



Machine Learning

Sistem Pendeteksi Ketersediaan Tempat Duduk Pada Perpustakaan Berbasis Computer Vision. Studi Kasus : Perpustakaan Unand Ruangan The Gade Creative Lounge

Natasha Khairunissa ¹, Rifki Suwandi ^{*2}

^{1,2}Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas, Kota Padang, Sumatra Barat, 25163

ARTICLE INFORMATION

Received: August 15, 2024
Revised: December 5, 2024
Available online: April 30, 2025

KEYWORDS

Library, Roboflow, Computer Vision, Object Detection

CORRESPONDENCE

E-mail: rifkisuwandi@it.unand.ac.id

ABSTRACT

Libraries as information centers often face challenges in seating management, especially when visitor numbers are high. This can cause difficulties for new patrons in finding empty seats, as well as disrupting other patrons' activities. Existing solutions, such as reservation systems and sensors, are often less effective and face accuracy issues. This research proposes a computer vision-based empty seat detection system to improve space efficiency. Using Roboflow 3.0 object detection model trained on Roboflow GPU and implemented on Raspberry Pi 4B with webcam, this system detects and displays empty seats through website with room mapping. The model demonstrated performance with Mean Average Precision (mAP) 68.4%, Precision 70.4%, and Recall 68.7%, showing effectiveness in detection although there is still potential for accuracy improvement.

PENDAHULUAN

Perpustakaan merupakan tempat yang menyediakan berbagai sumber informasi dan pengetahuan bagi masyarakat, termasuk mahasiswa di universitas. Gedung perpustakaan akademik universitas umumnya terdiri dari beberapa area pada setiap lantainya. Area setiap lantai tersebut dikelompokkan menurut fungsi dan aktivitasnya[1]. Pendistribusian tempat duduk yang disediakan pada tiap lantai dan area juga berbeda. Sehingga tingkat kepadatan tiap ruangan tidak sama. Seringkali pengunjung perpustakaan menghadapi kesulitan dalam menemukan tempat duduk yang kosong. Pengunjung harus memeriksa disemua sudut area perpustakaan untuk menemukan tempat duduk, terutama di jam-jam sibuk..

Menurut data pengunjung perpustakaan Universitas Andalas tahun 2022, Universitas Andalas mencatat 152.799 kunjungan dengan rata-rata 665 pengunjung per hari, menunjukkan tantangan signifikan dalam manajemen tempat duduk. Penelitian Zhixuan dkk[2]. menunjukkan bahwa waktu ujian adalah periode terberat untuk menemukan tempat duduk, dengan 98% responden

menyebutkan fasilitas yang tidak memadai sebagai penyebab utama.



Gambar 1 Kunjungan Perpustakaan UNAND Januari - September 2023

Sementara itu, berdasarkan data kunjungan perpustakaan Universitas Andalas yang diperoleh dari UPT Perpustakaan, terungkap bahwa pada tahun 2023 terjadi lonjakan kunjungan tertinggi dibulan September. Jumlah kunjungan mencapai 30.229 dengan rata-rata pengunjung harian sebanyak 1.209 orang. Ruangan "The Gade Creative Lounge" yang dibuka pada bulan tersebut menarik 1.190 pengunjung, dengan puncak kunjungan 94 orang per hari, padahal kapasitas hanya 50 orang. Survei terhadap 14 pengunjung ruangan ini menunjukkan mayoritas

menggunakan fasilitas untuk kegiatan kelompok, dan 64,3% mengalami kesulitan menemukan tempat duduk kosong.

Dikarenakan mayoritas pengunjung memanfaatkan ruangan secara berkelompok, timbul kendala dalam mencari tempat duduk yang tersedia, dengan 64,3% responden menyatakan mengalami kesulitan akibat ruangan yang sering kali penuh dengan pengunjung lain. Beberapa saran yang diajukan oleh responden untuk mengatasi masalah ini melibatkan peningkatan jumlah tempat duduk, perluasan ruangan, serta implementasi sistem yang mampu memantau jumlah pengunjung dan kapasitas ruangan secara lebih efisien.



(a) Movie Room

(b) Internet Room



(c) Discussion Room

(d) Minibar Room



(e) Entertainment Room

(f) Reading Room

Gambar 2 Ruang *The Gade Creative Lounge*

Ruangan "The Gade Creative Lounge" yang terdapat pada perpustakaan Universitas Andalas Lantai 2 tersebut memiliki beberapa spot tempat duduk dengan tampilan dan suasana yang berbeda. Diantaranya ada *movie room*, *minibar room*, *internet room*, *entertainment room*, *discussion room*, *reading room*, dan *meeting room* yang memiliki ruangan terpisah dari lainnya. Pengunjung perpustakaan dapat memilih spot mana yang akan didudukinya berdasarkan preferensi masing-masing.

Penelitian sebelumnya seperti sistem reservasi dan sensor, seringkali kurang efektif dan menghadapi masalah akurasi. Berdasarkan hal tersebut, kebutuhan dan masalah yang perlu diatasi yaitu mengembangkan sebuah sistem pendeteksian objek yang dapat memantau keadaan perpustakaan secara *real time* dan

menampilkan hasilnya pada sebuah platform online. Sehingga pengunjung dapat mengetahui bagaimana keadaan perpustakaan sebelum memasukinya.

METODE

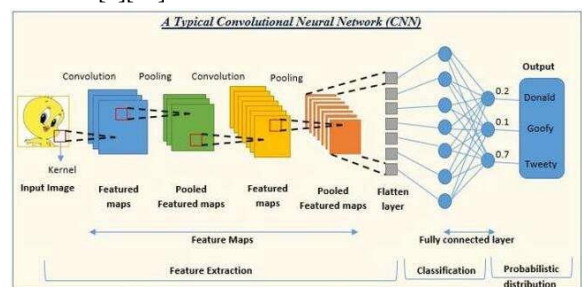
Penelitian ini menggunakan metode tindakan (*Action Research*). Penelitian ini mengimplementasikan teori ke dalam kenyataan, artinya peneliti langsung masuk ke dalam lingkungan subjek penelitian untuk melihat langsung pengaruh sistem terhadap subjek. Dalam konteks sistem yang dikembangkan, metode ini diterapkan dengan memasang sistem deteksi pada perangkat minipc yang terhubung dengan kamera di lingkungan perpustakaan yang menjadi subjek penelitian. Peneliti kemudian melakukan observasi langsung terhadap kinerja sistem dalam mendeteksi keberadaan tempat duduk kosong dan objek lainnya, mengamati bagaimana sistem berfungsi dalam berbagai kondisi seperti jarak dan intensitas cahaya.

