harjoko, “Metode Background Subtraction untuk Deteksi Obyek Pejalan Kaki pada Lingkungan Statis,” *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi ...*, 2013, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.uui.ac.id/Snati/article/view/3000>
- [15] M. K. Taufani, R. Riyadi, dan R. Y. Dewantara, *Analisis Dan Desain Sistem Informasi Pemasaran (Studi Pada Sistem Informasi Pemasaran Untuk Promosi CV. Intan Catering)*. neliti.com, 2016. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.neliti.com/publications/87322/analisis-dan-desain-sistem-informasi-pemasaran-studi-pada-sistem-informasi-pemas>
- [16] I. Desnanjaya, I. N. B. Hartawan, I. Supartha, dan ..., “Implementasi Computer Vision Pada Mesin Filling Cupcake Menggunakan Raspberry Pi,” *JST (Jurnal Sains dan ...)*, 2022.
- [17] M. Y. Fadhlani, A. Rahmawati, dan N. L. Anggreini, “SYSTEM DESIGN FOR CALCUALTING THE NUMBER AND DENSITY OF MOTORCYCLES IN PARKING AREA BASED ON BACKGROUND SUBTRACTION ...,” *Jurnal Media Elektrik*, 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.unm.ac.id/index.php/mediaelektrik/article/view/1536>