Webcam

Webcam digunakan untuk mendeteksi tempat duduk kosong di perpustakaan dengan minipc. Dilengkapi sensor gambar 2MP, *frame rate* 30fps, dan resolusi 1080p, webcam akan menghasilkan citra berkualitas tinggi. Dengan bidang pandang horizontal 86°, vertikal 55°, dan diagonal 95°. Menggunakan USB 2.0 dan sumber daya DC 5V, webcam ini hemat energi dengan konsumsi 1.2W.[8].

Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan metode *machine learning* untuk klasifikasi citra, yang menggunakan beberapa lapisan tersembunyi untuk mengolah *input* dan menghasilkan *output*[20][21]. CNN sering digunakan dalam klasifikasi gambar, seperti algoritma R-CNN yang membuat *bounding boxes* dan melakukan klasifikasi pada kotak tersebut. YOLO adalah algoritma CNN yang lebih cepat dari R-CNN, melihat seluruh gambar sekaligus untuk mengkodekan informasi kontekstual[9][10].



Gambar 3 Layer CNN

CNN terdiri dari dua jenis lapisan utama:

1. Layer Ekstraksi Fitur: Terdiri dari *convolutional layer*, yang mengekstrak fitur dari citra melalui konvolusi dengan filter, dan *pooling layer*, yang mereduksi dimensi citra sambil mempertahankan informasi penting[10][11].
2. Layer Klasifikasi: Terdiri dari *fully connected layer* dan *decision layer*, yang menghubungkan semua neuron secara penuh dan menerima *input* dari layer ekstraksi fitur dalam

bentuk vektor. *Input* ini diolah untuk menghasilkan skor kelas yang digunakan untuk klasifikasi objek[10][11].

Roboflow

Roboflow merupakan platform yang tersedia di website untuk membantu dalam mengolah dataset pada tugas *computer vision*. Roboflow menyediakan berbagai fitur yang berguna untuk pengolahan dataset, salah satunya dapat melakukan anotasi dan mendukung berbagai format dataset.

Selain sebagai *tools* anotasi dataset, Roboflow juga dapat melakukan pelatihan model untuk deteksi objek dengan memanfaatkan teknologi autoML (*Automated Machine Learning*). AutoML dirancang untuk mempermudah proses pelatihan model *computer vision* dengan mengatur parameter pelatihan secara otomatis, tanpa memerlukan konfigurasi manual. Roboflow, yang dikembangkan oleh Deci AI—perusahaan yang dikenal dengan pengembangan model AI canggih—memanfaatkan GPU Roboflow untuk pelatihan model dengan menggunakan *API Endpoint* yang di-hosting.[12].

Raspberry Pi 4B

Raspberry Pi merupakan komputer papan tunggal berukuran kartu kredit, digunakan untuk robotik dan automasi. Raspberry Pi 4B, dengan prosesor 1.8 GHz dan RAM hingga 8GB, menawarkan peningkatan kinerja dibandingkan model sebelumnya dan berfungsi sebagai pusat pemrosesan dalam sistem ini[13].

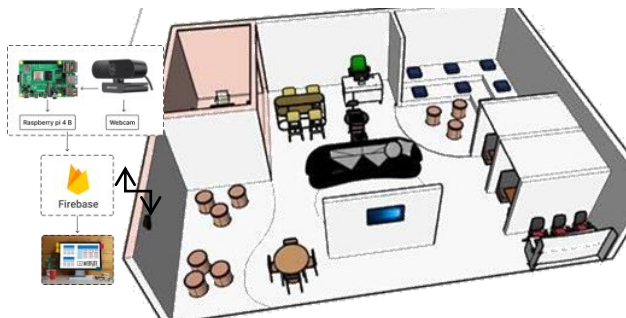
Firestore

Firebase adalah *database* NoSQL berbasis *cloud* yang memungkinkan penyimpanan dan sinkronisasi data secara *real-time*. Firebase mendukung berbagai platform dan dapat diintegrasikan dengan *framework* seperti Node.js, Java, dan JavaScript.[14]

Web Programming

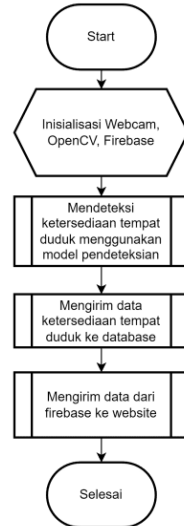
Web Programming mencakup pembuatan website yang terdiri dari *client-side* dan *server-side*. *Client-side* mencakup elemen yang terlihat oleh pengguna seperti HTML, CSS, dan JavaScript, sedangkan *server-side* berisi file dan data yang diproses oleh *server* menggunakan bahasa pemrograman seperti PHP dan Python.

Rancangan Umum Sistem



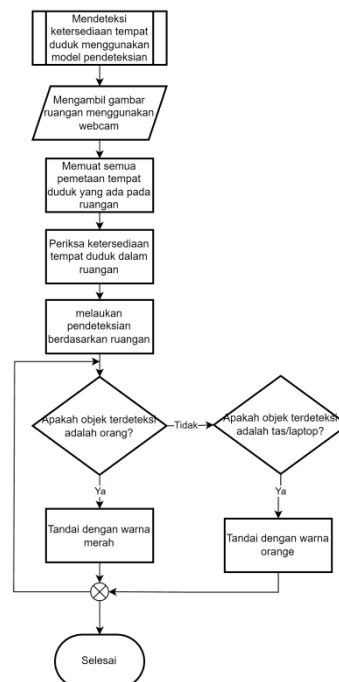
Gambar 4 Rancangan Umum Sistem

Sistem akan ditempatkan pada bagian atas ruangan perpustakaan, mencakup penempatan spot-spot tempat duduk yang tersedia. Kamera akan dihubungkan pada minipc menggunakan kabel USB, dan akan menangkap *input* berupa gambar ketersediaan tempat duduk yang diproses menggunakan minipc. *Output* yang dihasilkan berupa informasi tempat duduk yang kosong akan ditampilkan pada sebuah situs *web*.



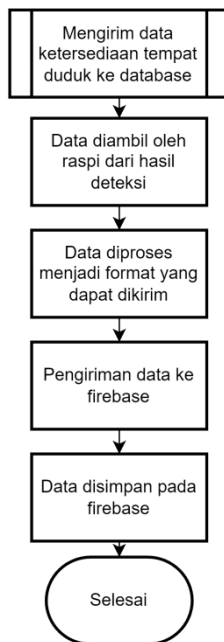
Gambar 5 Flowchart Rancangan Umum Sistem

Proses dimulai dengan inialisasi semua komponen, termasuk webcam, OpenCV, dan database. Setelah semua komponen diinisialisasi dan berjalan dengan baik, sistem kemudian melakukan pendeteksian ketersediaan tempat duduk menggunakan model pendeteksian roboflow. Setelah pendeteksian selesai, data ketersediaan tempat duduk kemudian dikirim ke *database* untuk disimpan dan dikelola. Data ini kemudian dapat diakses dan dilihat oleh pengguna melalui *website*



Gambar 6 Flowchart pendeteksi slot tempat duduk

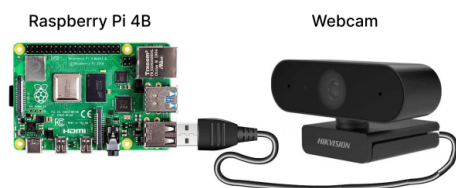
Proses pembacaan ketersediaan tempat duduk dimulai dari memuat model yang telah dilatih sebelumnya. Selanjutnya, webcam akan mengambil gambar dari setiap tempat duduk tersebut berdasarkan pemetaan. Lalu akan dilakukan pendeteksian berdasarkan pemetaan yang telah dilakukan sebelumnya. Proses berikutnya melibatkan penggunaan perulangan untuk mendeteksi status dari masing-masing objek yang terdeteksi. Setiap objek yang terdeteksi akan ditandai dengan warna merah dan orange. Jika objek yang terdeteksi merupakan orang, maka simbol yang akan ditampilkan yaitu berwarna merah. Sedangkan jika objek yang terdeteksi merupakan tas atau laptop akan memiliki simbol berwarna orange.



Gambar 7 Flowchart pengiriman data ke database

Data hasil pendeteksian objek yang dihasilkan oleh model pendeteksian akan disimpan pada database. Dimulai dengan minipc yang mengambil data hasil pendeteksian dari model pendeteksian. Selanjutnya, data tersebut diproses dan dikonversi menjadi format JSON yang memungkinkan data untuk ditransfer dan disimpan secara efisien. Setelah dikonversi menjadi format JSON, data kemudian dikirimkan ke database menggunakan Firebase SDK. Database menerima data JSON dan menyimpannya dalam database realtime. Data ini kemudian dapat diakses dan digunakan pada website yang akan menampilkan denah ketersediaan tempat duduk.

Rancangan Perangkat Keras

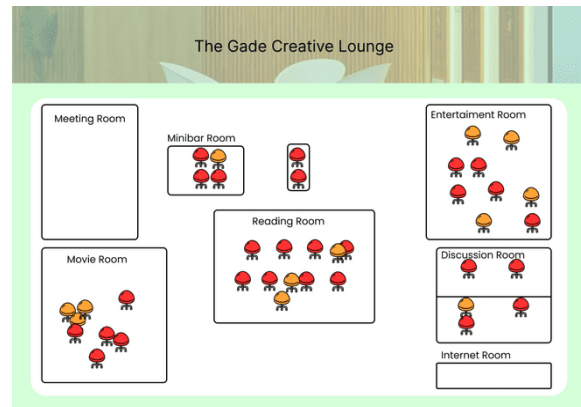


Gambar 8 Skematik Rancangan Perangkat Keras

Sistem menggunakan 2 komponen perangkat keras utama, yaitu raspberry pi dan juga webcam, seperti terlihat pada Gambar 11.

Webcam berfungsi sebagai input utama sistem yang akan mengambil gambar keadaan ruangan perpustakaan. Sedangkan raspberry pi digunakan sebagai mikrokontroler yang akan memproses gambar dari webcam dan mengirimkannya ke database. Kedua komponen tersebut dihubungkan menggunakan kabel USB agar dapat.

Rancangan Perangkat Lunak



Gambar 9 Tampilan website dalam ruangan *The Gade Creative Lounge*

website menampilkan pemetaan dari ruangan yang sebenarnya. Setiap tempat duduk yang diposisikan seperti letak yang sebenarnya yang dibagi menjadi beberapa spot tempat duduk. Jika tempat duduk yang terdeteksi ditempati oleh orang, maka warna dari objek terdeteksi tersebut akan berubah menjadi merah, jika tempat duduk tersebut ditempati oleh benda berupa laptop atau tas maka akan berubah warna menjadi orange.

HASIL DAN DISKUSI

Implementasi Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan pada sistem berupa Webcam, Raspberry Pi 4B, dan Adaptor Power Supply sebagai penghubung sistem dengan sumber daya listrik. Berikut rincian implementasi perangkat keras yang digunakan:

1. Webcam, berfungsi sebagai input yang akan menangkap kumpulan frame video untuk dikirim ke Raspberry Pi 4B untuk diolah dan dilakukan pendeteksian objek menggunakan model pendeteksian yang sudah dilatih. Webcam yang digunakan adalah Hikvision DS-U02 dengan resolusi 1080p.
2. Raspberry Pi 4B, berfungsi sebagai media pemroses data yang diperoleh dari kumpulan frame video dari webcam. Proses yang dilakukan pada Raspberry Pi mencakup pendeteksian terhadap objek kelas yang telah ditandai menggunakan model pendeteksian yang telah dilatih. Hasil deteksi tersebut kemudian dikirim ke Firebase untuk proses selanjutnya.

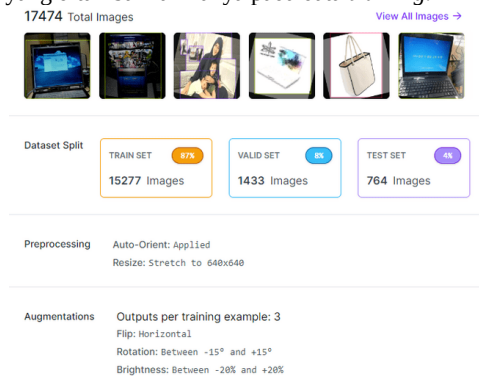


Gambar 10 Implementasi Perangkat Keras Pada Perpustakaan

Gambar 13 merupakan implementasi langsung dari perangkat keras yang digunakan pada perpustakaan UNAND ruangan *The Gade Creative Lounge*. Alat ditempatkan pada rak yang berada disebelah kiri dari pintu masuk ruangan dengan ketinggian 2,21 meter. Penempatan ini dipilih berdasarkan luas cakupan yang dapat ditangkap oleh webcam.

Implementasi Perangkat Lunak

Langkah pertama dalam pelatihan model deteksi objek adalah mengumpulkan dataset gambar yang akan dilatih berdasarkan kelas yang telah ditentukan. Dataset dikumpulkan dari video perpustakaan, *Universe* di Roboflow, dan pencarian Google, menghasilkan total 7.290 gambar. Gambar-gambar ini kemudian dilabeli menggunakan platform Roboflow, dengan total 16.487 anotasi untuk keseluruhan kelas *person*, *bag*, dan *laptop*. Dataset dibagi menjadi tiga bagian: data *training* (70%), *validation* (20%), dan *testing* (10%). Setelah proses preprocessing dan augmentasi, yang melibatkan teknik seperti rotasi dan perubahan kecerahan, total dataset meningkat menjadi 17.474 gambar, dengan proporsi data yang berubah menjadi 87% untuk *training*, 8% untuk *validation*, dan 4% untuk *testing*. Perubahan tersebut karena yang ditambahkan hanya pada data *training*.

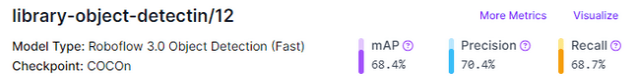


Gambar 11 Dataset yang digunakan untuk pelatihan model

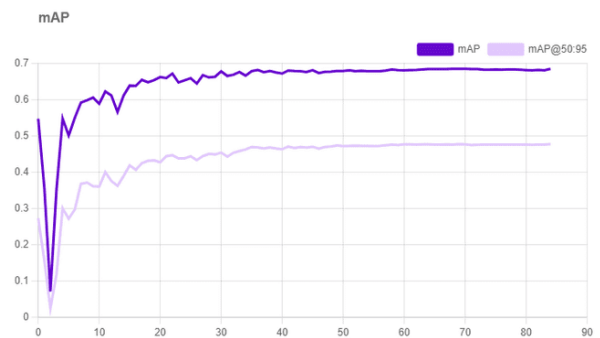
Selanjutnya pelatihan dataset yang dilakukan langsung pada platform roboflow dengan model yang digunakan yaitu Roboflow 3.0 dan menggunakan *Checkpoint COCO*, yang memanfaatkan *Transfer Learning* dari model MS COCO v7 - Best. Roboflow 3.0 memanfaatkan autoML dalam menjalankan pelatihannya, sehingga konfigurasi dan parameter yang digunakan disesuaikan secara dinamis pada server Roboflow berdasarkan kebutuhan dataset yang dilatih. Meskipun Roboflow tidak menyebutkan secara spesifik terkait jaringan dan algoritma yang digunakan saat melakukan pelatihan. Namun roboflow masih menggunakan CNN (*Convolutional Neural Networks*) sebagai jaringan saraf

tiruan dalam memproses *inputan* data gambar. Berdasarkan informasi dari forum Roboflow, platform ini menyediakan berbagai model yang dapat digunakan untuk mengembangkan model deteksi objek yang sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Hasil pelatihan menunjukkan metrik evaluasi dengan *Mean Average Precision (mAP)* sebesar 68,4%, *Precision* 70,4%, dan *Recall* 68,7%.



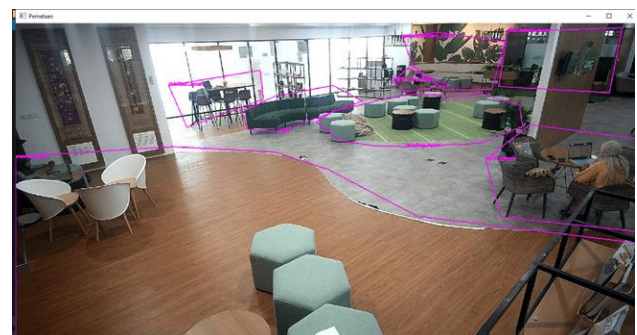
Gambar 12 Hasil pelatihan model pada Roboflow



Gambar 13 mAP Pelatihan model deteksi

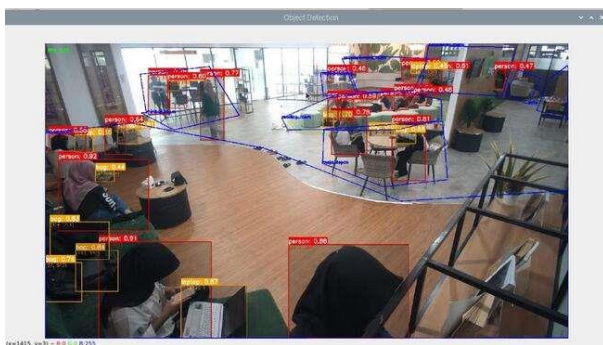
Nilai mAP 68.4% menunjukkan nilai dari kinerja model secara keseluruhan dalam mendeteksi objek dalam dataset. Nilai *precision* menunjukkan rasio antara jumlah prediksi benar (*true positives*) dibandingkan dengan jumlah total prediksi positif (*true positives + false positives*). Dapat diartikan bahwa 70.4% dari hasil prediksi positif yang dilakukan model adalah benar. *Recall* berfungsi untuk mengukur persentase objek yang benar-benar ada dan berhasil dideteksi oleh model. Nilai 68.7% menunjukkan model berhasil mendeteksi 68.7% dari total objek yang ada dalam dataset.

Setelah mendapatkan model pelatihan, model tersebut diimplementasikan pada minipc sebagai perangkat pemrosesannya dengan menggunakan bahasa pemrograman Python, terdapat 2 program yang berjalan pada minipc tersebut. Pertama, program pemetaan ruangan menggunakan modul *pickle* untuk menandai koordinat ruangan, dan kedua, program deteksi yang mengidentifikasi objek berdasarkan kelas yang telah dilatih, menandai dengan *bounding box*, dan mengelompokkan objek berdasarkan lokasi dalam ruangan. Data hasil deteksi dikirim ke database untuk disimpan dan diperbarui secara *real-time*.



Gambar 14 Pemetaan Ruangan yang Dilakukan

<https://doi.org/10.25077/chipset.6.01.76-85.2025>

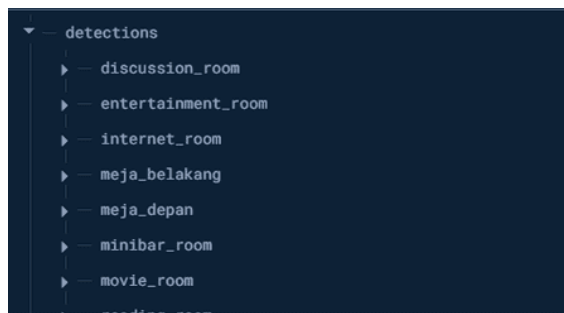


Gambar 15 Hasil Pendeteksian Pada Raspberry Pi

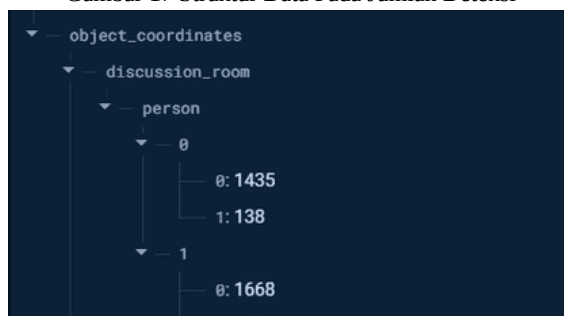


Gambar 16 Jumlah Objek Terdeteksi Berdasarkan Ruangan

Data hasil deteksi tersebut akan dikirimkan pada database untuk menyimpan dan mengelolanya, seperti jumlah objek dan koordinat keberadaan objek.

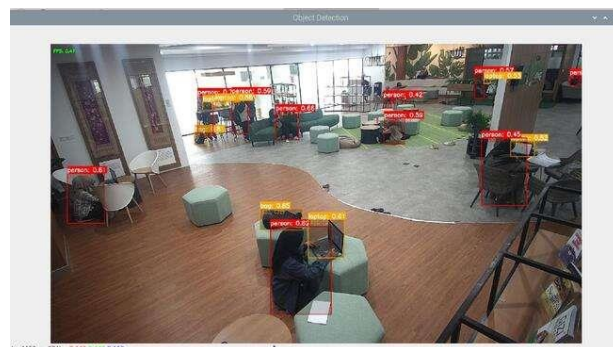


Gambar 17 Struktur Data Pada Jumlah Deteksi

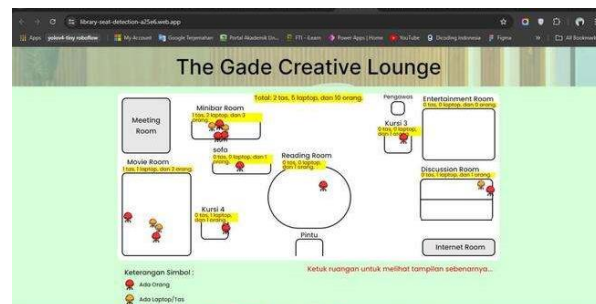


Gambar 18 Struktur Data Pada Koordinat Objek Terdeteksi

Realtime database digunakan untuk menyimpan jumlah objek yang terdeteksi dalam node “detections” dan lokasi keberadaan objek dalam “object_coordinates”. kedua elemen tersebut didapat berdasarkan pemetaan posisi ruangan yang tersimpan dalam posList. Minipc dapat terhubung dengan database menggunakan konfigurasi Firebase sehingga setiap objek bertambah atau berpindah posisi, database dapat langsung memperbarui datanya.



Gambar 19 Gambar Yang Terdeteksi Oleh Raspi



Gambar 20 Tampilan Pada Website

Tampilan akhir dari sistem pendeteksian terdapat pada tampilan website yang menampilkan bagaimana keadaan dari ruangan *The Gade Creative Lounge*, apakah ramai oleh pengunjung atau tidak. Dalam website ditampilkan posisi dari tiap objek yang terdeteksi dan berapa banyak jumlah objek tersebut dalam satu ruangan. Sehingga pengunjung yang ingin memasuki perpustakaan *Gade Creative Lounge* dapat membayangkan bagaimana keadaan ruangan tersebut.

Website terhubung dengan database sehingga dapat membaca jumlah dan koordinat object terdeteksi. Data hasil deteksi object yang dikirim dari minipc ke database, berupa jumlah dan koordinat object, ditampilkan secara real-time di website. Setiap ruangan yang terdeteksi object kelas akan ditampilkan dengan ikon yang merepresentasikan kelas tersebut. Warna merah untuk kelas person dan warna orange untuk kelas bag serta laptop. Dengan demikian, pengunjung dapat mengetahui seberapa ramai ruangan sebelum memutuskan untuk masuk.

Pengujian dan Analisa Fungsional Sistem

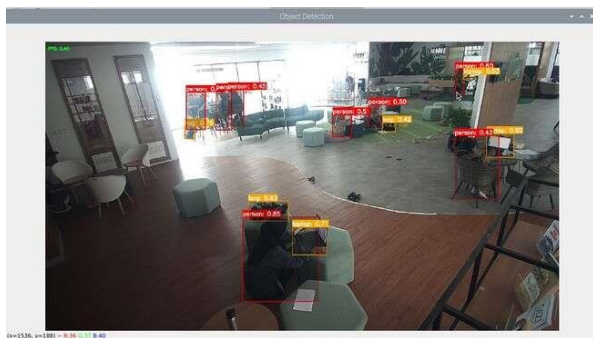
Dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan sesuai dengan fungsionalitasnya diantaranya pengujian jarak deteksi dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi objek pada berbagai jarak, antara 2 hingga 20 meter.

Tabel 1 Hasil Pengujian Model Berdasarkan Jarak Ruangan

No	Ruangan	Jarak	Kondisi Sebenarnya	Objek Terdeteksi
1	Movie Room	5m	2 Laptop	1 Laptop
			2 Orang	2 Orang
			1 Tas	1 Tas
			2 Laptop	1 Laptop
			1 Orang	1 Orang
			1 Tas	1 Tas

2	Kursi 4	6m	1 Laptop 1 Orang	1 Tas (Salah deteksi) 1 Orang
			1 Laptop 1 Orang	1 Orang
3	Sofa	9,81m	1 Orang	1 Orang
			1 Laptop 1 Orang 1 Tas	1 Orang
4	Reading Room	9,93m	2 Laptop 2 Orang	2 Orang 1 Tas (Salah deteksi)
			3 Orang 3 Laptop	3 Orang (1 Salah Deteksi) 1 Laptop 1 Tas (Salah deteksi)
5	Minibar Room	10,86 m	1 Orang	1 Orang
			1 Orang 1 Laptop	1 Orang 1 Laptop
6	Kursi 3	14,85m	1 Orang	1 Orang
			Tidak ada objek	Tidak mendeteksi apapun
7	Entertainment Room	16,75m	2 Orang	2 Orang
			1 Orang 1 Laptop	1 Orang
8	Discussion Room	17,42m	4 Orang 2 Laptop	2 Orang
			4 Orang 2 Laptop	2 Orang 1 Laptop

Model dapat mendeteksi objek hingga jarak 17,42 meter dengan akurasi menurun di atas 6 meter, dengan akurasi deteksi di bawah 60%. Kesalahan deteksi pada jarak jauh disebabkan oleh terbatasnya area jangkauan kamera dan ukuran objek yang mungkin berada di luar jangkauan deteksi.



Gambar 21 Pendeteksian Ketika Semua Lampu Dimatikan

Tabel 2 Hasil Pengujian Intensitas Cahaya

Kondisi Pencahayaan	Intensitas Cahaya (Lux)	Ruangan	Jumlah Objek Sebenarnya	Jumlah Objek Terdeteksi
---------------------	-------------------------	---------	-------------------------	-------------------------

Lampu entertainment room dimatikan	247	Entertainment room	1 Orang 1 Laptop	Tidak ada
		Discussion Room	2 Orang 1 Laptop	1 Orang 1 Laptop
		Kursi 3	1 Orang	1 Orang
		Reading Room	2 Orang 1 Tas	1 Orang
		Sofa	1 Orang	1 Orang
		Minibar Room	3 Orang 2 Laptop 1 Tas	3 Orang 2 Laptop 1 Tas
		Kursi 4	1 Orang 1 Laptop	1 Orang 1 Laptop
Lampu entertainment room dimatikan	5	Entertainment room	1 Orang	Tidak ada
		Discussion Room	2 Orang 1 Laptop	1 Orang 1 Laptop
		Kursi 3	1 Orang 1 Laptop	Tidak ada
		Reading Room	2 Orang 2 Laptop 1 Tas	2 Orang
		Sofa	1 Tas	Tidak ada
		Minibar Room	4 Orang 1 Tas 1 Laptop	2 Orang 1 Tas 1 Laptop
		Kursi 4	1 Orang 1 Laptop	Tidak ada
Lampu entertainment room dan reading room dimatikan	123	Entertainment room	1 Orang	Tidak ada
		Discussion Room	2 Orang 1 Laptop	1 Orang
		Kursi 3	1 Orang 1 Laptop	Tidak ada
		Reading Room	2 Orang 2 Laptop 1 Tas	1 Orang
		Sofa	2 Tas	Tidak ada
		Minibar Room	4 Orang 1 Tas 1 Laptop	3 Orang 1 Tas
		Kursi 4	1 Orang 1 Laptop	Tidak ada
Lampu entertainment room,	5	Entertainment room	1 Orang	Tidak ada

reading room, dan movie room dimatikan	8	Discussion Room	2 Orang 1 Laptop	1 Orang 1 Laptop
	11	Kursi 3	1 Orang	Tidak ada
	8	Reading Room	2 Orang 2 Laptop 1 Tas	2 Orang 1 Tas
	14	Sofa	2 Tas	Tidak ada
	23	Minibar Room	4 Orang 1 Tas 1 Laptop	3 Orang 1 Tas
	11	Kursi 4	1 Orang 1 Laptop	1 Orang 1 Laptop
	5	Movie Room	2 Orang 2 Laptop 1 Tas	1 Orang 1 Laptop 1 Tas

Selanjutnya pengujian intensitas cahaya dilakukan untuk menilai kinerja model dalam kondisi pencahayaan yang bervariasi. Pengujian dilakukan di ruangan *The Gade Creative Lounge* dengan pengukuran intensitas cahaya menggunakan aplikasi *Lux Light Meter*. Model menunjukkan kinerja terbaik saat semua lampu menyala, namun tetap dapat mendeteksi objek dengan baik bahkan ketika lampu dimatikan. Dengan intensitas cahaya 5 lux, model masih dapat mendeteksi objek di ruangan dekat kamera.

Tabel 3 Waktu Pemrosesan Pendeteksian Pada Raspberry pi

No	Waktu Pemrosesan Frame	Rata - Rata Waktu Proses
1	4,24	1,823
2	1,68	
3	1,35	
4	1,5	
5	2,32	
6	1,63	
7	1,30	
8	1,46	
9	1,37	
10	1,38	

Untuk melihat apakah sistem dapat bekerja secara *realtime*, dilakukan pengujian waktu pemrosesan frame pada Raspberry Pi untuk menilai kecepatan sistem dalam menampilkan hasil deteksi. Rata-rata waktu pemrosesan adalah 1,823 detik per frame, atau 1,55 detik per frame jika waktu awal tidak dihitung. Ini menghasilkan kecepatan pemrosesan sekitar 0,66 frame per detik. Waktu pemrosesan ini dipengaruhi oleh interaksi dengan server Roboflow dan Firebase, serta beban komputasi Raspberry Pi.

Dengan waktu pemrosesan 1,55 detik, jika waktu awal pemrosesan tidak dihitung. Maka itu artinya sistem membutuhkan waktu sekitar 1,55 detik untuk memproses satu frame dan untuk fps didapatkan dengan menghitung :

$$FPS = \frac{1}{1,55} = 0,645 \text{ fps}$$

Yang artinya sistem hanya dapat memproses 0,66 frame per detik.

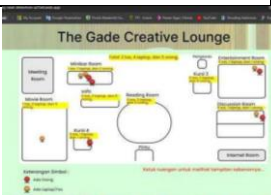
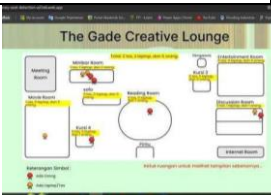
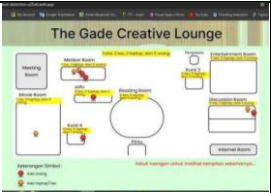
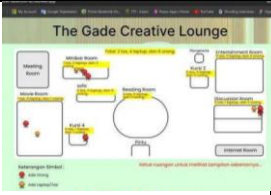
Tabel 4 Pengujian Waktu Pengiriman Data Dari Raspberry Pi ke Website

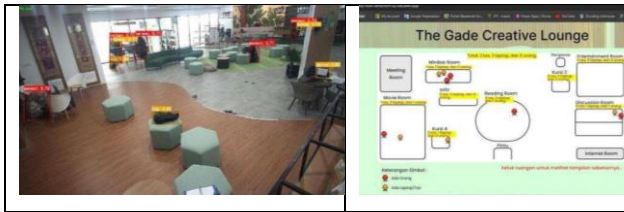
Waktu Pengiriman Data dari Raspberry pi (detik)	Waktu pengambilan Data ke Website		Total waktu yang dibutuhkan (detik)
	Data Koordinat (detik)	Data Deteksi (detik)	
0.52	0.0089	0.0017	0,5306
0.527	0.0024	0.0008	0,5302
0.527	0.002	0.0025	0,5315
0.549	0.0017	0.0017	0,5524
0.528	0.0194	0.127	0,6744

Pengujian selanjutnya mengukur waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengirimkan data deteksi dari Raspberry Pi ke website. Rata-rata waktu pengiriman dan tampilan data adalah 0,56 detik, dengan 0,53 detik untuk pengiriman data ke Firebase dan 0,03 detik untuk pemrosesan di website. Hasil ini menunjukkan sistem dapat memenuhi kebutuhan yang diharapkan.

Selanjutnya dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa website dapat membaca data yang dikirim oleh minipc ke database dan ditampilkan oleh website. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan gambar situasi sebenarnya pada perpustakaan dan bagaimana tampilan yang diperoleh website.

Tabel 5 Hasil Pengujian Tampilan Pada Website

Kondisi Ruangan	Tampilan Website
	
	
	
	



Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa website dapat menampilkan informasi yang diberikan dari hasil deteksi dengan baik. Jumlah deteksi yang ditampilkan pada website sesuai dengan yang dilakukan pada minipci, dan jumlah ikon yang merepresentasikan objek juga ditampilkan dengan benar. Namun untuk peletakkan ikon pada posisi yang sebenarnya masih belum sepenuhnya akurat. Hal ini disebabkan oleh perbedaan ukuran objek yang terdeteksi oleh kamera, yang dapat mengakibatkan ketidaksesuaian dalam penempatan ikon.

Tabel 6 Daya yang Digunakan Sistem

Percobaan	Waktu sistem hidup hingga mati	Daya
1	4 jam 13 menit	8,77W
2	4 jam 50 menit	7,65W
3	5 Jam	7,4W
4	5 Jam 37 menit	6,58W

Pengujian konsumsi daya dilakukan menggunakan powerbank 10.000 mAh dengan energi 37 Wh. Hasil pengujian menunjukkan daya rata-rata yang digunakan oleh sistem adalah 7,6 W berdasarkan perhitungan menggunakan rumus :

$$\text{Daya} = \frac{\text{Energi}}{\text{Waktu}}$$

Penggunaan daya menurun seiring waktu operasional, menunjukkan peningkatan efisiensi sistem dan berkurangnya beban komputasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil implementasi, pengujian dan analissi yang telah dilakukan, model yang dilatih menggunakan Roboflow dan menggunakan metode *transfer learning* dari hasil training dataset besar seperti COCO, dapat mempercepat proses pelatihan dan meningkatkan kemampuan model pendeteksian dalam memprediksi objek, bahkan dalam kondisi yang kompleks. Metode ini memungkinkan model untuk memanfaatkan pengetahuan dari dataset lain, sehingga dapat meningkatkan akurasi deteksi. Selain itu, metode ini juga membantu mengurangi risiko *overfitting* selama proses pelatihan.

Sistem pendeteksian pada perpustakaan dapat melakukan pendeteksian pada ruangan *The Gade Creative Lounge* dengan akurasi kinerja model 68,4%. namun pada jarak di atas 17 meter dan pencahayaan kurang dari 5 lux sistem kesulitan dalam melakukan prediksi. Ukuran serta posisi objek juga berpengaruh dalam pendeteksian yang dilakukan oleh sistem. Dan sistem dapat menampilkan bagaimana keadaan ruangan *The Gade Creative Lounge* pada website yang terintegrasi, sehingga pengunjung perpustakaan dapat melihat bagaimana kepadatan yang ada di ruangan.

SARAN

Untuk mengatasi beberapa kendala dan kekurangan dari sistem yang dirancang saat ini berdasarkan dari pengujian dan analisa, diberikan beberapa saran dan rekomendasi untuk sistem yang lebih baik:

1. Menambah dataset dan variasi posisi objek untuk pelatihan model agar bisa memprediksi dengan lebih baik lagi. Untuk ruangan *The Gade Creative Lounge* yang memiliki berbagai macam tempat duduk dan posisi ruangan yang cukup sulit dalam melakukan pendeteksian. Menambahkan dataset yang lebih luas dan bervariasi dapat membantu model dalam mengenali objek dengan lebih baik. Variasi dalam dataset memungkinkan model untuk belajar dari berbagai kondisi yang mungkin ditemui, sehingga meningkatkan kemampuannya dalam mendeteksi objek dengan akurat, meskipun dalam situasi yang sulit.
2. Untuk pemrosesan gambar dan melakukan prediksi sebaiknya menggunakan device yang memiliki spesifikasi yang lebih tinggi dibandingkan Raspberry pi agar pendeteksian bisa dilakukan dengan lebih cepat.
3. Gunakan kamera dengan resolusi yang lebih tinggi agar dapat menjangkau hingga ujung ruangan dan dapat melihat objek dengan lebih jelas
4. Untuk ruangan *The Gade Creative Lounge* yang memiliki posisi ruangan yang bervariasi dan pembatas, letakkan sistem di beberapa titik sehingga seluruh ruangan dapat dijangkau dan hasil pemetaan yang ditampilkan dari website akan lebih akurat.

REFERENSI

- [1] A. Akhmadi, N. Laksitarini, and G. P. Nabila, "Preferensi Pengunjung Mahasiswa Generasi Z Masa Kini Terhadap Atribut Learning Space di Perpustakaan Akademik," *Arsitektura*, vol. 18, no. 1, p. 109, Apr. 2020, doi: 10.20961/arst.v18i1.40967.
- [2] Z. Dai, M. Lyu, P. Yang, and Q. Yu, "Occupancy Monitoring Application for University Library, Seeat."
- [3] S. Jupiandi, F. R. Saniputra, Y. Pratama, M. R. Dharmawan, and I. Cholissodin, "Pengembangan Deteksi Citra Mobil Untuk Mengetahui Jumlah Tempat Parkir Menggunakan Cuda Dan Modified Yolo," vol. 6, no. 4, pp. 413–419, 2019, doi: 10.25126/jtiik.201961275.
- [4] M. Arif Hudaya, I. Santoso, D. Yosua, and A. A. Soetrisno, "Perancangan Sistem Pelacakan (Tracking) Dan Perhitungan Kendaraan Pada Citra Bergerak Menggunakan Metode Convolutional Neural Network," *Transient*, vol. 9, no. 1, pp. 2685–2026, Mar. 2020, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- [5] I. M. D. Maleh, R. Teguh, A. S. Sahay, S. Okta, and M. P. Pratama, "Implementasi Algoritma You Only Look Once (YOLO) Untuk Object Detection Sarang Orang Utan Di Taman Nasional Sebangau," *Jurnal Informatika*, vol. 10, no. 1, pp. 19–27, Mar. 2023, doi: 10.31294/inf.v10i1.13922.

- [6] G. Yang, X. Chang, Z. Wang, and M. Yang, "A serial dual-channel library occupancy detection system based on Faster RCNN," arXiv preprint arXiv, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.20944/preprints202306.2050.v1>.
- [7] F. Miftah, "Rancang Bangun Smart Parking System Dengan Metode Deep Learning Berbasis Mini-Pc Pada Lahan Parkir Mobil," Universitas Andalas, Padang, 2023. Accessed: Dec. 22, 2023. [Online]. Available: <http://scholar.unand.ac.id/121680/>
- [8] Hikvision, "DS-U02 2 MP Web Camera." Accessed: Nov. 01, 2023. [Online]. Available: <https://www.hikvision.com/id/products/Turbo-HD-Products/Turbo-HD-Cameras/webcam-series/ds-u02/>
- [9] W. S. Eka Putra, "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) pada Caltech 101," Jurnal Teknik ITS, vol. 5, no. 1, Mar. 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i1.15696.
- [10] K. Khairunnas, E. M. Yuniarno, and A. Zaini, "Pembuatan Modul Deteksi Objek Manusia Menggunakan Metode YOLO untuk Mobile Robot," Jurnal Teknik ITS, vol. 10, no. 1, Aug. 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i1.61622
- [11] M. A. Hudaya, I. Santoso, and Y. A. Adi Soetrisno, "Perancangan Sistem Pelacakan (Tracking) Dan Perhitungan Kendaraan Pada Citra Bergerak Menggunakan Metode Convolutional Neural Network," Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, vol. 9, no. 1, pp. 80–87, Mar. 2020, doi: 10.14710/transient.v9i1.80-87.
- [12] Roboflow, "Train a Model in Roboflow," Accessed: Aug. 1, 2024. [Online]. Available: <https://docs.roboflow.com/train/train>.
- [13] "Raspberry Pi Specification." Accessed: Nov. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>
- [14] "Firebase." Accessed: Nov. 10, 2023. [Online]. Available: <https://firebase.google.com/products/realtime-database>
- [15] M. Imbalo Zaki Hasibuan and T. Triase, "Implementasi Sistem Database Nosql Secara Realtime Menggunakan Firebase Realtime Database Pada Aplikasi Ourticl," Sibatik Journal: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, dan Pendidikan, vol. 2, no. 1, pp. 1–24, Dec. 2022, doi: 10.54443/sibatik.v2i1.489.
- [16] T. Dewaweb, "Mengenal Pengertian Website, Manfaat, dan Jenis-Jenisnya." Accessed: Nov. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.dewaweb.com/blog/pengertian-website-lengkap/>
- [17] Admin, "20 Pengertian Website Menurut Para Ahli [Lengkap]." Accessed: Dec. 03, 2023. [Online]. Available: <https://materibelajar.co.id/pengertian-website-menurut-para-ahli/>
- [18] Faradilla, "Pengertian Website dan Jenis-Jenisnya Lengkap!" Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.hostinger.co.id/tutorial/website-adalah>
- [19] D. Iskandar Mulyana and M. A. Rofik, "Implementasi Deteksi Real Time Klasifikasi Jenis Kendaraan Di Indonesia Menggunakan Metode YOLOV5," Jurnal Pendidikan Tambusai, vol. 6, no. 3, pp. 13971–13982, Jul. 2022, doi: 10.31004/jptam.v6i3.4825